

ФИЗИКАДАН МАСАЛАЛАР

ОЛИЙ ЎҚУВ ЮРТЛАРИГА КИРУВЧИЛАР УЧУН

РУСЧА ҚАЙТА ИШЛАНГАН
УЧИНЧИ НАШРИДАН ТАРЖИМА

*СССР Олий ва махсус ўрта таълим
министрлиги олий ўқув юртлари
тайёрлов бўлимларининг тинглов-
чилари учун ўқув қўлланмаси
сифатида рухсат этган*

ТОШКЕНТ — «ЎҚИТУВЧИ» — 1980

АВТОРЛАР:

*Г. А. Бендриков, Б. Б. Буховцев,
В. В. Керженцев, Г. Я. Мякишев*

Физикадан масалалар тўплами олий ўқув юр-ларига кирувчиларга физикадан конкурс имтиҳон-ларига мустақил тайёрланишларида қўлланма бўлиб хизмат қилиши мумкин.

Тўплам асосан кейинги йилларда Москва Дав-лат университетида қабул имтиҳонларида таклиф қилинган масалалардан тузилди. Кўпгина бўлим-ларда масалалар ечишнинг умумий методикасига доир қисқача кўрсатмалар ва масалаларни ечишда фойдаланиладиган қатор формулалар берилган. Асосий масалаларнинг муфассал ечимлари берилган.

Масалалар тўплами тайёрлов бўлимлари ва курслари тингловчиларига, техникумлар ва махсус ўрта мактаб ўқувчиларига, ўрта умумий таълим мактабларининг юқори синф ўқувчиларига, муста-қил шуғулланувчиларга, шунингдек, ўрта мактаб физика ўқитувчиларига тавсия қилиниши мумкин.

Б $\frac{20401 - 45}{353 (04) - 80}$ 104 — 80 4306020000

© Главная редакция физико-математической литературы издательства „Наука“, 1976 г. с изменениями

© „Ўқитувчи“ нашриёти, ўзбек тилига таржима, Т., 1980 й.

РУСЧА УЧИНЧИ НАШРИГА СЎЗ БОШИ

Тўпламнинг сўнги наشري чиққандан буён МДУ да кириш имтиҳонлари қабул қилиш тажрибаси кўпгина масалалар, жумладан, МДУ да янги ташкил этилган факультетлар (ҳисоблаш математикаси ва кибернетика, тупроқшунослик факультетлари) да берилган масалалар билан бойитилди. Китобнинг учинчи нашрида бу материаллар ҳисобга олинди.

Китобни қайта ишлашда ундан кенг фойдаланаётган тайёрлов бўлимлари ва курслари тингловчиларининг истакларини ҳисобга олган ҳолда баъзи масалаларнинг ечимлари олиб ташланиб, фақат жавоблари қолдирилди. Бундан мақсад ўқувчиларни мустақил ишлашга ўргатишдир. Китобда фақат фойдаланувчилар учун керак бўладиган асосий масалаларнинггина муфассал ечимлари қолдирилди.

Бундан ташқари тўпламга кейинги йилларда МДУ нинг турли факультетларида берилган 300 га яқин янги масала киритилди.

Авторлар китобнинг янада яхшиланишига қаратилган мулоҳазалар учун олдиндан миннатдорчилик билдирадилар.

Авторлар

РУСЧА БИРИНЧИ НАШРИГА СЎЗ БОШИ

Мазкур тўплам олий ўқув юртларига кирувчиларга физикадан имтиҳонларга тайёрланишда ёрдам бериш мақсадида ёзилди. Тўплам имтиҳон билетларида амалда учрамайдиган ёруғликнинг тўлқин хоссалари ва атом физикасига, оид масалалардан бошқа қабул имтиҳонлари программасидаги барча темаларга доир масалаларни ўз ичига олади. Тўпламдан асосан Москва Давлат университетининг физика, механика-математика, химия, биология-тупроқшунослик ва география факультетларида физикадан қабул имтиҳонларида қатор йиллар давомида қўлланилган масалалар ўрин олган.

Тўпламда турли мураккабликка эга бўлган масалалар берилган. Бу бир томондан методик мақсадни кўзда тутса, иккинчи томондан имтиҳон билетларида ҳақиқатда ҳар хил мураккабликдаги масалалар бўлишини билдиради. Тўпламга, шунингдек, ҳозирги пайтда олий ўқув юртларига кирувчилар учун физика программалари доирасидан бир оз четга чиқувчи масалалар ҳам киритилган. Тебранишларга доир баъзи масалалар, диэлектриклардаги электр майдонларни ҳисоблашга оид масалалар, „Электромагнит индукция“ бўлимининг қатор масалалари, „ўзгарувчан ток“ бўлимининг ҳамма масалалари ва оптикага оид баъзи масалалар шундай масалалар жумласига киради. Булар кўпгина ҳолларда мактаб физика дарсликларида у ёки бу тарзда муҳокама этиладиган масалаларга тегиш-

лидир. Бу масалалардан баъзилари қатор йиллар давомида олий ўқув юртларига кириш имтиҳонлари программасига ҳам киритилган. Авторлар юқоридаги масалаларни таҳлил қилиш физика программасининг асосий материални ўрганишда ўқувчига ёрдам беради деб ҳисоблайдилар.

Физикавий масалалар ечиш маҳоратини ва маданиятини тараққий эттириш мақсадида кўпгина масалалар батафсил ечиб кўрсатилган. Ҳамма ечимлар ягона, энг мақсадга мувофиқ план асосида берилган: зарур тенгламаларни тузиш, уларни умумий ҳолда ечиш, катталикларнинг сон қийматларини қўйиш. Масалаларни ечишда математика тўла ўрта мактаб программаси ҳажмида қўлланилади.

Тўпламининг кўпгина бўлимларида масалалар ечишнинг умумий методикасига оид қисқача кўрсатмалар ва масалалар ечишда фойдаланиладиган асосий формулалар берилган. Қатор бўлимларда масалалар ечишнинг ўрта мактабда кам фойдаланиладиган, лекин ўрта мактаб программаси доирасидан чиқмайдиган ва олий ўқув юртларига кирувчилар осонгина ўзлаштириб олишлари мумкин бўлган умумий методлари қўлланилади. Хусусан, механикага оид масалаларни ечишда ҳаракатни характерловчи катталикларнинг координата ўқларига проекцияси учун тенгламалар тузилади: газларга оид масалаларни ечаётганда универсал газ доимийси иштирок этадиган газ қонунининг энг умумий шаклидан фойдаланилади; мураккаб электр занжирларини ҳисоблашда Кирхгоф қоидаларидан фойдаланиш таклиф қилинади. Масалалар ечишнинг шунга ўхшаш методларини ўзлаштириб олиш ўқувчининг кириш имтиҳонларига тайёрланишини анча енгиллаштиради ва олий ўқув юртига киргандан кейин ўқитишнинг мактаб методларидан олий ўқув юртлари методларига ўтишини осонлаштиради.

Физика ўқитишда асосан Бирликларнинг халқаро системаси қўлланилганидан кўпгина масалаларнинг ечилиши шу системада берилди.

Авторлар ўртасида меҳнат қуйидагича тақсимланади: Г. Я. Мякишев „Механика“ бўлимини (кинематикага оид масалаларидан ташқари); В. В. Керженцев — „Кинематика“ ва „Ис-сиқлик“, Г. А. Бендриков — „Электр“ ҳамда Б. Б. Буховцев — „Оптика“ бўлимини ёзишган. Масалалар тўпламининг умумий таҳририни Б. Б. Буховцев қилди.

Авторлар китобнинг яхшиланишига анча ёрдам берган В. Г. Зубов ва Г. Е. Пустоваловларга чуқур миннатдорчилик изҳор этадилар.

Авторлар.

I БОБ

МЕХАНИКА

Механикани ўрганиш одатда кинематикадан бошланади. Кинематика механикавий ҳаракатни геометрик нуқтаи назардан, яъни жисмга таъсир қилувчи кучларни ҳисобга олмасдан ўрганади.

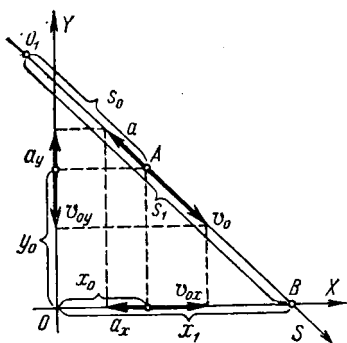
Кинематиканинг вазифаси ҳаракатнинг кинематик характеристикалари — жисмлар нуқталарининг вазиятлари (координаталари), бу нуқталарнинг тезликлари, тезланишлари, ҳаракат вақтлари ва ҳоказоларни аниқлашдан ва бу характеристикаларни ўзаро боғлайдиган тенгламаларни ҳосил қилишдан иборат. Ушбу тенгламалар баъзи катталикларнинг маълум қийматлари бўйича бошқаларини топишга ва шу билан бошланғич маълумотларнинг минимал миқдориди жисмлар ҳаракатини тўла тавсифлашга имкон беради.

Механика, хусусан, кинематика масалаларини ечаётганда биринчи навбатда координаталар системасини танлаш, координата бошини ва ўқларининг мусбат йўналишини белгилаш ва вақтнинг бошланғич қийматини танлаш керак. Ҳаракатни саноқ системасисиз тавсифлаш мумкин эмас. Келгусида кўриладиган масалаларнинг характериға қараб турли координата системаларидан фойдаланамиз. Тўғри чизиқли ҳаракат ҳолида ҳаракат рўй берадиган OS тўғри чизиқдан ва O нуқтадаги саноқ бошидан иборат координата системасидан фойдаланамиз. Мураккаброқ ҳолларда саноқ боши ҳисобланган O нуқтада кесишувчи ва бир-бириға перпендикуляр бўлган OX ва OY ўқлардан ташкил топган тўғри бурчакли декарт координаталари системасидан фойдаланилади.

Бу параграфда кўриладиган тўғри чизиқли теъис ва текис ўзгарувчан ҳаракат s координата ва v тезликларнинг вақтға боғлиқлигини ифодаловчи ҳаракат қонунлари деб аталадиган кинематик тенгламалар билан тавсифланади:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

$$v = v_0 + at, \quad (2)$$



1- расм.

бунда a — тезланиш, t — ҳисоблаш бошлангандан кейин, яъни жисм бошланғич координатаси s_0 ва бошланғич тезлиги v_0 бўлган моментдан бошлаб ўтган вақт. Тезланиш қиймати ўзгармас бўлганда ($a = \text{const}$) (1) ва (2) тенгламалар текис ўзгарувчан ҳаракатни, $a = 0$ бўлганда текис ҳаракатни тавсифлайди. Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг қолган ҳамма формуллари, масалан, бошланғич тезлик билан жисм тўла тўхтагунча ўтган масофа ўргасидаги $s = v_0^2/2a$ боғланиш шу тенгламалардан осонгина топилади.

(1) ва (2) типдаги тенгламалар сони ҳам ҳаракат характерига, ҳам координата системасини танлашга боғлиқ. Масалан, координата системаси сифатида O, S ўқ танланса (1-расм), A дан B га тўғри чизик бўйлаб v_0 бошланғич тезлик ва координата ўқининг мусбат йўналишига қарама-қарши йўналган a тезланиш билан ҳаракат қилувчи нуқта учун (1) ва (2) тенгламалар қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$s = |s_0| + |v_0|t - \frac{|a|t^2}{2}, \quad v = |v_0| - |a| \cdot t.$$

Худди шу ҳаракатни тавсифлаш учун OX ва OY ўқлари 1-расмда кўрсатилгандек жойлашган тўғри бурчакли координата системасини ҳам олиш мумкин. Бу ҳолда нуқтанинг вазияти унинг x ва y координаталари билан аниқланади. Нуқта ҳаракатланаётган пайтда унинг проекциялари координата ўқлари бўйлаб кўчади. Нуқтанинг тезлигини координата ўқлари бўйлаб йўналган икки ташкил этувчининг йиғиндиси сифатида ифодалаш мумкин. Бу ташкил этувчиларнинг модуллари тезлиكنинг тегишли ўқларга бўлган v_x ва v_y проекцияларининг модулларига тенг. Шунингдек, тезланиш ташкил этувчиларининг модули a_x ва a_y проекцияларнинг модулларига тенг. Ҳар бир координата ва тезлиكنинг тегишли ўққа проекцияси учун алоҳида жуфт кинематик тенгламалар ёзиш мумкин:

$$x = |x_0| + |v_{0x}|t - \frac{|a_x|t^2}{2}, \quad v_x = |v_{0x}| - |a_x| \cdot t;$$

$$y = |y_0| - |v_{0y}|t + \frac{|a_y|t^2}{2}, \quad v_y = -|v_{0y}| + |a_y| \cdot t.$$

Бунда x_0, y_0 — бошланғич координаталар, v_{0x}, v_{0y} — бошланғич тезлиكنинг тегишли ўқларга проекциялари, v_{0x}, v_{0y}, a_x ва a_y катталиклар олдидаги ишораларнинг танланиши хусусида қуйида сўз боради.

Ҳаракатни турли координата системаларида тавсифлаш бир-бирига шу маънода эквивалентки, икки координата системасининг бир-бирига нисбатан маълум вазиятда жойлашишида биринчи системада топилган катталиклар ёрдамида иккинчи системадаги тегишли катталикларни аниқлаш мумкин. Масалан, нуқта босиб ўтган ва биринчи координата системасида $s_1 - s_0$ га тенг бўлган AB масофа (1-расмга қ.) шу вақт ичида нуқта проекцияларининг $x_1 - x_0$ ва y_0 кўчиш масофалари орқали ифодаланади: $s_1 - s_0 = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + y_0^2}$; агар v_0 бошланғич тезликнинг координата ўқларига проекциялари v_{0x} ва v_{0y} маълум бўлса, уни $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$ формула ёрдамида тезланишни эса $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ формула ёрдамида топиш мумкин.

Масалалар ечаётганда шундай координата системасини танлаш керакки, бунда ҳаракатни тавсифловчи тенгламалар содда бўлсин. Равшанки, тўғри чизиқли ҳаракат ҳолида ҳаракат бўйлаб йўналган битта OS координата ўқи олинса, тенгламалар системаси содда бўлиши аниқ. Эгри чизиқли ҳаракатда эса иккита ўққа эга бўлган тўғри бурчакли координата системасини олишга ва ҳаракатни координаталар ўқлари бўйлаб рўй берадиган икки ҳаракат йиғиндиси кўринишида ифодалашга тўғри келади. Координата ўқларининг йўналиши бутун ҳаракат вақти давомида катталикларнинг баъзи проекциялари нолга тенг бўладиган қилиб танланса, содда тенгламалар олинади.

Тенгламалар тузишда s_0 , v_0 ва a катталиклар проекцияларининг модуллари олдидаги ишора жуда муҳим. Агар координата саноқ бошидан мусбат томонга қараб ҳисобланса (координата ўқининг мусбат йўналиши ўқ охиридаги стрелка билан кўрсатилади), унга мусбат ишора ёзилади. Тезланиш ва тезликлар проекцияларининг йўналиши ўқнинг мусбат йўналиши билан мос келса, улар мусбат ҳисобланади, акс ҳолда тенгламаларда улар манфий ишора билан ёзилади. Масалан, 1-расмда тезланишнинг OY ўққа проекцияси мусбат, тезликнинг ўша ёққа проекцияси эса манфий. Номаълум катталикларни мусбат ишора билан ёзган маъқул. Бу катталикларнинг ишораси масалани ечиш жараёнида ўз-ўзидан аниқланади. Масалан, агар OS ўқ юқорига тик йўналган ва саноқ боши ер сирти билан мос келса, v_0 бошланғич тезлик билан юқорига тик отилган жисм учун: $s = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ (g эркин тушиш тезланиши пастга йўналган). Бу ҳолда s координатасининг ишораси t вақтга боғлиқ: $t > 2v_0/g$ бўлганда s координатасининг ишораси манфий.

Баъзан s координатасини босиб ўтилган йўл билан айнан тенг деб ҳисоблаб, (1) тенгламани йўл тенгламаси деб аталади.

Умумий ҳолда бу тўғри эмас. Йўл — траектория бўйлаб ўтирилган ҳамма масофаларнинг йиғиндиси. Хусусан, юқорида келтирилган мисолимизда s координатаси $t = 2v_0/g$ вақт моментинда нолга тенг бўлади (жисм ерга тушади), айни пайтда жисм босиб ўтган йўл l ердан жисм кўтарилган энг баланд нуқтагача ва бу нуқтадан ергача бўлган масофалар йиғиндиси га тенг ($l = v_0^2/g$).

Бир неча жисм ҳаракатига доир масалани ечаётганда битта координата системасидан фойдаланиш тавсия қилинади. Баъзи ҳолларда координата системасини ҳаракатдаги жисмларнинг бири билан боғлаш ва бошқа жисмлар ҳаракатини танлаб олинган жисмга нисбатан текшириш қулай бўлади.

Бу кўрсатмалар аввало 1 — 3- параграфларга тегишли, лекин улар биринчи бобнинг бошқа ҳамма масалаларини ечаётганда ҳам керак бўлиши мумкин.

1-§. Тўғри чизиқли ҳаракат

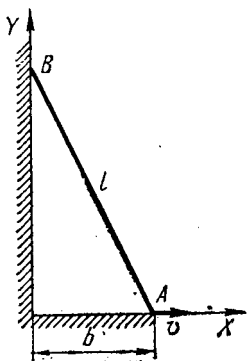
1. Юк поезди станциядан $v_1 = 36$ км/соат тезлик билан чиқди. $t_1 = 30$ мин вақт ўтгач, худди ўша йўналишда тезлиги $v_2 = 72$ км/соат бўлган экспресс поезди йўлга чиқди. Юк поезди йўлга чиққандан кейин қанча вақт (t) ўтгач ва станциядан қандай s масофада экспресс поезди юк поездига етиб олади? Масалани график усулда ҳам ечинг.

2 Ораларидаги масофа $L = 120$ км бўлган A ва B шаҳарлардан бир пайтда бир-бирларига қараб $v_1 = 20$ км/соат ва $v_2 = 60$ км/соат тезликда икки машина йўлга чиқди. Машиналарнинг ҳар бири 120 км дан масофа ўтиб тўхтади. 1) Автомашиналар қанча вақт (t) дан кейин ва A ҳамда B шаҳарлар ўртасида жойлашган C шаҳардан қандай масофада учрашиши аниқлансин. 2) Масалани график усулда ечинг. 3) Машиналар орасидаги Δl масофанинг t вақтга боғланиш графигини чизинг.

3. Узунлиги l бўлган AB стержень учлари билан полга ва деворга тиралган (2-расм). Стерженьнинг A учи расмда кўрсатилган вазиятдан бошлаб v ўзгармас тезлик билан ҳаракат қилса, унинг B учи y координатасининг вақтга қандай боғланганлигини аниқланг.

4. Узунлиги $L_1 = 630$ м, тезлиги $v_1 = 48,6$ км/соат бўлган юк поезди ва узунлиги $L_2 = 120$ м, тезлиги $v_2 = 102,6$ км/соат бўлган электропоезд икки параллел йўлдан бир йўналишда кетаяпти. Электропоезд юк поездини қанча вақтда қувиб ўтади?

5. Бирининг тезлиги $v_1 = 36$ км/соат, иккинчисиники $v_2 = 54$ км/соат бўлган икки



2-расм.

поезд бир-бирига қараб ҳаракат қиляпти. Биринчи поезддаги пассажир иккинчи поезд унинг ёнидан $t = 6$ сек да ўтиб кетганини аниқлади. Иккинчи поезднинг узунлиги қанча?

6. Узунлиги $L = 300$ м бўлган теплоход тинч сувда v_1 ўзгармас тезлик билан тўғри йўналиш бўйича ҳаракат қилмоқда. Тезлиги $v_2 = 90$ км/соат бўлган катер ҳаракатдаги теплоходнинг қўйруғидан тумшугигача бориши ва шу масофани қайтиб босиши учун $t = 37,5$ сек вақт сарфлади. Теплоходнинг v_1 тезлигини аниқланг.

7. Горизонт билан α бурчак ҳосил қилувчи қия текисликка AB йўналтирувчи қурилма ёрдамида фақат вертикал йўналишда кўча оладиган стержень тиралиб турибди (3-расм). Агар қия текислик v ўзгармас тезлик билан ҳаракат қилса, стержень қандай $v_{ст}$ тезлик билан кўтарилади?

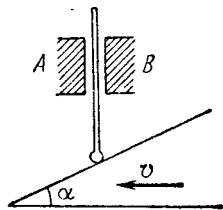
8. Қўзғалмай турган трамвай деразасига тушаётган ёмғир томчилари вертикал билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилган из қолдирмоқда. Трамвай $v_1 = 18$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилганда ёмғир излари вертикал бўлади. Томчиларнинг шамол бўлмагандаги тезлигини ва шамолнинг тезлиги $v_{ш}$ ни аниқланг.

9. Сузувчи кенглиги H бўлган дарёни сузиб ўтади. Қарши-сидаги қирғоққа энг қисқа вақтда етиб бориш учун сузувчи оқимга қандай бурчак ҳосил қилиб сузиши керак? Агар оқимнинг тезлиги v_1 , сузувчининг сувга нисбатан тезлиги v_2 га тенг бўлса, у дарёни сузиб ўтгач қаерда бўлади ва қандай s масофани сузиб ўтади?

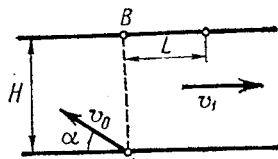
10. А пунктдан чиққан қайиқ ҳайдовчи кенглиги H бўлган дарёни кесиб ўтар экан, қайиқни ҳамма вақт қирғоққа нисбатан α бурчак остида йўналтиради (4-расм). Агар оқим тезлиги v_1 ва оқим қайиқни B пунктдан L масофа қуйи томонга олиб кетган бўлса, қайиқнинг сувга нисбатан тезлиги v_0 ни аниқлайг.

11. Кема v тезлик билан ғарбга томон кетаяпти. Шамолнинг жанубий-ғарбдан эсаётгани маълум. Шамолнинг кема палубасида ўлчанган тезлиги w_1 . Шамолнинг ерга нисбатан тезлиги w ни топинг.

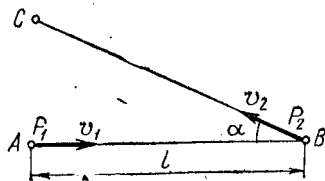
12. P_1 нукта A дан B га томон v_1 тезлик билан текис ҳаракат қилмоқда. Айни пайтда P_2 нукта B дан C га томон v_2 тезлик билан текис ҳаракат қилмоқда (5-расм). AB масофа l га тенг ($AB = l$). ABC ўткир бурчак α га тенг. Қандай t вақт моментиди P_1 ва



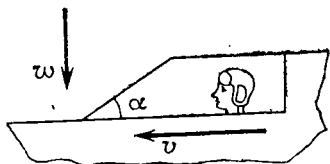
3-расм.



4-расм.



5-расм.



6-расм.

P_2 нуқталар орасидаги r масофа энг кичик бўлишини ва бу масофа нимага тенг эканини аниқланг.

13. Биринчи паровоз l йўлнинг ярмини $v_1 = 80$ км/соат тезлик билан, қолган ярмини эса $v_2 = 40$ км/соат тезлик билан ўтди. Иккинчи паровоз t вақтининг ярмида $v_1 = 80$ км/соат

тезлик билан, қолган ярмида $v_2 = 40$ км/соат тезлик билан юрди. Ҳар бир паровознинг ўртача тезлиги қандай?

14. $v_0 = 2$ м/сек бошланғич тезликка эга бўлган моддий нуқта $t_1 = 3$ сек давомида текис, $t_2 = 2$ сек да $a_2 = 2$ м/сек² тезланиш билан, $t_3 = 5$ сек да $a_3 = 1$ м/сек² тезланиш билан, $t_4 = 2$ сек да $a_4 = -3$ м/сек² тезланиш билан текис ҳаракат қилди. Моддий нуқтанинг $v_{\text{охир}}$ охириги тезлигини, s босиб ўтган йўлини ва шу йўлдаги $v_{\text{ўр}}$ ўртача тезлигини аниқланг. Масалани аналитик ва график усулда ечинг.

15. Горизонтал йўналишда v тезлик билан учаётган самолёт ω тезлик билан вертикал ёғаётган ёмғирга дуч келди. Учувчи кабинасининг фонари иккита бир хил шишадан иборат: юқоридагиси — горизонтал ва олдиндагиси горизонт билан α бурчак ҳосил қилади (6-расм). Ҳар бир шиша S юзага эга. Олдинги ва юқориги шишаларга тушувчи сув миқдорларининг нисбатини топинг.

16. $v_0 = 1$ м/сек бошланғич тезлик билан текис тезланувчан ҳаракат қилаётган жисм бирор масофа ўтиб, $v_1 = 7$ м/сек тезлик олади. Шу масофанинг ярмида жисмнинг тезлиги қандай бўлган?

17. Жисм бирор вазиятдан маълум бошланғич тезлик билан тўғри чизиқ бўйича ўзгармас тезланишда ҳаракат қилмоқда. Жисмнинг t_1 , t_2 ва t_3 вақт моментларида бирор ихтиёрий санок бошидан ҳаракат чизиғи бўйича ҳисобланган x_1 , x_2 , x_3 вазиятлари маълум. Жисмнинг тезланишини топинг.

18. Парашютчи $v = 5$ м/сек ўзгармас тезлик билан ерга тушаяпти. Ер сиртидан $h = 10$ м баландликда унинг тугмаси узилди. Парашютчи тугмадан қанча вақт кечикиб ерга тушади? Ҳавонинг тугмага қаршилиги ҳисобга олинмасин. Эркин тушиш тезланиши $g = 10$ м/сек².

19. Жисм t вақт ичида s йўлни босиб ўтди, бунда унинг тезлиги n марта ортди. Ҳаракатни бошланғич тезликли текис тезланувчан деб ҳисоблаб, жисмнинг тезланишини топинг.

20. Иккита жисм битта нуқтадан, бир йўналишда, бир вақтда ҳаракатлана бошлади. Улардан бири $v = 980$ см/сек тезлик билан текис, иккинчиси бошланғич тезликсиз $a = 9,8$ см/сек² тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракат қилди. Қанча вақтдан кейин иккинчи жисм биринчисини қувиб егади?

21. Икки поезд бир хил s йўлни айни бир t вақтда босиб ўтди, лекин биринчи поезд жойидан қўзғалгач, йўлнинг ҳаммасини $a=3$ см/сек² тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракат қилиб ўтди, иккинчиси эса йўлнинг биринчи ярмини $v_1=18$ км/соат тезлик билан, иккинчи ярмини эса $v_2=54$ км/соат тезлик билан ўтди. Поездлар босиб ўтган s йўлни топинг.

22. Автомобиль жойидан a_1 ўзгармас тезланиш билан қўзғалади ва v тезликка эришгач, бир қанча вақт текис ҳаракат қилади, кейин тўхтагунча a_2 ўзгармас тезланиш билан тормозланади. Агар автомобиль s масофани ўтган бўлса, унинг ҳаракат вақти t ни ҳисобланг.

23. Поезд $s=60$ км йўлни $t=52$ мин вақт ичида ўтди. Аввал у $+a$ тезланиш билан, ҳаракат сўнггида $-a$ тезланиш билан, қолган вақтда $v=72$ км/соат максимал тезлик билан юрди. Агар бошланғич ва охириги тезликлар нолга тенг бўлса, тезланишнинг абсолют қиймати нимага тенг?

24. Агар одам $h=2$ м баландликдан хавфсиз сакрай олса, парашютчи йўл қўйиб бўладиган қандай энг катта тезлик билан ерга тушиши мумкин?

25. Баландлиги $H_0=28$ м бўлган уйнинг тоmidан $v_0=8$ м/сек тезлик билан юқорига тош отилди. Тошнинг ерга тушишидаги v тезлигини аниқланг. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

26. Жисм $H_0=45$ м баландликдан бошланғич тезликсиз туша-япти. Йўлнинг пастки ярмида ўртача тушиш тезлиги $v_{\text{ур}}$ ни топинг.

27. Бошланғич тезликсиз эркин тушаётган жисм қандай t вақт ичида ўз йўлининг юзинчи сангиметрини ўтади?

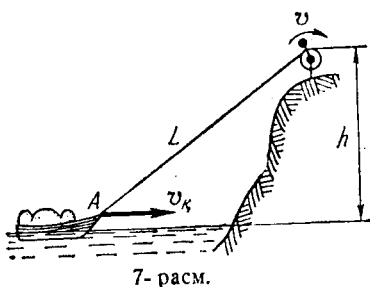
28. Бошланғич тезликсиз эркин тушаётган жисм тушишнинг охириги секундида ўз йўли s нинг $2/3$ қисмини ўтди. Жисм ўтган йўлни топинг.

29. Жисм бирор баландликдан $v_0=30$ м/сек бошланғич тезлик билан юқорига тик отилди. Жисмнинг $t=10$ сек дан кейинги H координатаси ва v тезлигини, шунингдек, шу вақт ичида босиб ўтган s йўлини топинг ($g=10$ м/сек² деб ҳисоблансин).

30. Бошланғич тезликсиз эркин тушаётган жисм тушиш бошланганидан t вақт ўтгач, ер сиртидан $H_1=1100$ м баландликда, яна $\Delta t=10$ сек вақтдан кейин эса $H_2=120$ м баландликда бўлади. Жисм қандай H баландликдан тушган?

31. Юқорига тик отилган жисм h баландликдаги нуқта орқали икки марта ўтади. Бу ўтишлар ўртасидаги вақт оралиги Δt га тенг. Жисмнинг v_0 бошланғич тезлигини ва жисмнинг ҳаракати бошлангандан дастлабки вазиятига қайтгунча кетган Δt_0 вақтни топинг.

32. Бир жисм v_0 бошланғич тезлик билан юқорига тик отилди, иккинчиси H_0 баландликдан бошланғич тезликсиз тушади. Ҳар икки ҳаракат бир пайтда бошланди ва бир тўғри чизиқ бўйича содир бўлади. Жисмлар орасидаги ΔH масофанинг вақтга боғланишини топинг.



33. Баландлиги h бўлган минадан бир пайтда иккита шарча отилди: биринчиси — v , тезлик билан юқорига, иккинчиси — v_2 тезлик билан пастга. Уларнинг ерга тушиш моментлари орасидаги вақт оралиғи қандай?

34. Томдан олдинма-кетин икки томчи тушади. Иккинчи томчи туша бошлаган пайтдан $t_2 = 2$ сек ўтгач, томчилар орасидаги масо-

фа $s = 25$ м бўлиб қолди. Биринчи томчи иккинчисидан қанча олдин томдан узилган?

35. Ер сиртидан $H_1 = 10$ м баландликдан тош бошланғич тезликсиз туша бошлади. Шу пайтнинг ўзида $H_2 = 5$ м баландликдан бошқа тош юқорига тик отилди. Агар тошлар ер сиртидан $h = 1$ м баландликда учрашгани маълум бўлса, иккинчи тош қандай v_0 бошланғич тезлик билан отилган?

36. Икки жисм T вақт оралиғида бир хил бошланғич тезлик билан юқорига тик отилди. Иккинчи жисм биринчи жисмга нисбатан қандай тезлик билан ҳаракат қилади?

37. Қайиқ сув сағҳидан $h = 6$ м баландда жойлашган цилиндрик барабанга $v = 1$ м/сек ўзгармас тезлик билан ўралаётган арқон ёрдамида кўлнинг қирғоғи томонга тортиляпти (7- расм). v_k қайиқ тезлигининг L арқон узунлигига боғланишини топинг?. Хусусан, қайиқнинг $L = 10$ м бўлган пайтдаги тезлигини ва бу вазиятдан $t = 1$ сек вақт давомида силжийдиган масофасини аниқланг.

38. Узунлиги $L = 2,5$ м бўлган қия текислик бўйлаб икки жисм бир пайтда: биринчиси — $v_0 = 50$ см/сек бошланғич тезлик билан юқорига; иккинчиси — бошланғич тезликсиз пастга ҳаракат қила бошлади. Жисмлар қанча вақт (t) дан кейин учрашади ва учрашув жойида уларнинг нисбий тезлиги қандай бўлади?

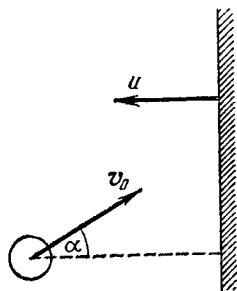
39. Жисм қия текисликдан ишқаланишсиз сирпанмоқда. Агар унинг дастлабки $0,5$ сек дағи ўртача тезлиги дастлабки $1,5$ сек дағи ўртача тезлигидан 245 см/сек кичик бўлса, текисликнинг горизонтга қиялик бурчаги α ни аниқланг.

40. $h = 1,5$ м баландликдан пўлат тахтага тушган пўлат шарча тезлигининг 25% ини йўқотган ҳолда удан сакраб орқага қайтади. Шарчанинг ҳаракат бошлаганидан тахтага иккинчи марта тушишигача ўтган T вақтни аниқланг.

41. Тўп $H = 120$ м баландликдан горизонтал текисликка эркин тушади, ҳар бир сакрашида унинг тезлиги $n = 2$ марта камаяди. Тезлик графигини чизинг ва тўпнинг тушиш бошлангандан тўхтагунча ўтган йўлини топинг.

42. Шарча v тезлик билан юқорига тик ҳаракат қилаётган текис горизонтал плитага эркин тушаяпти. Шарча туша бош-

лаган нуқтадан унинг плита билан тўқнашадиган жойигача бўлган масофа h га тенг. Шарча плитага урилгандан кейин шу жойдан қандай H баландликка сакрайди? Зарба абсолют эластик: плита жуда катта массага эга бўлиб, шарчанинг урилиши натижасида тезлигини ўзгартирмайди.



8- расм.

43. Вертикал силлиқ девор горизонтал йўналишда u тезлик билан ҳаракат қилмоқда. Горизонтал текисликда v_0 тезлик билан кетаётган шарча деворга урилади. Шарчанинг ҳаракат йўналиши деворга ўтказилган перпендикуляр билан α бурчак ҳосил қилади (8- расмда деворнинг горизонтал текислик билан кесими кўрсатилган). Шарчанинг деворга урилгандан кейинги v тезлигини топинг. Девор жуда катта массага эга бўлиб, шарчанинг урилиши натижасида ўз тезлигини ўзгартирмайди. Зарба абсолют эластик. Оғирлик кучининг шар ҳаракатига таъсири ҳисобга олинмасин.

2- §. Эгри чизиқли ҳаракат

44. Жисм H баландликдан v_0 тезлик билан горизонтал йўналишда отилди. Жисм координатасининг ва тўла тезлигининг вақтга қандай боғланганини аниқланг. Траектория тенгламасини келтириб чиқаринг.

45. Баландлиги $H = 25$ м бўлган минорадан горизонтал йўналишда $v_0 = 10$ м/сек тезлик билан тош отилди. Тош минора асосидан қандай x масофада ерга тушади?

46. Горизонтал йўналишда $v_0 = 10$ м/сек бошланғич тезлик билан отилган тош отилиш нуқтасидан туширилган вертикалдан $l = 10$ м масофага тушди. Тош қандай баландликдан отилган?

47. Жисм столдан горизонтал йўналишда отилди. Полга тушиш пайтида унинг тезлиги $v = 7,8$ м/сек га тенг. Столнинг баландлиги $H = 1,5$ м. Жисмнинг v_0 бошланғич тезлиги нимага тенг?

48. Тоғдан горизонтал йўналишда 15 м/сек тезлик билан тош отилди. Қанча вақт (t) дан кейин унинг тезлиги горизонт билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилади?

49. Горизонтал йўналишда $v_0 = 15$ м/сек тезлик билан томдан отилган тош горизонтга $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилган ҳолда ерга тушди. Унинг баландлиги H қандай?

50. Жисм $H = 2$ м баландликдан горизонтал йўналишда шундай отилдики, у ер сиртига горизонт билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилган ҳолда тушди. Жисм горизонтал йўналишда қандай масофани босиб ўтади? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмаган.

51. Жисм горизонтал йўналишда отилгандан кейин $t=5$ сек вақт ўтгач, v тўла тезлик ва a тўла тезланиш йўналишлари орасидаги β бурчак 45° га тенг бўлиб қолди. Жисмнинг шу моментдаги v тўла тезлигини аниқланг. Эркин тушиш тезланиши $g=10$ м/сек² деб олинсин.

52. Тош H баландликдан горизонтга нисбатан α бурчак остида v_0 тезлик билан юқорига отилди. Тош тезлигининг горизонт билан ҳосил қилган β бурчагини ва унинг Ерга тушиш momentiдаги v тезлигини аниқланг. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

53. Жисм горизонтал йўналишда $v_0=15$ м сек тезлик билан отилди. Ҳаракат бошлангандан $t=1$ сек ўтгандан кейинги a нормал тезланиш ва a_z уринма тезланишларни топинг.

54. Жисм горизонтга нисбатан α_0 бурчак остида v_0 тезлик билан отилди. Жисмнинг v тезлиги ва тезликнинг горизонтга β оғиш бурчагининг вақтга қандай боғланганлигини аниқланг.

55. Жисм горизонтга нисбатан α_0 бурчак остида v_0 тезлик билан отилди. Жисм координаталарининг вақтга боғланишини (жисмнинг ҳаракат қонуларини) топинг ва траектория тенгламасини аниқланг.

56. Жисм ердан горизонтга нисбатан α_0 бурчак остида v_0 тезлик билан отилди. У қандай $t_{\text{макс}}$ баландликка кўтарилади? Жисм юқорига қанча вақт (t) давомида кўтарилади?

57. Жисм ердан горизонтга нисбатан α_0 бурчак остида v_0 тезлик билан отилди. 1) Жисм қанча вақт (t) давомида ҳаракатда бўлади? 2) Жисм отилиш жойидан горизонтал йўналишда қандай s масофада ерга тушади?

58. Горизонтга нисбатан α_0 бурчак остида v_0 бошланғич тезлик билан отилган жисм учун тезликнинг вертикал йўналишга проекцияси v_y нинг: 1) t вақтга, 2) y координатага (баландликка), 3) x координатага (отиш жойидан горизонтал бўйича масофага) боғланиш графигини ясанг.

59. Тош горизонтга нисбатан $\alpha_0=30^\circ$ бурчак остида $v_0=10$ м/сек тезлик билан отилди. Қанча вақтдан (t) кейин тош $h=1$ м баландликда бўлади?

60. Горизонтга нисбатан $\alpha_0=30^\circ$ бурчак остида отилган тош аynи бир h баландликда икки марта: ҳаракат бошлангандан $t_1=3$ сек ва $t_2=5$ сек вақт ўтгач бўлди. v_0 бошланғич тезликни ва h баландликни аниқланг.

61. Горизонтга нисбатан $\alpha_0=60^\circ$ бурчак остида отилган жисм ҳаракат бошлангандан кейин $t=4$ сек ўтгач, вертикал йўналишда $v_y=9.8$ м/сек тезликка эришди. Жисм отилган ва тушган жойлари орасидаги s масофани аниқланг.

62. Баландлиги H бўлган минорадан горизонтга нисбатан α_0 бурчак остида v_0 тезлик билан тош отилди. Тош минора асосидан қандай s масофада ерга тушади?

63. Икки жисм горизонтга нисбатан α_1 ва α_2 бурчак остида бир нуқтадан отилди. Агар жисмлар бир жойда ерга тушган

бўлса, уларга берилган тезликлар нисбати қандай? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

64. Жисм горизонтга нисбатан бурчак остида $v_0 = 10$ м/сек бошланғич тезлик билан отилди. Унинг $H = 3$ м баландликда бўлган моментдаги тезлигини аниқланг.

65. Тош горизонтга нисбатан бурчак остида H баландликдан v_0 бошланғич тезлик билан отилди. У қандай v тезлик билан ер сиртига тушади?

66. Жисм горизонтга нисбатан α_0 бурчак остида v_0 бошланғич тезлик билан отилди. Жисм отилгандан кейин қандай вақт оралиқларида унинг тезлиги горизонт билан $\beta_1 = 45^\circ$ ва $\beta_2 = 315^\circ$ бурчак ҳосил қилади?

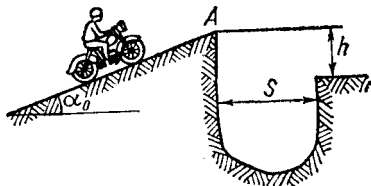
67. Агар тўпдан горизонтга нисбатан $\alpha_0 = 30^\circ$ бурчак остида отилган снаряд $L = 17300$ м масофага учиб борган бўлса, у қандай бошланғич тезликка эга бўлган? Ҳавонинг қаршилиги учиб масофасини тўрт марта камайтиргани маълум.

68. Мотоциклчи зовурнинг баланд қирғоғига келяпти (9-расм). Зовурдан сакраб ўтиши учун қирғоқдан ажралиш momentiда мотоциклчи қандай минимал тезликка эга бўлиши керак?

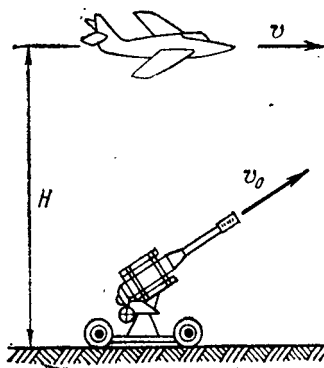
69. Тошни минорадан горизонтга нисбатан $\alpha_0 = 30^\circ$ бурчак остида $v_0 = 10$ м/сек тезлик билан отилди. Отилиш жойи ва тошнинг ҳаракат бошлангандан $t = 4$ сек вақт ўтгандан кейинги ўрни орасидаги энг қисқа L масофа қандай?

70. Товусдан тез учувчи самолёт горизонтал йўналишда $v = 1440$ км/соат тезлик билан $H = 20000$ м баландликда учаяпти. Самолёт зенит қурилмаси устидан учиб ўтаётганда тўпдан ўқ узилди (10-расм). Снаряд самолётга тегиши учун v_0 минимал бошланғич тезлиги ва унинг горизонт билан ҳосил қилган α_0 бурчаги қандай бўлиши керак?

71. Бирор баландликдаги нуқтадан бир вақтда икки жисм: бири — юқорига отилди, иккинчиси — дастга ташланди. Уларнинг ҳар иккаласи ҳам $v_0 = 30$ м/сек тезлик билан вертикал йўналишга $\alpha = 60^\circ$ бурчак остида отилди. $t = 2$ сек вақт ўтгач жисмлар бўладиган сатҳ баландликлари орасидаги фарқни аниқланг.



расм.



10- расм.

72. Горизонтал йўналишда v_0 тезлик билан H баландликда учаётган самолётдан юк ташланди. Қандай h баландликда юкнинг тезлиги горизонтга нисбатан α бурчак остида йўналади? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

73. Учиш йўлкасидан кўтарилган самолёт горизонт билан $\alpha_0 = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилган тўғри чизиқ бўйлаб $v_0 = 50$ м/сек бошланғич тезлик ва $a = 3$ м/сек² тезланиш билан учмоқда. Самолёт ердан кўтарилгандан кейин $t_1 = 5$ сек вақт ўтгач ундан вертикал бўйича пастга самолётга нисбатан $u_0 = 3$ м/сек тезлик билан калит ташланди. Калит самолёт кўтарилган жойдан қандай масофага тушади?

74. $h = 2$ м баландликдан пастга горизонт билан $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилиб $v_0 = 8,7$ м/сек бошланғич тезликда копток улоқтирилди. Коптокнинг ерга икки кетма-кет урилиши орасидаги x масофани аниқланг. Коптокнинг ерга урилишини абсолют эластик деб ҳисобланг.

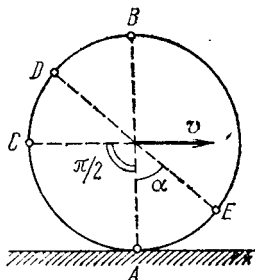
75. Шарча вертикал бўйича қия текислик устига эркин тушяпти. $h = 1$ м масофа ўтгач, у текисликдан эластик қайтади ва иккинчи марта ўша текисликнинг ўзига тушади. Агар текислик горизонт билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилса, шарчанинг текислик билан урилиш нуқталари орасидаги s масофа топилсин.

3-§. Айланма ҳаракат

76. Агар маховик айланганда гардишидаги нуқталар тезлиги $v_1 = 6$ м/сек, улардан ўққа $l = 15$ см яқин масофада бўлган нуқталар тезлиги эса $v_2 = 5,5$ м/сек бўлса, маховикнинг R радиусини аниқланг.

77. Айланаётган дискдаги бирор айлана нуқталарининг тезлиги $v_1 = 3$ м/сек га тенг, улардан айланиш ўқига $l = 10$ см яқин масофада бўлган нуқталар тезлиги эса $v_2 = 2$ м/сек га тенг. Диск бир минутда қанча марта айланади?

78. Велоспедчи йўлнинг тўғри чизиқли қисмида v ўзгармас тезлик билан кетаяпти. Филдирак гардишида 11-расмда кўрсатилгандек жойлашган A, B, C, D, E нуқталарнинг ерга нисбатан оний тезликлари топилсин.



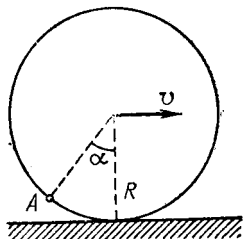
11-расм.

79. Моддий нуқта радиуси $R = 20$ см бўлган айлана бўйлаб $a_t = 5$ см/сек² уринма тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракат қилмоқда. Ҳаракат бошлангандан кейин қанча вақт (t) ўтгач a_n нормал (марказга интилма) тезланиш a_t уринма тезланишдан $n = 2$ марта катта бўлади?

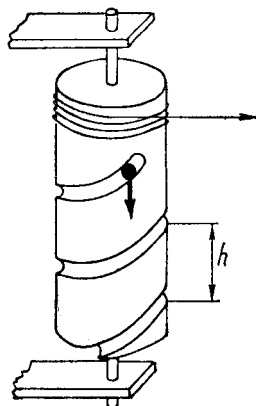
80. Моддий нуқта радиуси $R = 1$ м бўлган айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат қила бошлаб. $t_1 = 10$ сек давомида $s = 50$ м йўлни ўтди. Ҳаракат

бошлангандан сўнг $t_2 = 5$ сек вақт ўтгач нуқта қандай марказга интилма тезланиш (a_n) билан ҳаракат қилади?

81. Айланаётган дискнинг ўқи горизонтал йўналишда v тезлик



12- расм.



13- расм.

билан илгариланма ҳаракат қияпти. Ўқ горизонтал, ўқнинг ҳаракат йўналиши унинг ўзига перпендикулярдир. Агар диск қуйи нуқтасининг оний тезлиги v_2 бўлса, унинг юқори нуқтасининг v_1 оний тезлигини аниқланг.

82. Жисм айлана бўйлаб ҳаракат қилаётганда a тўла тезланиш ва v чизиқли тезлик орасидаги бурчак $\alpha = 30^\circ$ га тенг. a_n/a_z нисбатининг сон қиймати қандай?

83. Ер шарни сиртидаги нуқталарнинг v чизиқли тезлигини ва a_n марказга интилма тезланишини топинг: а) экваторда, б) $\varphi = 60^\circ$ кенгликда. Ер шарининг ўртача радиуси $R = 6400$ км.

84. $n_0 = 240$ айл/мин тезлик билан айланаётган маховик филдирак $t = 0,5$ мин давомида тўхтайтиди. Филдирак ҳаракатини текис ўзгарувчан деб ҳисоблаб, у тўла тўхтагунча неча марта (N) айланишини топинг.

85. Поезд йўлнинг бурилиш қисмига $v_0 = 54$ км/соат бошланғич тезлик билан киради ва $s = 600$ м йўлни $t = 30$ сек вақтда ўтади. Бурилиш радиуси $R = 1$ км. Поезднинг йўл охиридаги v тезлигини ва a тўла тезланишини топинг.

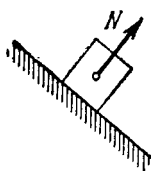
86. v тезлик билан ҳаракат қилаётган автомобиль филдирагидан лой парчалари отилади. Филдиракнинг радиуси R . Вазияти 12-расмда кўрсатилган A нуқтадан ажралиб чиққан лой парчаси йўл устидан қандай h баландликка отилади? Агар филдирак жойида туриб айланса, h катталиқ ўзгарадими?

87. Винтсимон тарновга (13-расм) оғир шарча қўйилган. Шарча эркин тушиши учун тарновли цилиндрга ўралган ипни қандай a тезланиш билан тортиш керак? Цилиндрнинг диаметри D га, винтсимон тарновнинг қадами h га тенг.

4-§. Тўғри чизиqli ҳаракат динамикаси



14- расм.



15- расм.

Динамика масалаларини ечаётганда энг аввало бизни ҳаракати қизиқтираётган жисмга қандай кучлар таъсир қилаётганини ойдинлаштириб олиш керак. Бу кучларни чизмада тасвирлаш зарур. Бунда кўрилаётган кучлар қандай жисмлар томонидан таъсир қилаётганини аниқ тасаввур қилиш керак. Ньютоннинг учинчи қонунида

иштирок эгадиган „таъсир“ ва „акс таъсир“ кучлари ҳар хил жисмларга қўйилганини доимо эсда сақлаш лозим. Берилган жисмга шу икки кучларнинг биригина таъсир қила олади.

Одатда, масалаларда қуйидаги тур кучлар учрайди.

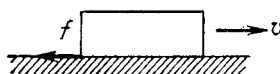
1. *Оғирлик кучлари.* Бу куч жисмнинг оғирлик марказига қўйилган ва Ернинг марказига йўналган (14- расм). Оғирлик кучи аналитик кўринишда қуйидагича ёзилади: $P = mg$. Баъзан масалаларда „ P оғирликдаги жисм“ деган сўзлар тилга олинади. Бу сўзлар жисмга $P = mg$ оғирлик кучи қўйилганини билдиради.

2. *Таянч реакцияси* (нормал босим кучи). Бу куч эластиклик кучларининг бир кўринишидир (15- расм). Таянч реакцияси жисмларнинг тегишиш сиртига перпендикуляр бўлади. Таянч реакциясининг деформация катталигига боғлианиши одатда масалаларда кўрилмайди.

3. *Ип, арқон, трос ва шунга ўхшашларнинг таранглиги* (16- расм). Агар жисмлар вазнсиз ип билан боғланган бўлса, у



16- расм.



17- расм.

ҳолда тарангланган ип иккала жисмга ҳам бир хил кучлар билан таъсир қилади. Бунда ип вазнсиз блоklar системаси орқали ўтказилган бўлиши мумкин. Одатда, ип чўзилмайди деб ҳисобланали ва ип таранглигининг деформацияга боғлианиши кўрилмайди.

4. *Ишқаланиш кучи.* Бу куч жисмларнинг тегишиш сиртига уринма бўйлаб йўналган (17- расм). Тинчликдаги ишқаланиш кучининг бир қийматли эмаслигига эътиборни жалб қилиш муҳимдир. Тинч ҳолатда ишқаланиш кучи жисмга қўйилган бошқа кучларнинг катталигига боғлиқ ҳолда нолдан бирор $f_{\text{макс}} = kN$ максимал қийматгача ўзгариши мумкин, бунда k — ишқаланиш коэффициентини, N — нормал босим кучи. Одатда, сирпаниш пайтида $f = f_{\text{макс}}$ деб қабул қилинади (18- расм).

Ишқаланиш кучининг йўналишини аниқлаш учун қуйидаги усулни қўллаш мумкин: ишқаланиш кучи бир лаҳзага йўқол-

ган деб фараз қилинади ва ишқаланувчи жисмларнинг нисбий тезликлари топилади. Ишқаланиш кучлари векторлари нисбий тезликлар векторларига қарама-қарши йўналган.

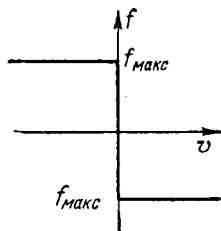
Жисмга таъсир қилувчи кучлар топилгандан кейин *ҳаржкат тенгламасини* (Ньютоннинг иккинчи қонунини) ёзиш керак. Тўғри чизиқли ҳаракат учун Ньютоннинг иккинчи қонуни $ma = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ шаклда ёзилади, бунда F_1, F_2, \dots, F_n — кучларнинг ҳаракат содир бўлаётган чизиққа проекциялари.

Саноқ системасининг мусбат йўналишини тезланиш йўналиши билан мос келадиган қилиб танлаш қулай. Бу ҳолда, агар кучнинг ташкил этувчисининг йўналиши тезланиш йўналиши билан мос келса, кучнинг тегишли проекцияси мусбат ишора билан, акс ҳолда, манфий ишора билан олинади. Масалани ечишга қадар, умуман айтганда, тезланиш йўналиши номаълум бўлади ва ихтиёрий танланиши мумкин. Агар масalani ечиш жараёнида олинган тезланиш мусбат бўлса, унинг йўналиши тўғри танланган, манфий бўлса, нотўғри танланган ҳисобланади.

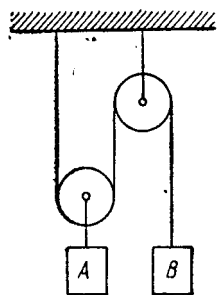
Тўғри чизиқли ҳаракатга перпендикуляр йўналишда кучлар проекцияларининг йиғиндиси нолга тенг, чунки бу йўналишда тезланиш йўқ. Бу тенгликлардан ишқаланиш кучини аниқловчи нормал босимни топиш лозим бўлганда фойдаланиш мумкин.

Агар жисмлар системасининг ҳаракати кўрилатган бўлса, у ҳолда системадаги ҳар бир жисм учун ҳаракат тенгламасини ёзиш керак. Мустиқил тенгламалар сони номаълумлар сонига тенг бўлгандагина масала ечилиши мумкин. Кўпинча, номаълумлар ҳисобига масаланинг шартига кўра топилиши талаб қилинаётган катталиклардан ташқари, яна системадаги жисмларнинг ўзаро таъсирлашишида вужудга келадиган реакция кучлари, ипларнинг таранглиги ва ишқаланиш кучлари ҳам киради. Ўзаро боғланган жисмлар системасининг ҳаракатига оид масalani ечиш учун, умуман айтганда, фақат ҳаракат тенгламалари етарли эмас. Бунда яна *кинематик шарт* деб аталувчи, система жисмларининг система ичидаги боғланишлар туфайли вужудга келадиган тезланишларини ўзаро боғловчи ифодаларни ҳам ёзиш керак. Масалан:

1) чўзилмайдиган ип орқали боғланган жисмлар катталиги жиҳатидан бир хил тезланишга эга, $|a_1| = |a_2|$ (одатда, бу ифода ҳаракат қонунларини бевосита ёзиш пайтида кўзда тутилади); 2) қўзғалувчан блок бўлганда A жисмнинг тезланиши B жисмнинг тезланишидан икки марта кичик (19- расм); $|a_B| = 2|a_A|$.



18- расм.



19- расм.

Ечимни аввал умумий ҳолда олиш ва шундан кейингина катталикларнинг сон қийматларини танлаб олинган бирликлар системасида қўйиш керак. Топилган катталиклар масаланинг шартида берилган катталикларнинг ўзгаришига боғлиқ ҳолда қандай ўзгаришини кузатиб бориш фойдалидир.

Агар масалада фақат куч ва тезланишларни эмас, балки шунингдек, жисмларнинг координаталари (ёки ўтган масофалари) ни ва тезликларини ҳам топиш талаб қилинса, у ҳолда ҳаракат тенгламаларидан ташқари координата ва тезликлар учун кинематик тенгламалардан ҳам фойдаланиш керак.

88. Массаси $m = 500$ тонна бўлган поезд паровознинг тортиши тўхтатилгач, $f = 10^5$ Н ишқаланиш кучи таъсирида бир минутдан сўнг тўхтайтиди: Поезд паровознинг тортиши тўхтатилгунга қадар қандай тезлик (v) билан юрган?

89. Йўлнинг узунлиги 600 м бўлган горизонтал қисмида паровознинг тортиш кучи $F = 14,7 \cdot 10^4$ Н га етади. Бунда поезднинг тезлиги $v_0 = 36$ км/соат дан $v = 54$ км/соат гача ошади. Ҳаракатга кўрсатиладиган f қаршилик кучини аниқланг. Қаршилик кўчи доимий деб ҳисоблансин. Поезднинг массаси $m = 1000$ тонна.

90. Массаси M бўлган ҳаво шари ўзгармас тезлик билан тушаяпти. Ҳаво шарининг Q кўтариш кучи маълум бўлса, шар шундай тезлик билан кўтарилиши учун қандай m миқдордаги балласт ташлаб юборилиши керак?

91. Массаси $m = 5$ кг бўлган жисм вертикал йўналишда пастга $a = 15$ м/сек² тезланиш билан тушиши учун унга қандай куч билан таъсир қилиш керак?

92. Автомобиль $a = 1$ м/сек² тезланиш билан ҳаракат қилмоқда. Массаси $m = 70$ кг бўлган одам ўриндиқ суянчиғига қандай куч (F) билан босади?

93. Пўлат сим массаси 450 кг гача бўлган юкни кўтара олади. Сим узилмаслиги учун унга осилган $m = 400$ кг массали юкни қандай энг катта тезланиш билан кўтариш мумкин?

94. Арқон $m_1 = 110$ кг массали юкни бирор тезланиш билан юқорига вертикал кўтаришга ва $m_2 = 690$ кг массали юкни худди шундай катталиқдаги тезланиш билан пастга туширишга бардош беради. Бу арқон ёрдамида ўзгармас тезлик билан кўтариш мумкин бўлган юкнинг m максимал массаси қандай?

95. Кўтариш машинасининг канатга осилган клети 1) юқорига йўналган $a_1 = 1,6$ м/сек² тезланиш билан; 2) пастга йўналган $a_2 = 0,8$ м/сек² тезланиш билан ҳаракат қилаётган бўлса, канатнинг таранглигини аниқланг. Клетнинг массаси 300 кг.

96. Лифтнинг пассажирлар билан биргаликдаги оғирлиги $P = 800$ кг-куч. Агар лифт кабинаси осилган троснинг таранглиги $T = 600$ кг-куч га тенг бўлса, лифт тезланишининг катталигини ва йўналишини аниқланг.

97. Ҳаракатдаги лифтнинг шипидаги ипга $m_1 = 1$ кг масса-ли юк осилган. Бу юкка $m_2 = 2$ кг массали иккинчи юк осил-ган бошқа ип боғланган. Агар юклар орасидаги ипнинг таранг-лиги $T_1 = 9,8$ Н бўлса, юқоридаги ипнинг T_2 таранглигини то-пинг.

98. Агар шахта клети $a = 24,5$ см/сек² тезланиш билан кў-тарилаётган бўлса, $m = 100$ кг массали юк клетъ тубига қан-дай куч билан босади?

99. Пастга тушаётган лифт кабинаси полида ётган $m = 140$ кг массали юк полга $N = 1440$ Н куч билан босади. Лифт тез-ланишининг катталигини ва йўналишини аниқланг.

100. Лифтга $m = 1$ кг массали жисм осилган пружинали тарози ўрнатилган. Агар лифт: 1) юқорига $a_1 = 4,9$ м/сек² тез-ланиш билан; 2) юқорига $a_2 = 4,9$ м/сек² тезланиш билан секин-ланувчан; 3) пастга $a_3 = 2,45$ м/сек² тезланиш билан; 4) паст-га $a_4 = 2,45$ м/сек² тезланиш билан секинланувчан ҳаракат қи-лаётган бўлса, тарози нимани кўрсатади?

101. Горизонтал сиртда ётган $m = 2$ кг массали жисмга $a = 20$ см/сек² тезланиш бериш учун қандай куч (F) керак? Жисм билан сирт ўртасидаги ишқалиш коэффициентини $R = 0,02$ га тенг.

102. $v = 25$ км/соат тезликка эга бўлган трамвай бирдан тормоз берилганда сирпанма ҳаракат қила бошлади (тормоз-ланган филдираклар айланмай рельс устида сирпана бошлади). Филдиракларнинг рельсга ишқаланиш коэффициентини $k = 0,2$ бўлса, вагон тормозланиш бошланган моментдан то тўхтагун-ча йўлнинг қандай қисмини босиб ўтади?

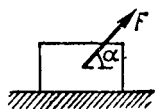
103. Силлиқ сирт устида сирпанаётган тош $s = 20,4$ м ма-софани ўтиб тўхтади. Агар тошнинг сиртга ишқаланиш ку-чи f тош оғирлигининг 6% ини ташкил этса, унинг v бошлан-ғич тезлигини аниқланг.

104. Горизонтал тахта устида юк ётибди. Юк тахтадан сир-паниб туриши учун тахтага горизонтал йўналишда қандай тез-ланиш бериш керак? Тахта билан юк ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини $k = 0,2$.

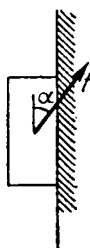
105. Массаси $M = 10$ кг бўлган тахта силлиқ горизонтал сирт устида, массаси $m = 1$ кг бўлган брусок эса тахта усти-да ётибди. Брусок тахтадан сирпаниб туриши учун тахтага горизонтал йўналишда қандай минимал куч F қўйиш керак? Тахта ва брусок ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини $k = 0,1$.

106. Жисм горизонтга α бурчак остида йўналган F куч таъ-сирида горизонтал текисликда ҳаракат қилмоқда (20-расм). Агар жисмга P оғирлик кучи таъсир қилаётган ҳамда жисм ва текислик ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини k га тенг бўлса, жисмнинг тезланишини топинг. Кучнинг қандай F_1 қий-матида ҳаракат текис бўлади?

107. Массаси m бўлган жисм вертикал девор бўйлаб вер-тикалга α бурчак остида йўналган f куч таъсирида юқорига



20- расм.



21- расм.

ҳаракат қилмоқда (21- расм). Жисм ва девор ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини k га тенг. Жисмнинг a тезланишини аниқланг.

108. Агар оғирлиги P бўлган юкли аравани чўртан балиқ ва қисқичбақа горизонтал йўналишда қарама-қарши томонга F_1 ва F_2 куч билан, оққуш эса F_3 куч билан қисқичбақа тортаётган томонга, лекин горизонтга α бурчак остида тортаётган бўлса, у t вақтда қандай s масофани ўтади? Ишқаланиш коэффициентини k ,

юкли араванинг бошланғич тезлиги нолга тенг.

109. $v_0 = 30$ м/сек бошланғич тезлик билан юқорига тик отилган жисм $t = 2,5$ сек дан кейин энг юқори нуқтага кўтарилди. Агар жисмнинг массаси $m = 40$ г бўлса, ҳаво F қаршилиқ кучининг ўртача қийматини аниқланг.

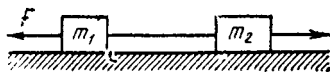
110. Акробат трапециядан ёйилган тўрға сакради, бунда тўр $s = 1$ м масофага эгилди. Акробатнинг массаси $m = 70$ кг, трапециянинг тўрдан баландлиги $H = 6$ м. Тўрни эгиб, акробат қандай a тезланиш билан ҳаракат қилган ва тўр қандай N куч билан акробат гавдасига таъсир қилган?

111. Парашют тўла очилган пайтда ҳавонинг парашютчи ва парашютга таъсир қилувчи минимал қаршилиқ кучи нимага тенг? Парашютчининг парашют билан биргаликдаги массаси $m = 75$ кг.

112. Очилган парашютга таъсир қилувчи қаршилиқ кучи тезлик квадратига пропорционал (пропорционаллик коэффициентини $k = 20$ Н·сек²/м²). Парашютчининг массаси $m = 72$ кг. Одамнинг ерга тушиш тезлиги катта баландликдан сакраган парашютчининг ерга тушиш тезлигига тенг бўлиши учун у қандай h баландликдан парашютсиз сакраши мумкин?

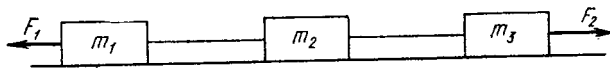
113. Массалари $m_1 = 50$ г ва $m_2 = 100$ г бўлган икки жисм вазнсиз ип билан боғланган ва силлиқ горизонтал сиртда ётибди (22- расм). $T = 5$ Н нагрузкага бардош бера оладиган ип узилмаслиги учун биринчи жисмни қандай F куч билан тортиш мумкин? Агар кучни иккинчи жисмга қўйилса, натижа ўзгарадими?

114. Ип билан боғланган икки жисм силлиқ горизонтал текисликда ётибди. m_1 массали жисмга текислик бўйлаб йўналган F_1 куч, m_2 массали жисмга эса F_1 кучга қарама-қарши йўналган $F_2 < F_1$ куч қўйилган. Жисмлар ҳаракатланганда ипнинг таранглигини (T) топинг.



22- расм.

115. Вазнсиз иплар билан боғланган учта жисм силлиқ горизонтал сиртда ётибди. m_1 массали



23- расм.

жисмга текислик бўйлаб йўналган F_1 куч, m_3 массали жисмга эса қарама-қарши томонга йўналган $F_2 > F_1$ куч қўйилган (23-расм). m_1 ва m_2 массали жисмлар орасидаги ипнинг таранглигини (T) топинг.

116. $P_1 = 0,18$ кг-куч оғирликка эга бўлган A тахтага $P_2 = 2$ кг-куч оғирликдаги юк қўйилган (24-расм). Оғирлиги $P_3 = 0,18$ кг-куч бўлган C паллага $P_4 = 0,5$ кг-куч оғирликдаги тош қўйилганда юкли тахта B тахта бўйлаб ўзгармас тезлик билан сирпанади. A ва B тахталар орасидаги ишқаланиш коэффициентини топинг.

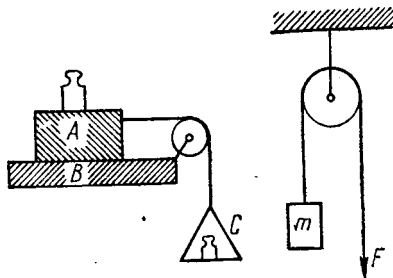
117. Блок орқали ўтказилган арқоннинг бир учига $m = 10$ кг массали юк осилган (25-расм). Юк $a = 1$ м/сек² тезланиш билан кўтариллиши учун арқоннинг иккинчи учидан қандай F куч билан тортиш керак? Арқоннинг чўзилиши ва оғирлиги ҳисобга олинмасин.

118. Қўзғалмас блок динамометрга осилган. Учларига $m_1 = 2$ кг ва $m_2 = 8$ кг массали юклар осилган вазнсиз шнур блок орқали ўтказилган. Юклар ҳаракатланганда динамометр нима ни кўрсатади? Блокнинг оғирлигини ҳисобга олмаслик мумкин.

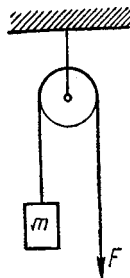
119. Қўзғалмас ўқли блок орқали ўтказилган арқонга иккита юк осилган. Биринчи юкнинг массаси $m = 500$ г. Арқоннинг иккинчи учига $M = 1$ т массали юк илиб, оҳиста қўйиб юборилганда арқоннинг узилмаслиги маълум. Бу ҳолда арқон қандай тарангликка (T) бардош беради? Блокнинг ва арқоннинг массасини ҳисобга олмаслик мумкин.

120. Массасини ҳисобга олмаслик мумкин бўлган блок орқали вазнсиз ва чўзилмайдиган ип ўтказилган. Ипнинг бир учига массаси $m_1 = 30$ г бўлган жисм осилган. Ипнинг иккинчи учига эса $m_2 = 50$ г массали жисм илинган енгил пружина уланган. Чўзилмаган ҳолатда пружинанинг узунлиги $l_0 = 10$ см. $F = 0,1$ Н куч таъсирида пружина $x = 2$ см кагталикка узаяди. Системада тебранишлар йўқ деб ҳисоблаб, пружинанинг юкларнинг ҳаракати вақтидаги l узунлигини топинг.

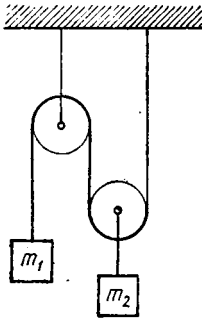
121. Қўзғалмас блок орқали ўтказилган ипнинг учларига $m_1 = 3$ кг ва $m_2 = 6,8$ кг массага эга бўлган иккита юк осилган. Енгил юк оғирдан



24- расм.



25- расм.



26- расм.

2 м пастроқда жойлашган. Юклар бошланғич тезликсиз ҳаракатга келди. Қандай t вақтдан кейин улар бир хил баландликда бўлади?

122. Ҳар бирининг массаси $m = 240$ г бўлган икки жисм қўзғалмас блок орқали ўтказилган ипнинг учларига осилган. Ҳар бир жисм $t = 4$ сек вақтда $s = 160$ см йўл босиб ўтиши учун улардан бирининг устига қўйилган қўшимча юк қандай m_1 массага эга бўлиши керак?

123. Ҳар бирининг массаси $m = 100$ г бўлган икки юк қўзғалмас блок орқали ўтказилган ипнинг учларига осилган. Юклардан бирининг устига $m_1 = 50$ г қўшимча юк қўйилган.

Система ҳаракатга келганда қўшимча юк ўзи турган жисмга қандай N куч билан таъсир қилади?

124. Агар P_1 ва P_2 оғирликдаги ($P_2 > P_1$ бўлсин) иккита юк қўзғалмас блок орқали ўтказилган ип билан боғланган бўлса, уларнинг оғирлик маркази қандай йўналишда ва қандай тезлиши билан силжийди?

125. 26- расмда тасвирланган қурилмада ипнинг таранглигини топинг. Жисмларнинг массалари мос равишда $m_1 = 100$ г ва $m_2 = 300$ г. Блокларнинг оғирлигини ҳисобга олмаслик мумкин.

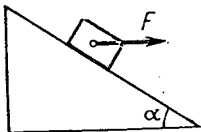
126. Қия текисликдан сирпанаётган жисмнинг тезланишини аниқланг. Текисликнинг қиялик бурчаги $\alpha = 30^\circ$, жисм ва қия текислик ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини эса $k = 0,3$.

127. Узунлиги $l = 10$ м ва баландлиги $h = 5$ м бўлган қия текислик чўққисидан жисм бошланғич тезликсиз ҳаракат қила бошлади. Агар жисм ва қия текислик ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини $k = 0,2$ га тенг бўлса, жисмнинг қия текислик асосигача бўлган ҳаракати қанча вақт (t) давом этади? Жисм қия текислик асосида қандай тезликка эга бўлади?

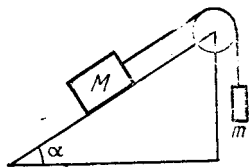
128. Жисм қия текислик бўйлаб v_0 бошланғич тезлик билан юқорига ҳаракат қила бошлади. Қия текислик горизонт билан α бурчак ҳосил қилган. Жисм билан текислик ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини k ($k < \operatorname{tg} \alpha$). Қандай t вақт оралиғидан кейин жисм юқорига ҳаракат қила бошлаган нуқтага қайтиб келади?

129. Узунлиги $l = 50$ м бўлган қиялик бўйлаб $m = 60$ кг массали чанани арқон билан туширилмоқда. Тепаликнинг баландлиги $h = 10$ м. Агар тепалик этагида чана $v = 5$ м/сек тезликка эга бўлса ва ишқаланиш кучи чанга таъсир қилувчи оғирлик кучининг 10 % ини ташкил этса, арқоннинг T таранглик кучини аниқланг. Таранглик кучи ўзгармас деб ҳисоблансин. Чананинг бошланғич тезлиги nolга тенг.

130. Қия текисликдаги массаси $m = 50$ кг бўлган жисмга горизонтал йўналган $F = 294$ Н куч таъсир қилапти (27- расм).



27- расм.



28- расм.

Жисмнинг тезланишини ва унинг текисликка босим кучини аниқланг. Қия текислик горизонт билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ташкил қилади. Ишқаланиш ҳисобга олинмайди.

131. Икки жисм қия текисликка ўрнатилган вазнсиз блок орқали ўтказилган энгил ип билан боғланган (28-расм). Бу жисмлар қандай тезланиш билан ҳаракат қилишини топинг. Ишқаланишни ҳисобга олмаслик мумкин. Жисмларнинг массалари мос равишда $m = 10$ г ва $M = 15$ г га тенг. Қия текислик горизонт билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилади.

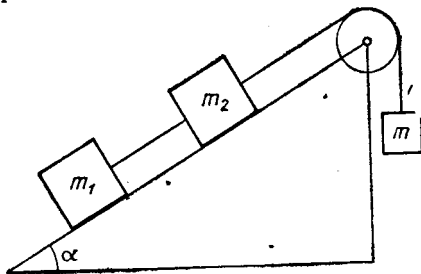
132. Учта жисм қия текисликка ўрнатилган вазнсиз блок орқали ўтказилган энгил ип билан боғланган (29-расм). Текисликнинг горизонтга қиялик бурчаги α га тенг. Юклар m_1 , m_2 ва m массага эга. Юклар билан қия текислик ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини k га тенг. Қия текисликда турган юкларни боғлаб турувчи ипнинг T таранглик кучи нимага тенг?

133. Горизонт билан α бурчак ҳосил қилган қия текисликдан ишқаланишсиз сирпанаётган яшиқда M массали шар ётибди. Яшиқнинг олдинги деворига ва тубига шарнинг босим кучини аниқланг.

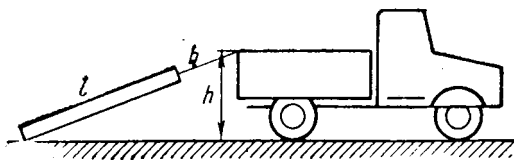
134. Горизонт билан α бурчак ҳосил қилувчи қия текисликда m массали куб турибди. Қия текислик юқорига йўналган a тезланиш билан ҳаракат қилаётган лифтда жойлашган. Кубнинг текисликка N нормал босим кучини аниқланг. Куб билан текислик ўртасидаги k ишқаланиш коэффициентининг қандай қийматларида куб пастга сирпанмайди?

135. M массали тахта қиялиги α га тенг бўлган қия текислик бўйлаб ишқаланишсиз ҳаракат қила олади. Тахта қия текисликдан сирпанмаслиги учун m массали одам қайси йўналишда ва қандай a тезланиш билан югуриши керак?

136. Қия текисликдан ишқаланишсиз тушаётган аравачага ипга осилган шарчаси бўлган стержень ўрнатилган. Агар шар $m = 2$ г массага эга бўлса, ипнинг



29- расм.



30- расм.

T таранглигини топинг. Текислик горизонт билан $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилади.

137. Горизонт билан α бурчак ҳосил қилувчи қия текисликда M массага эга бўлган сувли бак турибди. Бакдаги сув сирти қия текисликка параллел бўлиши учун бакни қия текисликка параллел бўлган қандай F куч билан ҳаракатга келтириш керак? Бакнинг таги билан қия текислик ўртасидаги ишқаланиш коэффиценти k га тенг.

138. Горизонт билан α бурчак ҳосил қилган трос бўйлаб сувли челақ осилган блок ишқаланишсиз тушяпти. Челақдаги сувнинг баландлиги h га тенг. Ҳаракат пайтида челақ тубига бўлган босим қандай?

139. Ғўла канат билан юк машинасига боғланган (30- расм). Ғўла билан канат тўғри чизиқ ҳосил қилиши учун юк машинаси қандай a тезланиш билан юриши керак? Ғўланинг узунлиги l , канатники эса b . Канат юк машинасига ер сиртидан h баландликда боғланган.

5-§. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни

Ньютоннинг иккинчи ва учинчи қонунларидан жисмлар системасининг тўла ҳаракат миқдори ўзгариши система жисмларига таъсир қилувчи ташқи кучлар импульсларининг йиғиндисига тенг эканлиги келиб чиқади. Ҳаракат миқдори ва куч импульси вектор катталиклар бўлгани учун бундай тенглик уларнинг ҳар қандай тўғри чизиққа проекциялари учун ҳам ўринлидир.

Шундай қилиб,

$$(m_1v'_1 + m_2v'_2 + \dots) - (m_1v_1 + m_2v_2 + \dots) = F_1\Delta t + F_2\Delta t + \dots,$$

бунда m_1, m_2, \dots — система жисмларининг массалари, v_1, v_2, \dots ва v'_1, v'_2, \dots бу жисмларнинг бошланғич ва охири тезликларининг бирор йўналишга проекциялари. $F_1\Delta t, F_2\Delta t, \dots$ — ташқи кучлар импульсларининг шу йўналишга проекциялари.

Агар система ёпиқ бўлса, яъни система жисмларига ташқи кучлар таъсир этмаса, унда ташқи кучлар импульсларининг исталган йўналишга проекциялари йиғиндиси нолга тенг,

$$F_1\Delta t + F_2\Delta t + \dots = 0,$$

бинобарин,

$$m_1v'_1 + m_2v'_2 + \dots = m_1v_1 + m_2v_2 + \dots,$$

яъни система ҳаракат миқдорининг исталган йўналишга проекцияси ўзгармас сақланади. Лекин ёпиқ бўлмаган система учун ҳам ташқи кучлар импульсларининг бирор танлаб олинган йўналишга проекциялари йиғиндисини нолга тенг бўлиши мумкин. Бу ҳолда система ҳаракат миқдорининг фақат шу йўналишга проекцияси ўзгармайди. Ҳаракат миқдорининг бошқа йўналишларга проекциялари эса сақланмайди.

Агар системанинг охири ҳолати билан бошланғич ҳолати ўртасидаги вақт интервали кичик бўлса (масалан, ўқ узиш вақти ёки жисмларнинг тўқнашиш вақти), оғирлик ва қовушоқ ишқаланиш кучлари каби ташқи кучларнинг $F\Delta t$ импульсини ҳисобга олмасдан системани ёпиқ деб қараш мумкинлигини назарда тутиш керак.

Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунини ёзаётганда ишораларнинг тўғри қўйилишини кузатиб туриш лозим. Бирор йўналишни ихтиёрий равишда мусбат йўналиш деб танланади. Агар жисмлар ҳаракат миқдорлари таъкил этувчилари (проекциялари) нинг йўналиши танлаб олинган йўналиш билан мос келса, улар плюс ишора билан акс ҳолда минус ишора билан ёзилади. Масаланинг шартида ҳаракат йўналиши берилмаган жисмлар учун ишоралар ихтиёрий қўйилиши мумкин. Агар масалани ечиш натижасида ҳаракат миқдорининг проекцияси мусбат бўлиб чиқса, у ҳолда жисмнинг ҳаракат йўналиши тўғри танланган, агар манфий бўлиб чиқса, нотўғри танланган бўлади.

140. Автоматдан отиш пайтида у елкага қандай F ўртача босим кучи беради? Ўқнинг массаси $m = 10$ г, унинг ствол каналидан чиқиш пайтидаги тезлиги $v = 300$ м/сек. Автомат бир минутда $n = 300$ та ўқ узади.

141. Массаси $m = 150$ г бўлган копток силлиқ деворга $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида урилади ва ундан тезлигини йўқотмаган ҳолда қайтади. Коптоқнинг тезлиги $v = 10$ м/сек, зарб давомийлиги эса $\Delta t = 0,1$ сек га тенг. Коптоқка девор томонидан таъсир қилувчи F ўртача кучни топиш.

142. Вертикал тушаётган $m = 200$ г массали шарча полга $v = 5$ м/сек тезлик билан урилди ва $h = 46$ см баландликка кўтарилди. Урилиш пайтида шарча ҳаракат миқдорининг ўзгариши (Δp) қанчага тенг?

143. Тепкига қарши қурилмага эга бўлмаган $M = 3$ т массали тўпдан (ствол лафетга маҳкамланган) горизонтал йўналишда $m = 15$ кг массали снаряд $v = 650$ м/сек тезлик билан учиб чиқади. Отиш пайтида тўп қандай u тепки тезлик олади?

144. Горизонтал йўналишда $v = 50$ м/сек тезлик билан учиб бораётган $m = 20$ кг массали снаряд массаси $M = 10$ т бўлган қум ортилган платформага тегади ва унда портламай ушланиб қолади. Бунда платформа қандай u тезлик билан ҳаракатлана бошлайди?

145. Жуда силлиқ горизонтал майдончада турган тўпдан горизонтга нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида снаряд отилди. Снаряднинг массаси $m = 20$ кг, бошланғич тезлиги $v = 200$ м/сек. Агар тўпнинг массаси $M = 500$ кг бўлса, отиш пайтида тўп қандай тезлик олади?

146. Стволининг массаси $M = 500$ кг бўлган тўпдан горизонтал йўналишда снаряд отилди. Снаряднинг массаси $m = 5$ кг, унинг бошланғич тезлиги 460 м/сек, отиш пайтида ствол $s = 40$ см масофага орқага тепилади. Стволнинг тормозловчи механизмида вужудга келувчи тормозлаш кучининг ўртача қийматини аниқланг.

147. Вертикалга нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида $v = 800$ м/сек тезликда учиб кетаётган $m_1 = 50$ кг массали снаряд қум ортилган платформага тегиб, унда ушланиб қолди. Агар платформанинг массаси $m_2 = 16$ т бўлса, снаряд теккандан кейин платформанинг тезлиги қандай бўлишини топинг.

148. Дарёдаги силлиқ муз устида конькида турган одам $m = 0,5$ кг массали тошни улоқтирди. $t = 2$ сек вақт ўтгач, тош $s = 20$ м масофага бориб тушди. Агар одамнинг массаси $M = 60$ кг бўлса, у қандай тезлик билан орқага сирпана бошлайди? Конькиннинг музга ишқаланишини ҳисобга олманг.

149. Роликли конькилардаги икки одам бир-бирининг қаршисида турибди. Биринчи одамнинг массаси $m_1 = 70$ кг, иккинчисиники $m_2 = 80$ кг. Биринчи одам иккинчисига горизонтал ташкил этувчиси ерга нисбатан $v = 5$ м/сек га тенг бўлган тезлик билан $m = 10$ кг массали юкни отди. Биринчи одамнинг юкни отгандан кейинги тезлиги v_1 ва иккинчи одамнинг юкни илиб олгандан кейинги тезлиги v_2 ни аниқланг. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

150. Массаси $m_1 = 990$ г бўлган жисм горизонтал сиртда ётибди. Жисмга $m_2 = 10$ г массали ўқ келиб тегди ва унда илиниб қолди. Ўқнинг тезлиги горизонтал йўналган ва $v = 700$ м/сек га тенг. Агар жисм билан сирт ўртасидаги ишқаланиш коэффициентига $k = 0,05$ бўлса, ўқ зарбидан ҳаракатга келган жисм тўхтагунча қанча масофа ўтади?

151. Қум ортилган ва v тезлик билан ҳаракатланаётган M массали платформага қаршисидан m массали жисм силлиқ қия тарновдан бошланғич тезликсиз сирпаниб тушиб, платформада қолди. Тарновнинг узунлиги l , унинг горизонтга қиялик бурчаги α . Платформанинг жисм келиб тушгандан кейинги u тезлигини аниқланг.

152. Заряди билан биргаликдаги массаси $M = 250$ г бўлган ракета вертикал юқорига ҳаракат қилиб, $H = 150$ м баландликка етади. Заряд бир онда ёнади деб ҳисоблаб, газларнинг ракетадан чиқиш тезлиги v ни топинг. Заряднинг массаси $m = 50$ г.

153. Умумий массаси $m_1 = 20$ т бўлган, $u = 9$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилаётган бронланган темир йўл платформасида тўп отилди. $m_2 = 25$ кг массали снаряд тўпдан $v =$

= 700 м/сек тезлик билан учиб чиқади. Агар 1) платформа ҳаракати ва отиш йўналиши бир хил бўлса; 2) бу йўналишлар қарама-қарши бўлса, тўп отилган моментда платформанинг тезлиги қандай бўлади?

154. Горизонтал рельс бўйлаб массаси $m_1 = 200$ кг бўлган платформа $v = 20$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилмоқда. Унга массаси $m_2 = 50$ кг бўлган тош вертикал тушади ва платформа билан биргаликда ҳаракат қилади. Бир оз вақт ўтгандан кейин платформадаги люк очилиб, тош пастга тушиб кетади. Платформа шундан кейин қандай тезлик билан ҳаракат қилади? Платформа ва рельслар ўртасидаги ишқаланишни ҳисобга олманг.

155. Горизонтал йўналишда $v = 20$ м/сек тезлик билан учиб кетаётган ядро икки қисмга парчаланди. Уларнинг массалари $m_1 = 10$ кг ва $m_2 = 5$ кг. Кичик парчасининг тезлиги $v = 90$ м/сек ва йўналиши ядронинг бўлинмасдан аввалги тезлиги йўналиши билан бир хил. Катта парчасининг v_1 тезлигини ва ҳаракат йўналишини аниқланг.

156. Икки қайиқ параллел йўналиш бўйича бир-бирига қараб инерцияси билан ҳаракат қилмоқда. Қайиқлар бараварлашганда бирдан иккинчисига эҳтиётлик билан $m = 25$ кг массали юк олиб қўйилди. Шундан кейин юк қўйилган қайиқ тўхтади, иккинчи қайиқ эса $v = 8$ м/сек тезлик билан ҳаракатини давом эттирди. Агар юк қўйилган қайиқнинг массаси 1 т бўлса, қайиқлар бараварлашгунча қандай v_1 ва v_2 тезликлар билан ҳаракат қилган?

157. Бир хил M массага эга бўлган учта қайиқ инерцияси билан бир-бирининг орқасидан бир хил тезлик v билан ҳаракат қилмоқда. Ўртадаги қайиқдан четдагиларга m массали юклар қайиқларга нисбатан u тезлик билан бир пайтда ташланди. Юклар ташлангандан кейин қайиқлар қандай тезликка эга бўлади? Сувнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

158. Қайиқда турган одам унинг тумшугидан қуйруғига ўтди. Агар одамнинг массаси $m = 60$ кг, қайиқнинг массаси эса $M = 120$ кг бўлса, узунлиги $l = 3$ м бўлган қайиқ қандай s масофага силжийди? Сувнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

159. Массаси $M = 500$ т бўлган поезд горизонтал йўлда текис ҳаракатланмоқда. Массаси $m = 20$ т бўлган охири вагон поезддан узилиб қолди. Вагон тўхтаган моментда у билан поезд орасидаги масофа $s = 500$ м га тенг бўлди. Вагон тўхтагунча қанча масофа ўтган? Ҳаракатга қаршилик оғирликка пропорционал ва ҳаракат тезлигига боғлиқ эмас.

160. Снаряд тўздан горизонтга нисбатан α бурчак остида v_0 тезлик билан учиб чиқади. Траекториянинг юқори нуқта-сида снаряд икки тенг қисмга бўлинади, портлаш рўй берган моментда иккала парчанинг тезликлари горизонтал ва траектория текислигида ётади. Снаряднинг биринчи парчаси отиш йўналиши бўйича тўздан s масофага бориб тўшди. Агар сна-

ряднинг иккинчи парчаси биринчисидан узоқроққа тушгани маълум бўлса, унинг тушиш жойини аниқланг. Снаряднинг ҳаракати ҳавосиз фазода содир бўлади деб ҳисобланг.

161. Снаряд ҳавосиз фазода парабола бўйлаб учади ва траекториянинг юқори нуқтасида тенг икки қисмга бўлинади. Снаряднинг биринчи ярми вертикал бўйича пастга, иккинчиси горизонтал бўйича бўлиниш жойидан s масофага тушди. Агар бўлиниш h баландликда рўй бергани ва снаряднинг вертикал бўйича пастга ҳаракат қилган ярми τ вақтда тушгани маълум бўлса, снаряднинг бўлиниш олдидаги тезлигини аниқланг.

6-§. Статика

Статика масалаларини ечаётганда худди динамикага доир масалаларни ечаётгандагидек, энг аввало, кўриляётган жисмларга қандай кучлар таъсир қилаётганини ойдинлаштириб олиш керак. Бу кучларни чизмада тасвирлаш лозим.

Статикада жисмнинг мувозанат шартини ифодаловчи икки типдаги тенгламалардан фойдаланилади: $\sum_i F_i = 0$ (жисмга таъсир этаётган кучларнинг ҳар қандай ўққа проекциялари йиғиндиси нолга тенг) ва $\sum_i M_i = 0$ (бу кучларнинг ҳар қандай

қўзғалмас ўққа нисбатан моментлари йиғиндиси нолга тенг).

Масалаларни текисликда (Декарт координаталарида) ечаётганда (кўпинча шунлай масалалар учрайди) кучларнинг проекциялари учун ўзаро перпендикуляр йўналишлар (масалан, горизонтал ва вертикал йўналишлар) учун бир-бирига боғлиқ бўлмаган икки тенгламани ёзиш мумкин. Йўналишларни шундай танлаш мақсадга мувофиқки, кучларнинг бу йўналишларга проекциялари энг содда кўринишда ифодалансин, яъни кучлар билан танлаб олинган йўналишлар орасидаги тегишли бурчак косинуслари 0 ёки 1 га тенг бўлиши ёки аввалдан маълум бўлиши лозим. Бир хил йўналишга эга бўлган кучларнинг проекциялари тенгламага бир хил ишора билан киришини кузатиб туриш керак.

Агар масалада қаралаётган кучлар битта текисликда ётса, кучларнинг бу текисликка перпендикуляр бўлган ўққа нисбатан моментлари учун фақат битта мустақил тенглама ёзиш мумкин. Агар ўқни $\sum_i M_i = 0$ тенгламага масаланинг шартига

кўра билиш талаб қилинмайдиган кучларнинг моментлари имкони борича қирмайдиган қилиб танланса, масалани ечиш соддалашади. Бунинг учун бу кучларнинг елкалари нолга тенг бўлиши керак.

Жисмни соат стрелкаси йўналиши бўйича айлантирувчи кучларнинг моментлари бир хил ишора билан киради, жисмни соат стрелкаси йўналишига қарши йўналишда айлантирувчи кучларнинг моментлари қарама-қарши ишорага эга бўлиши керак.

Агар айрим кучларнинг ташкил этувчилари йўналиши ёки бу кучлар моментлари учун айланиш йўналиши олдидан маълум бўлмаса, у ҳолда динамикага оид масалалардагидек, ишора ихтиёрий қилиб танланиши мумкин, кучларнинг ҳақиқий йўналишлари ҳақида эса масаланинг ечими натижаси бўйича фикр юритиш мумкин.

Системанинг оғирлик марказини топишда, одатда, энг осони кучларнинг оғирлик маркази орқали ўтувчи ўққа нисбатан моментларини ҳисоблашдир. Оғирлик кучларининг шу ўққа нисбатан моментлари йиғиндисининг нолга тенглиги—оғирлик маркази вазиятини аниқловчи масофа тенгламасидан иборат.

162. Биринчи ҳолда икки одам бир хил F куч билан арқон учларидан қарама-қарши томонга тортади. Иккинчи ҳолда арқоннинг бир учи қўзғалмас таянчга боғланган, иккинчи учидан эса иккала одам ўша F куч билан тортади. Биринчи ва иккинчи ҳолларда арқоннинг таранглиги қандай бўлади?

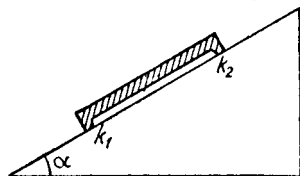
163. Ички ёнув двигатели цилиндрининг ички диаметри $D = 0,16$ м. Цилиндр қопқоғини маҳкамлайдиган болтлар сони $n = 8$. Ёнилғи аралашма ёнганда босим $p = 6 \cdot 10^6$ Н/м² га етади. Ун қарра мустаҳкамлик запасини таъминлайдиган болтларнинг диаметри қандай бўлишини аниқланг. Пулат учун йўл қўйиладиган кучланиш $T = 1,5 \cdot 10^8$ Н/м².

164. Ясси брусок девордан пастга сирпаниб кетмаслиги учун уни горизонтал йўналган қандай минимал F куч билан деворга сиқиш керак? Брусокнинг массаси $m = 5$ кг, девор ва брусок ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини $k = 0,1$.

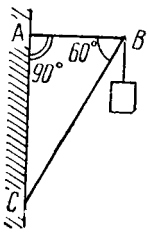
165. m массага эга бўлган бир жинсли чизғичнинг учдан бир қисми стол четидан чиқиб турибди. Агар чизғич ва стол ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини k га тенг бўлса, чизғични унинг узун томони бўйлаб силжитиш учун унга қандай F куч қўйиш керак?

166. Қия текисликда ёғоч брусок сирпаниб тушмаслиги учун уни текисликка перпендикуляр йўналган қандай F куч билан сиқиш керак? Брусокнинг массаси $m = 2$ кг; брусокнинг текисликка ишқаланиш коэффициентини $k = 0,4$, текисликнинг горизонтга нисбатан қиялик бурчаги $\alpha = 60^\circ$.

167. Икки таянч дўнглиги бўлган юққа тахта қия текисликда ётибди (31-расм). Қия текислик ва пастки таянч дўнглиги ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини k_1 , текислик ва юқориги таянч дўнглиги ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини k_2 . Текисликнинг горизонтга нисбатан қиялик бурчаги α нинг қандай минимал қийматида тахта қия текислик бўйлаб сирпана бошлайди?



31- расм.



32- расм.

168. $m = 20$ кг массали фонарь иккита бир хил тросга осилган. Трослар орасидаги бурчак $\alpha = 120^\circ$. Тросларнинг таранглик кучи T ни топинг.

169. Узунлиги $l = 3$ м бўлган вазнсиз троснинг учлари бир хил баландликка маҳкамланган. Маҳкамланиш нуқталаридан $a = 1$ м масофага ҳар бирининг массаси $m = 1$ кг бўлган иккита юк осилган. Троснинг ўрта қисмида солқиланиш $d = 10$ см ни ташкил қилади. Троснинг учала қисмининг ҳар биридаги таранглик кучи T_1 , T_2 ва T_3 ни топинг.

170. 32-расмда тасвирланган кронштейнга $m = 100$ кг массали юк осилган. AB ва BC стерженларнинг таранглигини топинг. Стерженларнинг массаларини ҳисобга олманг.

171. Елкалари тенг бўлмаган ричагли тарозида тортилганда жисмнинг оғирлиги (қўйилган қадоқтошлар оғирликлари йиғиндиси бўйича) бир паллада $P_1 = 2,2$ кг-куч, иккинчисида $P_2 = 3,8$ кг-куч бўлди. Жисмнинг ҳақиқий оғирлиги P ни аниқланг.

172. Учларидан бирига $m = 1,2$ кг массали юк маҳкамланган бир жинсли стерженни унинг юкли учидан $1,5$ узунлигича масофадаги нуқтасидан горизонтал ҳолатда кўтарилганда у мувозанатда бўлган. Стерженнинг массаси M қанча?

173. Бир жинсли тахта платформада ётибди, шундай ётибдики унинг бир учи платформадан чиқиб турибди. Тахтанинг платформадан чиқиб турган қисмининг узунлиги балка узунлигининг чорак қисмига тенг. Тахтанинг платформадан чиққан учига вертикал пастга йўналган куч қўйилади. Бу куч $F = 2000$ Н га тенг бўлганда, балканинг иккинчи учи кўтарила бошлайди. Балканинг оғирлиги P қанчага тенг?

174. Икки одам $m = 80$ кг массали цилиндрик темир труба кўтариб кетмоқда. Бир одам труба кўтариб унинг учидан $a = 1$ м ичкарасидан, иккинчиси труба кўтариб унинг иккинчи учидан кўтаради. Агар труба кўтариб узунлиги $L = 5$ м бўлса, ҳар бир одамга қанчадан юк тўғри келишини аниқланг.

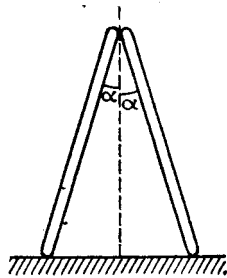
175. Деворга m массали нарвон тираб қўйилган. Нарвоннинг оғирлик маркази унинг юқори учидан нарвон узунлигининг $1/3$ қисмига тенг масофада жойлашган. Нарвоннинг юқори учи деворга босим кўрсатмаслиги учун унинг ўртасига горизонтал йўналишда қандай F куч қўйилиши керак? Нарвон ва девор ўртасидаги бурчак α га тенг.

176. Нарвоннинг полга ишқаланиш коэффициентини k га тенг бўлса, силлиқ вертикал деворга тиралган нарвон горизонтга нисбатан қандай энг кам α бурчак остида тура олади? Оғирлик маркази нарвоннинг ўртасида жойлашган деб ҳисобланг.

177. Четлари силлиқ қилиб юмалоқланган икки бир хил юпқа тахтача столда бир-бирига тиралиб турибди. Вертикал текислик ва ҳар бир тахтача орасидаги бурчак α га тенг (33-

расм). Тахтачалар қулаб тушмаслиги учун уларнинг пастки четлари ва стол сирти ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини қандай бўлиши керак?

178. Узунлиги $L = 1$ м ва оғирлиги $P = 15$ Н бўлган стержень ипга шарнирли маҳкамланган. Стержень оған ҳолатда унинг иккинчи учига боғланган вертикал шнур билан ушлаб турилади. Агар стерженнинг оғирлик маркази шарнирдан $s = 0,4$ м масофада жойлашган бўлса, шнурнинг таранглигини топинг.



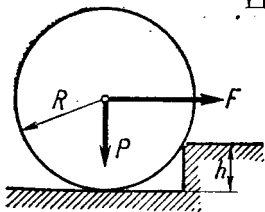
33- расм.

179. Оғир цилиндрлик катокни баландлиги h бўлган зинага кўтариш керак (34- расм). Бунинг учун, агар каток R радиусга (бунда R зинанинг баландлиги h дан катта) эга, унинг оғирлик кучи эса P га тенг бўлса, катокнинг марказига горизонтал йўналишда қўйилиши керак бўлган энг кичик куч F_{\min} ни аниқланг.

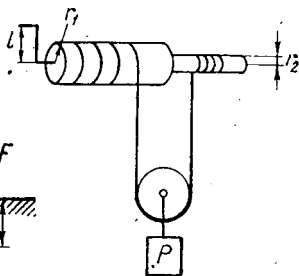
180. Дифференциал чиғир умумий ўққа маҳкамланган ҳар хил диаметрли иккита цилиндрдан иборат (35- расм). Цилиндрларга чиғир айланганда кичик цилиндрдан катта диаметрли цилиндрга ўраладиган канат маҳкамланган. Канатда ҳосил бўлган илмоққа блок осилган. Агар цилиндрларнинг радиуслари $r_1 = 0,2$ м, $r_2 = 0,1$ м, блокка осилган юкнинг оғирлиги эса $P = 100$ Н бўлса, юкни ушлаб туриш ёки текис кўтариш учун узунлиги $l = 1$ м бўлган чарх дастасига қандай F куч қўйилиши керак?

181. m_1 массали бир жинсли AB стерженнинг учи A нуқтада тахтага шарнирли маҳкамланган (36- расм). Стерженнинг бошқа учига блок орқали ўтказилган юкни ип боғланган. Ипнинг BC қисми горизонтал бўлиши, стержень эса тахта билан α бурчак ҳосил қилиши учун юкнинг массаси m_2 қандай бўлиши керак? Мувозанат турғун бўладими?

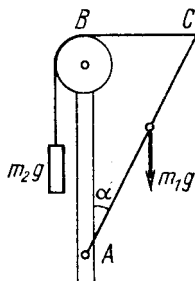
182. Силлиқ вертикал деворга узунлиги $l = 4$ см бўлган арқон билан $m = 300$ г массали шар осилган. Агар шарнинг радиуси $R = 2,5$ см бўлса, унинг деворга босими N ни топинг.



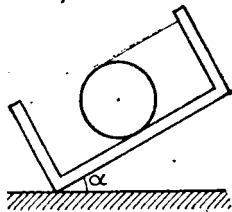
34- расм.



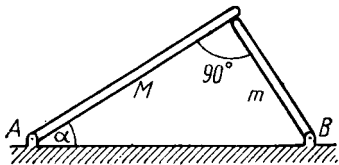
35- расм.



36- расм.



37- расм.



38- расм.

183. Идишнинг текис, силлиқ бўлмаган тубида шар турибди. Идишнинг туби горизонтга нисбатан бирор бурчакка оғган. Шар идиш тубига параллел ип билан мувозанатда ушлаб турилади (37-расм). Шар мувозанатда қолиши учун идиш тубини қандай энг катта α бурчакка оғдириш мумкин? Ишқаланиш коэффициентини k га тенг.

184. Икки ингичка таёқча 38-расмда тасвирланган система-ни ҳосил қилади. Таёқчалар учлари орқали ўтган A ва B ўқлар атрофида ишқаланишсиз айлана олади. Таёқчаларнинг юқори учлари тўғри бурчак ҳосил қилиб шундай тегиб турадики, биринчи таёқча учи билан иккинчисининг учида ётади (иккинчи таёқчанинг юқори учи юмалоқланган). M массали юқоридаги таёқча горизонт билан α бурчак ҳосил қилади. Пастдаги таёқчанинг массаси m . Таёқчалар орасидаги ишқаланиш коэффициентини k нинг қандай минимал қиймагида пастдаги таёқча қулаб тушмайди?

185. Стерженга қарама-қарши томонга йўналган параллел $F_1 = 10$ Н ва $F_2 = 25$ Н кучлар таъсир қилади. Агар F_1 ва F_2 кучларнинг қўйилиш нуқталари бир-биридан $d = 1,5$ м масофада жойлашган бўлса, бу кучларни мувозанатловчи F кучнинг катталиги ва қўйилиш нуқтасини топинг.

186. Оғирлиги $P_1 = 3$ Н ва $P_2 = 12$ Н қирралари $l_1 = 0,08$ м ва $l_2 = 0,12$ м бўлган икки бир жинсли кубча стержень билан бириктирилган. Стерженнинг узунлиги $d = 0,01$ м ва оғирлиги $P_3 = 6$ Н. Системанинг оғирлик марказини топинг. Стерженнинг учлари кубча ёқларининг марказига маҳкамланган, кубларнинг марказлари эса стержень ўқининг давомида ётади.

187. Массалари $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 5$ кг, $m_3 = 7$ кг, $m_4 = 3$ кг бўлган тўртта бир жинсли шар вазнсиз стерженга шундай маҳкамланганки, уларнинг марказлари бир-биридан тенг масофада ($d = 0,2$ м) ётади. Системанинг оғирлик маркази учинчи шар марказидан қандай x масофада жойлашади?

188. Икки томони алюминий, учинчиси мис симдан қилинган тенг томонли учбурчак шаклига эга бўлган рамканинг оғирлик марказини аниқланг. Симлар бир хил кўндаланг кесимга эга. Учбурчак томонлари $l = 1$ м. Миснинг зичлиги $\rho_{\text{м}} = 8,9$ г/см³, алюминийнинг зичлиги $\rho_{\text{а}} = 2,7$ г/см³.

189. Бир жинсли цилиндр горизонт билан α бурчак ҳосил қилувчи қия текисликка қўйилди. Агар цилиндрининг баландлиги унинг радиусидан икки марта катта бўлса, текисликнинг қандай максимал қиялик бурчагида цилиндр тўнқарилиб кетмайди?

190. Баландлиги $h = 12$ см ва диаметри $d = 8$ см бўлган юққа деворли цилиндрик стаканнинг оғирлик маркази унинг тубидан қандай масофада жойлашган? Стакан тубининг қалинлиги деворларининг қалинлигидан икки марта катта.

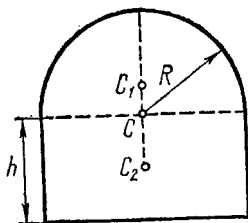
191. Ясси бир жинсли фигура R радиусли ярим доирадан ва асоси ярим доира диаметрига тенг, баландлиги эса h га тенг бўлган тўғри тўртбурчакдан иборат (39-расм). Шаклнинг оғирлик маркази ярим доиранинг геометрик маркази (C нуқта) билан мос келиши учун h/R нисбат нимага тенг бўлиши керак? (*Кўрсатма*: ярим доиранинг оғирлик маркази C_1 унинг геометрик маркази C дан $4R/3\pi$ масофада).

192. m_1 массали бир жинсли ярим сфера қавариқ томони билан горизонтал текисликка қўйилган. Ярим сфера четига унча катта бўлмаган m_2 массали юк қўйилган. Ярим сферани чегаралаб турган доира горизонтга қандай бурчак остида оғадди? (*Кўрсатма*: ярим сфера оғирлик маркази унинг геометрик марказидан $(3/8) \cdot r$ масофада, бунда r — ярим сфера радиуси.)

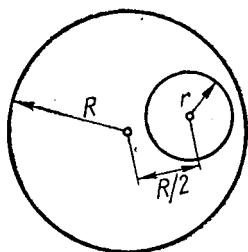
193. Радиуси $r < R/2$ бўлган доира қирқиб олинган R радиусли бир жинсли дискнинг оғирлик марказини аниқланг (40-расм). Қирқим маркази диск марказидан $R/2$ масофада жойлашган.

194. Учта одам тенг ёнли учбурчакдан иборат бир жинсли металл плитани кўтариб кетмоқда. Учбурчак асосининг узунлиги $a = 0,6$ м, учбурчак баландлиги $h = 1,25$ м, плитанинг қалинлиги $d = 4$ см, плита материалининг зичлиги $\rho = 3,6$ г/см³. Агар одамлар плитани учбурчак учларидан кўтариб кетишадиган бўлса, ҳар бир одамга қанча нагрузка тўғри келади?

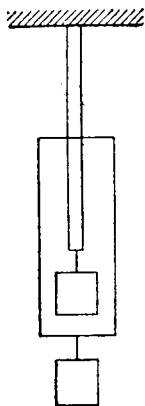
195. Учта одам томонлари $a = 2$ м бўлган тенг томонли учбурчак шаклидаги $m_1 = 70$ кг массали пластинкани кўтариб кетмоқда, бунда икки одам пластинкани бир учидан, учинчиси — қаршисидаги асосидан ушлаб кўтаради. Агар нагрузка пластинка кўтарувчилар ўртасида тенг тақсимланган бўлса, шу учидан қандай l масофада $m_2 = 100$ кг массали ихчам юк пластинкага маҳкамланган?



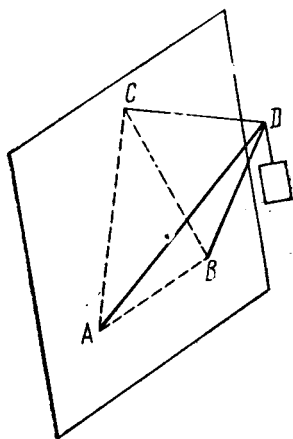
39- расм.



40- расм.



41- расм.



42- расм.

196. Вертикал жойлашган, бир-бирига параллел, бир хил узунликдаги иккита пружинага вазисиз стержень горизонтал ҳолатда осилган. Пружиналарнинг эластиклик коэффициентлари мос равишда $k_1 = 0,02$ Н/м ва $k_2 = 0,03$ Н/м. Пружиналар орасидаги масофа $L = 1$ м. Стержень горизонтал ҳолатда қолиши учун, унинг қайси нуқтасига юк осииш керак?

197. Кўндаланг кесими $r = 0,5$ см радиусли доира бўлган пўлат стержнинг юқори учи маҳкамланган. Стерженнинг узунлиги $l = 1$ м. Агар стерженнинг ўртасига махсус осма ёрдамида $m = 400$ кг массали юк ва унинг пастки учига ҳам худди шундай юк осилган бўлса (41- расм) стерженнинг узунлиги қандай Δl катталиққа ўзгаради? Пўлат учун Юнг модули $E = 19,6 \cdot 10^{10}$ Н/м². Пружинанинг оғирлигини ҳисобга олманг.

198. Вертикал деворга маҳкамланган кронштейн 42- расмда тасвирланган тузилишга эга. Горизонтал жойлашган AB асосли, тенг ёнли ACB учбурчак баландлиги h га тенг. Бир хил l узунликка эга бўлган AD ва BD стерженлар деворга шарнирли боғланган. CD арқон ҳам l узунликка эга. Агар D нуқтага m массали юк осилган бўлса, CD канатнинг таранглиги ва AD ҳамда BD стерженларни сиқувчи N кучни аниқланг. Стерженлар ва арқоннинг массасини ҳисобга олманг.

7-§. Иш ва энергия

Мазкур параграфнинг масалаларини ечишда энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланилади. Система энергиясининг охириги E_2 ва бошланғич E_1 қийматлари ўртасидаги фарқ ташқи кучлар бажарган ишга тенг: $E_2 - E_1 = A$. Иккита жисм учун

тўла энергия жисмлар кинетик энергиялари ва уларнинг ўзаро таъсир потенциал энергияси йиғиндисига тенг:

$$E = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + U.$$

Масалаларда одатда потенциал энергиянинг фақат биргина хусусий шакли — ер сиртидан h баландликка кўтарилган жисмнинг Ер шари билан ўзаро таъсир энергияси учрайди: $U = mgh$. U нинг ўзгариши жисм ҳаракат қилаётган йўлнинг шаклига боғлиқ эмас ва баландликлар фарқи билан аниқланади.

Жисм ерга тушаётганда Ер шари кинетик энергиясининг ўзгаришини ҳисобга олмаслик мумкин бўлгани учун, бу ҳолда энергиянинг сақланиш қонунини қуйидаги шаклда ёзиш мумкин:

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 = \text{const.}$$

F куч қўйилган нуқта йўлнинг s узунликдаги тўғри чизиқли қисмида кўчганида кучнинг бажарган иши $A = Fs \cos \alpha$ формула билан ифодаланади, бунда α — куч ва кўчиш йўналишлари орасидаги бурчак. $\alpha < \pi/2$ бўлганда иш мусбат, $\alpha > \pi/2$ бўлганда иш манфий.

Агар система ичида тезликка боғлиқ бўлган ишқаланиш кучлари таъсир қилаётган бўлса, ёпиқ системада энергия сақланмаслигини назарда тутиш керак. Шунинг учун ишқаланиш кучлари ҳамма вақт ташқи кучлар иши сифатида қаралиши керак. Ёпиқ бўлмаган система учун ишқаланиш мавжудлигида $E_2 - E_1 = A + A_c$, бунда A — ташқи кучлар бажарган иш, A_c — система ичида таъсир қилаётган ишқаланиш кучлари бажарган иш.

Механик энергия, шунингдек, ноэластик урилишда сақланмайди. Бу ҳолда урилишдан кейинги тезликларни топиш учун ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунидан фойдаланиш керак.

Агар иш t вақт ичида бажарилса, ўртача қувват

$$\overline{W} = \frac{Fs \cos \alpha}{t}$$

(s/t — ўртача тезлик).

Оний қувват $W = Fv \cos \alpha$, бунда v — оний тезлик.

199. Муайян тезлик билан учиб кетаётган ўқ қум тўлдирилган қопга тегади ва унинг ичига $l_1 = 15$ см чуқурликка киради. Агар ўқ ҳаракати тезлиги икки марта катта бўлса, ўша массали ўқ қумга қандай l_2 чуқурликкача киради? Ўққа қум томонидан таъсир этувчи қаршилик кучи тезликка боғлиқ эмас деб ҳисобланг.

200. $m=10$ г массали ўқ қалинлиги $d=4$ см бўлган тахтага $v_1=600$ м/сек тезлик билан учиб келади ва тахтани тешиб ўтиб $v_2=400$ м/сек тезлик билан учиб чиқади. Тахтанинг ўртача қаршилиқ кучи F ни топинг.

201. v_2 тезлик билан учиб кетаётган ўқ унга қараб v_1 тезлик билан ҳаракат қилаётган d қалинликдаги оғир тахтани тешиб ўтади. Агар тахта ичида ўқ ҳаракатига қаршилиқ кучи ўзгармас деб ҳисобланса, ўқ тахтадан қандай v тезлик билан учиб чиқади? Тахтанинг тезлиги сезиларли ўзгармайди.

202. Горизонтал сиртда ётган $m_1=990$ г массали жисмга $m_2=10$ г массали ўқ келиб тегади ва унда қолади. Ўқнинг тезлиги $v=700$ м/сек га тенг ва горизонтал йўналган. Агар жисм ва сирт ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини $k=0,05$ бўлса, жисм тўхтагунча қандай S масофани ўтади?

203. $m=10$ кг массали жисмга $t=2$ сек давомида ўзгармас $F=0,5$ Н куч таъсир қилади. Агар жисмнинг бошланғич кинетик энергияси нолга тенг бўлса, унинг ҳаракат охиридаги кинетик энергияси E ни аниқланг.

204. Массаси $m=1500$ т бўлган поезд $v=57,6$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилмоқда ва тормозланиш пайтида $s=200$ м йўлни ўтиб тўхтади. Тормозланиш кучи F қандай? Поезд икки марта кам йўлни ўтиб тўхташи учун тормозланиш кучи қандай ўзгариши керак?

205. Силлиқ муз устида турган бола чанага музга нисбатан $v_1=4$ м/сек тезлик берган бўлса, у қандай иш бажарган? Чананинг массаси $m_1=4$ кг, боланинг массаси $m_2=20$ кг. Чананинг ва бола оёғининг музга ишқаланишини ҳисобга олмаслик мумкин.

206. Милтиқдан ўқ узиш пайтида ажралган порох газларининг ўртача қуввати W ни топинг. Ўқнинг массаси $m=10$ г, ствол каналининг узунлиги $l=1$ м. Ўқнинг стволдан учиш вақти пайтидаги тезлиги $v=400$ м/сек. Газларнинг массасини, ўқ ҳаракатига қаршилиқни ва милтиқнинг орқага тегишини ҳисобга олмаслик мумкин. Ўқнинг ствол каналидаги ҳаракати вақтида газларнинг босим кучи ўзгармас деб ҳисобланг.

207. Икки автомобиль бир пайтда жойидан қўзғалади ва текис тезланиш билан ҳаракат қилади. Автомобилларнинг массалари тенг. Агар бир хил вақт давомида биринчи автомобиль иккинчи автомобилниқидан икки марта катта тезликка эришса, биринчи автомобилнинг ўртача қуввати иккинчисиникидан неча марта катта?

208. Массаси $m=1$ т бўлган автомобиль жойидан қўзғалади ва текис тезланувчан ҳаракат қилиб, $t=2$ сек вақтда $s=20$ м йўлни ўтади. Бу автомобилнинг мотори қандай қувватга эга бўлиши керак?

209. Электровоз моторлари u $v=72$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилганда $\overline{W}=800$ кВт қувват истеъмол қилади. Электровоз куч қурилмасининг фойдали иш коэффициентини $\mu=0,8$. Моторнинг тортиш кучи F ни аниқланг.

210. Қуввати $W = 370$ кВт бўлган тепловоз $m = 2000$ т массали составни $v = 7,2$ км/соат тезлик билан ҳаракатлантираётган бўлса, қандай максимал баландликка кўтарила олади? Ишқаланиш коэффициентини $k = 0,002$. Темир йўл полотносининг горизонтга нисбатан қиялик бурчаги α ни кичик деб ҳисобланг.

211. Гидростанциянинг қуввати $W = 73,5$ МВт. Агар станциянинг фойдали иш коэффициенти $\eta = 75\%$ ва тўғон сув сатҳини $H = 10$ м баландликка кўтарса, $\text{м}^3/\text{сек}$ ларда ҳисобланган сувнинг сарфланиши V_0 нимага тенг?

212. Кўтарма кран $\tau = 7$ соат вақтда 3000 т қурилиш материаллини $H = 10$ м баландликка кўтаради. Краннинг фойдали иш коэффициенти $\eta = 60\%$ бўлса, кран двигателининг қуввати W_0 қандай?

213. $m = 10$ т массали, қуввати $W = 200$ о.к. (1470 кВт) бўлган трактор $v = 5$ м/сек тезлик билан тепаликка чиқаяпти. Тепаликнинг қиялик бурчаги α ни аниқланг. Ҳаракатга қаршиликни ҳисобга олманг.

214. Транспортёр $m = 200$ кг массали қумни $\tau = 1$ сек вақтда автомашинага кўтаради. Транспортёр лентасининг узунлиги $l = 3$ м, қиялик бурчаги $\alpha = 30^\circ$. Транспортёрнинг фойдали иш коэффициенти $\eta = 85\%$. Унинг электродвигателининг W_0 қувватини аниқланг.

215. Шарча узунлиги $l = 10$ см бўлган вазнсиз қаттиқ спица учига маҳкамланган. Спицанинг иккинчи учи шундай маҳкамланганки, спица шарча билан бирга вертикал текисликда эркин айлана олади. Спица бир йўналишда айланиши учун шарчага горизонтал йўналишда қандай минимал тезлик бериш керак? Бошланғич моментда спица вертикал ҳолатда ва шарча пастда жойлашган.

216. Маятник узунлиги l бўлган чўзилмайдиган вазнсиз илга осилган оғир шарчадан иборат. Маятник вертикалдан α бурчакка оғдирилди ва кейин қўйиб юборилди. Шарча қандай энг катта тезлик v га эга бўлади?

217. Жисм горизонтга бурчак остида v_0 тезлик билан отилди. Энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб, жисмнинг горизонтдан H баландликдаги тезлигини аниқланг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

218. $m = 300$ г массали тош минорадан бирор бошланғич тезлик билан горизонтал отилди. $t = 1$ сек вақт ўтгач тошнинг тезлиги горизонт билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилди. Тошнинг шу моментдаги кинетик энергияси T ни топинг.

219. $m = 5$ кг массага эга бўлган тош бирор баландликдан тушди. Агар тушиш $t = 2$ сек давом этган бўлса, тош ўтган йўлнинг ўртасидаги нуқтада унинг кинетик энергияси T ни топинг.

220. Бошланғич тезликсиз тушаётган $m = 1$ кг массали жисм тушиш бошлангандан $\tau = 5$ сек вақт ўтгач, қандай кинетик энергия T га эга бўлади?

221. Милтиқдан вертикал йўналишда юқорига $v_0 = 1000$ м/сек тезлик билан учиб чиққан ўқ ерга $v = 50$ м/сек тезлик билан тушди. Агар ўқнинг массаси $m = 10$ г бўлса, ҳавонинг қаршилиқ кучи қандай A иш бажарган?

222. Пневматик милтиқдан вертикал юқорига отилган $m = 0,3$ г массали ўқ ерга $t = 11$ сек вақт ўтгач тушди. Агар стволнинг узунлиги $l = 45$ см, унинг диаметри эса $d = 4,5$ мм бўлса, ствол каналида ҳавонинг ўққа ўртача босими $p_{\text{ўр}}$ қандай? Ўқнинг ствол канали деворига ишқаланиши ва ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

223. Жисм $v_0 = 49$ м/сек тезлик билан вертикал юқорига отилди. Қандай баландлик H да унинг кинетик энергияси T га, потенциал энергияси U га тенг бўлади?

224. $m = 4$ кг массали жисмга юқорига тик йўналган $F = 49$ Н куч қўйилган. Жисм ердан $h = 10$ м баландликда бўлган моментда унинг кинетик энергияси T ни аниқланг. Бошланғич моментда жисм ер сиртида тинч турган.

225. Вертикал йўналишда пастга $H = 250$ м баландликдан $v_0 = 20$ м/сек тезлик билан отилган жисм $s = 20$ см чуқурликда ерга кирди. Агар жисм массаси $m = 2$ кг бўлса, тупроқнинг ўртача қаршилиқ кучи F ни аниқланг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

226. Қозиқни ерга қоқиш учун оғирлиги $P = 200$ кг-куч бўлган юкни ўзгармас тезлик $v = 5$ м/сек билан кўтарилади, кейин эса уни $H = 10$ м баландликдан қўйиб юборилади, шундан сўнгра юк қозиққа урилгунча эркин ҳаракат қилади. Қозиқнинг оғирлиги $Q = 300$ кг-куч, тупроқнинг қозиқ ҳаракатига қаршилиқ кучи $F = 2000$ кг-куч. Юкнинг қозиққа урилиш momentiдаги энергияси E қандай? Қозиқ ҳар бир зарбдан кейин қандай h чуқурликка киради? Зарбларни қандай максимал n частота билан бажариш мумкин? $g = 10$ м/сек² деб қабул қилинг.

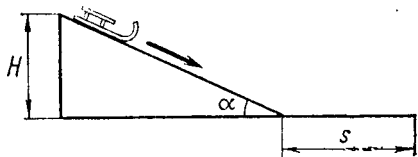
227. $m = 5$ т массали самолёт горизонтал парвоз пайтида ўзгармас $v_1 = 360$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилди. Кейин у $h = 2$ км баландликка кўтарилиди. Бунда самолётнинг тезлиги $v_2 = 200$ км/соат гача камайди. Моторнинг самолётни кўтаришда бажарган иши A ни топинг.

228. Горизонтга α бурчак остида отилган $m = 20$ г массали ўқ траекториянинг юқори нуқтасида $T = 88$, 2 Ж кинетик энергияга эга. Агар ўқнинг бошланғич тезлиги $v_0 = 600$ м/сек бўлса, α бурчакни топинг.

229. M массали одам горизонтга α бурчак остида v_0 тезлик билан сакради. Траекториянинг юқори нуқтасида у v_1 тезлик билан вертикал йўналишда пастга m массали юк ташлади. Одам қандай умумий H баландликка кўтарилади?

230. Юқорига тик отилган жисм $\tau = 1,44$ сек вақт ўтгач, ерга тушди. Жисмнинг ерга тушиш momentiдаги кинетик энергияси T ни ва траекториянинг юқори нуқтасидаги потенциал энергияси U ни топинг. Жисмнинг массаси $m = 200$ г.

231. Копток $H = 7,5$ м баландликдан силлиқ полга тушиди. Агар ҳар бир полга урилишда тўп 40% энергиясини йўқотса, икки марта урилишдан кейин тўп дастлабки баландликка кўтарилиши учун унга қандай v_0 бошланғич тезлик бериш керак?



43- расм.

232. Конькида югурувчи горизонтал текисликда v тезликка эришгач, музди тепаликка кўтарилади. Агар тепалик горизонт билан α бурчак ҳосил қилса ва конькиларни музга ишқалиш коэффициентини k га тенг бўлса, у бошланғич горизонтал текисликдан қандай H баландликка кўтарилади?

233. Чана H баландликка ва α қиялик бурчагига эга бўлган тепаликдан тушади ва сўнгра йўлнинг горизонтал қисми бўйлаб ҳаракат қилади (43- расм). Ишқаланиш коэффициентини йўлнинг ҳаммасида бир хил ва k га тенг. Чана йўлнинг горизонтал қисмида ҳаракат қилиб тўхтагунга қадар қанча s масофа ўтишини аниқланг.

234. Қирралари l , $2l$ ва $4l$ бўлган ғишт навбат билан учта турли вазиятда горизонтал текисликка қўйилмоқда. Ғиштнинг вазияти ўзгарганда унинг потенциал энергияси қандай ўзгаради?

235. Қудуқ қазишда тупроқни ер сиртига кўтариш учун қандай A иш бажариш керак? Қудуқнинг чуқурлиги $H = 10$ м, кўндаланг кесими эса $S = 2$ м². Тупроқнинг бир куб метри ўртача 2 тонна массага эга. Қазиб олинаётган тупроқ ер сиртига юпқа қатлам қилиб ёйилади деб ҳисобланг.

236. Узунлиги L бўлган бир жинсли занжир абсолют силлиқ столда ётибди. Занжирнинг унча катта бўлмаган қисми столдаги тешикдан осилиб турибди. Бошланғич моментда занжирнинг столда ётган учидан ушлаб турилади, кейин эса қўйиб юборилади ва занжир оғирлик кучи таъсирида столдан осилиб турган учига томон сирпана бошлайди. Занжирнинг осилиб турган қисми узунлиги x ($x < L/2$) га тенг бўлган моментда занжирнинг ҳаракат тезлигини аниқланг.

237. Тубининг юзи S ва чуқурлиги H бўлган қудуқ ярмигача сув билан тўлган. Насос сувни сўриб чиқаради ва уни ер сиртига R радиусли цилиндрик труба орқали беради. Агар насос t вақтда қудуқдаги ҳамма сувни сўриб чиқарса, у қандай A иш бажаради?

238. $v_1 = 10$ см/сек тезлик билан ҳаракат қилгётган $m_1 = 500$ г массали қўрғошин шар $m_2 = 200$ г массага эга бўлган қўзғалмас мум шар билан тўқнашади, шундан кейин ҳар икки шар бирга ҳаракат қилади. Урилишдан кейин шарларнинг кинетик энергияси T ни аниқланг.

239. M массага эга бўлган пластмасса шар тешикли тагликда ётибди. Пастдан тешик орқали вертикал ҳаракат қилаётган ўқ шарга тегади ва уни тешиб ўтади. Бунда шар h баландликка сакрайди. Агар шарга тегиш олдидан ўқнинг тезлиги v_0 га тенг бўлса, ўқ тагликдан қандай H баландликка кўтарилади?

240. Ҳар бирининг массаси $m=20$ г дан бўлган тўртта бир хил жисм бир-биридан бирор масофада бир тўғри чизиқда жойлашган. Четдаги жисмга $v_0=10$ м/сек тезликка эга бўлган ва жисмлар жойлашган тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракат қилаётган худди шундай жисм урилади. Жисмларнинг бир-бирига урилиши абсолют ноэластик деб ҳисоблаб, урилишлар тўхтагандан кейин системанинг кинетик энергияси T ни топинг.

241. Горизонтал текисликда ип билан боғланган иккита бир хил брусок турибди. Брусоклар орасида сиқилган пружина жойлашган. Ип ёндирилади ва брусоклар турли томонга кетади. Бунда уларнинг орасидаги масофа l катталиқка ортади.

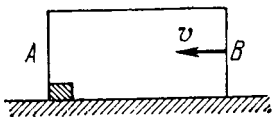
Сиқилган пружинанинг потенциал энергияси U ҳанчага тенг? Ҳар бир брусокнинг массаси m га тенг. Брусоклар билан текислик ўртасидаги ишқаланиш коэффициенти k . Пружина брусокларга маҳкамланмаган.

242. m_1 ва m_2 массали икки абсолют эластик шар бир-бирига урилади. Уларнинг бошланғич тезликлари v_1 ва v_2 . Шарларнинг урилишидан кейинги тезликларини топинг. Урилиш ни марказий деб ҳисобланг: шарларнинг тезликлари уларнинг марказларини туташтирувчи чизиқ бўйлаб йўналган.

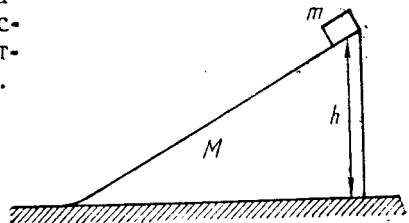
243. Брусок яшиқнинг тубида A девор ёнида турибди (44-расм). Қарама-қарши B деворга қисқа вақт давом этган ташқи таъсир натижасида яшиқ горизонтал йўналишда v тезлик билан ҳаракат қила бошлади. Агар брусокнинг B деворга урилиши абсолют эластик, ишқаланишини эса ҳисобга олмаслик мумкин бўлса, қандай τ вақтдан кейин брусок яна A деворга келади?

A ва B деворлар орасидаги масофа L га тенг. Брусокнинг узунлиги L га нисбатан кичик. Яшиқ ва брусокнинг массалари бир хил.

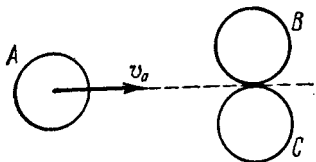
244. M массали пона абсолют силлиқ горизонтал сиртда жойлашган. Пона устида m массали брусок ётибди (45-расм). Оғирлик кучи таъсирида брусок пона бўйлаб ишқаланишсиз сирпана олади. Понанинг қия ёғи расмда кўрсатилгандек горизонтал текисликка силлиқ ўтади. Бошланғич моментда система тинч туради. Брусок h баландликдан текисликка сирпаниб тушган моментда пона тезлиги v ни аниқланг.



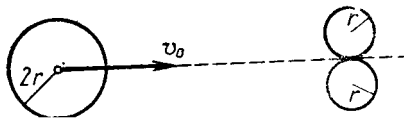
44- расм.



45- расм.



46- расм.



47- расм.

245. Марказлари битта тўғри чизиқда ётган бешга бир хил шар бир-биридан унча катта бўлмаган масофада жойлашган. Четдаги шарга шарларнинг марказларини бирлаштирувчи чизиқ бўйлаб йўналган $v_0 = 10$ м/сек тезликка эга бўлган худди шундай шар урилади. Шарларнинг урилишини абсолют эластик деб ҳисоблаб, охириги шарнинг тезлигини топинг.

246. v_0 тезлик билан ҳаракат қилаётган идеал силлиқ А шар бир-бирига тегиб турган худди шундай икки В ва С шарлар билан бир пайтда тўқнашади (46-расм). Урилиш—абсолют эластик. Шарларнинг тўқнашишдан кейинги тезликларини аниқланг.

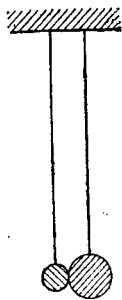
247. r радиусли икки силлиқ эластик шар бир-бирига теккан ҳолда силлиқ горизонтал текислик устида ётибди. Ўша текисликда v_0 тезлик билан сирпанаётган $2r$ радиусли учинчи эластик шар ҳар икки шарга бир пайтда урилади (47-расм). Катта шарнинг урилишдан кейинги тезлигини аниқланг. Ҳамма шарлар бир хил материалдан ясалган.

248. Икки бир хил идеал силлиқ шар абсолют эластик урилади. Агар урилишдан олдин уларнинг бири тинч турган, иккинчиси урилиш моментиде шарларнинг марказларини туташтирувчи чизиққа $\alpha \neq 0$ бурчак остида йўналган v тезлик билан ҳаракат қилган бўлса, шарлар урилишдан кейин қандай α_1 бурчак остида тарқалади?

249. Иккита абсолют эластик шарлар бир-бирига қараб ҳаракатланмоқда. Биринчи шарнинг кинетик энергияси иккинчисиникидан k^2 марта катта ($k \doteq 4/3$). Агар биринчи шарнинг массаси m_1 , иккинчи шарнинг массаси m_2 дан катта бўлса, бошланғич тезликларнинг қандай v_2/v_1 нисбатида урилишдан кейин шарлар биринчи шарнинг урилишдан олдинги ҳаракат йўналишида ҳаракатланади?

250. Массалари $m_1 = 100$ г ва $m_2 = 300$ г бўлган икки эластик шарча $l = 50$ см узунликдаги бир хил ипга осилган (48-расм). Биринчи шарча мувозанат ҳолатидан $\alpha = 90^\circ$ бурчакка оғдирилди ва қўйиб юборилди. Урилишдан кейин иккинчи шарча қандай баландликка кўтарилади?

251. Шарча А нуқтадан вертикал юқорига v_0 бошланғич тезлик билан отилди. У энг катта баландликка кўтарилганда А нуқтадан ўша йўна-



48- расм.

лишда ва ўша бошланғич тезлик v_0 билан худди ўшандай бошқа шарча отилди. Бирор вақт ўтгач, шарчалар учрашади ва эластик тўқнашув содир бўлади. Шарчалар қандай баландликда тўқнашади? Тўқнашувдан кейин биринчи шарча қандай баландликка кўтарилади?

252. Юқорига вертикал огилган снаряд учишнинг энг юқори нуқтаси $H = 3000$ м га етди ва массалари $m_1 = 3$ кг ва $m_2 = 2$ кг бўлган икки қисмга парчаланди. Снаряд бўлаклари вертикал бўйича учишни давом эттиради—бири пастга, иккинчиси юқорига. Агар парчаланишдан кейин бўлакларнинг тўла энергияси $E = 247$ кЖ бўлса, уларнинг парчаланишдан $\tau = 2$ сек кейинги v_1 ва v_2 тезликларини топинг.

8- §. Айланма ҳаракат динамикаси

Айланма ҳаракат динамикасига доир масалаларни ечаётганда худди тўғри чизиқли ҳаракат динамикаси масалаларини ечгандагидек йўл тутиш керак. Энг аввало, ҳаракатдаги жисملарга қандай кучлар таъсир қилаётганини ойдинлаштириш ва бу кучларни чизмада тасвирлаш лозим. Шундан сўнг ҳаракат тенгламалари ёзилади.

Айлана бўйлаб ҳаракатланаётганда жисм албатта айланиш марказига йўналган тезланишга эга эканини назарда тутиш керак. Бу тезланиш марказга интилма тезланиш деб аталади. $a_n = v^2/R = \omega^2 R$. Марказга интилма тезланиш a_n билан айланага уринма бўйлаб йўналган тангенциал тезланиш a_T йиғиндиси жисмнинг тўла тезланишини беради. Текис айланишда тезликни катталик жиҳатидан ўзгаришини характерлайдиган a_T тезланиш нолга тенг.

Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $m \frac{v^2}{R} = \sum_i F_i$, бунда $\sum_i F_i$ — кучларнинг радиус йўналишига проекциялари йиғиндиси. Куч проекцияси жисмдан марказга йўналган бўлса, уни мусбат деб, марказдан жисмга йўналган бўлса, манфий деб ҳисоблаш керак.

Кучлар проекцияларининг бу йиғиндисини кўпинча, марказга интилма куч деб аталади. Ўзига хос табиагли алоҳида марказга интилма кучлар мавжуд эмаслигини назарда тутиш керак. Марказга интилма кучлар, умуман, механикада муҳокама қилинадиган ва 4-§ да қисқача айтиб ўтилган кучлар проекцияларининг йиғиндисидан иборатдир.

253. M массали шарча узунлиги l бўлган ипга осклган. Шарчани мувозанат вазиятидан шундай чиқариладики, ип горизонтал ҳолатга келади кейин эса турткисиз қўйиб юборилади. Шарча мувозанат вазиятидан ўтаётган моментда унга го-

ризонтал йўналишда шарчага томон v тезлик билан отилган m массали кичик жисм келиб тегали ва унда қолади. Шундан кейин маятник ипи қандай α бурчакка оғади?

254. Горизонтал ҳолатда айланаётган платформанинг вертикал айланиш ўқидан $R = 50$ см масофада юк ётибди. Юк ва платформа ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини $k = 0,05$. Бир секунддаги айланишлар сони n қандай бўлганда юк сирпана бошлайди?

255. Горизонтал ҳолатда айланаётган $R = 1$ м радиусли платформа четда юк ётибди. Юк ва платформа ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини $k = 0,05$. Платформа текис тезланувчан айланса ва $t_0 = 2$ мин вақт моментда $\omega = 1,4$ рад/сек бурчак тезликка эга бўлса, у айлана бошлагандан кейин қандай вақт моментда юк платформадан сирпаниб тушади?

256. Автомобиль радиуси $R = 100$ м бўлган бурилишни $v = 50$ км/соат тезликда сирпанмасдан ўта олиши учун, унинг шиналари билан асфальт ўртасидаги минимал ишқалиш коэффициентини қандай бўлиши керак?

257. $m = 200$ г массали жисм горизонтал текисликда $r = 0,5$ м радиусли айлана бўйлаб текис ҳаракат қилмоқда. Бир секунддаги айланишлар сони $n_1 = 3$. Бир секунддаги айланишлар сонини $n_2 = 5$ га ошириш учун қандай A иш бажариш керак?

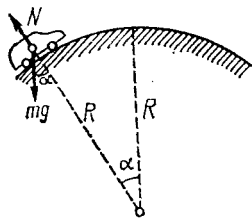
258. Диаметри $D = 1,96$ м бўлган қуригиш машинасининг барабани $\omega = 20$ рад/сек бурчак тезлик билан айланмоқда. Газламанинг барабан деворига сиқилиш кучи F унга таъсир қилувчи оғирлик кучи P дан неча марта катта эканини аниқланг.

259. Самолёт $R = 225$ м радиусли Нестеров сиртмоғи („ўлик сиртмоқ“) ни ҳосил қилади. Учувчи уни учиш креслосига боғлаб турган тасмаларга осилмаслиги учун, сиртмоқнинг юқори нуқтасида самолёт камида қандай v тезликка эга бўлиши керак?

260. Узунлиги $l = 2,45$ м бўлган ипга боғланган шарча вертикал текисликда қандай максимал давр T билан текис айлантирилиши мумкин?

261. Вазнсиз стержень горизонтал текисликда текис айланмоқда. Бир секунддаги айланишлар сони n га тенг. Айланиш ўқидан l_1 ва l_2 масофаларда m_1 ва m_2 массаларга эга бўлган юклар маҳкамланган. Айланиш ўқи юклар орасида жойлашган бўлса, ўққа горизонтал йўналишда қандай F куч таъсир қилади?

262. $m = 1000$ кг массали автомобиль $R = 50$ м эгрилик радиусига эга бўлган қавариқ кўприкдан $v = 36$ км/соат тезлик билан ўтмоқда. Автомобиль кўприк ўртасига келганда унга қандай F куч билан босим кўрсатади? Кўприкнинг юқори нуқтасида автомобиль унга босим кўрсатмаслиги учун у қандай энг кичик φ_2 тезлик билан ҳаракат қилиши керак?



49- расм.

263. $m = 2000$ кг массали автомашина $v = 36$ км/соат тезлик билан ботиқ кўприкдан ўтмоқда. Кўприкнинг эгрилик радиуси $R = 100$ м. Автомашина кўприкнинг ўртасига келганда унга қандай F куч билан босим кўрсатади?

264. m массали автомобиль эгрилик радиуси R бўлган қавариқ кўприкдан v тезлик билан ўтмоқда. Кўприкнинг эгрилик марказидан унинг бирор нуқта-сига бўлган йўналиш марказдан кўприк чўққисига бўлган йўналиш билан α бурчак ҳосил қилган бўлса (49-расм), шу нуқтада автомобиль кўприкка қандай F куч билан босим кўрсатади?

265. Кенглиги $d = 100$ м бўлган дарёга айлана ёйи шаклида қавариқ кўприк қурилган. Кўприкнинг энг юқори нуқтаси қирғоқдан $H = 10$ м баландликда. Кўприк бардош бера оладиган максимал нагрузка $F = 44\ 100$ Н. Кўприк орқали $m = 5000$ кг массали юк машинаси ўтиб кетиши керак, у қандай тезликларда ҳаракат қилиши мумкин?

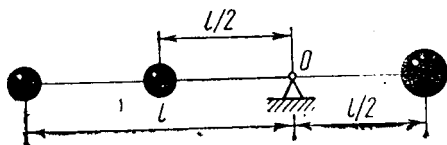
266. Вазнсиз стержень унга перпендикуляр бўлган ва O нуқта орқали ўтган горизонтал ўқ атрофида ишқаланишсиз айлана олади (50-расм). Ўқнинг бир томонида O нуқтадан l ва $l/2$ масофаларда массалари бир хил бўлган юклар, ўқнинг бошқа томонида эса O нуқтадан $l/2$ масофада икки марта катта массали юк стерженга маҳкамланган. Бошланғич моментда стержень горизонтал ҳолатда жойлашган, кейин эса оҳиста қўйиб юборилади. Стержень мувозанат вазиятидан ўтаётган моментда ўртадаги юкнинг чизиқли тезлигини аниқланг.

267. Массаси $m = 70$ кг бўлган одам трапециянинг ўртасида ўтирибди. Трапеция тахтаси узунлиги $l = 8$ м бўлган арқонларга осилган. Тебраниш пайтида одам мувозанат вазиятидан 6 м/сек тезлик билан ўтади. Шу моментда ҳар бир арқоннинг таранглиги T қандай бўлади?

268. Ипга осилган m массали шарча мувозанат вазиятидан $\alpha = 90^\circ$ бурчакка оғдирилди ва қўйиб юборилди. Шарча ҳаракатланганда ипни узиб юбормаслиги учун ипнинг мустаҳкамлиги қандай бўлиши керак?

269. Вертикал текисликда бир учи атрофида текис айланаётган $l = 40$ см узунликдаги вазнсиз стерженнинг иккинчи учига $m = 20$ г массали юк маҳкамланган. Стержень бир секундда 10 марта айланади. Юк ўз траекториясининг юқори ва қуйи нуқталаридан ўтаётганда стерженнинг таранглиги қандай?

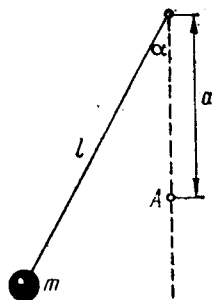
270. m массали унча катта бўлмаган жисм қаттиқ



50- расм.

вазисиз штангага маҳкамланган. Штанга вертикал текисликда айланади. Юкнинг пастки ва юқори вазиятларида штанганинг таранглик кучлари айирмасини икки ҳол учун топинг: а) айланиш тезлиги ўзгармас, б) айланиш тезлиги ўзгарувчан, унинг ўзгаришига оғирлик кучи сабаб бўлади.

271. m массага эга бўлган оғир шарча ипга осилган. Ип $2mg$ оғирликка бардош бериши мумкин. Мувозанат вазияти орқали ўтаётганда шарча ипни узиши учун уни мувозанат вазиятидан қандай бурчакка оғдириш керак?



51- расм.

272. m массали юк узунлиги l бўлган ипга осилган. Осилиш нуқтасидан вертикал бўйича a масофадаги A нуқтага мих қоқилган (51-расм). Ипнинг $T_0 > mg$ тарангликда узилиши маълум. Шарча мувозанат вазияти томон эркин ҳаракат қилганда, ип михга илиниб узилиши учун уни қандай минимал α бурчакка оғдириш керак?

273. Икки жисм ип билан ўзаро боғланган ва силлиқ горизонтал текисликда бирор ўқ атрофида айланади. Айланиш ўқи ип узунлигини 1:3 нисбатда бўлса, массаларнинг қандай нисбатида жисмлар бир хил бурчак тезлик билан айланади?

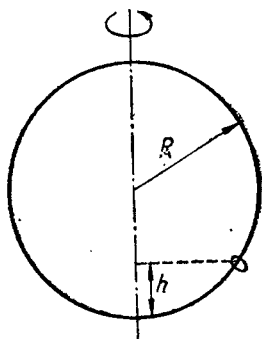
274. Ҳалқача вертикал жойлашган R радиусли гардиш бўйлаб ишқаланишсиз сирпанмоқда. Гардиш унинг маркази орқали ўтган вертикал ўқ атрофида айланади: Ҳалқа гардишнинг пастки нуқтасидан h баландликда мувозанатда туради (52-расм). Гардиш айланишининг бурчак тезлиги ω ни аниқланг.

275. Вертикал ўққа горизонтал штанга маҳкамланган. l узунликдаги ипга боғланган m_1 ва m_2 массали иккита юк штанга бўйлаб ишқаланишсиз силжий олади. Система ω бурчак тезлик билан айланади. Мувозанат вазиятида юклар ўқдан қандай масофаларда туради? Бунда ипнинг таранглиги T нимага тенг?

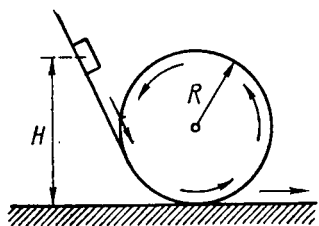
276. Бола „гигант қадам“ ларда айланапти. Бир минутдаги айланишлар сони 12 га тенг. Арқоннинг узунлиги $l = 5$ м. Агар боланинг массаси $m = 45$ кг бўлса, арқоннинг таранглиги қандай?

277. Арқон орқали шипга осилган тош шипдан $h = 1,25$ м пастдаги горизонтал текисликда айлана бўйлаб ҳаракат қилмоқда (коник маятник). Тошнинг айланиш даври T ни топинг.

278. l узунликдаги ипга осилган m массали шарча горизонтал текисликда айланма ҳаракатга келтирилди. Шарча



52- расм.



53- расм.

ҳаракат қилаётган айлананинг R радиуси $2l/\sqrt{5}$ қийматга эришиши учун ипнинг муस्ताқамлиги қандай бўлиши керак?

279. l узунликдаги ипга осилган оғир шарча горизонтал текисликда айлана чизади (коник маятник). Агар маятник пастга йўналган $\alpha < g$ ўзгармас тезланиш билан ҳаракат қилаётган лифт ичида жойлашган бўлса, шарчанинг айланиш даври

T ни топинг. Ип вертикал йўналиш билан α бурчак ҳосил қилади.

280. Резина шнурга боғланган m массали қадоқтош горизонтал текисликда айлана чизади. Қадоқтошнинг бир секунддаги айланиш сони n га тенг. Шнурнинг вертикалдан оғиш бурчаги α . Агар шнурни l_1 узунликкача чўзиш учун F куч керак экани маълум бўлса, чўзилмаган шнурнинг l_0 узунлигини топинг.

281. Вагон шипида ипга осилган шар вертикалдан $\alpha = 45^\circ$ бурчакка оғиши учун $R = 98$ м радиусли бурилиш бўйлаб ҳаракат қилаётган вагон қандай v тезликка эга бўлиши керак? Агар шар массаси $m = 10$ кг бўлса, ипнинг таранглиги T қанча?

282. R радиусли ярим сферанинг чўққисидан унча катта бўлмаган жисм ишқаланишсиз сирпанмоқда. Қандай баландликда жисм ярим сферанинг сиртидан ажралади?

283. m массали кичкина ҳалқача вертикал текисликда жойлашган R радиусли катта сим ҳалқага кийгазилган. Ҳалқача катта ҳалқанинг юқори нуқтасидан пастга бошланғич тезликсиз сирпана бошлайди. Ҳалқачанинг катта ҳалқага босими N ҳалқача тушган баландлик h га боғлиқ равишда қандай қонун бўйича ўзгаради? Ишқаланишни ҳисобга олманг.

284. Унча катта бўлмаган жисм „ўлик сиртмоқ“ қа ўтадиган қия сирт бўйлаб $H = 2R$ баландликдан сирпаниб тушмоқда, бунда R — сиртмоқ радиуси (53-расм). Қандай h баландликда жисм сиртмоқ сиртидан ажралади? Жисм сиртмоқдан ажралмаслиги учун у қандай H_1 баландликдан сирпаниб тушиши керак?

285. Велосипедчи R радиусли доира бўйлаб бурилатганда бурилиш маркази томон шундай оғадик, велосипед текислиги билан ер ўртасидаги бурчак α га тенг бўлади. Велосипедчининг тезлиги v ни аниқланг.

286. Бурилиш жойида йўл полотноси айланиши маркази томонга оған ва горизонт билан α бурчак ҳосил қилади. Бурилиш радиуси R га тенг. Велосипедчи йўлда шундай тезлик билан кетаяптики, бурилишда велосипед йўл полотносига перпендикуляр ҳаракат қилади. Велосипедчининг велосипед би-

лан биргаликдаги массаси m га тенг бўлса, велосипед йўлга қандай куч билан босади? Велосипедчининг тезлиги v қанчага тенг?

287. Конькида югурувчи R радиусли айлана бўйлаб v тезлик билан ҳаракат қилмоқда. Мувозанатни сақлаш учун у горизонтга қандай α бурчак остида оғиши керак?

9-§. Бутун олам тортишиш қонуни

Бутун олам тортишиш қонуни ушбу $F = \gamma \frac{mM}{R^2}$ (γ — гравитация доимийси) шаклда фақат моддий нуқталар учун, яъни геометрик ўлчамлари улар орасидаги R масофадан кўп марта кичик бўлган жисмлар учун ўринлидир. Жисмлардан бири радиуси бошқа жисмнинг ўлчамларидан кўп марта катта бўлган шар шаклига эга бўлса у ҳолда ҳам бу қонун ўринлидир. Сферик шаклга эга бўлган икки жисм учун бу қонун жисмларнинг ҳар қандай ўлчамида ўринли.

Бутун олам тортишиш кучлари ҳамма жисмларга, уларнинг массалари қандай бўлишидан қатъи назар, бир хил тезланиш беради. Бу жисмнинг ҳаракат тенгламасига кирган инерт массаси ва тортишиш қонунидаги гравитацион масса бир-бирига тенглиги сабабли содир бўлади.

Тортишиш кучини жисмнинг оғирлиги билан аралаштирмаслик керак. Оғирлик деганда жисмнинг таянчга ёки осмага таъсир этадиган кучи тушунилади. Ерда тортишиш кучи қутблардан бошқа ҳамма жойда оғирлик кучига тенг эмас, чунки жисмлар Ернинг айланишида иштирок этади ва демак, тезланиш билан ҳаракат қилади. Шунинг учун тортишиш кучи оғирлик кучига тенг бўлган таянч реакцияси билан бараварлашмайди. Тўғри, Ер айланишининг бурчак тезлиги кичиклиги туфайли тортишиш кучи билан оғирлик кучи орасидаги фарқ кичикдир.

288. Ер ва Ой ўртасидаги тортишиш кучини ҳисобланг. Ернинг массаси $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг, Ойнинг массаси $m = 7,3 \cdot 10^{22}$ кг. Уларнинг марказлари орасидаги ўртача масофа $R = 3,8 \cdot 10^8$ м. Гравитация доимийси $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

289. Ой сиртида оғирлик кучи тезланиши Ер сиртидаги оғирлик кучи тезланишидан олти марта кичик. Ойда одам Ердагидан қанча баланлга ва узоққа сакраши мумкин?

290. Агар Ойнинг радиуси $R = 1760$ км, Ойда эркин тушиш тезланиши Ердагидан 6 марта кичик бўлса, Ой сиртида биринчи космик тезлик v қанча бўлишини ҳисобланг.

291. Ракета $H = 800$ км баландликка кўтарилди. Ракета корпусининг оғирлик кучи унинг Ер сиртидаги оғирлик кучига нисбатан қанча камаяди? Ернинг радиуси $R = 6400$ км деб қабул қилинг.

292. Ойнинг радиуси Ернинг радиусидан тахминан 3,7 марта кичик, унинг массаси эса Ернинг массасидан 81 марта кичик. Ой сиртида оғирлик кучининг тезланиши g' қанча?

293. Қуёшнинг радиуси R' Ернинг радиуси R дан 110 марта катта, Қуёшнинг ўртача зичлиги ρ' нинг Ернинг ўртача зичлиги ρ га нисбати эса 1 : 4 каби бўлса, Қуёш сиртида оғирлик кучининг тезланиши g' қанчага тенг?

294. Ҳавонинг қаршилиги бўлмаганда $m = 500$ кг массали йўлдошни Ер сирти яқинидан ўтган доиравий орбитага чиқариш учун қандай A иш бажариш керак бўлар эди? Ернинг радиуси $R = 6400$ км деб қабул қилинг.

295. Юлдуз системаси бир-биридан $D = 5 \cdot 10^{11}$ м масофада жойлашган иккита бир хил юлдуздан иборат. Ҳар бир юлдузнинг массаси $M = 1,5 \cdot 10^{34}$ кг. Юлдузларнинг умумий оғирлик маркази атрофида айланиш даври T ни топинг. Гравитация доимийси $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

296. Йўлдош бирор планета атрофида радиуси $R = 4,7 \cdot 10^6$ км бўлган доиравий орбита бўйлаб $v = 10$ км/сек тезлик билан айланади. Агар планетанинг радиуси $r = 150000$ км бўлса, унинг ўртача зичлиги қандай? Гравитация доимийси $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

297. Йўлдош Ер атрофида унинг сиртидан H масофада ҳаракат қилмоқда. Ернинг радиуси $R_0 \gg H$. Йўлдошнинг айланиш даврini аниқланг. Орбитани доиравий деб ҳисобланг. Ер сиртида эркин тушиш тезланиши маълум ва g га тенг.

298. Ер сиртидан унинг радиусига тенг масофага узоқлашган Ернинг сунъий йўлдоши қандай айланиш даври (T) га эга бўлар эди? Ернинг радиуси $R_0 = 6400$ км.

299. Айланиш даври T бир суткага тенг бўлган сунъий йўлдошнинг доиравий орбитаси радиуси R ни аниқланг. Ернинг радиуси 6400 км га тенг деб қабул қилинсин.

300. Ой орбитасини радиуси $R = 3800000$ км бўлган айлана деб ҳисоблаб, Ойнинг Ер атрофида айланиш даври T ни аниқланг. Ер шарининг радиуси $r = 6400$ км, Ер сиртида эркин тушиш тезланиши $g = 9,8$ м/сек².

301. Суткасининг узунлиги $t = 6$ соат бўлган планетанинг ўртача зичлиги ρ ни аниқланг. Пружинали тарози планета экваторида қутбдагидан 10% камроқ оғирликни кўрсатади. Гравитация доимийси $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-8}$ см³/г·сек².

10-§. Гидро- ва аэромеханика

Гидро- ва аэростатикага доир масалаларда кучнинг янги тури — Архимеднинг итариб чиқарувчи кучи учрайди. Қолган ҳолларда бу масалалар одатдаги статика масалаларидан фарқ қилмайди. Архимед кучи жисм сиқиб чиқарган суюқлик ҳажмининг оғирлик марказига қўйилганини назарда тутиш лозим.

Механикавий муҳит сифатида суюқлик ва газларнинг ўзига хос хусусияти уларнинг Паскаль қонунига бўйсунушидир. Суюқлик ёки газга бўлган босим ҳамма йўналишларга бир хил узатилади. Шунинг учун суюқлик ичидаги босим муайян чуқурликда ўзгармайди.

Гидродинамикага доир баъзи масалаларни ечишда, асосан, ҳаракат миқдорининг ва энергиянинг сақланиш қонунларидан фойдаланилади.

302. Сув билан лиммо-лим тўлдирилган челака муз парчаси туширилди. Бунда музнинг сувга ботган қисмининг ҳажмига тенг миқдордаги сув челақдан тошиб тушди. Муз эриганда челақ тубига бўлган босим ўзгарадими?

303. Диаметри $d = 25$ см бўлган цилиндрик челака $V = 12$ л ҳажми эгалловчи сув қуйилган. Челақ тубидан $h = 10$ м баландликда унинг деворига бўлган p босим қандай?

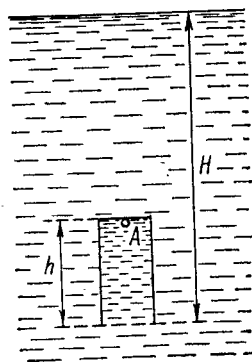
304. Суюқликнинг идиш деворига босим кучи F идиш тубига бўлган босим кучига тенг бўлиши учун R радиусли цилиндрик идишга қандай баландлик H гача суюқлик қуйиш керак?

305. Узунлиги $l = 10$ см бўлган пробирка юқори четигача сув билан тўлдирилган ва очиқ учи билан сувли стаканга туширилган. Бунда пробирка деярли сув устида туради. Сувнинг пробирка тубига бўлган босими p ни топинг. Атмосфера босими $p_0 = 760$ мм сим. уст.

306. Сув тўлдирилган бассейнга баландлиги $h = 1$ м бўлган цилиндрик идиш тўнқарилган ҳолда туширилган (54- расм). Бу идиш зичлиги $\rho = 900$ кг/м³ бўлган ёғ билан тўлдирилган. Цилиндрнинг пастки очиқ томони бассейндаги сув сиртидан $H = 3$ м чуқурликда жойлашгани маълум бўлса, идишнинг бевосита туби остидаги A нуқтада босимни топинг. Атмосфера босими $p_0 = 10^5$ Н/м².

307. У-симон найчага симоб қуйилган. Кейин найнинг тирсақларидан бирига ёғ иккинчисига эса сув қуйилади. Симобнинг ёғ ва сув билан ажралош сиртлари ҳар икки тирсақда бир сатҳда туради. Ёғ устунининг баландлиги $H = 20$ см, унинг зичлиги эса $\rho = 0,9$ г/см³ бўлса, сув устунининг баландлиги h ни аниқланг.

308. Иккита цилиндрик туташ идишларга симоб қуйилган. Идишлардан бирининг кесими иккинчисиникидан икки марта катта. Кенг идишга сув қуйиб тўлдирилади. Бунда иккинчи идишдаги симоб сатҳи қандай h баландликка кў-



54- расм.

тарилади? Бошланғич моментда симоб сатҳи кенг идишнинг юқори қиррасидан l масофада бўлган. Симоб ва сувнинг зичликлари ρ ва ρ_0 .

309. U-симен найчага симоб қуйилди. Кейин найча тирсакларидан бирига сув қуйилди ва m массали темир шарча туширилди. Иккинчи тирсакда симоб сатҳи қандай h баландликка кўтарилади? Найча кесимининг юзи S , қуйилган сувнинг ҳажми V , симобнинг зичлиги ρ ва сувнинг зичлиги ρ_0 .

310. Ҳар бир қадамда гидравлик пресснинг кичик поршени $h = 0,2$ м масофага тушади, катта поршени эса $H = 0,01$ м кўтарилади. Кичик поршенга $f = 500$ Н куч таъсир қилаётган бўлса, пресс сиқилган жисмга қандай F куч билан таъсир қилади?

311. $m = 2$ т массали юкни гидравлик пресс ёрдамида кўтариш учун $A = 40$ Ж иш сарф қилинди. Бунда кичик поршень ҳар бир юришда $h = 10$ см силжигани ҳолда $n = 10$ юриш қилди. Катта поршеннинг юзи кичик поршеннинг юзидан неча марта катта?

312. Цилиндрик идишга бир хил массали сув ва симоб қуйилди. Идишдаги суюқликлар устунининг умумий баландлиги $H = 143$ см. Идиш тубига бўлган p босим қанча? Симобнинг зичлиги $\rho = 13,6$ г/см³.

313. Бир хил қалинликли катта муз парчаси сув сиртидан $h = 2$ см чиққан ҳолда сузиб юрибди. Муз парчаси асосининг юзи $S = 200$ см² бўлса, унинг оғирлиги P қанча? Музнинг зичлиги $\rho = 0,92$ г/см³.

314. Муз парчасига ёпишган $V_2 = 0,1$ м³ ҳажмли алюминий брусок уни чўктира олиши маълум бўлса, сувда чўкмайдиган муз парчасининг энг катта ҳажми V_1 қанча бўлиши мумкин? Музнинг зичлиги $\rho_1 = 900$ кг/м³, алюминийники — $\rho_2 = 2700$ кг/м³.

315. Зичлиги $\rho = 0,95$ г/см³ бўлган суюқлик билан тўлдирилган цилиндрик банкада $m = 1,9$ кг массали муз парчаси сузиб юрибди. Банка тубининг юзи $S = 40$ см². Муз эриб бўлганда суюқлик сатҳи қанча ўзгаради?

316. Зичлиги ρ_1 бўлган материалдан қилинган ичи бўш шар ρ_2 зичликка эга бўлган суюқлик сиртида сузиб юрибди. Шарнинг ташқи радиуси R , ички радиуси r . Шар суюқлик ичида сузиши учун шар ичини тўлдириш лозим бўлган модданинг зичлиги ρ қандай бўлиши керак?

317. Узунлиги $L = 3,5$ м, диаметри $D = 30$ см бўлган ёғла сувда сузаяпти. Ёғланинг устида оёғи сувга тегмасдан тура оладиган одамнинг M массаси қанча бўлиши лозим? Ёғочнинг зичлиги $\rho = 0,7$ г/см³.

318. Бир той пахтанинг ҳаводаги оғирлиги $P = 150$ кг·куч. Тойдаги пахтанинг зичлиги $\rho = 0,84$ г/см³, ҳавонинг зичлиги эса $\rho_1 = 0,0013$ г/см³ бўлса, тойнинг ҳақиқий оғирлигини аниқланг.

319. Ҳавода оғирлиги $P_0 = 2,8$ Н, сувда эса $P_1 = 1,69$ Н бўлган бир жинсли жисмнинг ρ зичлигини аниқланг. Ҳавонинг кўтариш кучини ҳисобга олманг.

320. Номаълум суюқликнинг зичлигини аниқлаш учун бир жинсли жисми пружинали тарозида шу суюқликда, кейин эса вакуумда ва сувда тортилди. Жисмнинг оғирлиги суюқликда $P_1 = 1,66$ Н, вакуумда $P_2 = 1,8$ Н, сувда $P_3 = 1,6$ Н бўлиб чиқди. Суюқликнинг ρ_1 ва жисмнинг ρ_2 зичлигини топинг.

321. Сув ҳавзасидан узунлиги $l = 2,3$ м ва кўндаланг кесим юзи $S = 100$ см² бўлган алюминий цилиндр ўзгармас тезлик билан секин-аста чиқарилмоқда. Цилиндрнинг узунлиги $l_1 = l/4$ бўлган қисми сув сатҳидан чиққанда, арқон узилди. Арқон бардош берадиган чегаравий таранглик T ни аниқланг. Алюминийнинг зичлиги $\rho = 2,7$ г/см³.

322. Ичи бўш алюминий (зичлиги $\rho_1 = 2,7$ г/см³) шарча сувда $P_1 = 24$ г-куч бензинда (зичлиги $\rho_2 = 0,7$ г/см³) эса $P_2 = 33$ г-куч оғирликка эга. Шарча ковагининг V ҳажмини топинг. Ҳавонинг кўтариш кучини ҳисобга олманг.

323. Ҳажми $V = 1000$ см³ бўлган жисм ҳавода тортилганда оғирлиги 880 г-куч бўлган мис қадоқтошлар билан мувозанатлашган бўлса, унинг ҳақиқий оғирлиги P ни аниқланг. Миснинг солиштира оғирлиги $d_1 = 8,8$ г-куч/см³, ҳавоники — $d_2 = 1,29$ г-куч/л.

324. Олтин ва кумуш қотишмасидан иборат қуйма ҳавода $P_0 = 300$ г-куч сувда эса $P = 274$ г-куч оғирликка эга. Қотишма ҳосил бўлишида дастлабки ҳажм ўзгармайди деб ҳисобланса, қуймадаги олтиннинг M_1 ва кумушнинг M_2 массасини топинг. Олтиннинг зичлиги $\rho_1 = 19,3$ г/см³, кумушники — $\rho_2 = 10,5$ г/см³.

325. Материали бир хил бўлган икки бир жинсли жисм ричагнинг қарама-қарши учларига осилган ва вакуумда бир-бирини мувозанатлайди. Бу мувозанат ҳавода сақланадими?

326. Бир жинсли ингичка таёқчанинг юқори учи шарнирли маҳкамланган, пастки учи эса сувга туширилган. Мувозанат ҳолатида сувнинг ичида таёқча узунлигининг $1/5$ қисми туради. Таёқча моддасининг зичлигини аниқланг.

327. $m = 4$ г массали бир жинсли таёқчанинг учига $r = 0,5$ см радиусли алюминий шарча ип билан осилган. Таёқча сувли стакан қиррасига қўйилади, бунда шарчанинг ярми сувда бўлганда мувозанат бўлишига эришилади. Таянч нуқтаси таёқчани қандай нисбатда бўлишини аниқланг. Алюминийнинг зичлиги $\rho = 2,7$ г/см³.

328. Куб шаклидаги яхлит жисм сувда сузиб юрибди, бунда жисм ҳажмининг $3/4$ қисми сув ичида туради. Кубнинг юқори ёғи марказини ингичка ип ёрдамида ричагнинг $l_1 = 8$ см узунликли елкасига маҳкамланса ва у ричагнинг $l_2 = 4$ см узунликли иккинчи елкасига маҳкамланган $P = 0,31$ Н оғирликка эга бўлган қадоқтош билан мувозанатга келтирилса, кубнинг фақат учдан икки қисми сув ичида туради. Куб қиррасининг l узунлигини аниқланг.

329. Сувли цилиндрик банкага темир қутича туширилганда, банкадаги сув сатҳи $l = 2$ см кўтарилди. Қутича сувга чўктирилса, сув сатҳи қанча пасаяди? Темирнинг зичлиги $\rho = 7,8$ г/см³.

330. Бир жинсли куб симобда сузаяпти, бунда куб ҳажмининг $1/5$ қисми симобга ботган. Шу куб устига ўша ўлчамдаги бошқа куб қўйилса, биринчи куб ҳажмининг ярми симобга ботади. Иккинчи куб материалнинг ρ_2 зичлиги қандай? Симобда сузаётган кублар системаси турғун мувозанатда бўладими? Симобнинг зичлиги $\rho_1 = 13,6$ г/см³.

331. Идишда бир-бирига аралашмайдиган, турли зичликка эга бўлган икки суюқлик бор. Суюқликларнинг ажрлиш чегарасида суюқликка бутунлай ботган бир жинсли куб сузиб юради. Куб материалнинг зичлиги ρ юқоридаги суюқлик зичлиги ρ_1 дан катта, лекин пастдаги суюқлик зичлиги ρ_2 дан кичик ($\rho_1 < \rho < \rho_2$). Юқоридаги суюқликда куб ҳажмининг қандай қисми туради?

332. Симобда сузиб юрган куб ҳажмининг $1/4$ қисми симобга ботган. Кубни тўла кўмадиган қилиб сув қўйилса, куб ҳажмининг қандай қисми симобга ботади? Симобнинг зичлиги $\rho = 13,6$ г/см³.

333. Газ пуфаги кўл тубидан ўзгармас тезлик билан кўтарилаяпти. Пуфакнинг ҳажми $V = 1$ см³ бўлса, сувнинг қаршилик кучи f ни аниқланг.

334. Иккита бир хил ҳаво шарларига бириктирилган юк ўзгармас тезлик билан кўтарилаяпти. Шардаги газнинг зичлиги ρ , ҳавонинг зичлиги ρ_1 . Шарлардан бири ёрилса юк қандай a тезланиш билан ҳаракатланишини топинг. Шарлар пардаларининг массаларини ва ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

335. Икки аэростат бир хил юкларни юқорига кўтараяпти. Биринчи аэростат $a = g/2$ тезланиш билан, иккинчиси ўзгармас тезлик билан ҳаракат қилмоқда. Аэростатлардаги газнинг ρ зичлиги бир хил ва ҳаво зичлиги ρ_1 нинг ярмига тенг. Биринчи аэростат ҳажми V_1 га тенг. Иккинчи аэростат ҳажми V_2 нимага тенг? Аэростатлар қобиқларининг массалари бир хил, ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

336. Ҳажми $V = 0,5$ м³ бўлган сувдаги тошни $H = 1$ м чуқурликдан оҳиста кўтаришда қандай A иш бажариш керак? Тошнинг зичлиги $\rho = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³.

337. Глицерин сиртида турган $m = 100$ г массали шиша шарча $H = 1$ м чуқурликда ботади. Шарчанинг потенциал энергияси ўзгариши ΔU ни топинг. Глицериннинг зичлиги $\rho_1 = 1,2$ г/см³, шшанинг зичлиги $\rho_2 = 2,4$ г/см³.

338. Коптокни $h = 4$ м чуқурликда сувга ботирилса, унинг потенциал энергияси қанча ўзгаради? Коптокнинг массаси $m = 0,5$ кг, унинг диаметри $d = 24$ см. Коптокнинг деформацияланишини ҳисобга олманг.

339. Зичлиги $\rho = 0,4 \text{ г/см}^3$ бўлган жисм $H = 6 \text{ см}$ чуқурликда сувга ботиши учун қандай h баландликдан тушиши керак? Жисмнинг ҳаракатига сув ва ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

340. Сууюқлик солинган идиш горизонтал тўғри чизик бўйлаб a тезланиш билан илгариланма ҳаракат қилмоқда. Сууюқлик сирти горизонтга қандай α бурчак остида жойлашади?

341. Текис оқим билан бакка сув қуйилаяпти. Оқим тезлиги $Q = 2 \text{ л/сек}$. Бакнинг тубида $S = 2 \text{ см}^2$ юзли тешик бор. Бакдаги сув қандай h сатҳда туради?

342. Горизонтал йўналган сув оқими вертикал деворга урилади. Сувнинг оқиш тезлиги $v = 10 \text{ м/сек}$ ва сув $S = 4 \text{ см}^2$ юзга эга бўлган трубадан келаётган бўлса, оқим деворга қандай куч билан босади? Урилишдан кейин сув девор бўйлаб оқади деб қабул қилинг.

343. $v = 18 \text{ км/соат}$ тезлик билан кетаётган катердан тўғри бурчакли қилиб эгилган труба сувга шундай тушириладики, унинг сувга туширилган томони горизонтал ва очик учи билан ҳаракат томонга қараган. Трубанинг ҳаводаги бошқа томони — вертикал. Трубадаги сув кўлдаги сув сатҳига нисбатан қандай h баландликка кўтарилади? Ишқаланишни ҳисобга олманг?

344. Сув катернинг тумшук қисмида вертикал бўйлаб $h = 1 \text{ м}$ баландликка кўтарилаётган бўлса, катернинг v тезлигини тахминан қандай баҳолаш мумкин?

345. Силлиқ горизонтал сиртда сув солинган идиш турибди. Идишнинг туби яқинроғида ён деворида юзи S бўлган тешик бор. Идишдаги сув сатҳининг баландлиги h га тенг бўлса, идишни мувозанатда тутиб туриш учун унга қандай куч қўйиш керак?

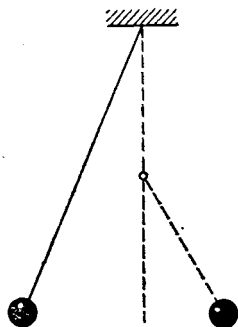
346. S юзга эга бўлган пуркагич поршенига ўзгармас F куч таъсир қилади. Сууюқлик зичлиги ρ га тенг бўлса, юзи S бўлган тешикдан оқим горизонтал йўналишда қандай v тезлик билан чиқади?

11-§. Тебранишлар ва тўлқинлар

Жисмнинг геометрик ўлчамлари жисм осилган ипнинг узунлигидан кўп марта кичик, массаси эса ипнинг массасидан кўп марта катта бўлган системанинг, яъни математик маятникнинг тебраниш даври қуйидаги формула бўйича ҳисобланади: $T = 2\pi \sqrt{l/g}$.

355, 356, 357 ва 371-масалаларга алоҳида эътибор қилиш керак. Бу масалаларни тушуниш қийин ва одатда улар мактабда кўрилмайди.

Товуш тезлиги ҳавонинг температурасига боғлиқдир, шу сабабли масалалар шартларида бу тезликнинг турли қийматлари берилган бўлиши мумкин.



55- расм.

347. Маятниклардан бири $n_1 = 10$ та тебранади. Бошқа маятник шу вақтда $n_2 = 6$ та тебранади. Маятникларнинг узунликлари фарқи $\Delta l = 16$ см. Уларнинг узунликлари l_1 ва l_2 ни топинг.

348. Маятник l узунликдаги ипга осилган эластик шарчадан иборат. Тебранишлар пайтида ип вертикал вазиятни эгаллаган моментларда шарча эластик массив девор билан тўқнашади. Маятникнинг тебраниш даври T ни аниқланг. Тўқнашиш қисқа вақт давом этади.

349. l узунликдаги математик маятник вертикал девор яқинида тебранади. Маятник осилган нуқтанинг тагида, ундан $l_1 = l/2$ масофада деворга мих қоқилган (55- расм). Маятникнинг тебраниш даври T ни ҳисобланг.

350. Икки бир хил эластик шарча вазнсиз ва чўзилмайдиган ипларга шундай осилганки, бунда иплар параллел ва шарчаларнинг оғирлик марказлари бир сатҳда туради. Шарчалар бир-бирига тегиб туради. Биринчи шарча ипининг узунлиги $l_1 = 1$ м, иккинчисиники $l_2 = 0,25$ м. Иккинчи шарча осилган ипни унча катта бўлмаган бурчакка оғдирилди ва қўйиб юборилди. Иккинчи шарчанинг ҳаракати бошланган пайтдан $\tau = 4$ сек вақт ўтганда, шарчалар неча марта тўқнашади?

351. $t_1 = 20^\circ\text{C}$ температурада маятникнинг тебраниш даври $T_1 = 2$ сек га тенг. Температура $t_2 = 30^\circ\text{C}$ гача кўтарилса, тебраниш даври қандай ўзгаради? Маятник материалининг чизиқли кенгайиш коэффициенти $\alpha = 1,85 \cdot 10^{-5}\text{K}^{-1}$.

352. Маятникни Ердан Ойга кўчирганда, унинг тебраниш даври қандай ўзгаради? Ойнинг массаси Ернинг массасидан 81 марта кичик, Ернинг радиуси Ойнинг радиусидан 3,7 марта катта.

353. Маятникнинг тебраниш даври $T_1 = 1$ сек бўлган соат (секунд маятникли соат) Ерда аниқ юради. Бу соатни Ер сиртидан $h = 200$ м баландликка кўтарилса, бир суткада қанча орқада қолади?

354. $m = 20$ г массали математик маятник тебраниш частотаси $\nu = 0,5$ сек⁻¹ бўлса, маятник ипининг вертикалдан $\alpha = 10^\circ$ бурчакка оғишига мос келган вазиятида унинг потенциал энергияси U ни аниқланг. Мувозанат вазиятида маятникнинг потенциал энергияси нолга тенг деб ҳисобланг.

355. Лифт кабинасидаги секунд маятник $t = 2$ мин 30 сек вақтда $N = 100$ та тебраниши учун, кабина қандай a тезланиш билан ва қандай йўналишда ҳаракат қилиши керак?

356. Горизонтал йўналишда a тезланиш билан ҳаракат қилаётган вагонда осилган l узунликдаги математик маятник тебраниш даврини топинг.

357 Куб сферик палланинг ички сиртида ишқаланишсиз ҳаракатланган ҳолда вертикал текисликда кичик амплитуда билан тебранмоқда. Палла пастга $a = g/3$ тезланиш билан туншаётган бўлса, кубнинг тебраниш даврини аниқланг. Палланинг ички радиуси R куб қиррасининг узунлигидан кўп марта катта.

358. Милтиқ отилганда акс садо мерганга ўқ узилгандан $t = 4$ сек ўтгач етиб келди. Товушни қайтарган тўсиқ кузатувчидан қандай масофада жойлашган? Товушнинг ҳаводаги тезлиги $v = 330$ м/сек деб қабул қилинг.

359. Кузатувчидан $s = 1068$ м масофада темир йўл рельсига болга билан урилмоқда. Кузатувчи қулогини рельсга тутиб товушни унинг кузатувчига ҳавода етиб келиш вақтидан $\tau = 3$ сек эртaroқ эшигди. Товушнинг пўлатдаги тезлиги v_1 қанча? Товушнинг ҳаводаги тезлиги $v = 333$ м/сек деб қабул қилинг?

360. Ўқ узилгандаги товуш ва ўқ $H = 680$ м баландликка бир пайтда етиб боради. Ўқнинг бошланғич тезлиги қандай? Ўқ вертикал юқорига узилди; ўқ ҳаракатига қаршиликни ҳисобга олманг. Товушнинг ҳаводаги тезлиги $v = 340$ м/сек деб қабул қилинг.

361. А пунктдан В пунктга $v_1 = 330$ м/сек тезлик билан тарқалувчи $\nu = 50$ Гц частотали товуш сигнали юборилди. Бунда А дан В гача бўлган масофага бутун сондаги тўлқин жойлашди. Бу тажриба температура биринчи ҳолдагидан $\Delta t = 20$ К катталиқка катта бўлганда қайтарилди. А дан В гача бўлган масофага жойлашадиган тўлқинлар сони иккинчи ҳолда иккитага камайди. Температура 1 К га кўтарилганда товуш тезлиги 0,5 м/сек га кўпайиши маълум бўлса, А ва В пунктлар орасидаги масофа l ни топинг.

362. Сувда даври $T = 0,005$ сек бўлган тебранишлар тўлқин узунлиги $\lambda = 7,175$ м ли товуш тўлқинларини ҳосил қилаётган бўлса, товушнинг сувдаги тезлигини аниқланг.

363. Пўлатда тарқалаётган товуш тўлқинининг фазаси 90° га фарқ қиладиган энг яқин нуқталари орасидаги масофа $l = 1,54$ м ни ташкил эса, товуш тўлқинлари частотаси ν ни аниқланг. Пўлатда товуш тўлқинларининг тезлиги $v = 5000$ м/сек.

364. Тебраниш частотаси $\nu = 680$ Гц бўлса, товуш тўлқинининг бир-биридан $l = 25$ см масофадаги икки нуқтаси ўртасидаги фазалар айирмасини топинг.

365. Камертон ёрдамида ҳавода ҳосил қилинаётган турғун тўлқин тугунлари орасидаги масофа $l = 40$ см. Камертоннинг тебраниш частотаси ν ни аниқланг. Товушнинг тезлиги $v = 340$ м/сек деб қабул қилинг.

366. ν частотали товуш тўлқинлари биринчи муҳитда λ_1 тўлқин узунлигига, иккинчи муҳитда эса λ_2 тўлқин узунлигига эга. Агар $\lambda_1 = 2\lambda_2$ бўлса, бирийчи муҳитдан иккинчисига ўтишда бу тебранишларнинг тарқалиш тезлиги қандай ўзгаради?

367. Товуш ҳаводан сувга ўтганда, унинг тўлқин узунлиги неча марта ўзгаради? Товушнинг сувдаги тезлиги $v_1 = 1480$ м/сек, ҳаводаги тезлиги $v_2 = 340$ м/сек.

368. Камертон аввал тискига, кейин резонатор яшигига маҳкамланди. Ҳар икки ҳолда камертон куч жиҳатидан бир хил зарблар билан қўзғатилади. Қандай ҳолда камертон узоқроқ вақт давомида товуш чиқаради.

369. Аста-секин сув қуйилаётган цилиндрик идишнинг юқори чеккасига товуш чиқараётган камертон яқинлаштирилди. Суюқлик сиртидан идишнинг юқори чегарасигача бўлган ма-софа $h_1 = 25$ см ва $h_2 = 75$ см қийматларга етганда, камертон чиқараётган товуш сезиларли кучаяди. Камертоннинг тебраниш частотаси ν ни аниқланг. Товуш тезлиги $v = 340$ м/сек деб қабул қилинг.

370. Узунлиги $l = 1$ м бўлган трубага нормал атмосфера босими остида ҳаво қамалган. Биринчи ҳолда трубанинг бир томони очиқ, иккинчи ҳолда икки томони очиқ, учинчи ҳолда ҳар икки томони ёпиқ. Юқоридаги уч ҳолда қандай энг кичик частоталарда трубада турғун товуш тўлқинлари ҳосил бўлади?

371. Дарёда ҳаракат қилаётган теплоход $\nu_0 = 400$ Гц частотали сигнал беради. Қирғоқда турган кузатувчи сигнал товуш-ни $\nu = 395$ Гц частотали тебранишлардек қабул қилади. Теплоход қандай тезлик билан ҳаракат қилмоқда? У кузатув-чига яқинлашмоқдами ёки ундан узоқлашмоқдами? Товуш тезлиги $v = 340$ м/сек деб қабул қилинг.

ИССИҚЛИК ВА МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА

12-§. Қаттиқ жисм ва суюқликларнинг иссиқликдан кенгайиши

Чизиқли ўлчамлар ва ҳажмларнинг температурага боғлиқлигини ифодаловчи

$$l_t = l_0(1 + \beta t), \quad (1)$$

$$V_t = V_0(1 + \alpha t) \quad (2)$$

тенгламалар тақрибийдир, чунки улардаги α ва β иссиқликдан кенгайиш коэффициентларининг ўзларининг ҳам температурага боғлиқлиги ҳисобга олинмаган. (1) ва (2) формулалар бўйича ҳисоблаётганда шуни эсдан чиқармаслик керакки, чиққан натижалар фақат коэффициентлар ўзгариши коэффициентларнинг ўз катталигидан жуда кичик бўлган температуралар интервалидагина аниқ бўлиши мумкин. Жадвалларда одатда α ва β ларнинг маълум температуралар интервали учун ҳисобланган ўртача қийматлари келтирилади (376-масалага қаранг)

(1) ва (2) формулалардаги l_0 ва V_0 лар қиймати $t = 0^\circ\text{C}$ температурада тегишлидир. Масалаларда нолга тенг бўлмаган температуралардаги бошланғич узунлик ва ҳажмлар берилган ҳолларда, масала ечиш l_0 ва V_0 ларни аниқлашдан бошланади ва натижада қуйидаги кўринишдаги ифода олинади:

$$l_t = \frac{l_1}{1 + \beta t_1} (1 + \beta t_2).$$

Бундай ҳисоблаш методи мақсадга мувофиқ эмас. Ҳақиқатан ҳам, бу формуланинг сураг ва махражини $1 - \beta t_1$ га кўпайтириб,

$$l_t = \frac{l_1[1 + \beta(t_2 - t_1) - \beta^2 t_1 t_2]}{1 - \beta^2 t_1^2}$$

ифодани ҳосил қиламиз. β нинг бирга нисбатан кичиклигини эътиборга олиб, биринчи даражали β қатнашган ҳадга нисбатан жуда кичик бўлган β^2 ли ҳадларни ташлаб юбориш мумкин. Натижада l_t ни ҳисоблаш формуласи амалий жиҳатдан

муҳим бўлган барча ҳоллар учун етарлича аниқ ва содда кўринишга келади:

$$l_t = l_1 [1 + \beta(t_2 - t_1)],$$

$$V_t = V_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]. \quad (3)$$

372. Турли материаллардан ясалган, чизиқли кенгайиш коэффициентлари β_1 ва β_2 бўлган икки стерженнинг l_1 ва l_2 узунликлари орасидаги фарқ ҳар қандай температурада бирдай қолиши учун улар қандай нисбатда бўлиши керак?

373. Иккита бир хил пўлат кўприкдан бирини шимолда, иккинчисини жанубда қуриш керак. Агар жанубда температура -10°C дан $+50^\circ\text{C}$ гача, шимолда эса -50°C дан $+20^\circ\text{C}$ гача ўзгариб турса, температура ўзгарганда кўприк узайишини компенсацияловчи оралиқ (зазор)лар 0°C да қандай бўлиши керак? 0°C да кўприк узунлиги $L = 100$ м, пўлатнинг чизиқли кенгайиш коэффициенти $\beta = 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

374. Жез идиш қиздирилганда ҳажми бўйича $n = 0,6\%$ га ортди. Агар жезнинг ўртача чизиқли кенгайиш коэффициенти $\beta = 2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ бўлса, идиш неча градус қиздирилган?

375. $t = 0^\circ\text{C}$ температурада алюминий стерженнинг узунлиги $l_{01} = 50$ см, темир стерженники эса $l_{02} = 50,05$ см. Ҳар иккала стерженнинг кесими бирдай. Қандай t_1 температурада стерженлар узунлиги бир хил, қандай t_2 температурада уларнинг ҳажмлари бир хил бўлади? Алюминийнинг чизиқли кенгайиш коэффициенти $\beta_1 = 24 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, темирники эса $\beta = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

376. Сувнинг ўртача ҳажмий кенгайиш коэффициенти қиймати турли температуралар интервалида қуйидагича:

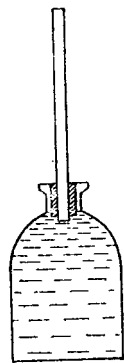
$$\begin{aligned} 0 \leq t \leq 4^\circ\text{C}, & \quad \alpha_1 = -3,3 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}; \\ 4 \leq t \leq 10^\circ\text{C}, & \quad \alpha_2 = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}; \\ 10 \leq t \leq 20^\circ\text{C}, & \quad \alpha_3 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}. \end{aligned}$$

Агар сувнинг ҳажми $t_1 = 1^\circ\text{C}$ температурада $V_1 = 10^3$ см³ бўлса, сувнинг $t = 15^\circ\text{C}$ даги V_{15} ҳажмини топинг.

377. Туташ идишлар t_1 температурали суюқлик билан тўлдирилган. Идишлардан биридаги суюқлик t_2 температурагача иситилганда бу идишдаги суюқликнинг сатҳи h_2 баландликка, иккинчи идишдаги суюқлик эса h_1 баландликка кўтарилган. Суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқланг.

378. Агар симобли термометрдаги симоб $t_0 = 0^\circ\text{C}$ температурада фақат унинг шарчасинигина тўлдириб туриши, термометрнинг 0° ва 100° бўлимдари орасидаги каналнинг ҳажми $V = 3$ мм³ га тенглиги маълум бўлса, термометр шарчасининг ҳажмини аниқланг. Симобнинг ҳажмий кенгайиш коэффициенти $\alpha = 0,000181 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, шишанинг чизиқли кенгайиш коэффициенти $\beta = 0,000008 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

379. Диаметри $d = 6$ см бўлган 1 л ҳажмли кварц стаканнинг ярмигача сув қуйилган, сўнгра унга $V = 100 \text{ см}^3$ ҳажмли эбонит шар туширилган. Температура $t = 10^\circ\text{C}$ дан $t_2 = 70^\circ\text{C}$ гача ўзгарганда идишдаги сув сатҳи қандай Δh баландликка кўтарилади? Эбонитнинг чизиқли кенгайиш коэффициенти $\beta = 8 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, кварцнинг иссиқликдан кенгайиш коэффицентини ($\beta \approx 4 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) ҳисобга олмаслик мумкин, сувнинг ўртача ҳажмий кенгайиш коэффициенти $\alpha = 3 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.



56- расм.

380. $V_1 = 2,5$ л ҳажмли кварц идишга $m = 8,5$ кг массали жез цилиндр жойлаштирилган. Идишнинг қолган қисми сув билан тўлдирилган. Идишни ичидагилари билан бирга $\Delta t = 3 \text{ K}$ қиздирилганда идиш ичидаги сув сатҳи ўзгармаган. Сувнинг иссиқликдан кенгайиш коэффицентини α ни аниқланг. Кварцнинг чизиқли кенгайиш коэффицентини $\beta_1 = 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, жезники — $\beta_2 = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Жезнинг зичлиги $\rho = 8,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

381. Найча ўтказилган тиқин билан зич беркитилган колбага тиқинга етгунча керосин қуйилган (56-расм). Керосин $\Delta t = 30^\circ$ иситилганда колба тубига бўлган босим қандай кагталikka ўзгаради? Колбанинг ҳажми $V = 2$ л, баландлиги $h = 20$ см, найчанинг кесими $S = 2 \text{ см}^2$, керосиннинг ҳажмий кенгайиш коэффицентини $\alpha = 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ва унинг иситилгунга қадар зичлиги $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$. Колбанинг кенгайиши ҳисобга олинмасин.

13-§. Иссиқлик, калориметрия, фойдали иш коэффицентини

382. $m_k = 0,2$ кг массали жез калориметрнинг ичига $m_1 = 0,4$ кг массали, $t_0 = 10^\circ\text{C}$ температурадаги анилин солинган. Калориметрга яна $t = 31^\circ\text{C}$ температурагача иситилган $m_2 = 0,4$ кг массали анилин қўшилди. Улар аралашгандан сўнг температура $\theta = 20^\circ\text{C}$ бўлган бўлса, анилиннинг c_x солиштирма иссиқлик сифимини аниқланг. Жезнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 0,4 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$.

383. Деворлари иссиқлик ўтказмайдиган V ҳажмли идиш мольяр массаси μ , температураси T ва босими p бўлган газ билан тўлдирилган, сўнгра унга T_1 температурали ва M массали мис шарча туширилган. Агар газнинг солиштирма иссиқлик сифими c , мисники эса c_1 бўлса, идишда қандай температура қарор топади?

384. Калориметрда химиявий ўзаро таъсирлашмайдиган уч хил суюқлик аралаштирилмоқда. Уларнинг массалари $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 10$ кг, $m_3 = 5$ кг, температуралари мос ҳолда $t_1 = 6^\circ\text{C}$, $t_2 = -40^\circ\text{C}$, $t_3 = 60^\circ\text{C}$ ва солиштирма иссиқлик сифимлари $c_1 = 2 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$, $c_2 = 4 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$, $c_3 = 2 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$. Аралашманинг θ температурасини ва аралашмани $t = 6^\circ\text{C}$ гача иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдорини аниқланг.

335. Ичида суви бўлган (бирида $t_1 = 45^\circ\text{C}$ температурали $m = 0,1$ кг, иккинчисиди $t_2 = 24^\circ\text{C}$ температурали $m_2 = 0,5$ кг) иккита бир хил калориметрга бирдай миқдорда симоб солинди. Иссиқлик мувозанати қарор топгандан сўнг иккала калориметрда сув температураси бирдай $t = 17^\circ\text{C}$ эканлиги маълум бўлди. Калориметрларнинг иссиқлик сифимини аниқланг.

386. Массаси $m_1 = 66$ г бўлган сувнинг температурасини аниқлаш учун унга термометр туширилди, термометр $t_1 = 32,4^\circ\text{C}$ ни кўрсатди. Агар термометрнинг иссиқлик сифими $c = 1,9$ Ж/°C ва сувга туширилмасдан олдин у $t_2 = 17,8^\circ\text{C}$ хона температурасини кўрсатган бўлса, сувнинг ҳақиқий t_x температураси қандай?

357. Массаси $m_1 = 120$ г, температураси $t_1 = 20^\circ\text{C}$ бўлган шиша стаканга қайноқ сув қуйилди; қайноқ сувнинг массаси $m_2 = 200$ г, температураси $t_2 = 100^\circ\text{C}$. $\tau = 5$ мин дан кейин сув қуйилган стаканнинг температураси $t_3 = 40^\circ\text{C}$ га тенг бўлди. Иссиқлик йўқотиш бир текис рўй берган деб фараз қилиб, ҳар секундда қанча иссиқлик миқдори йўқотилганлигини ҳисоблаб топинг. Шишанинг солиштира иссиқлик сифими $c_1 = 840$ Ж/(кг·°C) сувники эса $c_2 = 4,2$ кЖ/(кг·°C).

388. Калориметрга $t_1 = +5^\circ\text{C}$ температурали $m_1 = 2$ кг сув ва $t_2 = -40^\circ\text{C}$ температурали $m_2 = 5$ кг муз парчаси солинган. Иссиқлик мувозанати қарор топгандан сўнг калориметр ичидагиларнинг θ температурасини ва V ҳажмини аниқланг. Калориметрнинг иссиқлик сифимини ва ташқи муҳит билан бўладиган иссиқлик алмашинувини ҳисобга олманг.

0°C да сувнинг зичлиги $\rho_1 = 10^3$ кг/м³, музники $\rho_2 = 920$ кг/м³. Сувнинг солиштира иссиқлик сифими $c_1 = 4,2$ кЖ/(кг·°C), музники $c_2 = 2,1$ кЖ/(кг·°C). Музнинг солиштира эриш иссиқлиги $r = 0,33$ МЖ/кг.

389. Ҳажми $V = 100$ л бўлган ваннани температураси $t_1 = 80^\circ\text{C}$ бўлган сув ва $t_2 = -20^\circ\text{C}$ температурали муздан фойдаланиб, $\theta = 30^\circ\text{C}$ температурали сув билан тўлдириш керак. Бунинг учун керак бўладиган музнинг m массасини аниқланг. Ваннанинг иссиқлик сифимини ва иссиқлик йўқотишни ҳисобга олманг. Сувнинг солиштира иссиқлик сифими $c_1 = 4,2$ кЖ/(кг·°C), музнинг солиштира иссиқлик сифими $c_2 = 2,1$ кЖ/(кг·°C), унинг солиштира эриш иссиқлиги $r = 0,337$ МЖ/кг.

390. Ичида $t_1 = 10^\circ\text{C}$ температурали $m_1 = 10$ кг сув бўлган идишга $t_2 = -50^\circ\text{C}$ температурагача совитилган муз парчаси солинди. Шундан сўнг ҳосил бўлган муз массасининг температураси $\theta = -4^\circ\text{C}$ га тенг бўлди. Идишга қандай миқдорда (m_2) муз солинган? Сувнинг солиштира иссиқлик сифими $c_1 = 4,2$ кЖ/(кг·°C), музники $c_2 = 2,1$ кЖ/(кг·°C), музнинг солиштира эриш иссиқлиги $r = 0,33$ МЖ/кг.

391. $m = 1$ кг массали қўрғошин бўлагига $q = 54,5 \cdot 10^3$ Ж иссиқлик миқдори берилганда унинг ярми эриди. Қўрғошиннинг T_0 бошланғич температураси қандай бўлган? Қўрғошиннинг солиштира эриш иссиқлиги $r = 2,4 \cdot 10^4$ Ж/кг, унинг со-

лиштирма иссиқлик сифими $c = 130 \text{ Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ва эриш температураси $T_1 = 600 \text{ К}$.

392. Ичида бирор миқдор қалайи бўлган тигель электр ток билан қиздирилади. Бирлик вақт ичида ажраладиган иссиқлик миқдори бирдай. $\tau_1 = 10$ мин ичида қалайи температураси $t_1 = 20^\circ\text{C}$ дан $t_2 = 70^\circ\text{C}$ гача ортади. Яна $\tau_2 = 83$ мин вақт ўтгандан сўнг қалайи батамом эриб кетди. Қалайининг c солиштирма иссиқлик сифимини топинг. Қалайининг эриш температураси $t_3 = 232^\circ\text{C}$, унинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 58,5 \text{ кЖ}/\text{кг}$. Тигелнинг иссиқлик сифимини ва атроф фазога бўладиган иссиқлик йўқолишини ҳисобга олманг.

393. Очiq идишга оғирлиги $P_1 = 98 \text{ Н}$ ва температураси $t_1 = -10^\circ\text{C}$ бўлган муз парчаси солинган. Идиш ичидаги музга $q = 2 \cdot 10^7 \text{ Ж}$ иссиқлик миқдори берилгандан кейин ҳосил бўлган сув оғирлигини (P) аниқланг. Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c_1 = 4,2 \text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ ва музнинг солиштирма иссиқлик сифими $c_2 = 2,1 \text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$. Музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 0,34 \text{ МЖ}/\text{кг}$, сувнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги $\lambda = 2,3 \text{ МЖ}/\text{кг}$.

394. Узунлиги $a = 24 \text{ см}$ ва кенлиги $b = 20 \text{ см}$ бўлган тўғри бурчакли кюветада $t_1 = 25^\circ\text{C}$ температурали сув бор. Унга $t_2 = -196^\circ\text{C}$ қайнаш температурасида олинган суюқ азот қуйилди. Азот буғлангандан сўнг сув $t = 0^\circ\text{C}$ гача совида ва сув худди шундай температурали юпқа муз қатлами билан қопланди. Азот буғлари муз сиртидан унинг температурасигача исиб, сувдан олган ҳамма иссиқликнинг ярмини ўзи билан олиб кетади, деб фараз қилган ҳолда муз қатламининг h қалинлигини аниқланг. Кюветадаги сув ҳажми $V = 1 \text{ л}$, азотнинг массаси $m = 0,8 \text{ кг}$. Азотнинг солиштирма буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги $\lambda = 0,2 \text{ МЖ}/\text{кг}$, газсимон азотнинг солиштирма иссиқлик сифими $c_1 = 1,05 \text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$, музнинг зичлиги $\rho_1 = 900 \text{ кг}/\text{м}^3$, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 335 \text{ кЖ}/\text{кг}$.

395. Иссиқлик изоляциясига эга бўлган идишда $t_1 = 0^\circ\text{C}$ температурали $m_1 = 500 \text{ г}$ сув ва $m_2 = 54,4 \text{ г}$ муз аралашмаси бор. Идишга $t_2 = 100^\circ\text{C}$ температурада $m_3 = 6,6 \text{ г}$ массали қуруқ буғ киритилади. Иссиқлик мувозанати қарор топгандан сўнг θ температура қандай бўлади? Сувнинг солиштирма буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги $\lambda = 2,3 \text{ МЖ}/\text{кг}$, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 0,33 \text{ МЖ}/\text{кг}$, сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 4,2 \text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$.

396. Ҳаво насоси қалпоғи остида массаси $m_1 = 40 \text{ г}$, температураси $t = 0^\circ\text{C}$ бўлган сув бор. Қалпоқ остидаги ҳаво тез сўриб олинади. Сувнинг бир қисми интенсив буғлангани туфайли қолган сувнинг ҳаммаси музлади. Агар ҳосил бўлган музнинг температураси ҳам $t = 0^\circ\text{C}$ эканлиги маълум бўлса, унинг m массасини аниқланг. Сувнинг 0°C даги солиштирма буғланиш иссиқлиги $\lambda = 2,3 \text{ МЖ}/\text{кг}$, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 0,33 \text{ МЖ}/\text{кг}$.

397. Ҳавоси сўриб олинаётган идишда оз миқдорда 0°C температурали сув бор. Сувнинг интенсив буғланиши натижасида қолган сув музлади. Буғланган сув массаси $m_1 = 2,71$ г га тенг. Сувнинг дастлабки m массасини аниқланг. Сувнинг 0°C даги солиштирма буғланиш иссиқлиги $\lambda = 2,47$ МЖ/кг, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 335$ кЖ/кг.

398. Массаси $M = 0,1$ кг, температураси $t_1 \geq 20^{\circ}\text{C}$ бўлган эфирнинг буғланиши натижасида 0°C температурали музга айланиши мумкин бўлган сув массасини (m) аниқланг. Иссиқлик алмашилиш фақат эфир ва буғ орасида содир бўлади. Сувнинг бошланғич температураси ҳам $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ га тенг. Эфирнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги $\lambda = 3,8 \cdot 10^5$ Ж/кг, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 0,33$ МЖ/кг, сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c_1 = 4,2$ кЖ/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$) ва эфирники $c_2 = 2,1$ кЖ/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$).

399. Сувни баъзи эҳтиёт чораларига риоя қилган ҳолда $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$ температурагача ўта совуқ ҳолатга келтириш мумкин. Сувнинг бу ҳолати турғун эмас ва ҳар қандай кичик ўзгаришларда $t = 0^{\circ}\text{C}$ температурали музга айланади. Массаси $M = 1$ кг бўлган ўта совитилган сувдан ҳосил бўлган музнинг m массаси қандай бўлади? Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими температурага боғлиқ эмас ва у $c = 4,2$ кЖ/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$) га тенг, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 0,34$ МЖ/кг деб ҳисобланг.

400. Лиммо-лим тўлдирилган қолбада сув ва симоб бор. Сувнинг массаси $m_1 = 0,5$ кг, симобнинг массаси $m_2 = 1$ кг га тенг. Қолба ичидаги сууқликларга $q = 90$ кЖ иссиқлик миқдори берилганда сувнинг $m_3 = 3,5$ г массали қисми қолбадан тошиб тушган. Симобнинг кенгайиш коэффициентини α_2 ни аниқланг. Қолбанинг кенгайишини ҳисобга олманг. Сувнинг кенгайиш коэффициентини $\alpha_1 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$, сувнинг зичлиги $\rho_1 = 10^3$ кг/м³ ва симобнинг зичлиги $\rho_2 = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c_1 = 4,2$ кЖ/(кг $\cdot\text{K}$) ва симобники $c_2 = 140$ Ж/(кг $\cdot\text{K}$).

401. Ичида эриётган муз парчаси бўлган калориметрга $m_1 = 430$ г массали жез бўлаги солинди. Бунда музнинг $m_2 = 200$ г массали қисми сувга айланган. Жезнинг калориметрга солинаётган пайтдаги V ҳажминини аниқланг. Жезнинг $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ температурадаги зичлиги $\rho_0 = 8600$ кг/м³. Жезнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 400$ Ж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$), музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 0,34$ МЖ/кг, жезнинг чизиқли кенгайиш коэффициенти $\beta = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{C}^{-1}$.

402. Ички ёнув двигателининг цилиндри ичида двигатель ишлаётган вақтда $t_1 = 727^{\circ}\text{C}$ температурали газлар ҳосил бўлади. Ишлатилган газ температураси $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$. Двигатель соатига $m = 36$ кг ёнилғи сарф қилади. Ёнилғининг ёниш иссиқлиги $Q = 43$ МЖ/кг га тенг. Бу двигатель қандай максимал фойдали қувватга эришиши мумкин?

403. Ички ёнув двигателининг мумкин бўлган максимал фойдали иш коэффициенти (ф. и. к.) $t_1 = 300^\circ\text{C}$ температурали ўта қизиган буғда ишловчи буғ машинасининг мумкин бўлган максимал ф. и. к. дан неча марта катта? Двигатель цилиндр ичидаги газларнинг температураси $t_2 = 1000^\circ\text{C}$ га етади. Ишлатилган газлар ва буғлар бирдай $t_3 = 100^\circ\text{C}$ температурага эга.

404. Сув ости қаногли „Метеор“ дарё кемаси $\eta = 30\%$ фойдали иш коэффициентида $N = 1500$ кВт қувватга эришади. Тезлик $v = 72$ км/соат бўлганда 1 км йўлга қанча ёнилги сарф бўлишини аниқланг. Ёнилгининг ёниш иссиқлиги $Q = 50$ МЖ/кг.

405. Реактив самолёт $s = 1800$ км йўлни $v = 900$ км/соат ўзгармас тезликда учиб ўтиб, $m = 4$ т ёнилги сарфлайди. Самолёт двигателининг қуввати $N = 5900$ кВт га, фойдали иш коэффициенти $\eta = 23\%$ га тенг. Самолёт ишлатадиган ёнилгининг Q иссиқлик бериш қобилияти қандай?

406. Агар ҳавонинг қаршилиги булмаса ва ҳамма иссиқлик ишга айланса, $m_1 = 10^3$ кг массали сунъий йўлдошин Ер сирги яқинидаги доиравий орбитага чиқариш учун қанча микдор (m) керосин ёқиш керак бўлади? Ернинг радиуси $R = 6300$ км, керосиннинг иссиқлик бериш қобилияти $Q = 46$ МЖ/кг.

407. Моторнинг қуввати $N = 20$ кВт бўлган автомобиль $v = 72$ км/соат тезлик билан ҳаракатланганда мотор ҳар $s = 100$ км йўлга $V = 10$ л бензин сарф қилади. Автомобилнинг фойдали иш коэффициенти η ни аниқланг. Бензиннинг зичлиги $\rho = 0,7 \cdot 10^3$ кг/м³, унинг ёниш иссиқлиги $Q = 44$ МЖ/кг.

408. $N = 800$ Вт қувватли электр чойнакда $t_1 = 20^\circ\text{C}$ температурали $V = 1,5$ л сувни $\tau = 20$ минутда қайнатиш мумкин. Чойнакнинг фойдали иш коэффициенти аниқланг. Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 4,2$ кЖ/(кг $\cdot^\circ\text{C}$).

409. Холодильникда бошланғич температураси $t_2 = 20^\circ\text{C}$, массаси $m = 3,6$ кг бўлган сув $\tau = 1$ соат ичида $t_1 = 0^\circ\text{C}$ температурали музга айланади. Агар холодильник атрофга $q = 840$ Ж/сек тезликда энергия берса, у электр тармоғидан қанча қувват (N) истеъмол қилади? (Бу шарт одатдаги холодильниклар учун характерли эмас: умуман айтганда атрофга энергия бериш тезлиги холодильник ичидаги нарсаларга боғлиқ). Музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 0,34$ МЖ/кг, сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 4,2$ кЖ/(кг $\cdot^\circ\text{C}$).

410. Массаси $m = 2000$ т бўлган поезд $a = 0,3$ м/сек² тезланиш билан тормозланганда $t = 50$ сек вақтдан кейин (тормозлана бошлагандан сўнг) тўхтади. Поезд тормозланганда қанча микдор иссиқлик ажралган?

411. $h = 100$ м баландликдан туриб милтиқдан пастга вертикал отилган қўрғошин питра ноэластик жисмга текканда эриб кетиши учун у стволдан қандай v тезликда учиб чиқиши керак? Ажралган иссиқлик питра ва жисм орасида тенг тақсимланади деб ҳисобланг. Питранинг бошланғич температураси $T = 500$ К, қўрғошиннинг эриш температураси $T = 600$ К,

унинг солиштирма иссиқлик сифими $c=130$ Ж/(кг·К), солиш- тирма эриш иссиқлиги $r=25$ кЖ/кг.

412. Массаси m бўлган брусокни унга боғланган арқондан тортиб горизонтга нисбатан α бурчак остида қўйилган тахта бўйлаб h баландликка чиқарилмоқда. Арқон тахтага параллел турибди. Брусокнинг тахтага ишқаланиш коэффициентини k га тенг. Тахта ва брусокнинг қизишига сарф бўладиган W энергияни аниқланг.

413. Массаси $m=1$ кг бўлган жисм горизонтга нисбатан $\alpha=30^\circ$ бурчак ташкил қилган қия текисликдан сирпаниб тушмоқда. Қия текисликнинг узунлиги $l=22$ м. Қия текислик асосига келганда жисмнинг тезлиги $v=4$ м/сек га тенг бўлади. Агар жисмнинг бошланғич тезлиги нолга тенг бўлса, жисм текисликка ишқаланганда қанча иссиқлик миқдори (q) ажралган?

414. Буғ машинасининг қуввати $N=200$ кВт, буғнинг ўр- тача босими $p=1$ МПа бўлса, поршень йўли $l=0,5$ м ва кесими $s=0,2$ м² бўлганда машина валининг минутига неча марта айланишини (n) аниқланг. Вал бир марта айланганда поршень бир иш йўли ўтади.

415. Массаси m га тенг бўлган ўқ силлиқ стол устида ётган m массали ёғоч кубга тегиб, уни тешиб ўтиб кетди. Агар ўқ кубнинг марказидан ўтиб, ундан учиб чиққандан сўнг тезлиги v_2 , кубга кирмасдан олдинги тезлиги v_1 бўлган бўлса, иссиқликка айланган W энергия миқдорини аниқланг.

416. Рўбарў келаётган икки шарнинг абсолют ноэластик тўқнашувида ажралган q иссиқлик миқдорини топинг. Биринчи шарнинг массаси $m_1=0,4$ кг бўлиб, унинг тезлиги $v_1=3$ м/сек га тенг, иккинчи шарнинг массаси $m_2=0,2$ кг, тезлиги $v_2=12$ м/сек га тенг.

14-§. Идеал газ қонунлари ва ҳолат тенгламаси

Газ ҳолати унинг V ҳажми, p босими ва t температураси орқали белгиланади. Идеал газ қонунлари Кельвин шкаласидаги температурадан (абсолют температура) фойдаланганда жудда содда формулалар билан ифодаланади: $T=t+273^\circ$, бунда t —Цельсий шкаласи бўйича температура. Агар газ массаси, шунингдек унинг молекулалари сони ўзгармас бўлса, у ҳолда газ ҳолати қуйидаги қонунлар орқали тавсифланади.

1. *Бойль—Мариотт қонуни.* Температура ўзгармас бўлганда (изотермик процесс, $t=\text{const}$)

$$pV = \text{const} \quad (4)$$

ёки

$$p_1V_1 = p_2V_2 = p_3V_3 = \dots = p_0V_0. \quad (4')$$

2. *Гей-Люссак қонуни.* Босим ўзгармас бўлганда (изобарик процесс, $p = \text{const}$) t температурада газ ҳажми

$$V_t = V_0(1 + \alpha t) \quad (5)$$

бўлади, бунда V_0 — газнинг $t = 0^\circ\text{C}$ даги ҳажми ва $\alpha = \frac{1}{273}^\circ\text{C}^{-1}$

ёки

$$\frac{V}{T} = \text{const.} \quad (5')$$

3. *Шарль қонуни.* Ҳажм ўзгармас бўлганда (изохорик процесс, $V = \text{const}$) t температурадаги газ босими

$$p_t = p_0(1 + \beta t) \quad (6)$$

бўлади, бунда p_0 — газнинг $t = 0^\circ\text{C}$ даги босими ва $\beta = \alpha = \frac{1}{273}^\circ\text{C}^{-1}$

ёки

$$\frac{p}{T} = \text{const.} \quad (6')$$

Газлар учун α катталиқ қаттиқ ва суюқ жисмларнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентларига ўхшаб унча кичик бўлмагани сабабли, (5) ва (6) ифодалар ўрнига 12-§ нинг киришида берилган (3) кўринишдаги тақрибий ифодалардан бошланғич ҳажм ва босимлар 0°C дан бошқа температураларда келтирилган ҳолларда фойдаланиш катта хатоликларга олиб келиши мумкин. Бундай ҳолларда (5') ва (6') ифодалардан фойдаланиш анча қулайдир.

4. *Газ ҳолатининг бирлашган қонуни (Клапейрон тенг-ламаси):*

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad (7)$$

ёки

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3} = \dots = \frac{p_0 V_0}{T_0} \quad (7')$$

p_0 , T_0 ва V_0 катталиқлар газнинг „нормал ҳолатига“, яъни $p_0 = 101325 \text{ Н/м}^2 = 101,325 \text{ кПа} = 760 \text{ мм сим. уст.}$ ва $T = 273 \text{ К}(0^\circ\text{C})$ га мос келади. Газ эгаллаган ҳажм газ моддаси миқдорига пропорционал. Агар модда миқдори бир моль бўлса, у ҳолда нормал шароитда (p_0 босим ва T_0 температурада) ҳар қандай газ $V_{0\text{м}} = 0,02241 \text{ м}^3/\text{моль}$ ҳажмни эгаллайди. Бинобарин,

$$\frac{p_0 V_{0\text{м}}}{T_0} = R$$

катталиқ ҳамма газлар учун бирдай. Бу катталиқни универсал газ доимийси деб юритилади.

Шундай қилиб, бир моль газ учун универсал газ қонунини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$pV = RT. \quad (8)$$

Худди шундай шароитдаги ν моль газ учун ҳам ν марта ортади, яъни

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT, \quad (9)$$

бунда $\nu = m/\mu$, m — газ массаси ва μ — унинг моляр массаси.

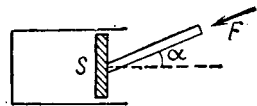
(9) ифода Менделеев—Клапейрон тенгламаси ёки идеал газнинг ҳолат тенгламаси деб аталади. У газ ҳолатини характерловчи параметрлар орасидаги боғланишни кўрсатади. Ўзгармас миқдордаги газ учун параметрлардан бирининг ўзгармас бўлиши қолган икки параметр орасидаги боғланиш ифодасига, яъни тегишли газ қонунига олиб келади. Масалан, $T = \text{const}$ бўлганда Бойль—Мариотт қонуни (4), $p = \text{const}$ да Гей-Люссак қонуни (5') ва $V = \text{const}$ да Шарль қонуни (6') келиб чиқади.

5. *Парциал босимлар қонуни (Дальтон қонуни)*. Аралашма таркибидаги газнинг ўзи алоҳида бир идишда бўлгандаги босими парциал босим деб аталади. Дальтон қонунига мувофиқ газлар аралашмасининг босими уларнинг парциал босимлари йиғиндисига тенг. Босим молекулаларнинг идиш деворига урилиши билан тушунтириладиган молекуляр физика нуқтани назаридан қараганда Дальтон қонуни ҳар бир газ молекулаларининг идиш деворига таъсири қўшилишини билдиради.

Хусусан, Дальтон қонуни ичида p босимли газ бўлган идишга худди шу газдан бирор миқдор қўшилганда ҳам ўринлидир. Бундай ҳолда қўшилган газнинг парциал босимини идиш бўш бўлгандаги каби ҳисоблаб топиш мумкин. Охириги босим шу парциал босим ва p босим йиғиндисидан иборат бўлади.

(4)–(9) формулалар газ эгаллаган ҳажмнинг ҳамма нуқтаида температура ва босим бирдай бўлган ҳол, яъни газ иссиқлик мувозанатида бўладиган ҳол учун ўринлидир. p , V ва T параметрлар узлуксиз ўзгарадиган ҳолларда (4)–(9) формулаларни фақат температура ва босим тақсиротидаги нотекислик чексиз кичик бўладиган секин процесслар учун татбиқ қилиш мумкин. Агар процесслар жуда секин ўтувчи бўлмаса, қараб чиқилган тенгламалар процесслар тенгламалари сингари, маънога эга бўлмай қолади, бироқ газ иссиқлик мувозанати ҳолатида бўладиган вақт моментлари учун ҳолат тенгламалари сифатида ўринли бўлади.

417. Бир моль газ учун $T = T_1$ ва $T = 3T_1$ температураларда изотермик процесс графигини ($p, V; p, T$ ва V, T координаталарда) чизинг.



57- расм.

418. Нормал шароитда газ $V_0 = 1 \text{ м}^3$ ҳажми эгаллайди. Шу газ $p_1 = 4,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 4,9 \text{ МПа}$ босимда қандай V_1 ҳажми эгаллайди? Газнинг ҳар иккала ҳолатидаги температураси бирдай. Нормал босим $p_0 = 760 \text{ мм. сим.уст} \approx 10^5 \text{ Н/м}^2 = 0,1 \text{ МПа}$.

419. Газни $V_1 = 8 \text{ л}$ ҳажмдан $V_2 = 6 \text{ л}$ ҳажмгача сиқилди. Босим эса $\Delta p = 4 \text{ кПа} = 30 \text{ мм сим. уст. га}$ ортди. p , бошланғич босим қанча бўлган?

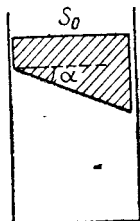
420. Поршень $F = 9,8 \text{ Н}$ куч узатилаётган стержень ёрдамида мувозанатда тутиб турилган бўлса, поршень остидаги газ қандай босим остида бўлади (57- расм)? Поршень юзи $S = 7 \text{ см}^2$, стержень поршень перпендикуляр биан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ташкил қилади. Ишқаланиш ҳисобга олинмайди. Атмосфера босими $p_0 = 98 \text{ кПа}$.

421. $V = 10 \text{ л}$ ҳажмли баллонда массаси $m = 12,8 \text{ г}$ бўлган кислород бор. Баллондаги босим сув тўлдирилган U-симон манометр билан ўлчанади. Газнинг температураси $t = 27^\circ\text{C}$ бўлганда манометр найларидagi Δh сатҳлар фарқи нимага тенг? Атмосфера босими $p_0 = 10^5 \text{ Н/м}^2$.

422. Цилиндрда поршень остида ҳаво бор. Поршень 58-расмда кўрсатилган шаклга эга. Поршённинг оғирлик кучи $P = 60 \text{ Н}$, цилиндрнинг кўндаланг кесим юзи $S_0 = 20 \text{ см}^2$. Атмосфера босими $p_0 = 10^5 \text{ Н/м}^2$. Цилиндрдаги V_1 ҳаво ҳажмини икки марта камайтириш учун поршенга қандай P_1 оғирликдаги юк қўйиш керак? Ишқаланишни ҳисобга олманг. Температура донмий.

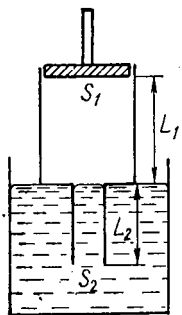
423. Узунлиги $l = 25 \text{ см}$ ва радиуси $r = 1 \text{ см}$ бўлган цилиндрик трубанинг бир учи тиқин билан беркитилиб, иккинчи учига эса қўзғалувчан поршень киритилган. Поршённи $d = 8 \text{ см}$ ичкарига киритилганда тиқин отилиб кетади. Температуранинг ўзгармас деб ҳисоблаб, тиқиннинг отилиб чиқиш пайтида унинг труба деворига F ишқаланиш кучини аниқланг. Атмосфера босими нормал: $p_0 \approx 10^5 \text{ Н/м}^2$.

424. Узунлиги L бўлган бир учи берк ингичка вертикал цилиндрик найдаги ҳаво ташқи ҳаводан h узунликдаги симоб устунчаси билан ажралиб туради. Симобнинг зичлиги ρ га тенг. Найнинг очиқ учи юқорига қараган. Агар найнинг очиқ учи пастга қаратилганда ундан симобнинг ярми оқиб тушган бўлса, найдаги ҳаво устунининг l узунлиги қандай бўлган? Атмосфера босими p_0 га тенг.



58- расм.

425. Ҳавоси сўриб олинган ва иккала учи кавшарланган L узунликдаги найнинг ўртасида



59- расм.

узунлиги $h = 20$ см бўлган симоб устунчаси бор. Агар найни вертикал қўйилса, унинг ичидаги симоб устунчаси $l = 10$ см бўлади. Най қанча p_1 босимгача сўрилган? Симобнинг зичлиги $\rho = 1,36 \cdot 10^4$ кг/м³.

426. Бир учи кавшарланган, узунлиги $L = 76$ см бўлган найни вертикал ҳолда очиқ учи билан симоб солинган идишга ботирилади. Найдаги симоб сатҳи идишдаги симоб сатҳидан $h = 76$ см паст бўлиши учун найнинг кавшарланган учи сиртдан қандай масофада бўлиши керак? Атмосфера босими $p_0 = 101,3$ кПа. Симобнинг зичлиги $\rho = 1,36 \cdot 10^4$ кг/м³.

427. Узунлиги $L = 2$ м бўлган иккала учи очиқ най симобли идишга вертикал ҳолда ярмигача ботирилган. Найга поршень киритилади. Найдаги симоб сатҳи $h = 1$ м пастга тушиши учун поршень идишдаги симоб сатҳидан қандай x масофада туриши керак? Атмосфера босими $p_0 = 101,3$ кПа. Симобнинг зичлиги $\rho = 1,36 \cdot 10^4$ кг/м³.

428. Узунлиги L_1 , кўндаланг кесим юзи S_1 бўлган цилиндр тубига узунлиги L_2 , кесим юзи S_2 га тенг бўлган най уланган. Най бутунлай симобга ботирилган (59-расм). Агар поршенни цилиндр тубигача сурилса, найдаги симоб қандай x чуқурликка тушади? Цилиндрнинг кўндаланг кесим юзи камида қандай бўлганда найдаги симоб бутунлай сиқиб чиқарилади? Атмосфера босими p_0 га, симобнинг зичлиги ρ га тенг.

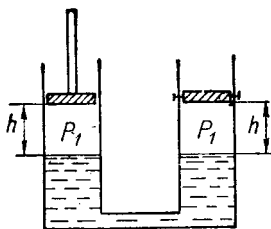
429. Симобли идишга поршенли най очиқ учи билан вертикал ҳолда ботирилган. Поршень идишдаги симоб сатҳидан $h_0 = 1$ см юқорида бўлганда най ва идишдаги симоб сатҳлари бирдай бўлади. Поршень идишдаги симоб сатҳидан $H = 75$ см баландликка кўтарилганда найдаги ҳаво босими p қандай бўлишини аниқланг. Атмосфера босими $p_0 = 10^5$ Н/м², симобнинг солиштира оғирлиги $d = \rho g = 1,33 \cdot 10^5$ Н/м³.

430. Денгизга туширилган асбобларнинг ботиш чуқурлигини ўлчаш учун бир учи кавшарланган $L = 1$ м узунликдаги найдан фойдаланилади. Бу най сувга асбоблар билан бирга очиқ учи пастга қаратилган ҳолда вертикал туширилади. Ботиш чуқурлигининг энг катта қиймати (H) найдаги сиқилган ҳавонинг энг кичик h баландлигига қараб белгиланади. h катталикни аниқлаш учун найнинг ички деворлари сувда тез эриб кетадиган бўёқ билан қопланади. Найнинг сув тегмаган қисми бўялганча қолади. Агар $h = 0,2$ м бўлса, най сувга қандай H чуқурликкача тушган бўлади? Атмосфера босими $p_0 = 0,1$ МПа, сувнинг зичлиги $\rho = 10^3$ кг/м³, найдаги температура ўзгармайди деб ҳисобланг.

431. Чуқурлиги H га тенг бўлган сув ҳавзаси тубидан ҳаво пуфакчаси чиқмоқда. Пуфакчанинг радиуси r ва вақтнинг берилган моментидан у турган h чуқурлик орасидаги боғланишни

топинг. Пуфакчанинг ҳавза тубида бўлган пайтдаги ҳажми V_0 га тенг. Сирт таранглик кучларини ҳисобга олманг.

432. Радиуси $a_1 = 2$ см бўлган юққа деворли резина шарга $p_0 = 0,1$ МПа нормал босимда ва $t_1 = 20^\circ\text{C}$ температурада ҳаво қамалган. Агар шарни $t_2 = 4^\circ\text{C}$ температурали кўлга $h = 20$ м чуқурликкача туширилса, шар радиуси a_2 қанчага тенг бўлади?



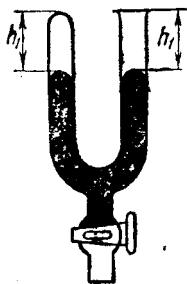
60- расм.

433. Чўккан сув ости кемасидан баъзан бундай йўл билан чиқиб олиш мумкин: аввал остки клапанлар (кингстонлар) очилади, сўнгра юқориги люкни очиб, ҳаво пуфаги билан бирга денгиз юзига қалқиб чиқилади. Агар кема $h = 42$ м чуқурликда ётган бўлса, кингстонлар очилгандан сўнг кема ҳажмининг қандай k қисмига сув кирмайди? Кемадаги бошланғич босим $p_0 = 100$ кПа бўлган. Денгиз сувининг зичлиги $\rho = 1030$ кг/м³.

434. Аэростат қобиғи газ билан охиригача тўлдирилмайди. Аэростат кўтарилгани сари атмосфера босими камая боради ва қобиқ кенгайди. Агар аэростат қобиғи $V_2 = 500$ м³ гелий билан $p_0 = 10^5$ Па босимда тўлдирилган бўлса, қандай H баландликка кўтарилгандан кейин газ қобиқнинг бутун $V_1 = 600$ м³ ҳажмини тўлдиради? Атмосфера босими Ер сирти яқинида ҳар $\Delta h = 11$ м кўтарилганда $\Delta p = 133$ Па га камаяди. Температура баландликка боғлиқ эмас, ўзгармайди деб ҳисобланг.

435. Поршенли иккита бир хил туташ идиш ρ зичликли суюқлик билан қисман тўлдирилган. Суюқлик сиртидан поршенларгача бўлган масофа бирдай ва h га тенг (60- расм). Поршенлардан бири маҳкамланган, иккинчиси эса x масофага кўтарилади. x нинг қандай қийматида идишлардаги суюқлик сатҳлари фарқи h га тенг бўлади? Ҳар бир идишдаги бошланғич ҳаво босими p_1 га тенг.

436. U-симон найга қуйилган симоб сатҳи най учларидан $h_1 = 20$ см пастда жойлашган. Найнинг бир тирсагининг учи кавшарланган (61- расм). Най ичидаги симобнинг бир қисми жўмрак орқали чиқарилганда кавшарланган тирсақдаги симоб сатҳи $h_2 = 18$ см пасайган. Очиқ тирсақдаги симоб сатҳи қанча (h) камайганини топинг. Атмосфера босими $p_0 = 100$ кПа, симобнинг зичлиги $\rho = 1,36 \cdot 10^4$ кг/м³.



61- расм

437. Поршенли насос билан $V = 4$ л ҳажми баллондан ҳавоси сўриб олинмоқда. Поршеннинг ҳар бир юришида баллондаги босим $n = 1,2$ марта камаяди. Насос сўриш камерасининг v ҳажмини аниқланг.

438. Насоснинг сўриш камераси v ҳажмга эга. V ҳажмдаги ҳавони p_0 босимдан p_n босимгача сўриб олиш учун насос неча цикл иш бажаради? Температурани ўзгармас деб ҳисобланг.

439. Отбойка болғасининг ишлашини таъминловчи компрессор атмосферадан ҳар секундда $V=100$ л ҳаво сўриб олади. Агар битта болға учун $p=5$ МПа босимда секундига $v=100$ см³ ҳаво оқими зарур бўлса, бу компрессор ёрдамида нечта отбойка болғачасини ишлатиш мумкин? Атмосфера босими $p_0=100$ кПа.

440. Агар поршенли насос $n=40$ марта юриш қилган бўлса, $V=3$ л ли футбол тўпи қандай босимгача дамланган бўлади? Поршень ҳар бир юришида атмосферадан $v=150$ см³ ҳаво олади. Тўп дастлаб бутунлай бўш бўлган. Атмосфера босими $p_0=0,1$ МПа.

441. Автомобиль шинасидаги камера двигатель ёрдамида ишлайдиган насос билан дамланади. Агар насос ҳар бир юришда атмосферадан баландлиги $h=10$ см ва диаметри $d=10$ см бўлган цилиндрик ҳаво устунни олса ва агар бир юриш вақти $\tau=1,5$ сек бўлса, $V=6$ л ҳажмли камерани $p_1=0,5$ МПа босимгача дамлаш учун қанча вақт керак бўлади? Камерадаги бошланғич босим $p_0=100$ кПа га тенг.

442. Мос равишда $p_1=8 \cdot 10^5$ Па ва $p_2=6 \cdot 10^5$ Па босимда ҳаво қамалган икки идиш $V_1=3$ л ва $V_2=5$ л ҳажмга эга. Идишлар ингичка най билан туташтирилди. Най ҳажмини идишлар ҳажмига нисбатан ҳисобга олмаслик мумкин. Агар идишлардаги ҳаво температураси бирдай ва мувозанат ўрнатилгандан кейин ҳам ўзгармаган бўлса, идишлардаги қарор топган босимни аниқланг.

443. $V_1=40$ л ва $V_2=20$ л ҳажмли икки идишда температура бир хил, лекин босими ҳар хил газ бор. Идишлар туташтирилгандан кейин уларда $p=1$ МПа босим қарор топди. Агар кичик идишдаги бошланғич босим $p_2=600$ кПа бўлса, катта идишдаги p_1 бошланғич босим қанча бўлган? Температура ўзгармайди.

444. Учта тенг ҳажмли идиш ўзаро жўмрак орқали туташтирилган. Биринчи идишда m_1 массали газ, учинчи идишда ҳам худди шундай газ бўлиб, фақат массаси m_2 га тенг, иккинчи идиш эса бўш. Аввал иккинчи ва учинчи идишлар туташтирилган, босим тенглашгандан кейин эса иккинчи идишни учинчи идишдан ажратиб, биринчи идишга туташтирилган. Биринчи ва иккинчи идишлардаги босим p_1 га тенг бўлди. Биринчи идишдаги p бошланғич босимни аниқланг. Температура ўзгармайди, деб ҳисобланг.

445. Изобарик процессни $p, V; p, T$ ва V, T координаталарда график тасвирланг: 1) $p=p_1$ ва $p=3p_1$ ҳолда бир моль газ учун; 2) $p=p_1$ да уч моль газ учун.

446. Газни ўзгармас босимда $\Delta T=1^\circ\text{C}$ йситганда унинг ҳажми икки марта ортган. Иситиш қандай температуралар интэрвалида содир бўлган?

447. Газ $t_1 = 27^\circ\text{C}$ дан $t_2 = 39^\circ\text{C}$ гача иситилган. Агар босим ўзгармаган бўлса, газ ҳажми неча процент ортган?

448. Бирдай V ҳажмли газ қамалган икки идиш кўндаланг кесим юзи S бўлган ингичка капилляр най билан туташтирилган. Капилляр ўртасида симоб томчиси бор. Агар иккала баллондаги газнинг бошланғич температураси T_0 га тенг бўлиб, фақат битта баллон иситилса, нисбий температура ўзгариши ($\Delta T/T_0$) ва томчининг силжиши (Δl) орасидаги боғланишни топинг.

449. Ҳажми $V = 100 \text{ см}^3$ бўлган ҳавол шарчага бўлимлари бўлган узун найча ўрнатилган. Най каналининг икки қўшни бўлими орасидаги ҳажми $\Delta V = 0,2 \text{ см}^3$ га тенг. Шарча ичида ва найнинг бир қисмида ҳаво бўлиб, у ташқи ҳаводан симоб томчиси билан ажратилган. Температура $t = 5^\circ\text{C}$ бўлганда томчи $n = 20$ бўлимда туради. Агар найда $N = 100$ бўлим бўлса, бундай термометр ёрдамида қандай оралиқдаги температурани ўлчаш мумкин? Идиш ва найнинг иссиқликдан кенгайишини ҳисобга олманг.

450. Берк горизонтал турган цилиндр қўзғалувчан поршень билан икки қисмга бўлинган. Поршеннинг бир томонида $t_1 = -73^\circ\text{C}$ температурали бир неча моль газ, иккинчи томонида ҳам худди шунча моль $t_2 = +27^\circ\text{C}$ температурали газ бор. Поршень мувозанатда турибди. Агар умумий ҳажм $V = 500 \text{ см}^3$ экани маълум бўлса, V_1 ва V_2 ҳажмларни аниқланг.

451. Цилиндр идишдаги газнинг температураси $t = 27^\circ\text{C}$ ва босими $p_0 = 100 \text{ кПа}$. Идиш қўзғалувчан тўсиқ билан тенг бўлинган. Агар идишнинг ярмидаги газ $t_1 = 57^\circ\text{C}$ температурага иситилса, p_1 босим қандай бўлади? Иккинчи ярмида температура ўзгармайди.

452. Цилиндр идишдаги газ енгил қўзғала оладиган, массаси m ва юзи S га тенг бўлган поршень билан икки қисмга ажратилган. Цилиндрни горизонтал қўйилганда идишнинг иккала қисмидаги босим бирдай ва p га тенг бўлади. Цилиндрни вертикал қўйилганда поршень устидаги p_1 босим қанча бўлишини аниқланг. Температура ўзгармайди деб ҳисобланг.

453. Узунлиги $L = 1,75 \text{ м}$ бўлган найга газ қамаб, иккала учи беркитилган. Труба ичида $l = 30 \text{ мм}$ узунликдаги симоб устуни бор. Труба вертикал турганда симоб уни тенг икки қисмга бўлади. Симоб устидаги босим $p = 8 \text{ кПа} = 60 \text{ мм.с.м.}$ уст. га тенг. Агар трубани горизонтал қўйилса, симоб устуни қандай x масофага силжийди?

454. $V_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ҳажмда температураси $t_1 = 177^\circ\text{C}$ бўлган $m = 0,012 \text{ кг}$ массали газ бор. Агар босим ўзгармас бўлса, газ зичлиги қандай t_2 температурада $\rho_2 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/см}^3$ га тенг бўлади?

455. Шар шаклидаги шиша колбани t_1 температурага қиздириб, сўнгра оғзини пастга қилиб сувга чўктирилди. Колба шарининг радиуси $a = 2 \text{ см}$, бўйинининг узунлиги $l = 10 \text{ см}$

ва диаметри $d = 1$ см га тенг. Колба совигандан сўнг сув унинг бўйни бўйича бир оз кўтарилди. Колба $t_2 = 13^\circ\text{C}$ сув температурасига эга бўлгандан кейин уни оғдирмасдан сувдан чиқарила бошланди. Бунда колба бўйнидаги сув сатҳи ташқи сув сатҳи билан тенглашганда колба шари сувдан бутунлай чиқиб, фақат бўйнининг ярмигина сув остида қолади. Колба қандай t_1 температурагача қиздирилган эди? Колба ўлчамларининг иссиқликдан ўзгаришини ҳисобга олманг.

456. Очиқ идишдаги ҳавони $t_1 = 10^\circ\text{C}$ дан $t_2 = 600^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилди, сўнгра идишни герметик беркитиб, унинг ичидаги ҳавони дастлабки температурасигача совитилди. Идишдаги ҳавонинг t_2 температурадаги зичлигини ва совитилгандан кейинги зичлигини аниқланг. Нормал шароитда ҳавонинг зичлиги $\rho_0 = 1,3$ кг/м³. Идиш ҳажмининг ўзгариши ҳисобга олинмасин.

457. Оғир поршеньли вертикал цилиндр $m = 10$ г массали кислород билан тўлдирилган. Температура $\Delta T = 50$ К ортгандан сўнг кесим юзи $S = 100$ см² бўлган поршень $h = 7$ м баландликка кўтарилди. Поршеннинг P оғирлигини аниқланг. Поршень устидаги нормал босим $p_0 = 0,1$ МПа га тенг. Поршеннинг цилиндр деворларига ишқаланишини ҳисобга олманг.

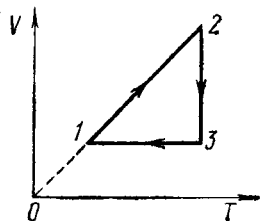
458. Горизонтал жойлашган учлари кавшарланган цилиндрик трубада нормал шароитда ҳаво бор. Труба осон қўзғалувчан поршень билан икки қисмга бўлинган бўлиб, уларнинг V_1 ва V_2 ҳажмлари 1:2 нисбатда. Бу трубадан поршень тенг икки қисмга бўлиши учун кичик қисмини қандай t_1 температурагача қиздириш ва катта қисмини қандай t_2 температурагача совитиш керак? Қиздириш ва совитиш $V/T = \text{const}$ шароитда амалга оширилади.

459. Горизонтал жойлашган ва иккала учи беркитилган $L = 1$ м узунликдаги трубанинг ўртасига қўзғалувчан иссиқлик ўтказмайдиган юпка тўсиқ қўйилган. Унинг чап томонидаги газнинг температураси $t_1 = 100^\circ\text{C}$, ўнг томонидаги газнинг температураси эса $t_2 = 0^\circ\text{C}$ га тенг. Агар ҳамма газнинг температураси $t_2 = 0^\circ\text{C}$ га тенг бўлиб қолса, тўсиқ трубанинг чап учидан қандай x масофада туриб қолади?

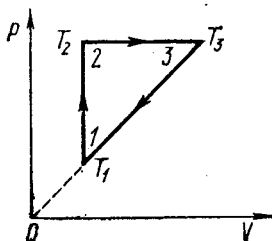
460. Ичида p_1 атмосфера босимидаги ҳаво бўлган очиқ пробиркани аста-секин t_1 температурагача қиздирилди, сўнгра уни герметик беркитилди ва $t_2 = 10^\circ\text{C}$ гача совитилди. Шунда босим $p_2 = 0,7 p_1$ гача пасайди. Пробирка қандай температурагача қиздирилган? Пробирканинг кенгайишини ҳисобга олманг.

461. Цилиндр поршени остидаги ҳаво босими $p = 2 \cdot 10^5$ Па ва температураси $t_1 = 27^\circ\text{C}$. Ҳавони $t_2 = 50^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилгандан сўнг цилиндрда унинг ҳажми бошланғич ҳажмга тенг бўлиши учун поршенга қандай P юк қўйиш керак? Поршеннинг юзи $S = 30$ см² га тенг.

462. Газ қамалган баллондаги манометр $t_1 = 17^\circ\text{C}$ температурали хонада $p = 240$ кПа босимни кўрсатади. Кўчада эса



62-расм.



63-расм.

манометр кўрсатиши $\Delta p = 40$ кПа камайган. Агар атмосфера босими $p_0 = 100$ кПа бўлса, ташқаридаги ҳаво температурасини топинг.

463. Газ тўлдирилган электр лампаларини тайёрлашда уларга $t_1 = 150^\circ\text{C}$ да инерт газ тўлдирилади. Лампа ёнганда юзага келадиган $t_2 = 300^\circ\text{C}$ температурада босим $p_0 = 0,1$ МПа дан ортиб кетмаслиги учун лампаларга газни қандай босимда тўлдириш керак?

464. Идеал газ қонунларидан фойдаланиб, α ҳажмий кенгайиш коэффициенти ва босим термик коэффициенти β нинг тенглигини исботланг.

465. 62-расмда V, T координаталарда идеал газ ҳолатининг ўзгариш графиги берилган. Худди шу процессни p, V ва p, T координаталарда тасвирланг.

466. Газ навбат билан T_1 температурали 1 ҳолатдан T_2 температурали 2 ҳолатга, сўнгра T_3 температурали 3 ҳолатга ўтказилади ва 1 ҳолатга қайтарилади. Агар ҳолат ўзгариш процесси графикада (63-расм) кўрсатилгандек содир бўлаётган бўлса ҳамда T_1 ва T_2 температуралар маълум бўлса, T_3 температурани аниқланг.

467. $t_1 = 127^\circ\text{C}$ температурада ва $p_1 = 10^5$ Н/м² босимда $V_1 = 2$ л ҳажмни эгаллайдиган газни V_2 ҳажмгача ва p_2 босимгача изотермик сиқилди, сўнгра уни $t_3 = -73^\circ\text{C}$ температурагача изобарик совитилди, шундан сўнг ҳажмни $V_4 = 1$ л гача изотермик ўзгартирилди. Охириги босимни (p_4) ни топинг.

468. Олдинги масалани p, V ; p, T ва V, T координаталарда график ясаб, график усулда ечинг.

469. $pV = RT$ ҳолат тенгламасидаги R газ доимийсини ҳисобланг.

470. $V = 20$ л сифимли баллонда $p = 830$ кПа босим остида ва $t = 17^\circ\text{C}$ температурада турган водороднинг m массасини аниқланг.

471. Баллондаги $m_1 = 0,007$ кг массали номаълум газ $t_1 = -27^\circ\text{C}$ температурада $p_1 = 50$ кПа босим юзага келтиради. Худди шу баллонда $m_2 = 0,004$ кг массали водород эса $t_2 = 60^\circ\text{C}$ температурада $p_2 = 444$ кПа босим беради. Номаълум газнинг μ_1 моляр массасини аниқланг.

472. Очиқ идишни $t_2=450^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилди. Идиш ичида $t_1=27^\circ\text{C}$ температурадаги ҳаво массасининг қанча қисми қолган? Идишнинг кенгайишини ҳисобга олманг.

473. Сиқилган кислород солинган баллондан шунча миқдор кислород сарфландики, унинг босими $p_1=100$ ат $=9,8$ МПа дан 80 ат $=7,84$ МПа гача тушган. Кислороднинг қанча қисми сарфланган?

474. $V=0,2$ м³ ҳажмли баллонда $p_1=10^5$ Н/м² босим остида $t_1=17^\circ\text{C}$ температурали гелий бор. Гелий яна қўшилганда босими $p_2=3\cdot 10^5$ Н/м² гача ортди, температураси $t_2=47^\circ\text{C}$ гача кўтарилди. Гелийнинг m массаси қанча ортган? Гелийнинг моляр массаси $\mu=0,004$ кг/моль га тенг.

475. Массаси $m=16$ г бўлган газ $p=1$ МПа босим ва $t=112^\circ\text{C}$ температурада $V=1600$ см³ ҳажми эгаллайди. Газ турини аниқланг.

476. Азотнинг $t=27^\circ\text{C}$ температура ва $p=0,1$ МПа босимдаги зичлигини аниқланг.

477. Помирдаги Ленин чўққисининг баландлиги 7134 м га тенг. Бу баландликда босим $p=38$ кПа (288 мм сим. уст.) га тенг. Шу чўққи тепасида температура $t=0^\circ\text{C}$ бўлганда ҳаво зичлиги қандай бўлишини аниқланг. Ҳавонинг моляр массаси $\mu=0,029$ кг/моль га тенг деб олинг.

478. Температураси $t=-73^\circ\text{C}$ бўлган газсимон азотнинг ρ зичлиги p босимнинг қандай қийматида хона температурасидаги сув зичлигининг ($\rho_0=10$ кг/м³) $0,4$ қисмини ташкил этади?

479. $V_1=10$ л ҳажмли баллонни $p_2=100$ кПа босимда ҳаво қамалган $V_2=30$ л ҳажмли баллон билан туташтирилганда умумий босим $p=200$ кПа га тенг бўлиши учун V_1 ҳажмли баллонга қандай p_1 босимда ҳаво қамаш лозим?

480. Бирига T_1 температурада ва p_1 босимда, иккинчисига T_2 температурада ва p_2 босимда ҳаво тўлдирилган бирдай ситимли икки идиш берилган. Идишлар тугаштирилган ва босимлари ҳамда температуралари тенглашгандан сўнг ҳавони T температурагача қиздирилган. Қиздирилгандан кейин босим қандай бўлади?

481. Иккала томони беркитилган цилиндр $p=100$ кПа босимда ва $t=30^\circ\text{C}$ температурада газ билан тўлдирилиб, енгил қўзғалувчан поршень билан $L=50$ см узунликда тенг икки қисмга бўлинган. Поршень $l=20$ см силжиши учун цилиндрнинг бир қисмидаги газ температурасини қандай ΔT катталikka орттириш керак? Иккинчи қисмида температура ўзгармайди. Поршень силжигандан сўнг газ босими қанча бўлишини аниқланг.

482. Оғзи очиқ узун пробирка симобли идишга ботирилган. $t_1=47^\circ\text{C}$ температурада пробиркадаги ва идишдаги симоб сатҳлари бирдай бўлади. Идишдаги симоб сатҳидан пробирканинг $L=76$ см қисми чиқиб туради. Агар пробиркани $t_2=-33^\circ\text{C}$ температурагача совитилса, ундаги симоб қандай h баландлик

ка кўтарилади? Атмосфера босими нормал, капилляр кучларни ҳисобга олманг.

483. $V = 100$ л ҳажмли идиш ярим ўтказувчан тўсиқ билан тенг иккига бўлинган. Идишнинг биринчи ярмида $m_1 = 2$ г массали водород, иккинчи ярмида бир моль азот бор. Агар тўсиқ фақат водородни ўтказиши мумкин бўлса, тўсиқнинг икки томонида қарор топган босимни аниқланг. Иккала томондаги температура бирдай $t = 127^\circ$ ва ўзгармас.

484. Иккала учи берк горизонтал цилиндр ичига иссиқлик ўтказмайдиган юпқа поршень ўрнатилган. Цилиндрда поршеннинг бир томонида $t_1 = 127^\circ\text{C}$ температурали кислород, иккинчи томонида $t_2 = 27^\circ\text{C}$ температурали водород бор. Иккала газнинг массаси бирдай. Цилиндрнинг умумий узунлиги $L = 65$ см бўлса, бу шароитда поршень цилиндр учларидан қандай ма-софаларда жойлашади?

485. Газли идиш қўзғалувчан тўсиқ билан ҳажмлари $\frac{V_1}{V_2} = \frac{2}{3}$ нисбатда бўлган икки қисмга бўлинган. Кичик ҳажмдаги газнинг температураси $t_1 = 177^\circ\text{C}$, катта ҳажмдаги газнинг температураси эса $t_2 = 267^\circ\text{C}$, ҳар иккала қисмдаги босим бирдай ва p га тенг. Агар температуралари тенглашса, ҳажмлар нисбати қандай бўлади? Идиш деворлари иссиқлик ўтказмайди, иссиқлик алмашинув фақат тўсиқ орқали бўлиши мумкин.

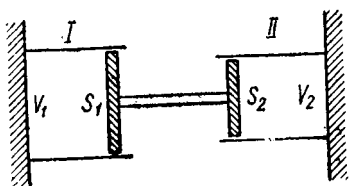
486. Узунлиги $L = 85$ см га тенг бўлган цилиндр идиш энгил қўзғалувчан поршень билан икки қисмга бўлинган. Поршеннинг қандай вазиятида цилиндрнинг иккала қисмида босим бирдай бўлади? Идишнинг бир қисмига кислород, иккинчи қисмига эса худди шунча массали водород тўлдирилган. Иккала қисмдаги температура бирдай. Кислороднинг моляр массаси $\mu_1 = 0,032$ кг/моль га, водородники $\mu_2 = 0,002$ кг/моль га тенг.

487. Олдинги масала шарти учун кислород температураси T_1 ва водород температураси T_2 қандай бўлганда поршень идишни тенг иккига бўлишини аниқланг.

488. $p = 0,2$ МПа босимда, $V = 830$ см³ ҳажмни эгаллаган $m = 2$ г массали азот температурасини аниқланг.

489. Шар. зонд $t_1 = 27^\circ\text{C}$ температурада $p_1 = 105$ кПа босимга газ билан тўлдирилган. Шар $p_0 = 80$ кПа босимли баландликка кўтарилгандан сўнг ҳажми $n = 5\%$ ортиб, унинг ичидаги босим ташқи босимдан $\Delta p = 5$ кПа га фарқ қилган. Шар ичидаги газ ташқи муҳит температурасига эга бўлди деб ҳисоблаб, шу баландликдаги ҳаво температурасини аниқланг.

490. Ҳажми $V_1 = 1000$ м³ бўлган азостатни водород билан тўлдириш учун температураси $t = 27^\circ\text{C}$ ва босими $p = 4$ МПа бўлган $v = 50$ л ҳажмли водород қамалган баллондан қанча (n) керак бўлади? Азостатда $t_1 = 7^\circ\text{C}$ температурада босим $p_1 = 100$ кПа бўлиши керак.



64- расм.

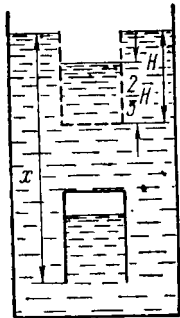
491. Автомобилнинг тўртала шинасига $t_1 = 17^\circ\text{C}$ температурада $V_1 = 200$ л дан ҳаво дамланган. Шинанинг ҳажми $V_2 = 54,6$ л, шинанинг ерга тегиш юзи $t_2 = 0^\circ\text{C}$ температурада $S = 290$ см² га тенг. Автомобилнинг оғирлигини аниқланг. Атмосфера босими $p_0 = 100$ кПа.

492. Ҳажми $V_1 = 40$ л бўлган баллонда $p_1 = 15$ МПа босимда сиқилган $t_1 = 27^\circ\text{C}$ температурали ҳаво бор. Шу баллондаги ҳаво ёрдамида сув ости кемаси цистернасидан қанча ҳажм сувни сиқиб чиқариш мумкин? Кема $h = 20$ м чуқурликда турибди, бу ерда температура $t_2 = 7^\circ\text{C}$ га тенг. Сувнинг солиштира оғирлиги $d = \rho g = 9,8 \cdot 10^3$ Н/м³. Атмосфера босими $p_0 = 100$ кПа.

493. Кўндаланг кесим юзи $S = 10$ см² бўлган трубаинг иккала очқ томонидан иккита вазнсиз поршень киритилган ва улар ишқалишсиз кўзғалиши мумкин. Поршенлар ўртасида ва уларнинг ташқарисида босим ва температура бир хил бўлиб, $p_0 = 10^5$ Н/м², $t = 27^\circ\text{C}$ га тенг. Поршенларни боғлаб турувчи ип узилиши учун улар орасидаги ҳавони қандай t_1 температурагача иситиш керак? Ип $F = 30$ Н гача тарангликка чидайди.

494. Поршенлари бириктирилган икки горизонтал цилиндрда p_0 босимли ва T_1 температурали ҳаво бор (64- расм). Цилиндрлардаги ҳаво ҳажми V_1 ва V_2 га, поршенлар юзи S_1 ва S_2 га тенг. Ташқи босим нолга тенг. Поршенлар стержень билан уланган бўлиб, эркин туради. Биринчи цилиндрдаги ҳаво T_2 температурагача иситилди. Тургунлашган ҳолатда стерженни сиқувчи F кучни аниқланг.

495. Массаси $M = 11,6$ г бўлган қаттиқ қобиқли ичи бўш шарга водород тўлдирилган. Водороднинг ҳажми $V = 10$ л. Водород ва шарни ўраб турган t_0 ташқи ҳаво температураси 0°C га тенг. Агар шарнинг натижавий кўтариш кучи нолга тенг (яъни шар ҳавода учади) бўлса, шар ичидаги водороднинг p босимини аниқланг. Атмосфера босими $p_0 = 0,1$ МПа, ҳавонинг моляр массаси $\mu = 0,029$ кг/моль.



65- расм.

496. Баландлиги $H = 10$ см ва тубининг юзи $S = 25$ см² бўлган стакандаги ҳаво $t_1 = 87^\circ\text{C}$ гача қиздирилди. Стакан сувга тўнкариб ботирилди, бунда унинг туби сув сатҳи билан бир хил текисликда турди. Стакандаги ҳаво $t_2 = 17^\circ\text{C}$ сув температурасига эга бўлганда стаканга қанча сув киради? Атмосфера босими $p_0 = 0,1$ МПа, сувнинг зичлиги $\rho = 10^3$ кг/м³.

497. Баландлиги $H = 9$ см бўлган ва унинг $2/3$ қисмигача сув қуйилган стакан сувда сузмоқда, бунда унинг чети сув сағҳи билан бир хил текисликда жойлашган. Шу стакандаги ҳавони $t_1 = 87^\circ\text{C}$ температурагача қиздириб, уни сувга тўнкариб ботирилган (65-расм). Стакан сув температурасига эришиб сувдан қалқиб чиқмаслиги ва чўқмаслиги учун стаканни қандай чуқурликка ботириш керак? Атмосфера босими $p_0 = 0,1$ МПа, сувнинг зичлиги $\rho = 10^3$ кг/м³.

15-§. Молекуляр физика элементлари

498. Бир молекула водород ва бир молекула кислород массасини ҳисобланг.

499. Бирлик ҳажмдаги номуалум газ молекулалари сони нормал шароитда $n_0 = 2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³ га тенг. Шу газнинг ўзи $t = 91^\circ\text{C}$ температура ва $p = 800$ кПа босимда $\rho = 5,4$ кг/м³ зичликка эга. Бу газнинг бир молекуласининг массасини (m) топинг.

500. $V = 1$ см³ ҳажмдаги газнинг нормал шароитдаги молекулалари сони n_0 ни ҳисобланг.

501. Цилиндрдаги поршень остида нормал шароитда газ бор. Аввал газ ҳажмини $k = 10$ марта орттирилди, сўнгра уни ўзгармас босимда $t = 127^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилди. Охири ҳолатдаги n молекулалар концентрациясини аниқланг. Авогадро сони $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

502. Ҳажми $V = 1$ см³ бўлган ампулада нормал шароитдаги ҳаво бор. Уни босим нолга тенг деб ҳисоблаш мумкин бўлган жойга—космосга олиб чиқилди. Ампулада тешикча очилди. Агар шу тешик орқали секундига юз миллион дона молекула учиб чиқади деб фараз қилинса, ампула ичидаги босим қанча t вақтдан сўнг нолга тенг бўлади?

503. Радиуси a га тенг, ичида T температурали газ бўлган ёйиқ сферик идиш вакуумда турибди. Сфера деворидаги тешик орқали газнинг бир қисми чиқиб кетди. Агар газнинг бошланғич босими p_1 бўлса, ундан n молекула газ чиқиб кетгандан кейин сфера ичидаги газ босими (p_2) қанча бўлади? Газнинг бирлик ҳажмида нормал шароитда n_0 молекула бор.

504. Азот молекуласининг диаметри тахминан $d = 3 \cdot 10^{-8}$ см. Молекулалар сферик шаклда деб ҳисоблаб, $t = 0^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 1$ атм ≈ 100 кПа нормал атмосфера босимида, шунингдек $p_1 = 500 p_0$ босимда молекулаларнинг ўз ҳажмларига бутун газ эгаллаган ҳажмнинг қанча қисми тўғри келишини аниқланг. (*Кўрсатма*: бу босимларда газ идеал газдан фарқ қилмайди деб ҳисобланг.)

505. Юзи S га тенг бўлган деворга v ўртача тезлик билан молекулалар оқими келиб тушади. Деворга томон йўналишда ҳаракатланаётган молекулалар сони бирлик ҳажмда n_0 га,

ҳар бир молекуланинг массаси m_0 га тенг. Агар молекулалар деворга перпендикуляр йўналишда ҳаракатланаётган ва уларнинг деворга урилиши абсолют эластик бўлса, молекулаларнинг деворга таъсир кучини ва босимини топинг.

506. Куб шаклидаги идишда $k=10^{-3}$ моль идеал газ бор. Кубнинг олти ёғининг ҳар бирига исталган вақт мўментида перпендикуляр равишда бирдай миқдорда молекулалар бориб урилади. Агар молекуланинг массаси $m_0=3 \cdot 10^{-23}$ г ва молекулаларнинг ўртача иссиқлик ҳаракат тезлиги $v=500$ м/сек бўлса, газнинг босимини аниқланг. Молекулаларнинг идиш деворига урилишини абсолют эластик деб ҳисобланг.

507. Идишда $t=273^\circ\text{C}$ температурали, босими $p=150$ кПа бўлган газ бор. Бундай шароитда идишнинг бирлик ҳажмида қанча молекула бор?

508. Агар $V=15$ л ҳажмли идишда $n=1,8 \cdot 10^{24}$ молекула бўлса, $p=0,5$ МПа босимдаги бу газнинг температураси қандай? Газни идеал газ деб ҳисобланг.

509. Ҳажми $V_1=1$ л бўлган идишда $t=183^\circ\text{C}$ температурада $n=1,6 \cdot 10^{22}$ газ молекуласи бор. Агар идиш ҳажминини $V=kV_1$ гача изотермик кенгайтирилса, газнинг p босими қандай бўлади? $k=5$ бўлсин, нормал шароитда бирлик ҳажмдаги газ молекулалари сони $n_0=2,7 \cdot 10^{19}$ см $^{-3}$.

510. Ҳозирги замон вакуум насослари босимни $p=10^{-12}$ мм сим. уст. $\approx 1,33 \cdot 10^{-10}$ Па гача пасайтиришга имкон беради. $t=48^\circ\text{C}$ температурада ва кўрсатилган босимда 1 см 3 ҳажмда газ молекулалари сони қанча (n_0) бўлади?

511. Муайян миқдор водород $T_1=200^\circ\text{C}$ температурада ва $p_1=3$ мм сим. уст. $=400$ Па босимда турибди. Газни $T=10000$ К температурагача қиздирилди. Бунда водород молекулалари деярли батамом атомларга ажралиб кетади. Агар газ ҳажми ва массаси ўзгармаган бўлса, унинг босимини аниқланг.

16-§. Газларнинг ички энергияси, иссиқлик сифими ва кенгайиш иши

Жисмда q иссиқлик кўринишида берилган энергия шу жисмнинг ΔU ички энергияси ўзгаришига ва уни ўраб турган жисмлар устида бирор A иш бажаришга сарф бўлади. Энергиянинг сақланиш қонунига биноан

$$q = \Delta U + A. \quad (10)$$

Жисмнинг ички энергияси унинг молекулаларининг иссиқлик хаотик ҳаракати ўртача тезлигига боғлиқ бўлган кинетик энергияси ва молекулаларнинг уларнинг ўзаро жойлашишига боғлиқ бўлган ўзаро таъсир потенциал энергияси йиғиндисидан иборат. Идеал газ молекулаларининг ўзаро таъсир потен-

циал энергияси нолга тенг. Газ молекулаларининг тўла кинетик энергияси хусусий ҳолда, 505- ва 506- масалалар ечимидан келиб чиққанидек, газнинг идиш деворларига берадиган босимга (ўзгармас ҳажмда) пропорционалдир. Бошқа томондан, бу ҳолда Шарль қонунига кўра босим абсолют температурага пропорционал. Шундай қилиб, идеал газнинг ички энергияси унинг абсолют температурасига пропорционал.

Газнинг V_1 ҳажмдан V_2 ҳажмгача кенгайишда бажарган иши p босим ўзгармас бўлганда қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$A = p(V_2 - V_1). \quad (11)$$

Энергиянинг сақланиш қонуни (10) га мувофиқ газнинг ички энергиясини бир хил катталиқка орттириш учун, бинобарин, газ температурасини бир хил катталиқка кўтариш учун унга бажарадиган иш катталигига қараб ҳар хил миқдорда иссиқлик бериш керак. Шу сабабли, жумладан, қизиш процессида иш бажарилиши кузатилмайдиган ҳолдаги газнинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифими c_v , газ (11) формула бўйича иш бажарадиган ҳолдаги газнинг ўзгармас босимдаги иссиқлик сифими c_p дан кичик бўлар экан.

512. Вертикал жойлашган цилиндрнинг оғир поршени остида $m = 2$ кг массали кислород бор. Кислород температурасини $\Delta T = 5$ К орттириш учун унга $q = 9160$ Ж иссиқлик миқдори берилган. Кислороднинг солиштирма иссиқлик сифимини, кенгайишда бажарган ишини ва унинг ички энергияси қанча ортганини топинг. Кислороднинг моляр массаси $\mu = 0,032$ кг/моль га тенг.

513. Ичига 0°C температурада ва $p_1 = 747$ мм сим. уст. = $= 99,4$ кПа босимда қуруқ ҳаво қамалган ҳавол шар тарозида мувозанатлаштирилган. Шундан сўнг ундаги босимни $p_2 = 1$ кПа гача келтирилганда мувозанатни сақлаш учун тарози палларидан бирига $m = 37$ г массали юк қўйишга тўғри келди. Шар бўшлиғининг V ҳажмини аниқланг. Ҳавонинг 0°C температура ва $p_0 = 760$ мм сим. уст. = $101,3$ кПа босимдаги зичлиги $\rho_0 = = 1,29$ кг/м³ га тенг.

514. Ҳажми $V = 1$ л бўлган баллонда муайян миқдорда газ бор. Газнинг бир қисми баллондан чиқариб юборилгандан сўнг ундаги босим $\Delta p = 420$ мм сим. уст. = 56 кПа га, баллоннинг газ билан биргаликдаги оғирлиги эса $\Delta P = 0,02$ Н га камайди. Бунда газнинг температураси ўзгармаган. Газнинг $p_0 = 760$ мм сим. уст. = $101,3$ кПа нормал босим ва тажриба температура-сидаги ρ_0 зичлигини топинг.

515. Ҳажми $V = 2,5$ л бўлган баллонда 0°C температурали газ бор. Баллоннинг газ билан биргаликдаги оғирлиги $P_1 =$

$= 5,00$ Н га тенг. Баллонга худди шу хил газ порцияси қўшилгандан сўнг унинг оғирлиги $P_2 = 5,02$ Н бўлиб қолган. Агар қўшилган газнинг 0°C температура ва $p_0 = 100$ кПа босимдаги зичлиги $\rho_0 \approx 0,0012$ г/см³ бўлса, баллондаги босим қандай катталиқка ортган? Баллондаги газ температураси ўзгармайди.

516. Цилиндрдаги поршень остида $m = 2$ кг массали кислород бор. Поршень қўзғалмас қилиб маҳкамланган. Кислород температураси $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ ортиши учун унга қанча q иссиқлик миқдори бериш керак? Бу ҳолда кислород ички энергиясининг ортиши ва унинг солиштира иссиқлик сифими қандай? Ечишда 512-масаланинг шартларидан ва ечими натижаларидан фойдаланинг.

517. Иккита ичи ҳавол шар бирдай ўлчамларга ва бирдай массага эга. Улардан бирининг ҳавоси сўриб олинган, иккинчиси эса $p = 2$ МПа босимда кислород билан тўлдирилган. Шарларнинг ички радиуслари $a = 10$ см га тенг. Шарларни $t = 100^\circ\text{C}$ ($T = 373$ К) температурали сув буғлари ўтиб турган камерага киритилди. Сув буғлари ва шарларнинг температуралари тенглашгандан сўнг маълум бўлдики, ичидан ҳавоси сўриб олинган шарда $m_1 = 10$ г сув, кислородли шарда эса $m_2 = 12,33$ г сув конденсацияланиб қолган. Шарларнинг бошланғич температуралари $t_1 = 27^\circ\text{C}$ га тенг. Сувнинг солиштира буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги $\lambda = 2250$ Ж/г. Кислороднинг солиштира иссиқлик сифими s ни топинг. Шарлар ҳажмининг ўзгаришини ҳисобга олманг. Кислороднинг моляр массаси $\mu = 0,032$ кг/моль га тенг.

518. $V = 5,6$ л ҳажмли деворлари иссиқлик ўтказмайдиган идишда температураси $t_1 = 66^\circ\text{C}$ ($T = 339$ К) ва босими $p_1 = 0,25$ МПа бўлган кислород бор. Газни $t_2 = 68^\circ\text{C}$ температурагача қиздириш учун унга $q = 21$ Ж иссиқлик миқдори бериш талаб қилинади. Шундай шароитларда кислороднинг s солиштира иссиқлик сифими қандай? Идишнинг иссиқлик сифимини ва иссиқликдан кенгайишини ҳисобга олманг.

519. Массаси m ва моляр массаси μ бўлган газнинг температураси биринчи ҳолда ўзгармас p босимда, иккинчи ҳолда ўзгармас V ҳажмда ΔT катталиқка орттирилди. Бунда газга биринчи ва иккинчи ҳолларда берилган q_p ва q_V иссиқлик миқдорлари ва c_p ва c_V солиштира иссиқлик сифимлари биридан қанча фарқ қилади?

520. Изотермик кенгайганда идеал газ $A = 20$ Ж иш бажарди. Газга қанча миқдор иссиқлик (q) берилган?

521. Иссиқликдан изоляцияланган поршенли цилиндрда $m = 0,2$ кг массали $t_1 = 20^\circ\text{C}$ температурадаги азот бор. Азот кенгайганда $A = 4470$ Ж иш бажаради. Азотнинг ички энергияси ўзгаришини ва унинг кенгайгандан кейинги t_2 температурасини топинг. Азотнинг ўзгармас ҳажмдаги солиштира иссиқлик сифими $c_V = 745$ Ж/(кг·К).

522. Массаси $m = 20$ кг ва моляр массаси $\mu = 0,028$ кг/моль бўлган газнинг температурасини ўзгармас босимда $\Delta T = 50$ К орттириш учун $q_p = 0,5$ МЖ иссиқлик миқдори керак. Бу газнинг температурасини ўзгармас ҳажмда $\Delta T = 50$ К пасайтириш учун ундан қанча q_v иссиқлик миқдори олиш керак?

523. $m = 1$ кг массали сувнинг температураси $\Delta T = 1$ К ортди. Бир молекула сувга тўғри келувчи ички энергия ортишини ҳисобланг. Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 4200$ Ж/(кг·К), унинг моляр массаси $\mu = 0,0018$ кг/моль.

524. Бир моль кислородни ($\mu = 0,032$ кг/моль) ўзгармас ҳажмда $t_1 = 0^\circ\text{C}$ дан бошлаб иситилмоқда. Кислороднинг босими 3 марта ортиши учун унга қанча иссиқлик миқдори бериш зарур? Кислороднинг ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифими $c_v = 657$ Ж/(кг·К) га тенг.

525. Массаси $m = 5$ г ҳавони ўзгармас босимда $T_1 = 290$ К температурадан унинг V_1 ҳажми икки марта ортадиган температурагача қиздириш учун қанча q иссиқлик миқдори керак? Ҳавонинг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сифими $c_p = 1018$ Ж/(кг·К).

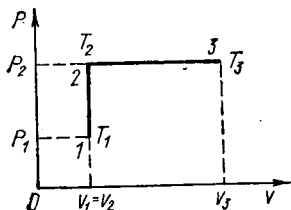
526. $V = 3$ л ҳажмли идишда турган азотнинг босими қиздирилгандан сўнгра $\Delta p = 2,2$ МПа ортди. Газга берилган q иссиқлик миқдорини аниқланг. Азотнинг ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифими $c_v = 745$ Ж/(кг·К), унинг моляр массаси $\mu = 0,028$ кг/моль.

527. Цилиндрнинг вазнсиз поршени остида $m = 3$ кг массали ҳаво бор. Ҳавонинг температураси ўзгармас босимда $\Delta T = 100$ К ортди. Газ кенгайганда бажарилган A иш нимага тенг? Нормал шароитда ҳавонинг зичлиги $\rho_0 = 1,3$ кг/м³ га тенг.

528. $V_1 = 190$ см³ ҳажмли цилиндрнинг поршени остида $T_1 = 323$ температурали газ бор. Газни $\Delta T = 100$ К қиздирилганда унинг кенгайиш ишини аниқланг. Поршеннинг оғирлиги $P = 1200$ Н, унинг юзи $S = 50$ см² ва атмосфера босими $p_0 = 100$ кПа га тенг.

529. Цилиндрдаги поршень остида газ бор, унинг ҳолати қуйидагича ўзгаради: (1–2) босими ўзгармас V ҳажмда ортади, (2–3) ҳажми ўзгармас p_1 босимда кенгайди, (3–4) ҳажми ўзгармас T_3 температурада ортади ва (4–1) газ бошланғич ҳолатига ўзгармас p_2 босимда қайтади. Газ ҳолатининг ўзгариш графикларини p, V ; p, T ва V, T координаталарда чизинг ва газ қайси процесда иссиқлик олишини, қайси процесда иссиқлик беришини, бунда температура қандай ўзгаришини ва қандай иш бажаришини кўрсатинг.

530. Газнинг бирор миқдори $p_1 = 0,1$ МПа босим остида $T_1 = 300$ К абсолют температурада $V_1 = 0,01$ м³ ҳажмни эгаллаган эди. Газни ўзгармас ҳажмда $T_2 = 320$ К температурагача қиздирилди, сўнгра ўзгармас босимда $T_3 = 350$ К гача қизди-



66- расм.

рилди (66- расм). Газнинг бошланғич (1) ҳолатдан (3) ҳолатга ўтганда ба- жарган ишини (A) топинг.

531. Цилиндрдаги поршень остида $V = 1674 \text{ см}^3$ ҳажмда массаси $m = 1 \text{ г}$, температураси эса $t = 10^\circ\text{C}$ бўлган сув буғи бор. Ҳамма буғни худди шу температурада тўла суюқликка айлан- гунча сиқиш учун қанча A иш бажа- риш лозим? Сувнинг $t = 100^\circ\text{C}$ темпе-

ратурада унинг тўйинган буғининг босими остидаги зичлиги $\rho = 0,96 \text{ г/см}^3$ га тенг.

532. Ҳажмлари $V_1 = 3 \text{ л}$ ва $V_2 = 5 \text{ л}$ бўлган икки цилиндр- да босимлари $p_1 = 0,4 \text{ МПа}$ ва $p_2 = 0,6 \text{ МПа}$, температуралари $t_1 = 27^\circ\text{C}$ ва $t_2 = 127^\circ\text{C}$ бўлган бир хил газ бор. Цилиндрларни най билан туташтирилди. Газлар аралашгандан сўнг цилиндр- даги p босим ва ϑ температура қандай бўлади? Идишлар ато- рофидаги жисмлар билан иссиқлик алмашмайди.

17-§. Буғларнинг хоссалари

Критик температуралан паст температурада температурани пасайтирмаган ҳолда босимни орттириш билан суюқликка ай- лантириш мумкин бўлган газларни буғлар деб аталади. Тўйин- ган буғлар—ўз суюқлиги билан мувозанатда турган буғлардир. Агар тўйинган буғда муаллақ суюқлик томчилари бўлса, у ҳолда бундай буғ ҳўл ёки нам буғ дейилади, акс ҳолда қуруқ буғ деб аталади. Тўйинмаган буғни ўта қизиган буғ деб ҳам аталади.

Тўйинмаган буғ ўз табиатига кўра одатдаги газдан ҳеч фарқ қилмайди. Шунинг учун бундай буғ учун газ ҳолати тенгламаси ўринлидир:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT. \quad (12)$$

Бироқ температура критик қийматга яқинлашган сари тў- йинишга яқин ҳолатларда бу тенгламадан четлашишлар куза- тилади, бу четлашишлар молекулаларнинг ўзаро таъсири ту- файли юзага келади. Шунинг назарда тутган ҳолда бу тенгла- мадан қуруқ тўйинган буғ учун ҳам ҳолат тенгламаси сифати- да фойдаланиш мумкин. Бу ҳолда (12) тенгламадаги V ҳажм илишининг тўла ҳажми эмас, балки фақат буғ эгаллаган ҳажм- нинг ўзидан иборат бўлади, (идиш ичида тўйинган буғдан ташқари бирор миқдор суюқлик ҳам бўлади).

Тўйинган буғлар билан бўладиган процессларни қараётган- да шунинг ҳисобга олиш керакки, температура, босим ёки ҳажм ўзгарганда буғнинг массаси ҳам ўзгаради. Хусусан, ҳажм изотермик ўзгарганда буғнинг массаси ҳажмга пропорционал

ўзгаради. Демак, буғнинг зичлиги $\rho = m/V$ ва унинг босими ўзгармайди. Шунинг учун тўйинган буғлар учун ҳолат тенгламасини $\rho = \mu p/RT$ кўринишда ёзиш қулайдир.

533. Поршенли цилиндр ичидаги суюқлик катта босим остида турибди. Поршенни жуда секин кўтарила бошланди. Цилиндрдаги p босимнинг T_1 ва T_2 ўзгармас температуралар учун чексиз ортувчи ҳажмга боғланиш графигини чизинг ($T_1 = \text{const}$ ва $T_2 = \text{const}$ изотермалар; $T_1 < T_2$).

534. 67-расмда тўйинган буғлар босимининг температурага боғланиш графиги кўрсатилган (ab : k эгри чизиқ). Нима учун бу боғланиш, газлар учун Шарль қонунидан фарқли равишда, чизиқли эмаслигини, шунингдек, қандай ҳолда буғлар босимининг температурага боғланиши abd ва $abce$ чизиқлар билан тасвирланишини тушунгинг.

535. Цилиндрдаги поршень остида турган ўта қиздирилган буғни аввал ўзгармас ҳажмда қиздирилди, сўнгра аста-секин ўзгармас температурада тўла суюқликка айлангунча сиқилди. p босимнинг V ҳажмга боғланиш графигини чизинг.

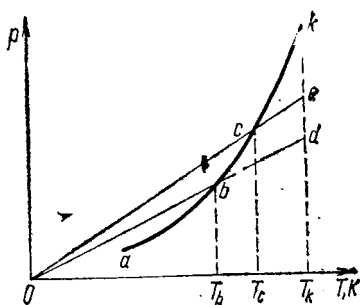
536. 1 кг тўйинган ва тўйинмаган симоб ва сув буғларида қанча молекула бор? Авогадро сони $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$, симоб буғларининг моляр массаси $\mu_1 = 0,2$ кг/моль, сув буғлариники $\mu_2 = 0,018$ кг/моль.

537. $t = 4^\circ\text{C}$ температурада қуруқ тўйинган сув буғининг босими $p = 0,8$ кПа ≈ 6 мм сим. уст. га тенг. Шу температурадаги сувнинг зичлиги ρ_1 буғнинг зичлиги ρ_2 дан неча марта катта? Бир молекула сув ва буғ учун қандай ҳажмлар тўғри келади? Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018$ кг/моль га тенг.

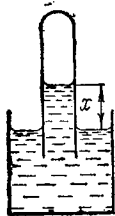
538. $t = 400^\circ\text{C}$ температурада атмосфера босимидаги симоб буғларининг зичлиги ρ_1 тўйинган симоб буғларининг зичлиги ρ_2 дан қанча фарқ қилади? Атмосфера босими $p_1 = 0,1$ МПа, t температурада тўйинган симоб буғларининг эластиклиги (босими) $p_2 = 0,22$ МПа га тенг.

539. Ҳажми $V = 5$ м 3 бўлган қозончага $m_1 = 20$ кг массали сув ҳайдалди ва қозонни ичидаги сув билан бирга $t = 180^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилди. Қозондаги буғларнинг m_2 массасини ва p босимини топинг. Тўйинган сув буғларининг зичлиги $T = 453$ К да $\rho = 5,05$ кг/м 3 га тенг. Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018$ кг/моль.

540. $V = 1$ м 3 ҳажмли берк идишда $m = 12$ г сув ва бирор миқдорда унинг тўйинган буғи



67-расм.



68- расм.

бор. Тўйинган сув буғининг зичлиги ва босими берилган температурада мос ҳолда $\rho = 8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ ва $p = 1,1 \text{ кПа}$ га тенг. Ҳажми $k = 5$ марта орттирилганда қандай босим (p_1) қарор топади? Ҳажм орттирилганда температура ўзгармайди.

541. Ҳаво насоси қалпоғи остида нам пўкак (губка) турибди. Газни $v = 10 \text{ л/сек}$ тезликда сўриб чиқарилганда босим $p = 1 \text{ кПа} \approx 7,5 \text{ мм сим. уст.}$ ва температура $t = 7^\circ\text{C}$ га тенг бўлган. $\tau = 1$ соат ўтгач, босим кескин камайди. Пўкакдаги сув массаси m ни аниқланг. Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$.

542. $m = 0,5 \text{ кг}$ массали суви бўлган $V_1 = 0,5 \text{ м}^3$ ҳажмдаги берк идишни $t = 147^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилди. Идишда фақат сувнинг тўйинган буғлари қолиши учун унинг ҳажмини қандай V_2 қийматгача келтириш керак? $T = 420 \text{ К}$ температурада сувнинг тўйинган буғлари босими $p = 0,47 \text{ МПа}$ га тенг. Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$.

543. Ичида $t = 177^\circ\text{C}$ (450 К) температурада $m = 120 \text{ кг}$ массали қуруқ буғ бўлган ўта қиздиргичга бирор миқдор иссиқлик берилди, бу иссиқликнинг $q = 18 \text{ МЖ}$ қисми буғга тўғри келди. Натижада буғнинг босими чегаравий қийматга етди ва диаметри $d = 4 \text{ см}$ бўлган сақлагич клапан кўтарилди. Клапанни очиш учун етарли бўлган куч $F = 1570 \text{ Н}$ га тенг бўлса, буғнинг p_1 бошланғич босими қандай бўлган? Буғнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 1,5 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$ га тенг.

544. Сув устига тўнкарилган пробирканинг (68-расм) $V = 30 \text{ см}^3$ ҳажмида гелий ва сув буғлари аралашмаси бўлиб, у $t = 17^\circ\text{C}$ температурага эга. Пробиркага кўтарилган сув устунининг баландлиги $x = 10 \text{ см}$ га тенг. Пробиркадаги гелийнинг массаси m_1 ни ва сув буғларининг массаси m_2 ни топинг. Тўйинган сув буғларининг $t = 17^\circ\text{C}$ температурадаги босими $p_1 = 1,94 \text{ кПа} \approx 14,5 \text{ мм сим. уст.}$ га тенг. Гелийнинг моляр массаси $\mu_1 = 0,004 \text{ кг/моль}$, сувнинг моляр массаси $\mu_2 = 0,018 \text{ кг/моль}$, атмосфера босими $p_0 = 100 \text{ кПа}$.

545. Цилиндр поршени остидаги $V_1 = 1 \text{ м}^3$ ҳажмда $t = 30^\circ\text{C}$ температурадаги азот ва тўйинган сув буғлари аралашмаси бор. Аралашманинг массаси $m_0 = 286 \text{ г}$. Агар ҳажми ўзгармас температурада n марта ($n = 3$) камайтирилса, қанча буғ массаси (m) конденсацияланади? Сиқишдан олдин аралашманинг босими (p) қандай бўлган? $t = 30^\circ\text{C}$ температурада тўйинган сув буғининг босими $p_1 = 4,2 \text{ кПа}$ га тенг. Сувнинг моляр массаси $\mu_1 = 0,018 \text{ кг/моль}$, азотники $\mu_2 = 0,028 \text{ кг/моль}$.

546. Томчи шаклида $n = 15\%$ (масса бўйича) суви бўлган ишлатилган буғни сув билан аралаштириб конденсациялантирилмоқда. Буғнинг босими $p = 15 \text{ кПа}$ ва температураси $t_0 = 100^\circ\text{C}$, сувники эса $t_1 = 20^\circ\text{C}$. $\vartheta = 40^\circ\text{C}$ температурали аралашма ҳосил қилиш учун буғнинг бирлик массасига қанча

сув керак бўлади? Берилган босимда сувнинг қайнаш температураси $t_2 = 54^\circ\text{C}$, унинг солиштирма буғланиш иссиқлиги $\lambda = 2,2 \text{ МЖ/кг}$, сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c_1 = 4200 \text{ Ж/(кг}\cdot\text{K)}$ ва буғники $c_2 = 1900 \text{ Ж/(кг}\cdot\text{K)}$.

547. Агар сувда эриган газлар бўлмаса, уни атмосфера босимида қайнаш температурасидан анча юқори температурагача қиздириш мумкин. Бирор усул билан ўта қиздирилган сувга ҳаво киритилса, у гуриллаб, портлашсимон қайнаб кетади ва унинг температураси атмосфера босимидаги қайнаш температурасигача тез пасаяди. Агар сувнинг массаси $m_1 = 10 \text{ кг}$, унинг солиштирма иссиқлик сиғими $c = 4200 \text{ Ж/(кг}\cdot\text{K)}$ ва буғланиш иссиқлиги $\lambda = 226 \text{ кЖ/кг}$ бўлса, $t_1 = 120^\circ\text{C}$ температурагача қиздирилган сувдан қандай m массали буғ ҳосил бўлади?

548. $V = 0,4 \text{ м}^3$ ҳажмли берк идишда $t_1 = -23^\circ\text{C}$ температурада муз ва сув буғлари иссиқлик мувозанатида турибди. уларнинг умумий массаси $m = 2 \text{ г}$. Идиш ичидагиларнинг температурасини $t_2 = -1^\circ\text{C}$ гача кўтариш учун уларга қандай q иссиқлик миқдори бериш керак? Тўйинган сув буғларининг босими t_1 температурада $p_1 = 77 \text{ Па}$ ва t_2 температурада $p_2 = 560 \text{ Па}$ га тенг. 0°C дан паст температурада музнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c_1 = 2100 \text{ Ж/(кг}\cdot\text{K)}$ ва сув буғларининг солиштирма иссиқлик сиғими $c_2 = 1300 \text{ Ж/(кг}\cdot\text{K)}$, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $r = 340 \text{ кЖ/кг}$ ва сувнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги $\lambda = 2,2 \text{ МЖ/кг}$. Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$.

549. $V_1 = 20 \text{ л}$ ҳажмда $t = 100^\circ\text{C}$ температурали тўйинган сув буғлари бор. Буғлар ҳажмини изотермик сиқиш йўли билан $V_2 = 10 \text{ л}$ гача камайгириш учун қандай иш бажариш керак? Конденсация туфайли ҳосил бўлган сув ҳажмини ҳисобга олманг.

550. Поршень сурилганда буғнинг босими $p_1 = 2,2 \text{ МПа}$ дан $p_2 = 0,2 \text{ кПа}$ гача текис камайган бўлса, поршенини $l = 40 \text{ см}$ масофага суришда буғ бажарган ишни топинг. Поршенининг юзи $S = 300 \text{ см}^2$. Бажарилган ишни босимнинг ҳажмга боғланиш графигида кўрсатинг.

551. Торичелли тажрибасини симоб ўрнига спирт билан ўтказилмоқда. Тажриба вақтида атмосфера босими $p = 93,6 \text{ кПа}$ га, спиртнинг зичлиги $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$ га, тажриба температурасида спирт буғларининг босими $p_1 = 600 \text{ Па}$ га тенглигини билган ҳолда спиртнинг кўтарилиш баландлиги h ни ҳисоблаб топинг. Спирт буғларининг босимини ҳисобга олманг.

552. Ҳавонинг абсолют намлигини аниқланг. Ҳаводаги буғнинг парциал босими $p = 14 \text{ кПа}$, температура $t = 60^\circ\text{C}$ ($T = 333 \text{ К}$). Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$.

553. $t_1 = 60^\circ\text{C}$ да абсолют намлик $\rho_1 = 0,005 \text{ кг/м}^3$ га тенг. Температура $t_2 = 20^\circ\text{C}$ гача камайдандан сўнг ρ_2 абсолют намлик қандай бўлишини аниқланг. Тўйинган буғлар босими t_2

температурада $p_2 = 2335$ Па га тенг. Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018$ кг/моль.

554. $t_1 = 60^\circ\text{C}$ да ҳавонинг абсолют намлиги $\rho_1 = 0,05$ кг/м³ га тенг. Температура $t_2 = 10^\circ\text{C}$ гача камайгандан сўнг ρ_2 абсолют намлик қандай бўлишини топинг. t_2 температурада тўйинган буғлар босими $p_2 = 1226$ Па га тенг. Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018$ кг/моль.

555. Идишда ҳаво бўлиб, унинг $t_1 = 10^\circ\text{C}$ температурадаги нисбий намлиги $f_1 = 60\%$ га тенг. Ҳажми n марта ($n=3$) камайтириб, $t_2 = 100^\circ\text{C}$ температурагача қиздиргандан сўнг ҳавонинг f_2 нисбий намлиги қандай бўлади? t_1 температурада тўйинган буғ зичлиги $\rho = 9,4 \cdot 10^{-3}$ кг/м³ га тенг. Сувнинг моляр массаси $\mu = 0,018$ кг/моль.

556. $t = 27^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 103,0$ кПа босимда нам ҳавонинг зичлиги $\rho = 1,190$ кг/м³ га тенг. Агар $t = 27^\circ\text{C}$ температурада тўйинган буғларнинг зичлиги $\rho_0 = 0,027$ кг/м³ га тенг бўлса, ҳавонинг ρ , абсолют ва f нисбий намлигини аниқланг. Сувнинг моляр массаси $\mu_1 = 0,018$ кг/моль ва ҳавонинг моляр массаси $\mu_2 = 0,029$ кг/моль га тенг. Универсал газ доимийси $R = 8,31$ Ж/(моль·К).

557. Хонада $t = 20^\circ\text{C}$ температурада нисбий намлик $f_1 = 20\%$ га тенг. Хонанинг ҳажми $V = 40$ м³ бўлса, намликни $f_2 = 50\%$ гача орттириш учун қанча сувни буғлатиш керак? $t = 20^\circ\text{C}$ температурада тўйинган сув буғларининг зичлиги $\rho = 1,73 \cdot 10^{-2}$ кг/м³ га тенг.

558. $V = 50$ м³ ҳажмли хонада ҳавонинг нисбий намлиги $f = 40\%$. Агар яна қўшимча $m = 60$ г сув буғлатилса, у ҳолда нисбий намлик $f = 50\%$ бўлади. Бунда ҳавонинг ρ абсолют намлиги қандай бўлади?

559. $t = 27^\circ\text{C}$ да ва $p_0 = 100$ кПа босимда нам (нисбий намлиги $f = 80\%$) ва қуруқ ҳавонинг зичликлари нисбатини аниқланг. Бу температурада тўйинган сув буғларининг зичлиги $\rho_0 = 0,027$ кг/м³, ҳавонинг моляр массаси $\mu_1 = 0,029$ кг/моль, сувнинг моляр массаси $\mu_2 = 0,018$ кг/моль. Универсал газ доимийси $R = 8,31$ Ж/(моль·К).

ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ

Ушбу бобдаги масалаларни ечишда, аввалги бўлимлардагидан фарқли равишда, у ёки бу бирликлар системасининг қўлланилиши билан боғлиқ бўлган бир қатор қийинчиликлар учрайди. Гап шундаки, электр бўлимида бир хил физикавий қонуларни ифодаловчи формулалар СГСЭ (электростатик), СГСМ (электромагнит) ва СИ (интернационал система) бирликлар системаларида турлича кўринишда бўлади. Бу фарқ шундаки, формулалар сон қийматлари ва ўлчамликлари турлича бўлган коэффициентларни ўз ичига олади.

Шу сабабли ушбу бобдаги баъзи параграфларнинг кириш қисмида асосий формулаларнинг турли бирликлар системасида ёзилиши келтирилади. Шунингдек, электр катталикларнинг бирликлари СИ системада қайси формуладан аниқланганлиги кўрсатилади ва бирликларнинг СГСЭ, СГСМ ва СИ системаларидаги сон қийматлари орасидаги муносабатлар келтирилади.

Машқ тариқасида битта масаланинг ўзини СГСЭ, СГСМ ва шунингдек, СИ бирликлар системаларида ечиб кўриш (бу айниқса 23- § „Токнинг магнит майдони ва элетромагнит индукция“ даги масалаларга тегишлидир). тавсия этилади.

18- §. Кулон қонуни. Электр зарядларнинг сирт зичлиги

Кулон қонуни бўйича бўшлиқда (вакуумда) турган q_1 ва q_2 нуқтавий зарядларнинг ўзаро таъсир кучи зарядлар кўпайтмасига тўғри ва улар орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционалдир:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}. \quad (1)$$

СГСЭ бирликлар системасида пропорционаллик коэффициенти $k = 1$ деб қабул қилинади ва заряд бирлиги сифатида вакуумда 1 см масофада жойлашган ўзига тенг зарядга 1 динага тенг куч билан таъсир қилувчи заряд олинади. Шундай

қилиб, бу бирликлар системасида вакуум учун Кулон қонуни қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}. \quad (2)$$

Агар зарядлар диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ ($\epsilon > 1$) га тенг бўлган муҳитда жойлашган бўлса, у ҳолда улар орасидаги ўзаро таъсир кучи СГСЭ бирликлар системасида ушбу кўринишда бўлади:

$$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}. \quad (3)$$

Бўшлиқ учун $\epsilon = 1$, яъни бу ҳолда (3) формула (2) билан мос тушади.

СИ бирликлар системасида асосий электр бирлиги қилиб заряд бирлиги эмас, балки электр токи бирлиги — *ампер* (бу бирликнинг таърифи 892- масаланинг шартида берилган) қабул қилинади. Бу бирликлар системасида ҳосилавий бирлик ҳисобланган заряд бирлиги *кулон* деб аталади. Бир кулон деб, электр токи 1 А бўлганда ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан 1 сек давомида ўтган заряд миқдори қабул қилинади: 1 Кл = $3 \cdot 10^9$ СГСЭ заряд бирлиги.

(1) формула ёрдамида куч қийматини СИ бирликларида — *ньютон* ҳисобида олиш учун, агар заряд катталиги *кулон* ҳисобида, масофа *метр* ҳисобида олинган бўлса, бу формуладаги пропорционаллик коэффициентини ушбу кўринишда ёзилади:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0},$$

бунда $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — электр доимийси, унинг ўлчамлиги фарада/метр. Шундай қилиб, СИ да пропорционаллик коэффициентини k — ўлчамликка эга бўлган катталиқ.

Муҳитда жойлашган икки заряднинг ўзаро таъсир кучи СИ да қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2},$$

бунда ϵ — муҳитнинг ўлчамсиз диэлектрик сингдирувчанлиги (бўшлиқнинг диэлектрик сингдирувчанлигига нисбатан), унинг қийматлари СГСЭ системадаги диэлектрик сингдирувчанлик қийматлари билан мос келади ва жадвалларда берилади.

Агар бир нечта (иккитадан ортиқ) электр зарядлар берилган бўлса, у ҳолда бу зарядларнинг ҳар бир жұфти орасидаги ўзаро таъсир кучлари бошқа зарядлар бор-йўқлигига боғлиқ эмасдир. Шунинг учун ҳар бир зарядга таъсир қилувчи натижавий куч унга бошқа барча зарядлар томонидан таъсир қилувчи кучларнинг геометрик (векторларни қўшиш қондаси

бўйича) йиғиндисига тенг бўлади (электр кучларнинг суперпозиция принципи).

Электр заряднинг σ сирт зичлиги деб, зарядланган жисмнинг бирлик сиртига тўғри келувчи заряд миқдорига айтилади. Юзи S га тенг бўлган жисм сирти бўйича q заряд текис тақсимланганда

$$\sigma = q/S$$

бўлади. СИ бирликлар системасида сирт зичлиги Кл/м² да ўлчанади.

560. Бўшлиқда $F=0,1$ Н куч билан ўзаро таъсирлашувчи бирдай нуқтавий зарядлар катталиги q ни аниқланг. Зарядлар орасидаги масофа $r=6$ м.

561. СГСЭ системасида бир бирлик зарядга қанча электронлар сони (N) тўғри келади? Электроннинг заряд катталиги $e=1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл.

562. q_1 ва q_2 нуқтавий зарядлар бир-биридан l масофада турибди. Агар улар орасидаги масофа $x=50$ см камайса, ўзаро таъсир кучи икки марта ортади. l масофани топинг.

563. Ингичка ипак ип максимал $T=1$ г-куч $=9,8 \cdot 10^2$ дина тарангликка чидайдди. Шундай ипга осилган $m=0,6$ г масса-ли шарча $q_1=32$ СГСЭ заряд бирл. зарядга эга. Унинг остига осма чизиги йўналиши бўйича заряди $q_2=-40$ СГСЭ заряд бирлигига тенг бўлган шарча келтирилади. Шарчалар орасидаги r масофа қандай бўлганда ип узилади?

564. Иккита бирдай мусбат зарядни бирлаштирувчи тўғри чизиқда манфий заряд жойлашган. Манфий заряд билан ҳар бир мусбат заряд орасидаги масофалар 1:3 нисбатда. Агар манфий зарядни яқин турган мусбат заряд билан ўрин алмаштирилса, унга таъсир этувчи куч неча карра ўзгаради?

565. $q_1=-9$ СГСЭ заряд бирлиги ва $q_2=-36$ СГСЭ заряд бирлигига тенг бўлган манфий нуқтавий зарядлар бир-биридан $r=3$ м масофада жойлашган. q_0 зарядни қандайдир нуқтага жойлаштирилгандан сўнг учала заряд мувозанатга келган. q_0 зарядни ва q_1 билан q_2 орасидаги масофани топинг.

566. Ҳар бири $q=20$ СГСЭ заряд бирл. га тенг бўлган учта заряд тенг томонли учбурчак учларида жойлашган. Ҳар бир зарядга таъсир этувчи куч $F_0=0,01$ Н га тенг. Учбурчак томонларининг узунлиги a ни аниқланг.

567. Ҳар бирининг заряди 9 СГСЭ заряд бирл. бўлган учта манфий заряд тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган. Система мувозанатда бўлиши учун учбурчакнинг марказига қандай катталикида q_0 зарядни жойлаштириш керак?

568. Ҳар бирининг заряди $q=10$ СГСЭ заряд бирл. бўлган тўртта мусбат нуқтавий заряд квадрат учларига жойлаштирилган. Квадратнинг томонлари $a=10$ см. Учта заряднинг тўрттинчи зарядга таъсир кучини аниқланг.



69- расм.

569. Иккитаси мусбат, иккитаси манфий бўлган тўртта абсолют қиймати жиҳатдан бирдай заряд квадрат учларига 69-расмда кўрсатилгандек жойлаштирилган. Квадратнинг томонлари $a = 20$ см. Ҳар бир заряднинг абсолют қиймати 20 СГСЭ заряд бирл. га тенг. Квадратнинг марказига жойлашган $q_1 = 20$ СГСЭ заряд бирл. га тенг зарядга таъсир этувчи кучни аниқланг.

570. Изоляцияланган тагликка чинни устунча (стержень) вертикал ўрнатилган ва устунчага r радиусли ичи ҳавол A шарча кийдирилган (70-расм). Шарчага $q = 60$ СГСЭ заряд бирл. га тенг заряд берилгандан сўнг унинг устидан устунча бўйича $m = 0,1$ г масса-ли зарядланмаган B шарча туширилган. Агар $mg < (q/2)^2 / (4r)^2$ бўлса, B шарча A шарчага теккандан сўнг у A шарчадан қандай h баландликда туриб қолади? Шарчаларнинг устунчага ишқаланиши ҳисобга олинмайдиган даражада кичик.

571. $q_0 = 5$ СГСЭ заряд бирл. га тенг бўлган нуқтавий заряд атрофида манфий зарядланган кичик шарча тортишиш кучи таъсирида текис айланма ҳаракат қилмоқда. Агар айлана радиуси $R = 2$ см, айланиш бурчак тезлиги $\omega = 5$ рад/сек бўлса, шарча зарядининг унинг массасига нисбати қанчага тенг?

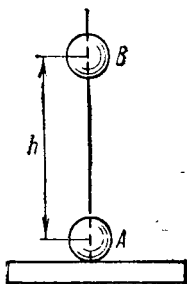
572. Иккита бирдай шарчанинг массалари $m = 10$ г дан ва улар бир-биридан $r = 10$ см масофада жойлашган. Ўзаро таъсири бутун олам тортишиш кучини мувозанатлаши учун уларга бирдай миқдорда қандай q заряд бериш керак? Гравитация доимийси $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-8}$ дина \cdot см²/г² = $6,67 \cdot 10^{-11}$ Н \cdot м²/кг².

573. $q_1 = 4$ СГСЭ зарид бирл. ва $q_2 = 16$ СГСЭ заряд бирл. га тенг катталикдаги икки нуқтавий электр зарядларнинг бўшлиқда ва керосинда ($\epsilon = 2$) $r = 0,02$ м масофадан ўзаро таъсир кучини аниқланг.

574. Бир-биридан $r_1 = 5$ см масофада турган икки заряд ҳавода ўзаро $F_1 = 120$ мкН куч билан, қандайдир ўтказмайдиган суюқликда эса $r_2 = 10$ см масофада ўзаро $F_2 = 15$ мкН куч билан таъсирлашади. Суюқликнинг ϵ диэлектрик сингдирувчанлиги қанчага тенг?

575. Диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 3$ га тенг бўлган мойда жойлашган иккита бирдай электр заряд орасидаги r_1 масофани аниқланг. Бу зарядларнинг ўзаро таъсир кучи бўшлиқда $r_2 = 30$ см масофада тургандаги таъсир кучига тенг.

576. Бир хил узунликдаги ипларга осилган бирдай зарядланган икки шарча бир-биридан бирор α бурчакка узоқлашган. Уларни керосинга туширилганда иплар орасидаги бурчак ўзгармаслиги учун шарчалар матери-



70- расм.

алининг ρ зичлиги қандай бўлиши керак? Керосиннинг зичлиги $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$, диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 2$ га тенг.

577. Иккита бирдай жуда кичик шарча юқоридан бир нуқтага боғланган бир хил узунликдаги ипларга осилган. Шарчаларга бирдай катталиқда ва бир хил ишорали заряд берилган. Шундан сўнг уларни суюқ диэлектрикка туширилган. Шарчалар материалнинг зичлиги ρ га ва суюқликнинг зичлиги ρ_1 га тенг. Суюқлик диэлектрик сингдирувчанлигининг катталиги қандай бўлганда, суюқликда ва ҳавода ипларнинг бир-биридан узоқлашиш бурчаги бирдай бўлади?

578. Ҳозирги вақтда Кулон қонуни Халқаро бирликлар системаси СИ (интернационал система) да қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}.$$

Шу формуладаги электр доимийси деб аталувчи ϵ_0 кўпайтувчини аниқланг, бунда F — ньютон ҳисобида, q — кулон ҳисобида, r — метр ҳисобида берилади. Бошқа бир қатор формулаларни содда (рационал) кўринишга келтириш мақсадида 4π кўпайтувчи киритилади. ϵ — зарядлар орасидаги ўзаро таъсир кучи диэлектрик муҳитда бўшлиқ (вакуум) дагига нисбатан неча марта кичик бўлишини кўрсатувчи диэлектрик сингдирувчанлик.

579. Вакуумда учта заряд жойлашган. Биринчи ва иккинчи зарядлар орасидаги масофа r_{12} га, улар орасидаги ўзаро таъсир кучи F_{12} га тенг. Биринчи ва учинчи зарядлар орасидаги масофа r_{13} , уларнинг ўзаро таъсир кучи F_{13} . Иккинчи ва учинчи зарядлар орасидаги масофа r_{23} , уларнинг ўзаро таъсир кучи F_{23} . Учинчи заряднинг абсолют катталигини топинг.

580. Заряд катталиги бир кулонга тенг бўлган икки нуқтавий заряд бир-биридан $r = 0,5$ км масофада туриб қандай куч билан ўзаро таъсирлашади?

581. Радиуслари ва оғирликлари бирдай бўлган икки шарча ҳавода уларнинг сиртлари бир-бирига тегиб турадиган қилиб илга осилган. Ҳар бир шарчага $q = 4 \cdot 10^{-7}$ Кл катталиқдаги заряд берилганда шарчалар бир-биридан $2\alpha = 60^\circ$ бурчакка узоқлашган. Осилиш нуқтасидан шарчанинг марказигача бўлган масофа $l = 0,2$ м бўлса, шарчаларнинг оғирлигини топинг.

582. Иккита кичик ўтказувчи шарчадан асбоб тузилган. Битта шарча қўзғалмас, иккинчиси $l = 20$ см узунликдаги вертикал ип учига боғланган. Ҳар бир шарчанинг массаси $m = 5$ г га тенг. Шарчалар бир-бирига текканда бирдай электр заряд олади, натижада қўзғалувчан шарча ипни вертикалдан $\alpha = 60^\circ$ бурчакка оғдиради. Ҳар бир шарчанинг q зарядини аниқланг.

583. Заряди $q = 50$ СГСЭ заряд бирл. га тенг бўлган кичик шарча $R = 20$ см радиусли зарядланмаган ичи ҳавол катта шарнинг ички сиртига теккан. Катта шардаги электр заряднинг сирт зичлигини топинг.

584. Агар $R = 20$ см радиусли ичи ҳавол металл шарчининг марказида изоляцияланган таёқчада $q = +50$ СГСЭ заряд бирл. га тенг зарядли шарча жойлашган бўлса, шарнинг ташқи сиртидаги электр заряд зичлигини топинг. Шар марказидаги зарядланган шарчининг вазияти ўзгарса, сирт заряд зичлиги ўзгарадими?

19-§. Электр майдон

Электр майдон кучланганлиги

Электр зарядлар ўз атрофидаги фазода электр майдон ҳосил қилади. Фазонинг электр майдон бўлган бирор нуқтасига жойлаштирилган электр зарядга куч таъсир қилади.

Фазонинг ҳар бир нуқтасидаги электр майдон *кучланганлик* билан характерланади. Берилган нуқтадаги электр майдон кучланганлиги E деб, шу нуқтага жойлашган q_0 нуқтавий („синанаш“) зарядга таъсир этувчи F кучнинг шу заряд катталигига q_0 бўлган нисбатига айтилади, яъни:

$$E = \frac{F}{q_0}. \quad (4)$$

Электр майдон кучланганлиги вектор катталиқдир, унинг йўналиши F кучнинг $q_0 > 0$ бўлгандаги йўналиши билан мос келади.

СГСЭ бирликлар системасида кучланганлик бирлиги қилиб шундай кучланганлик қабул қилинадики, бунда 1 СГСЭ заряд бирл. га тенг зарядга 1 дина куч таъсир этади. СИ системасида кучланганлик бирлиги қилиб 1 Кл зарядга 1 Н куч таъсир қиладиган кучланганлик қабул қилинади. СИ да кучланганлик бирлигини вольт/метр (98-бегдаги (11) формулага қаранг).

Берилган нуқтадаги электр майдон кучланганлиги маълум бўлса, у ҳолда (4) формулага кўра бу нуқтага жойлаштирилган q_1 зарядга $F = q_1 E$ куч таъсир этади.

q нуқтавий заряд ўз атрофида электр майдон ҳосил қилади, бу майдоннинг заряддан r масофадаги нуқтада ҳосил қилган кучлайганлиги (4) формула ва Кулон қонунига мувофиқ СГСЭ бирликлар системасида қуйидагича ифодаланади:

$$E = \frac{q}{\epsilon r^2}, \quad (5)$$

бунда ϵ — заряд атрофидаги муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги. СИ бирликлар системасида q нуқтавий заряднинг ҳосил қилган электр майдон кучланганлиги ушбу формула бўйича ҳисобланади:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}.$$

Шуни назарда тутиш керакки, тўла заряди q га тенг бўлган R радиусли текис зарядланган шарнинг электр майдони шарнинг марказида жойлашган худди шундай катталикидаги q зарядга эга бўлган нуқтавий заряднинг электр майдони билан мос келади. Шунинг учун марказдан узоқда $r > R$ масофада жойлашган нуқталардаги кучланганликни (5) ва (6) формулалар бўйича ҳисоблаш мумкин.

Бир нечта нуқтавий зарядларнинг бирор нуқтада ҳосил қилган E электр майдон кучланганлиги ҳар бир нуқтавий заряднинг шу нуқтада ҳосил қилган кучланганликлари йиғиндисига (вектор йиғиндисига) тенг (суперпозиция принципи):

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

585. Дистилланган сувда ($\epsilon = 81$) турган $q = 10^{-8}$ Кл нуқтавий заряддан қандай масофада электр майдон кучланганлиги $E = 0.25$ В/м га тенг бўлади?

586. Ичи ҳавол ўтказувчи шарнинг марказига $q = 10$ СГСЭ заряд бирл. га тенг нуқтавий заряд жойлаштирилган. Шарнинг ички радиуси $r = 10$ см, ташқи радиуси $R = 20$ см. Шарнинг ички чегарасидаги электр майдон кучланганлиги (E_1) ва ташқи чегарасидаги электр майдон кучланганлиги (E_2) ни топинг.

587. Катталиги бир хил, ишоралари эса турлича бўлган $q = 1.8 \cdot 10^{-8}$ Кл зарядлар тенг томонли учбурчакнинг икки учига жойлашган. Учбурчакнинг томони $a = 2$ м. Учбурчакнинг учинчи учидаги электр майдон кучланганлиги (E) ни аниқланг.

588. Тенг томонли икки учбурчакдан (томонлари a) тузилган ромбнинг ўткир бурчакли учларига иккита мусбат q заряд жойлаштирилган. Ромбнинг ўтмас бурчакли учларидан бирига мусбат Q заряд жойлаштирилган. Ромбнинг тўртинчи учидаги электр майдон кучланганлиги E ни аниқланг.

589. Аввалги масалани Q заряд манфий ва унинг абсолют қиймати: 1) q дан кагта; 2) q га тенг ва 3) q дан кичик бўлган ҳоллар учун ечинг.

590. Ромбнинг диагоналлари $d_1 = 96$ см ва $d_2 = 32$ см. Катта диагоналниң учларида $q_1 = 64$ СГСЭ заряд бирл. ва $q_2 = 352$ СГСЭ заряд бирл. га тенг заряд, кичик диагоналниң учларида эса $q_3 = 8$ СГСЭ заряд бирл. ва $q_4 = 40$ СГСЭ заряд бирл. га тенг заряд жойлашган. Ромбнинг марказида электр майдон кучланганлиги йўналишини (кичик диагоналига нисбатан) ва катталигини аниқланг.

591. Кучланганлиги $E = 35$ СГСЭ кучланганлик бирл. га тенг бўлган горизонтал бир жинсли электр майдонда ипга осилган $m = 0.25$ г массали зарядланган шарча вертикалдан қандай α бурчакка оғади? Шарчаниң заряди $q = 7$ СГСЭ заряд бирл. га тенг.

592. Юқорига вертикал йўналган E кучланганликли бир жинсли электр майдонга ингичка ипак ипга осилган $q = 10$ СГСЭ заряд бирл. га тенг мусбат зарядли шарча жойлаштирилган. Ипнинг l узунлиги шарчанинг ўлчамларига нисбатан жуда катта. Шарчанинг массаси $m = 0,1$ г га тенг. Агар шарчага электр майдон томондан таъсир этувчи куч оғирлик кучидан катта бўлса, у қандай давр билан тебранади? Шарча $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ давр билан тебраниши учун E кучланганлик катталиги қандай бўлиши керак?

593. Математик маятник $l = 36$ см узунликдаги ипак ипга осилган $m = 1$ г массали шарчадан ибораг. Агар шарчага мусбат ёки манфий $q = \pm 20$ СГСЭ заряд бирл. га тенг заряд бериб, маятникни куч чизиқлари пастига вертикал йўналган $E = 10$ СГСЭ кучланганлик бирл. га тенг кучланганликли бир жинсли электр майдонга жойлаштирилса, маятникнинг тебраниш даври қандай ўзгаради?

594. Электр заряди $q = 10$ СГСЭ заряд бирл. га тенг, массаси $m = 2$ г бўлган ва ипга осилган шарча куч чизиқлари вертикал билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ташкил қилган $E = 100$ СГСЭ кучланганлик бирл. га тенг кучланганликли бир жинсли электр майдонга жойлаштирилган. Ипнинг T таранглик кучини аниқланг.

595. Электрон кучланганлиги $E = 120$ В/м бўлган бир жинсли электр майдоннинг куч чизиқлари йўналиши бўйлаб ҳаракатланмоқда. Агар электроннинг бошланғич тезлиги $v_0 = 1000$ км/сек бўлса, тезлигини тўла йўқотгунча у қанча масофани учиб ўтади? Шунча масофани қанча вақт ичида ўтади? Электрон зарядининг унинг массасига нисбати $e/m = 1,753 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

596. Конденсатор пластинкаларига параллел йўналган катод нурлари дастаси $l = 4$ см йўлда бошланғич йўналишидан $h = 2$ мм масофага оғди. Катод нурларидаги электронлар конденсаторга учиб кириш пайтида қандай v тезликка ва қандай T кинетик энергияга эга бўлган? Конденсатор ичидаги электр майдон кучланганлиги $E = 22500$ В/м. Электрон зарядининг унинг массасига нисбати $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг; электроннинг заряди $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Потенциал. Электр кучларнинг иши

Электр майдоннинг a ва b нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи ёки U_{ab} кучланиш деб, электр кучларнинг q зарядни a нуқтадан b нуқтага кўчиришда бажарган A ишининг шу заряд катталигига нисбатини айтилади, яъни

$$U_{ab} = \frac{A}{q}. \quad (7)$$

Бу катталиқ кўчириш йўлининг шаклига ҳам, q заряднинг ўзига ҳам боғлиқ бўлмай, фақат электр майдоннинг хоссала-

рига ва a , b нуқталарнинг танланишига боғлиқдир. Шунинг учун заряднинг охириги кўчиш нуқтаси сифатида бирор доимий c нуқтани олсак (масалан, одатдагидек, чексиз узоқ нуқтани), у ҳолда A/q катталики ихтиёрий a нуқтадаги электр майдон характеристикаси бўлиб хизмат қилиши мумкин. Бу ҳолда A/q катталикини a нуқтанинг φ_a потенциали (c нуқтага нисбатан) деб аталади. Майдоннинг c нуқтадаги потенциаллини, ихтиёрий ўзгармас катталикка тенг деб ҳисоблаш мумкин. Бу ўзгармас катталикини нолга тенг деб олиш қулайдир.

Агар φ_a ва φ_b — a ва b нуқталарнинг потенциаллари бўлса, у ҳолда

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b. \quad (8)$$

(7) ва (8) формулаларга кўра, агар a ва b нуқталар орасидаги U_{ab} потенциаллар фарқи ёки бу нуқталарнинг φ_a ва φ_b потенциаллари маълум бўлса, q зарядни a нуқтадан b нуқтага кўчиришда электр кучлари бажарган A иш қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$A = qU_{ab} = q(\varphi_a - \varphi_b).$$

(7) формуладан келиб чиқадики, потенциаллар фарқи бирлиги (потенциал бирлиги) учун СГСЭ бирликлар системасида 1 эрг/СГСЭ заряд бирл. ва СИ бирликлар системасида 1 Ж/Кл олинади. СИ да потенциаллар бирлиги *вольт* деб аталади. 1 Ж = 10^7 эрг ва 1 Кл = $3 \cdot 10^9$ СГСЭ заряд бирл. эканлигини ҳисобга олиб, қуйидагини оламиз:

$$1 \text{ В} = 1 \frac{\text{Ж}}{\text{Кл}} = \frac{1}{3 \cdot 10^9} \text{ СГСЭ потенциал бирл.}$$

Агар диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ бўлган муҳитда жойлашган нуқтавий электр заряд электр майдон ҳосил қилаётган бўлса, у ҳолда бу заряддан r масофада турган нуқтадаги потенциал СГСЭ бирликлар системасида

$$\varphi = \frac{q}{\epsilon r} \quad (9)$$

ва СИ бирликлар системасида

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (10)$$

бўлади. Бунда потенциални чексиз узоқ нуқтанинг (бу ерда у нолга тенг) потенциалига нисбатан ҳисоблаб топилади. Потенциалнинг ишораси q заряднинг ишорасига қараб белгиланади.

Бир нечта нуқтавий заряднинг берилган нуқтадаги электр майдон потенциали шу нуқтада ҳар бир заряд ҳосил қилган алоҳида майдон потенциалларининг алгебраик йиғиндисига тенг: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots$

Зарядлар қўзғалмас бўлганда ўтказгичнинг сиртидаги ва ичидаги барча нуқталарда потенциаллар бирдай бўлади.

R радиусли текис зарядланган шарнинг электр майдони худди шундай катталиқда зарядланган ва шарнинг марказида жойлашган нуқтавий заряднинг шардан ташқарида ҳосил қилган электр майдони билан мос келади, шу сабабли шарнинг марказдан $r \geq R$ масофалардаги нуқталарда ҳосил қилаётган потенциалларини (9) ва (10) формулалар ёрдамида ҳисоблаш мумкин. Хусусан, R радиусли ўтказувчи шарнинг сиртидаги ва ичидаги нуқталарнинг потенциали

$$\varphi = \frac{q}{\epsilon R} \quad \text{ёки} \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

бўлади.

Электр майдоннинг икки характеристикаси — кучланганлик ва погенциал орасида боғланиш мавжуд: агар φ_a ва φ_b — бир жинсли электр майдонда бир-биридан d масофада ва бир куч чизиқда турган a ва b нуқталарнинг потенциаллари бўлса, у ҳолда электр майдон кучланганлиги

$$E = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{d} \quad (11)$$

бўлади. Агар майдон бир жинсли бўлмаса, у ҳолда бу формула фақат кучланганликнинг бир куч чизиқда ётган икки нуқта орасидаги ўртача қийматинигина беради.

(11) формуладан, электр майдон кучланганлигини бирлик узунликка тўғри келувчи потенциаллар фарқи орқали ўлчаш мумкинлиги келиб чиқади. Шунинг учун СИ бирликлар системасида кучланганлик бирлиги сифатида 1 В/м қабул қилинади, яъни шундай кучланганлик қабул қилинадик, бунда куч чизиқлари бўйича бир-биридан 1 м узоқликда жойлашган нуқталар орасидаги потенциаллар 1 В га тенг бўлади. Бошқа томондан, худди шу бирликни ньютон/кулон деб ҳам аталади. Шундай қилиб, 1 В/м = 1 Н/Кл. Бундан ташқари, 1 СГСЭ кучланганлик бирл. = $3 \cdot 10^4$ В/м.

597. Агар шар сиртидан $L = 10$ м масофада электр майдон потенциали $\varphi = 20$ В эканлиги маълум бўлса, шарнинг потенциални аниқланг. Шарнинг радиуси $R = 0,1$ м.

598. N та бирдай шарсимон симоб томчилари бирдай φ_1 потенциалгача бир исмли заряд билан зарядланган. Бу томчилар қўшилгандан сўнг ҳосил бўлган катта симоб томчиларининг φ потенциали қандай бўлади?

599. $q_1 = 10$ СГСЭ заряд бирл. га тенг зарядга эга бўлган $R = 1$ м радиусли ичи ҳавол металл шарнинг марказида мусбат ёки манфий $q = \pm 20$ СГСЭ заряд бирл. га тенг зарядли кичик шарча жойлашган. Шар марказидан $r = 10R$ масофада жойлашган нуқтадаги φ электр потенциални аниқланг.

600. $R = 3 \cdot 10^{-2}$ м радиусли ҳавода турган ягоналанган металл шарни қандай потенциалгача зарядлаш мумкин? Электр майдон кучланганлиги $E = 3 \cdot 10^6$ В/м бўлганда ҳавода тешилиш рўй беради.

601. Бир-биридан $r = 25$ см (марказлари орасидаги) масофада турган иккита бирдай зарядланган шарча ўзаро $F = 0,1$ дина куч билан таъсирлашади. Шарчаларнинг диаметри $D = 1$ см бўлса, улар қандай потенциалгача зарядланган?

602. Квадратнинг учларида $q_1 = +1$, $q_2 = -2$, $q_3 = +3$ ва $q_4 = -4$ СГСЭ заряд бирл. га тенг нуқтавий зарядлар жойлашган (71-расм). Квадратнинг марказидаги A нуқтанинг потенциалини ва электр майдон кучланганлигини аниқланг. Квадратнинг диагонали $2a = 20$ см га тенг.

603. $q = 1,67 \cdot 10^{-7}$ Кл заряддан $r_1 = 5$ см ва $r_2 = 20$ см масофаларда жойлашган B ва C нуқталардеги потенциалларни ва электр майдон кучланганликларини топинг. Электр кучларнинг $q_1 = 10^{-9}$ Кл зарядни B нуқтадан C нуқтага кўчиришда бажарган ишини аниқланг.

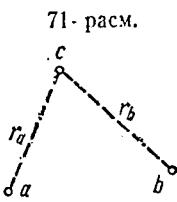
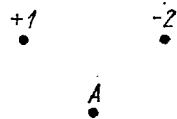
604. C нуқтада (72-расм) мусбат Q заряд жойлашган. У a ва b нуқталарда мос ҳолда E_a ва E_b кучланганликли майдон ҳосил қилади. q нуқтавий зарядни a нуқтадан b нуқтага кўчириш учун бажариш лозим бўлган A ишни аниқланг.

605. Атом физикасида зарядланган тез зарралар энергиясини кўпинча электрон-вольт ҳисобида ифодаланади. 1 эВ катталик электр майдонда бошланғич ва охириги нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи 1 В бўлган йўлни учиб ўтишда электрон эришган энергияга тенг. Электрон-вольтни эрг орқали ифодаланг. 1 эВ энергияли электрон қандай тезликка эга? Электроннинг заряди $e = 4,8 \cdot 10^{-10}$ СГСЭ заряд бирл. Унинг массаси $m = 9,1 \cdot 10^{-28}$ г.

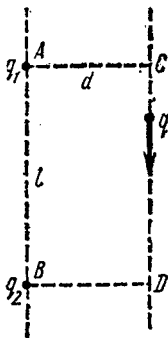
606. Электрон A нуқтадан B нуқтага учиб ўтмоқда. Бу нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи $U = 100$ В га тенг. Агар электроннинг A нуқтадаги (бошланғич) тезлиги нолга тенг бўлса, у B нуқтада қандай тезликка эришади? Электрон зарядининг унинг массасига нисбати $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

607. $q = 20$ СГСЭ заряд бирл. га тенг нуқтавий зарядни чексизликдан металл шарча сиртидан $L = 10$ см масофада жойлашган нуқтага кўчириш учун қандай иш бажариш керак? Шарчанинг потенциали $\varphi_0 = 200$ В га, радиуси $R = 2$ см га тенг. Шарча ҳавода жойлашган.

608. $q = 10$ СГСЭ заряд бирл. га тенг нуқтавий зарядни чексизликдан мусбат зарядланган металл шарча сиртидан $L = 20$ см масофада жойлашган O нуқтага кўчириш учун $A = 5 \cdot 10^{-7}$ Ж иш бажариш керак. Шарчанинг радиуси $R = 4$ см



72-расм.



73- расм.

га тенг. Шар сиртидаги нуқталарнинг ϕ потенциаллини аниқланг.

609. Ҳар бирининг заряди $+50$ СГСЭ заряд бирл. га тенг бўлган икки заряд бир-биридан $R_1 = 100$ см масофада жойлашган. Уларни $R_2 = 50$ см масофагача яқинлаштириш учун қандай A иш бажариш керак?

610. $q_1 = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл ва $q_2 = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл зарядлар бир-биридан $l = 40$ см масофадаги A ва B нуқталарда жойлашган (73-расм). AB чизиқдан $d = 30$ см масофада унга параллел бўлган CD чизиқ бўйича $q_1 = 1 \cdot 10^{-8}$ Кл заряд кўчирилмоқда. Агар AC ва BD кесмалар CD чизиққа перпендикуляр бўлса, q зарядни C нуқтадан D нуқтага кўчиришда электр кучлар бажарадиган ишни аниқланг.

611. r радиусли иккита ингичка ҳалқа умумий ўққа эга. Уларнинг марказлари орасидаги масофа d га тенг. Биринчи ҳалқада q_1 заряд, иккинчи ҳалқада эса q заряд текис тақсимланган. Q зарядни биринчи ҳалқанинг марказидан иккинчи ҳалқанинг марказига кўчиришда электр кучлар бажарган A ишни топинг.

612. r радиусли ингичка ҳалқада Q заряд текис тақсимланган. Ҳалқанинг марказида турган массаси m , заряди q бўлган шарчага, у ҳалқадан чексизликка кетиши учун, қандай минимал v тезлик бериш керак?

613. $r = 2$ см радиусли шарчага $q = 4 \cdot 10^{-12}$ Кл заряд берилган. Шарчадан чексиз узоқда жойлашган нуқтадан туриб ҳаракатлана бошлаган электрон шарчага қандай тезлик билан учиб келади? Электроннинг массаси $m = 9 \cdot 10^{-28}$ г, заряди $e = 4,8 \cdot 18^{-10}$ СГСЭ заряд бирл.

614. Горизонтал жойлаштирилган конденсатор пластинкалари орасидаги фазода h баландликдан m массали зарядланмаган металл шарча эркин тушмоқда. Агар шарча конденсаторнинг пастки пластинкасига абсолют эластик урилган пайтда пластинкага q заряд ўтса, шундан сўнг у қандай H баландликка кўтарилади? Конденсатор э. ю. к. \mathcal{E} га тенг бўлган батареяга уланган ва пластинкалари орасидаги масофа d га тенг.

615. Икки шарча бир хил исми бирдай каталикдаги q заряд билан зарядланган ва марказларидан ўтувчи бир вертикал чизиқда бир-биридан H масофада жойлашган. Пастки шарча қўзғалмас қилиб маҳкамланган, юқориги m массали шарча эса вертикал пастга йўналган v бошланғич тезлик олади. Юқориги шарча пастдаги шарчага қандай минимал h масофагача яқинлашади? Шарчаларни нуқтавий заряд деб қараш мумкин.

616. Қўзғалмас шарча манфий q зарядга эга, юқориги шарчанинг бошланғич тезлиги v га тенг ва юқорига вертикал йўналган ҳол учун аввалги масала шартлари бўйича шарлар орасидаги максимал h масофани аниқланг.

617. Электр майдонда a нуқтадан b нуқтага учиб ўтаётганда электрон ўз тезлигини $v_a = 1000$ км/сек дан $v_b = 3000$ км/сек гача орттирди. Электр майдоннинг a ва b нуқталари орасидаги потенциаллар фарқини аниқланг. Электрон зарядининг унинг массасига нисбати $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

618. Электрон ясси конденсатор ичига унинг қопламларига параллел йўналган $v = 2 \cdot 10^7$ м/сек тезлик билан учиб кирмоқда. Агар конденсатор пластинкалари орасидаги масофа $d = 2$ см, конденсаторнинг узунлиги $l = 5$ см ва пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи $U = 200$ В бўлса, электрон конденсатор ичида учиб вақтида ўзининг бошланғич йўналишига нисбатан қандай h масофага силжийди? Электрон зарядининг унинг массасига нисбати $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

619. Мушбат зарядланган $m = 10^{-8}$ г массали чанг зарраси пластинкалари горизонтал жойлашган ясси конденсатор ичида мувозанатда турибди. Пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи $U_1 = 6000$ В. Чанг заррасининг заряди 1000 электрон зарядига камайган бўлса, уни мувозанатда сақлаш учун потенциаллар фарқини қанчага ўзгартириш керак?

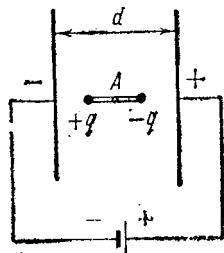
Конденсатор пластинкалари орасидаги масофа $d = 5$ см, электроннинг заряди $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

620. Аввалги масалани чанг зарраси манфий зарядланган ҳол учун ечинг:

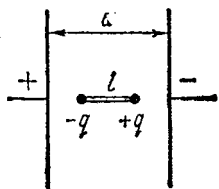
621. Ясси конденсатор пластинкалари орасидаги вертикал электр майдонга бир электрон заряди билан зарядланган мой томчиси жойлаштирилган. Электр майдон кучланганлиги шундай танланганки, бунда томчи тинч турибди. Конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи $U = 500$ В, пластинкалар орасидаги масофа $d = 0,5$ см, мойнинг зичлиги $\rho = 0,9$ г/см³. Мой томчисининг радиусини аниқланг. Электроннинг заряди $e = 4,8 \cdot 10^{-10}$ СГСЭ заряд бирл. га тенг.

622. 74-расмда пластинкалари вертикал жойлашган ясси конденсаторнинг горизонтал кесими кўрсатилган. Конденсатор э. ю. к. $\mathcal{E} = 3$ В га тенг бўлган батареяга уланган. Пластинкалар орасидаги масофа $d = 10$ см. Пластинкалар орасига учларида $+q = 10^{-9}$ Кл ва $-q = -10^{-9}$ Кл зарядли металл шарчалар бўлган $l = 1$ см узунликдаги диэлектрик таёқча жойлаштирилган. Таёқча ўрта нуқтаси A дан ўтган вертикал ўқ атрофида ишқаланишсиз айлана олади. Таёқчани A нуқтасидан ўтган вертикал ўқ атрофида расмдаги вазиятига нисбатан 180° га буриш учун қандай иш бажариш керак?

623. Пластинкалари орасидаги масофа $d = 8$ см бўлган ясси конденсатор ичига $l = 3$ см узунликдаги стержень жойлаштирилган; стерженнинг учларида қарама-қарши ишорали икки нуқтавий заряд бў-



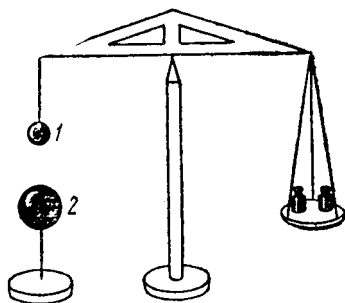
74-расм.



75- расм.

либ, бу зарядларнинг катталиги бирдай ва $q = 2$ СГСЭ заряд бирл. га тенг. Агар конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи $U = 3$ В, стержень эса пластинкаларга параллел турган бўлса, зарядлар жойлашган стерженга таъсир этувчи M куч моментини аниқланг.

624. Узунлиги $l = 0,5$ см бўлган изоляцияловчи таёқчанинг учларига иккита кичик шарча ўрнатилган бўлиб, шарчалар $+q$ ва $-q$ зарядга эга ($q = 10$ СГСЭ заряд бирл.). Таёқча ясси конденсатор пластинкалари орасига жойлашган (75-расм). Пластинкалар орасидаги масофа $d = 10$ см га тенг. Агар таёқча $F = 0,01$ Н максимал нагрузкагача чидайдиган бўлса, конденсатор пластинкалари орасидаги кучланишнинг қандай минимал қийматида (U) таёқча узилади? Оғирлик кучларини ҳисобга олманг.



76- расм.

625. $r = 1$ см радиусли 1 металл шарча диэлектрик таёқча ёрдамида тарози шайинига маҳкамланган, сўнгра тарози тошлари билан мувозанатланган (76-расм). Шарча 1 нинг остки томонига $r_2 = 2$ см радиусли зарядланган 2 шарча жойлаштирилган. Шарчаларнинг маркалари орасидаги масофа $h = 20$ см га тенг. 1 ва 2 шарчаларни сим воситасида ўзаро туташтирилди, сўнгра симни олиб ташланди. Шундан сўнг мувозанатни тиклаш учун тарози палласидаги тошлардан 4 мг массага

эга бўлганини (оғирлиги $P = 4$ мг·куч) олишга тўғри келди. Шарча 2 уни шарча 1 га сим билан туташтирилмасдан олдин қандай φ потенциалгача зарядланган бўлганлигини топинг.

Электр сиғим

Яккаланган ўтказг. г электр сиғими (ёки сиғими) деганда

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (12)$$

катталик тушунилади, бундан q — унинг заряди, φ — потенциал (чексизликка нисбатан). Хусусан, диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ бўлган чексиз муҳитда жойлашган R радиусли яккаланган шарнинг сиғими СГСЭ бирликлар системасида

$$C = \epsilon R$$

формула бўйича, СИ бирликлар системасида эса

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$$

формула бўйича ҳисобланади, бунда $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — электр доимийси.

Бирдай катталиқдаги ва турли ишорали зарядлар билан зарядланган бир-биридан изоляцияланган икки ўтказгич конденсаторни ҳосил қилади. Бу ўтказгичларни кўпинча конденсатор қопламалари деб аталади. Конденсаторнинг сиғими деғанда мусбат

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}, \quad (13)$$

катталиқ тушунилади, бунда q — унинг қопламаларидан бирининг заряди, $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ — қопламалар орасидаги потенциаллар фарқи. Қопламалари орасидаги бўшлиқ диэлектрик билан тўлдирилган конденсаторнинг сиғими:

$$C = \epsilon C_0,$$

бунда C_0 — худди шу конденсаторнинг диэлектрик бўлмагандаги сиғими.

Хусусан, пластинкалар оралиғи диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ бўлган диэлектрик билан тўлдирилган S юзли икки параллел пластинкадан иборат ясси конденсаторнинг сиғими СГСЭ бирликлар системасида

$$C = \frac{\epsilon S}{4 d}$$

формула бўйича, СИ бирликлар системасида эса

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

формула бўйича ҳисобланади, бунда d — пластинкалар орасидаги масофа.

Сиғимлари C_1, C_2, \dots, C_n бўлган конденсаторларни параллел улаганда уларнинг умумий сиғими

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

бўлади. Сиғимлари C_1, C_2, \dots, C_n бўлган конденсаторларни кетма-кет улаганда уларнинг умумий сиғими

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

бўлади.

q заряд билан U потенциаллар фарқигача зарядланган C сиғимли конденсатор энергияси:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2}.$$

Сигим бирлиги қилиб, (12) ва (13) формулаларга мувофиқ СГСЭ бирликлар системасида

$$1 \text{ см} = \frac{1 \text{ СГСЭ заряд бирл.}}{1 \text{ СГСЭ потенциал бирл.}}$$

ва СИ бирликлар системасида

$$1 \text{ фарада} = \frac{1 \text{ кулон}}{1 \text{ вольт}}$$

қабул қилинади.

Сигимнинг бу системалари орасида қуйидаги муносабат ўринлидир: $1 \text{ Ф} = 9 \cdot 10^{11} \text{ см}$.

Амалда учрайдиган сигимларни ўлчаш учун фарада жуда йириклик қилади, шунинг учун майдароқ сигим бирликлари ишлатилади: 1 мкФ (микрофарада) $= 10^{-6} \text{ Ф}$ ва 1 пФ (пикофарада) $= 10^{-12} \text{ Ф}$.

626. R радиусли ўтказувчи шарни аввал диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon_1 = 2$ бўлган муҳитга (керосинга), сўнгра диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon_2 = 56,2$ бўлган муҳитга (глицеринга) киритилган бўлса, унинг сигими неча марта ўзгаради?

627. Икки параллел пластинкадан иборат конденсатор $C = 5 \text{ пФ}$ сигимга эга. Агар унинг пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи $U = 1000 \text{ В}$ га тенг бўлса, ҳар бир пластинкада қанчадан заряд бор?

628 Вакуумда турган ясси конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги $\sigma = 3 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2$. Пластинкасининг юзи $S = 1000 \text{ см}^2$. Конденсаторнинг сигими $C = 10 \text{ пФ}$ га тенг. Электрон конденсатор ичида унинг пластинкалари орасидаги масофани учиб ўтганда қандай тезликка эришишини аниқланг. Электроннинг солиштирма заряди $e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$.

629. Ясси ҳаво конденсатори 77-расмда кўрсатилган шаклда уланган учта пластинкадан иборат. Агар конденсаторнинг ҳар бир пластинкасининг юзи $S = 100 \text{ см}^2$, улар орасидаги масофа $d = 0,5 \text{ см}$ бўлса, конденсатор сигимини аниқланг. Конденсаторни глицеринга боғирилса, унинг сигими қандай ўзгаради (глицериннинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 56,2$)?

630. Конденсатор n та жез пластинкадан иборат бўлиб, улар бир-биридан $d = 2 \text{ мм}$ қалинликдаги шиша пластинкалар билан ажратилган. Жез ва шиша пластинкаларнинг юзлари бирдай ва $S = 200 \text{ см}^2$ га тенг. Шисанинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 7$. Агар $n = 21$ ва конденсаторнинг чиқиш учлари энг четки пластинкаларга уланган бўлса, конденсатор сигимини аниқланг.



77- расм.

631. Доиравий пластинкалари горизонтал жойлашган ясси ҳаво конденсаторининг ичига ингичка ипга осилган кичик шарча жойлаштирилган. Шарча $q = -10 \text{ СГСЭ заряд}$

бирл. га тенг зарядга эга. Конденсатор пластинкаларига $Q = 930$ СГСЭ заряд бирл. га тенг заряд берилганда ипнинг таранглиги икки марта ортган. Шарнинг оғирлигини топинг. Конденсатор пластинкаларининг радиуси $R = 10$ см га тенг. Ипнинг оғирлигини ҳисобга олманг.

632. Ҳавода вертикал ўрнатилган ясси конденсатор пластинкалари орасига ингичка ипга осилган $q = 10$ СГСЭ заряд бирл. га тенг зарядга эга бўлган кичик шарча жойлаштирилган. Шарчани вертикалдан $\alpha = 45^\circ$ оғдириш учун конденсатор пластинкаларига қанча миқдор заряд бериш керак? Шарчанинг оғирлиги $P = 4$ г-куч, конденсаторнинг ҳар бир пластинкасининг юзи $S = 314$ см². Ипнинг оғирлигини ҳисобга олманг.

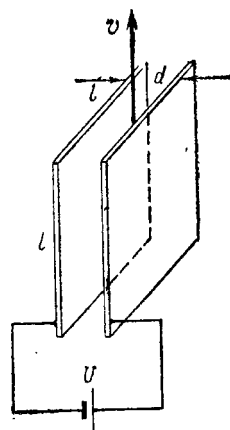
633. Конденсаторни керосинга ботирилганда аккумулятор клеммалари билан конденсатор қопламларини туташтирувчи ўтказгичлар орқали қанча электр миқдори ўтади? Конденсатор пластинкаларининг юзи $S = 150$ см², улар орасидаги масофа $d = 5$ мм, аккумуляторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 9,42$ В, керосиннинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 2$.

634. Ясси конденсаторни $U = 200$ В кучланишли манба ёрдамида зарядланди. Сўнгра уни манбадан узиб қўйилди. Агар конденсатор пластинкалари орасидаги масофа бошланғич ҳолдаги $d = 0,2$ мм дан $d = 0,7$ мм гача орттирилса ва пластинкалар орасидаги фазо слюда билан тўлдирилса, унинг пластинкалари орасидаги кучланиш қандай бўлади? Слюданинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 7$.

635. Ясси конденсатор пластинкалари $U = 600$ В кучланишли багареяга уланган. Агар конденсатор пластинкаларидан бирини иккинчисига нисбатан $v = 6$ см/сек тезликда ҳаракатлантирилса (78-расм), ўтказгичлар бўйича қандай катталиқдаги ток ўтади? Конденсатор пластинкалари квадрат шаклда, юзи $S_0 = 100$ см² га тенг, пластинкалар орасидаги масофа $d = 0,1$ см бўлиб, у ҳаракат вақтида ўзгармайди.

636. Сиғимлари $C_1 = 2000$ пФ ва $C_2 = 1000$ пФ бўлган конденсатор параллел уланган. Конденсаторларни $U = 20000$ В потенциаллар фарқигача зарядлаш учун уларга қанча заряд миқдори бериш кераклигини аниқланг.

637. Иккита бирдай конденсатор параллел уланган ва $U = 6$ В потенциаллар фарқигача зарядланган. Агар конденсаторлар манбадан узилгандан сўнг улардан бирининг пластинкалари орасидаги масофа икки баравар камайтирилган бўлса, конденсаторлар пластинкалари орасидаги U_1 потенциаллар фарқини аниқланг.



78-расм.

638. $C_1 = 1$ мкФ ва $C_2 = 2$ мкФ сиғимли конденсатор мос равишда $U_1 = 20$ В ва $U_2 = 50$ В потенциаллар фарқигача зарядланган. Улар зарядлангандан кейин бир хил исмли қутблари билан ўзаро уланган. Конденсаторлар улангандан кейин уларнинг қопламалари орасидаги U потенциаллар фарқи қандай бўлишини аниқланг.

639. $U_1 = 100$ В потенциаллар фарқигача зарядланган $C_1 = 20$ мкФ сиғимли конденсатор $U_2 = 40$ В потенциаллар фарқигача зарядланган сиғими номаълум бўлган конденсатор билан параллел уланган. Агар конденсаторлар параллел улангандан сўнг уларнинг пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи $U = 80$ В бўлса (улар бир хил исмли зарядлари бўлган пластинкалари билан уланади), иккинчиси — номаълум конденсаторнинг C_2 сиғимини аниқланг.

640. $C_1 = 4$ мкФ сиғимли конденсатор $U_1 = 10$ В потенциаллар фарқигача зарядланган. Агар унга $C_2 = 6$ мкФ сиғимли $U_2 = 20$ В потенциаллар фарқигача зарядланган иккинчи конденсатор параллел уланса, C_1 конденсатор қопламларидаги заряд қандай бўлади? Конденсаторлар турли исмли зарядланган қопламлари билан ўзаро параллел уланган.

641. $U_1 = 20$ В потенциаллар фарқигача зарядланган конденсаторни $C_2 = 33$ мкФ сиғимли $U_2 = 4$ В потенциаллар фарқигача зарядланган бошқа конденсатор билан параллел уланган. Агар конденсаторлар улангандан кейин уларнинг қопламларидаги кучланиш $U = 2$ В бўлса, биринчи конденсаторнинг C_1 сиғимини аниқланг. Конденсаторлар турли исмли зарядланган қопламлари билан ўзаро уланган.

642. $C_1 = 1$ мкФ сиғимли конденсатор $U_1 = 100$ В потенциаллар фарқигача зарядланган. Иккинчи $C_2 = 2$ мкФ сиғимли конденсатор ҳам зарядланган, бироқ унинг қопламалари орасидаги потенциаллар фарқи U_2 номаълум. Агар конденсаторлар турли исмли зарядланган қопламалари билан ўзаро улангандан сўнг кучланиш $U = 200$ В бўлган бўлса, номаълум U_2 кучланишни аниқланг.

643. R_1 ва R_2 радиусли металл шарлар шундай жойлаштирилганки, улар орасидаги масофа катта шарнинг радиусидан етарлича катта. R_1 радиусли шар Q зарядга эга. Агар бу шарни иккинчи R_2 радиусли зарядланмаган шар билан ўтказгич орқали туташтирилса, иккала шардаги зарядлар қандай бўлади? (Шарларни туташтирувчи ингичка ўтказгичнинг сиғими кичик радиусли шар сиғимига нисбатан жуда кичик деб фараз қилинади.)

644. $R_1 = 8$ см ва $R_2 = 20$ см радиусли икки ўтказувчи шар мос равишда $q_{10} = 40$ СГСЭ заряд бирл. ва $q_{20} = -20$ СГСЭ заряд бирл. га тенг зарядларга эга. Агар шарларни жуда ингичка ўтказгич билан туташтирилса, зарядлар қандай қайта тақсимланади?

645. $\varphi_1 = 20$ В ва $\varphi_2 = 10$ В потенциаллар фарқигача зарядланган $r_1 = 10$ см ва $r_2 = 5$ см радиусли ўтказувчи шарлар

ингичка ўтказгич билан туташтирилади. Шарлар туташтирилгандан сўнг улардаги электр зарядларнинг σ_1 ва σ_2 сирт зичлигини аниқланг. Шарлар орасидаги масофа уларнинг радиусларига нисбатан жуда катта.

646. $U_1 = 800$ В потенциаллар фарқигача зарядланган ҳаво конденсатори ўлчамлари жиҳатидан бирдай бўлган, диэлектрик тўлдирилган зарядланмаган конденсатор билан параллел уланган. Агар конденсаторлар улангандан кейин потенциаллар фарқи $U = 100$ В га тенг бўлган бўлса, диэлектрикнинг ϵ диэлектрик сингдирувчанлигини аниқланг.

647. Ўзаро параллел уланган учта ясси ҳаво конденсаторининг умумий сифими C ни аниқланг. Конденсаторларнинг геометрик ўлчамлари бирдай ($S = 314$ см², $d = 1$ мм).

Агар конденсаторлардан бирининг пластинкалари орасидаги фазо слюда ($\epsilon_1 = 7$) ва бошқаси парафин ($\epsilon_2 = 2$) билан тўлдирилса, конденсаторларнинг умумий сифими қандай ўзгаради?

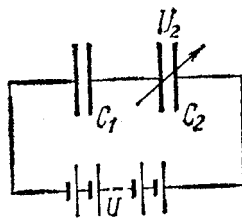
648. Зарядланган ва манбадан узилган ясси конденсаторда электр майдон кучланганлиги E_0 га тенг. Конденсатор пластинкалари орасидаги фазонинг ярми диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ бўлган диэлектрик билан тўлдирилди (диэлектрикнинг қалинлиги пластинкалар орасидаги масофага тенг). Пластинкалар орасидаги фазонинг диэлектриксиз қисмида электр майдон кучланганлиги E қанчага тенг бўлиб қолган?

649. $C_1 = 1$ мкФ ва $C_2 = 3$ мкФ сифимли икки конденсаторни кетма-кет улаб ҳосил қилинган электр схема $U = 220$ В ли ўзгармас кучланиш манбаига уланган. Ҳар бир конденсатордаги кучланишни аниқланг.

650. Ўзаро параллел уланган $C_1 = 1$ мкФ ва $C_2 = 2$ мкФ сифимли конденсаторларга $U = 900$ В кучланиш берилган. Агар ҳар бир конденсаторнинг тешилиш кучланиши $U_0 = 200$ В га тенг бўлса, бундай уланган схемани ишлатиш мумкинми?

651. Кетма-кет уланган икки конденсатор $U = 200$ В ли кучланиш манбаига уланган (79-расм). Битта конденсаторнинг сифими ўзгармас ва $C_1 = 500$ см га тенг, иккинчиси эса $C_{02} = 50$ см дан $C_2 = 500$ см гача ўзгартириш мумкин бўлган ўзгарувчан сифимга эга. Ўзгарувчан конденсатор сифимини минимал қийматдан максимал қийматгача ўзгартирилганда ундаги кучланиш қандай чегарада ўзгаради?

652. Уч хил конденсатор берилган, улардан бирининг сифими $C_1 = 2$ мкФ га тенг. Учала конденсатор кетма-кет уланганда занжирнинг умумий сифими $C_0 = 1$ мкФ га тенг бўлган; параллел уланганда эса умумий сифим $C = 11$ мкФ бўлиб чиқди. Қолган икки номаълум конденсаторнинг C_2 ва C_3 сифимларини аниқланг.



79-расм.

653. Учта конденсатор берилган. Улардан бирининг сифими $C_1 = 3$ мкФ. Конденсаторлар кетма-кет уланганда занжирнинг сифими $C_0 = 0,75$ мкФ, C_1 сифимли конденсатордаги кучланиш тушиши эса $U_1 = 20$ В бўлган. Конденсаторлар параллел уланганда занжирнинг сифими $C = 7$ мкФ га тенг бўлган. Қолган икки номаълум конденсаторнинг C_2 ва C_3 сифимларини ва улардаги U_2 ва U_3 кучланиш тушишларини (кетма-кет улангандаги) аниқланг.

654. $C_1 = 100$ см; $C_2 = 200$ см; $C_3 = 500$ см сифимли учта конденсаторни кетма-кет улаб ҳосил қилинган батарея аккумуляторга уланди. Аккумулятор батареяга $q = 10$ СГСЭ заряд бирл. га тенг заряд берди. Ҳар бир конденсатордаги U_1 , U_2 ва U_3 кучланишларни, аккумуляторнинг \mathcal{E} э. ю. к. ни ва конденсатор батареясининг умумий сифимини аниқланг.

655. Учта кетма-кет уланган конденсатор $U = 32$ В ли кучланиш манбаига уланган. Конденсаторларнинг сифимлари $C_1 = 0,1$ мкФ, $C_2 = 0,25$ мкФ ва $C_3 = 0,5$ мкФ га тенг. Ҳар бир конденсатордаги U_1 , U_2 ва U_3 кучланишларни аниқланг.

656. Ҳар бирининг сифими $C = 100$ пФ дан бўлган иккита ҳаво конденсатори кетма-кет уланган ва $\mathcal{E} = 10$ В э. ю. к. га эга бўлган манбага уланган. Агар конденсаторлардан бирини диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 2$ бўлган суяқ диэлектрикка ботирилса, конденсаторларнинг зарядлари қандай ўзгаради?

657. Иккита бир хил ясси ҳаво конденсатори ўзаро кетма-кет уланган ва э. ю. к. ўзгармас электр ток манбаига уланган. Улардан бирининг ичига диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 9$ га тенг бўлган диэлектрик киритилди. Диэлектрик конденсатор қопламалари орасидаги бутун фазони тўлдирди. Бу конденсатордаги электр майдон кучланганлиги қандай ва неча марта ўзгаради?

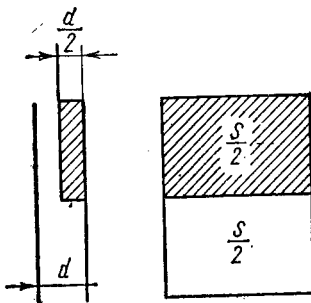
658. Аввалги масалани конденсаторлар зарядлангандан сўнг э. ю. к. манбаидан узилган ҳол учун ечинг.

659. Ҳар бирининг сифими $C = 10$ пФ дан бўлган иккита ясси конденсатор батарея қилиб кетма-кет уланган. Агар конденсаторлардан бирининг пластинкалари орасидаги фазо диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 2$ бўлган диэлектрик билан тўлдирилса, батареянинг сифими қанчга ўзгаради?

660. Қопламаларининг юзи S ва улар орасидаги масофа d бўлган ясси ҳаво конденсаторига, унинг қопламаларига параллел қилиб, ўлчамлари қоплама ўлчамларига тенг бўлган металл пластинка киритилди. Агар пластинканинг қалинлиги d дан анча кичик ва у конденсатор қопламаларининг биридан l масофада жойлашган бўлса, конденсаторнинг пластинка киритилгандан кейинги сифимини аниқланг.

661. Ясси ҳаво конденсаторига (қопламалари орасидаги масофа d , қопламанинг юзи S) қопламаларига параллел қилиб қалинлиги $d_1 < d$ бўлган металл пластинка киритилди. Ўтказувчи пластинка киритилган конденсаторнинг сифимини аниқланг. Хусусан, $d_1 = d/3$ даги сифимни аниқланг.

662. Ясси ҳаво конденсатори $U = 50$ В потенциаллар фарқигача зарядланган ва манбадан узиб қўйилган. Сўнгра конденсатор қопламалари орасига, уларга параллел қилиб, $d = 1$ мм қалинликдаги металл листи киритилди. Агар қопламалар орасидаги масофа $d = 5$ мм бўлса, конденсатор қопламалари орасидаги U_1 потенциаллар фарқини аниқланг. Қопламалар ва металл листнинг юзлари бирдай.



80- расм.

663. Қопламалари орасидаги масофа d бўлган ясси ҳаво конденсатори ичига, унинг қопламаларига параллел қилиб, $d_1 < d$ қалинликдаги диэлектрик пластинка киритилди. Диэлектрик пластинкали конденсатор сифимини аниқланг. Пластинканинг диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ га тенг. Конденсатор қопламалари ва пластинканинг юзи бирдай ва S га тенг.

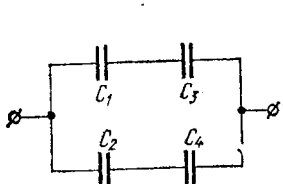
664. Ясси конденсатор қопламаларининг ораси бирдай қалинликдаги ($d = 2$ мм) шиша ($\epsilon_1 = 7$), слюда ($\epsilon_2 = 6$) ва парафин ($\epsilon_3 = 2$) диэлектриклар билан тўлдирилган. Конденсатор қопламаларининг юзи $S = 200$ см² га тенг. Конденсаторнинг C_0 сифимини топинг.

665. Ясси ҳаво конденсатори ичига диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 2$ га тенг бўлган диэлектрик пластинка 80- расмда кўрсатилгандек қилиб жойлаштирилган. Конденсаторга диэлектрик киритилганда унинг сифими қанча ўзгарганлигини аниқланг.

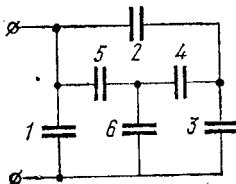
666. Сифимлари $C_1 = 3$ мкФ, $C_2 = 5$ мкФ, $C_3 = 6$ мкФ ва $C_4 = 5$ мкФ бўлган тўртта конденсатор 81- расмда кўрсатилган схема бўйича уланган. Ҳосил бўлган конденсаторлар батареясининг сифимини аниқланг.

667. 82- расмда тасвирланган схема бўйича бирдай конденсаторлардан тузилган батареянинг сифимини топинг. Ҳар бир конденсаторнинг сифими C га тенг.

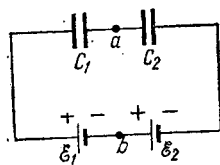
668. 83- расмда тасвирланган схеманинг a ва b нуқталари орасидаги потенциаллар фарқини топинг. Бунда $C_1 = 0,5$ мкФ ва $C_2 = 1$ мкФ, манбаларнинг э. ю. к. $\mathcal{E}_1 = 2$ В ва $\mathcal{E}_2 = 3$ В.



81- расм.



82- расм.



83- расм.

669. $C_1 = 5$ мкФ сизимли қоғозли конденсатор ва $C_2 = 30$ см сизимли ҳаво конденсатори кетма-кет уланган ва э. ю. к. $\mathcal{E} = 200$ В бўлган батареяга уланган. Сўнгра иккинчи конденсатор керосинга ботирилган. Бунда занжирдан қандай Q заряд оқади? Керосиннинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 2$ га тенг.

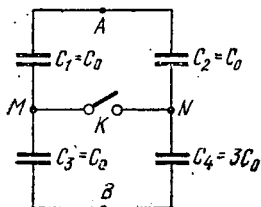
670. Иккита бирдай ясси ҳаво конденсатори кетма-кет уланган ва ўзгармас э. ю. к. ли ток манбаига уланган. Агар бир конденсатор ичига диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 4$ бўлган диэлектрик пластинкани конденсатор пластинкалари орасидаги фазони тўлдирадиган қилиб киритилса, бошқасидаги электр майдон кучланганлиги қанча марта ўзгаради?

671. Ясси конденсатор ичида турган Q_0 зарядли нуқтавий зарядга F куч таъсир қилади. Агар конденсаторни t вақт давомида I ток кучи билан зарядланса, бу куч қандай ΔF каталikka ўзгаради?

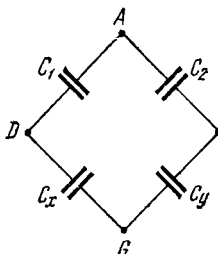
672. 84- расмда тасвирланган схема бўйича уланган конденсаторларни A ва B ўтказгичларни э. ю. к. $\mathcal{E} = 80$ В бўлган батареяга улаш билан зарядланди ва сўнгра батареядан узиб қўйилди. K калит уланганда A ўтказгичдан ўтадиган заряд миқдорини аниқланг. Конденсаторларнинг сизимлари схемада кўрсатилган. Бунда $C_0 = 100$ мкФ.

673. Тўртта конденсатор ўзаро 85- расмда кўрсатилгандек қилиб уланган. Ток манбаи қутбларини A ва G клеммаларга ёки D ва B клеммаларга улаш мумкин. Конденсаторларнинг сизимлари $C_1 = 2$ мкФ ва $C_2 = 5$ мкФ га тенг. C_x ва C_y нинг ҳамма конденсаторларнинг қопламаларидаги зарядлар (ток манбаининг юқорида кўрсатилган икки усулдан қайси бири бўйича уланишидан қатъи назар) абсолют катталиги бўйича ўзаро тенг бўладиган қиймаглари топинг.

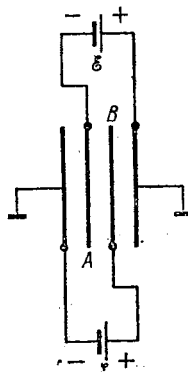
674. Иккита бир хил ясси конденсатор бир-бирига шундай киритилганки, бунда ихтиёрий икки қўшни пластинкалар орасидаги масофа $d = 5$ мм га тенг. Ҳар бир конденсатор э. ю. к. $\mathcal{E} = 100$ В бўлган батареяга уланган. Уларнинг пластинкаларидан бири ерга уланган (86- расм). A ва B пластинкалар орасидаги E электр майдон кучланганлигини аниқланг. Конденсатор ичидаги майдонни бир жинсли деб ҳисобланг.



84- расм.

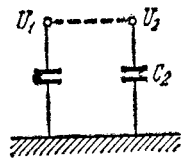


85- расм.



86- расм.

675. Агар бошланғич тезликка эга бўлмаган электрон ясси конденсаторда бир пластинкадан иккинчисигача бўлган йўлни ўтганда $v = 10^9$ см/сек тезликка эришганлиги маълум бўлса, конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлигини аниқланг. Пластинкалар орасидаги масофа $d = 3$ см, электрон зарядининг унинг массасига нисбати $e/m = 5,3 \cdot 10^{17}$ СГСЭ заряд бирл./г.



87- расм.

676. $C = 2$ мкФ сифимли конденсаторга $q = 10^{-3}$ Кл заряд берилган. Конденсатор қопламаларини ўтказгич билан туташтирилган. Конденсатор зарядсизланганда ўтказгичда ажралдиган иссиқлик миқдорини ва конденсатор қопламалари орасидаги зарядсизлантирилгунча бўлган потенциаллар фарқини аниқланг.

677. $n = 20$ та ўзаро параллел уланган бир хил конденсаторлардан тузилган батареяни зарядсизлантиришда 10 Ж иссиқлик ажралган. Ҳар бир конденсаторнинг сифими $C = 4$ мкФ га тенг. Конденсаторлар қандай потенциаллар фарқигача зарядланганлигини аниқланг.

678. $\varphi = 3000$ В потенциалгача зарядланган $R = 5$ см радиусли шарни ерга уланганда қанча иссиқлик миқдори ажралишини аниқланг.

679. Агар шар $\varphi = 100$ В потенциалгача зарядланган бўлса, унга қанча заряд берилган? Шарда тўпланган электр энергияси $W = 2,02$ Ж га тенг.

680. Икки конденсаторнинг юқориги (ерга уланмаган) қопламаларини ўтказгич билан туташтирилганда ажралдиган иссиқлик миқдорини аниқланг (87-расм). Конденсаторларнинг юқориги қопламалари билан ер орасидаги потенциаллар фарқи мос ҳолда $U_1 = 100$ В ва $U_2 = -50$ В га тенг. Конденсаторларнинг сифимлари эса $C_1 = 2$ мкФ ва $C_2 = 0,5$ мкФ.

681. $U_1 = 100$ В ва $U_2 = 50$ В кучланишгача зарядланган $C_1 = 2$ мкФ ва $C_2 = 0,5$ мкФ сифимли конденсаторларни бир хил ишорали қопламалари билан ўзаро уланганда иссиқликка айланган электр энергияси миқдорини аниқланг.

20-§. Ўзгармас электр токи

*Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни.
Ўтказгичларнинг қаршилиги*

Ўзгармас электр токи (ток кучи) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$I = \frac{q}{t},$$

бунда q — ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзи орқали t вақтда ўтган заряд миқдори. СИ системада зарядлар Кулон ҳисоби-

да, вақт секунд ҳисобида ўлчанганда, ток кучи бирлиги 1 А бўлади.

Электр токининг зичлиги деб (ўтказгичнинг кўндаланг кесими бўйича текис тақсимланган ток учун), ушбу

$$j = \frac{I}{S}$$

катталikka айтилади, бунда S — ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзи.

Занжирнинг биринчи ва иккинчи тур ўтказгичлар (металлар ва эритмалар ёки электролит эритмалари) иштирок этган қисми учун Ом қонуни ўринли:

$$I = kU \text{ ёки } I = \frac{U}{R},$$

бу ерда R — ўтказгичнинг қаршилиги, $k = 1/R$ — унинг ўтказувчанлиги, U — занжирнинг шу қисмидаги кучланиш тушиши (унинг учлари орасидаги потенциаллар фарқи).

СИ системада қаршилик бирлиги қилиб 1 Ом = 1 В/А қабул қилинган.

1 СГСЭ қаршилик бирл. = $9 \cdot 10^{11}$ Ом.

Ўтказувчанлик сименс ҳисобида ўлчанади. 1 См = 1 Ом⁻¹.

Кўндаланг кесим юзи бир хил бўлган бир жинсли материалдан ясалган ўтказгичнинг қаршилиги ўтказгичнинг узунлиги l ва унинг кўндаланг кесими S билан қуйидаги муносабат орқали боғланган:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

бунда ρ — ўтказгич материалнинг солиштирма қаршилиги. Солиштирма қаршилик бирликлари орасида қуйидагича муносабат мавжуд:

$$1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} = 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см} = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Металл ўтказгичларнинг қаршилиги температура (t) билан қуйидагича боғланган:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

бунда α — қаршиликнинг температура коэффициенти ва R_0 — ўтказгичнинг $t_0 = 0^\circ\text{C}$ температурадаги қаршилиги.

682. Агар $t = 10$ сек вақт ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзидан $q = 100$ Кл электр миқдори ўтганлиги маълум бўлса, ток зичлигини аниқланг. Ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзи $S = 5 \text{ мм}^2$.

683. Ўзгармас гок вольтметри $U = 3$ В гача бўлган максимал кучланишни ўлчашга мўлжалланган. Асбобнинг қаршили-

ги $R=300$ Ом. Унинг шкаласи $n=100$ бўлимга эга. Агар бу асбобдан миллиамперметр сифатида фойдаланилса, асбоб шкаласининг миллиамперларда ифодаланган бўлим қиймати қандай бўлади?

684. Электр ўлчов асбобидан ўлчаш чегараси $U=15$ В бўлган вольтметр сифатида ёки ўлчаш чегараси $I=7,5$ мА бўлган миллиамперметр сифатида фойдаланиш мумкин бўлиши учун унинг қаршилиги қандай бўлиши керак?

685. Вольтметр стрелкасининг шкала охиригача оғиши $U_1=15$ В кучланишга мос келади. Бунда вольтметр орқали ўтувчи ток $I_1=7,5$ мА га тенг. Вольтметр $U=5$ В кучланиш-ни кўрсатаётганда ундан ўтаётган токни ва вольтметрнинг ички қаршилигини аниқланг.

686. Агар $R=1000$ Ом қаршилик билан туташтирилган аккумулятор занжирига кетма-кет қилиб ички қаршилиги $R_1=100$ Ом бўлган миллиамперметр уланганда у $I_1=25$ мА ни кўрсатган бўлса, занжирдаги токни аниқланг. Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

687. Қаршилиги $R=10$ Ом бўлган ўтказгичдан $t=5$ мин вақт ичида $q=120$ Кл заряд ўтган. Бунда ўтказгичдаги кучланиш тушиши қанча бўлишини аниқланг.

688. Электр тармоғига кетма-кет қилиб плитка, реостат ва амперметр уланган, уларнинг қаршилиги мос равишда $R_1=50$ Ом, $R_2=30$ Ом ва $R_3=0,1$ Ом. Агар занжирдаги ток $I=4$ А бўлса, плитकाдаги, реостатдаги ва амперметрдаги кучланиш тушишларини алоҳида-алоҳида ҳисобланг.

689. Диаметри $D=0,1$ мм бўлган мис симнинг бир метрининг қаршилиги $2,23$ Ом га тенг. Миснинг ρ солиштирма қаршилиги қандай?

690. Массаси $m=1$ кг, кўндаланг кесим юзи $S=0,1$ мм² бўлган мис симнинг R қаршилигини аниқланг. Миснинг зичлиги $\rho_0=8900$ кг/м³, унинг солиштирма қаршилиги $\rho=1,75 \times 10^{-8}$ Ом · м.

691. Қаламдаги графит стерженнинг солиштирма қаршилиги $\rho=400$ Ом · мм²/м. Агар стерженга $U=6$ В кучланиш берилса, ундан қандай катталиқдаги I ток ўтади? Стерженнинг узунлиги $l=20$ см, унинг диаметри $d=2$ мм га тенг.

692. Диаметри $d=0,5$ мм ва узунлиги $l=47$ мм бўлган ўтказгични электр занжирига улаганда занжирдаги ток катталиги $I=1$ А бўлганда унинг учларидаги потенциаллар фарқи $U=12$ В га тенг бўлган. Ўтказгич материалнинг ρ солиштирма қаршилигини аниқланг.

693. Электр занжири узунлиги бирдай ва бир хил материалдан қилинган, аммо кўндаланг кесимлари турлича: $S_1=1$ мм², $S_2=2$ мм², $S_3=3$ мм² бўлган учта кетма-кет уланган ўтказгичдан иборат. Занжир учларидаги потенциаллар фарқи $U=11$ В. Ҳар бир ўтказгичдаги кучланиш тушишини аниқланг.

694. Температурани ўлчаш учун $t = 10^\circ\text{C}$ температурада қаршилиги $R = 150$ Ом бўлган темир симдан фойдаланилган. Маълум температурада симнинг қаршилиги $R_1 = 18,25$ Ом га тенг бўлган. Темир қаршилигининг температура коэффициентини $\alpha = 0,006 \text{ K}^{-1}$ бўлса, шу температури аниқланг.

695. Агар лампочкани $U = 220$ В ли тармоққа уланганда унинг толаси бўйлаб $I = 0,68$ А ток ўтса, толанинг t_1 температурасини аниқланг. Электр лампочкадаги вольфрам толанинг қаршилиги $t = 20^\circ\text{C}$ да $R = 36$ Ом га тенг. Вольфрам қаршилигининг температура коэффициентини $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

*Ўтказгичларни кетма-кет ва параллел улаш.
Қўшимча қаршилик ва шунт*

Ўтказгичларни кетма-кет уланганда умумий қаршилик шу ўтказгичлар қаршиликларининг йиғиндисига тенг:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

Ўтказгичларни параллел улаган ҳолда R умумий қаршилик шу ўтказгичларнинг қаршиликлари билан қуйидаги муносабатда боғланган:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

Демак, кетма-кет уланган ўтказгичларнинг умумий ўтказувчанлиги ушбу муносабатни қаноатлантиради:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n},$$

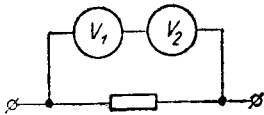
параллел уланган ўтказгичларнинг умумий ўтказувчанлиги эса шу ўтказгичлар ўтказувчанликларининг йиғиндисига тенг:

$$k = k_1 + k_2 + \dots + k_n$$

696. $U_1 = 120$ В ва $I_1 = 4$ А да нормал ёнадиган лампани $U = 220$ В кучланишли тармоққа улаш мумкин бўлиши учун унга қандай катталиктаги қўшимча қаршилик улаш керак?

697. Иккита ёй лампа ва қўшимча қаршилик кетма-кет уланган ва $U = 110$ В кучланишли тармоққа уланган. Ҳар бир лампадаги кучланиш тушиши $U_1 = 40$ В, занжирдаги ток кучи эса $I = 12$ А бўлса, қўшимча қаршилик катталигини аниқланг.

698. Электр занжирининг бир қисмидаги кучланишни ўлчаш учун занжирга иккита вольтметр кетма-кет уланган (88-расм). Ички қаршилиги $R_1 = 5000$ Ом бўлган биринчи вольтметр $U_1 = 20$ В ни, иккинчиси эса $U_2 = 80$ В ни кўрсатди. Иккинчи вольтметрнинг қаршилигини аниқланг.



88- расм.

699. Темир симдан қилинган реостат, миллиамперметр ва э. ю. к. манбаи кетма-кет уланган. Температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$ бўлганда реостатнинг қаршилиги $R = 200$ Ом га тенг. Миллиамперметрнинг қаршилиги $r = 20$ Ом. Миллиамперметрнинг кўрсатиши $I_0 = 30$ мА. Агар реостат 50°C қизиса, миллиамперметр қандай қийматни кўрсатади? Темир қаршилигининг температура коэффициентини $\alpha = 6 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

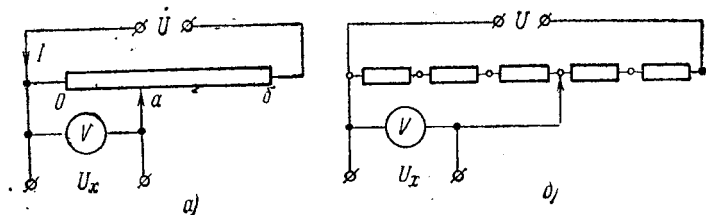
700. $R = 2000$ Ом қаршилик кетма-кет уланган икки қисмдан ташкил топган. Биринчи қаршилик (кўмирдан иборат) нинг температура коэффициентини $\alpha_1 = -0,01 \text{K}^{-1}$, иккинчи қаршилик (симлы қаршилик) нинг температура коэффициентини $\alpha_2 = +0,002 \text{K}^{-1}$ га тенг. Занжирнинг R йиғинди қаршилиги температурага боғлиқ бўлмаслиги учун кўмир ва симли қаршиликлар катталигини қандай танлаш керак?

701. Шундай электр схема тузингки, коридордаги ёритиш лампасини коридорнинг ҳар иккала томонидан туриб ўчириш ва ёқиш мумкин бўлсин.

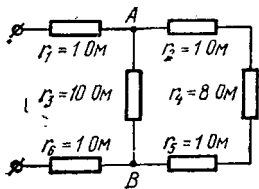
702. $U = 120$ В ли кучланиш тармоғига ҳар бирининг қаршилиги $R = 200$ Ом дан бўлган иккита электр лампа уланган. Бу лампалар параллел уланганда ва кетма-кет уланганда ҳар бир лампадан қанча ток ўтади?

703. 89-расмдаги схема бўйича уланган сирпанувчи контактли (ёки штепсель контактли) реостат кучланиш бўлгичи (потенциометр) бўлиб хизмат қилади. a контактни O дан b гача силжитилганда U_x кучланиш нолдан манба клеммаларидаги U кучланишгача узлуксиз ўзгаради. Потенциометрдан олинadиган U_x кучланишнинг a контакт вазиятига қандай боғланишини аниқланг. Бу боғланиш графигини вольтметрнинг R_1 қаршилиги реостатнинг R қаршилигидан анча катта бўлган ҳол учун чизинг.

704. Узунлиги $l = 100$ м бўлган биметалл ўтказгич (темир-мис) қаршилигини топинг. Ички темир асоснинг (ўтказгич мустаҳкамлигини ортирувчи) диаметри $d = 2$ мм. Ўтказгичнинг умумий диаметри $D = 5$ мм. Темирнинг солиштира қаршилиги $\rho_1 = 0,12$ Ом \cdot мм²/м, мисники $\rho_2 = 0,017$ Ом \cdot мм²/м га тенг. Таққослаш учун l узунликка эга бўлган D диаметри бир жинсли темир ўтказгичнинг R_3 қаршилигини ва мис ўтказгичнинг R_4 қаршилигини ҳисобланг.



89- расм.



90- расм.

705. 90- расмда тасвирланган занжирнинг умумий қаршилигини ҳисобланг.

706. Кетма-кет уланган икки ўтказгичнинг умумий қаршилиги $R = 5$ Ом, параллел уланганда эса $R_0 = 1,2$ Ом бўлган. Ҳар бир ўтказгичнинг қаршилигини аниқланг.

707. Сим ҳалқанинг икки нуқтасига тоқ келтирувчи симлар уланган. Агар ҳосил бўлган занжирнинг умумий қаршилиги ҳалқа ясалган симнинг қаршилигидан $n = 4,5$ марта кичик бўлса, уланиш нуқталари ҳалқа айланаси узунлигини қандай нисбатда бўлади?

708. 91- расмда тасвирланган электр занжирга уланган амперметр $I = 0,04$ А токни, вольтметр эса $U = 20$ В кучланишни кўрсатади. Агар $R_1 = 1000$ Ом бўлса, вольтметрнинг R қаршилигини аниқланг.

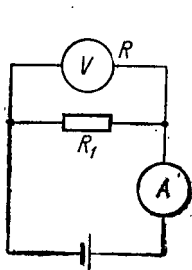
709. 92- расмда тасвирланган схема бўйича уланган вольтметр ($U = 50$ В) ва амперметр ($I = 0,5$ А) ларнинг кўрсатишлари асосида лампочка толасининг R_1 қаршилигини аниқланг. Вольтметрнинг қаршилиги $R_2 = 40$ кОм га тенг.

710. Агар амперметр $I = 5$ А токни, вольтметр $U = 100$ В кучланишни кўрсатаётган бўлса (93- расм), R_1 қаршиликни аниқланг. Вольтметрнинг ички қаршилиги $R_0 = 2500$ Ом. Агар вольтметрнинг ички қаршилиги R_1 га нисбатан жуда катта ва ҳисобларда вольтметр орқали ўтувчи ток жуда кичик деб фараз қилинса, R_1 қаршиликни аниқлаш хатолиги қандай бўлади?

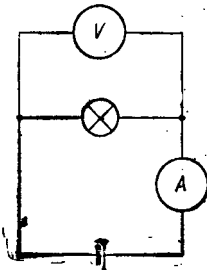
711. Иккита бирдай R қаршиликли ўтказгич э. ю. к. \mathcal{E} га тенг бўлган манба билан кетма-кет уланган. Агар ички қаршиликлари R ва $10R$ бўлган вольтметрларни ўтказгичлардан бирининг учларига галма-гал уланса, вольтметрларнинг кўрсатишлари орасидаги фарқ қандай бўлади? Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

712. $U = 12$ В кучланишли манбага икки лампани таъминловчи линия уланган. Лампаларнинг уланиш схемаси 94- расмда кўрсатилган. Линиядаги ҳар бир участканинг қаршилиги $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r = 1,5$ Ом. Ҳар бир лампанинг қаршилиги $R = 36$ Ом. Ҳар бир лампадаги кучланиш тушишини аниқланг.

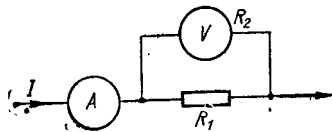
713. 95- расмда кўрсатилган электр схемада генера-



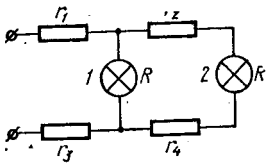
91- расм.



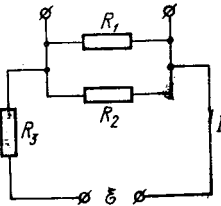
92- расм.



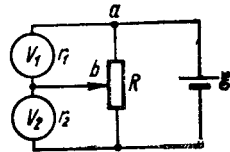
93- расм.



94- расм.



95- расм.

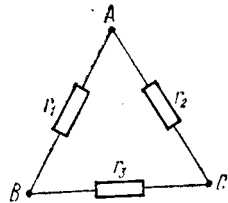


96- расм.

торнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 200$ В ва қаршиликлар $R_1 = 60$ Ом, $R_2 = R_3 = 30$ Ом. R_1 қаршиликдаги кучланиш тушишини ҳисобланг. Генераторнинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

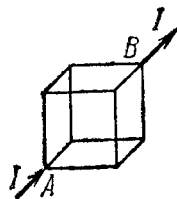
714. Электр занжир $\mathcal{E} = 180$ В э. ю. к. ли манба ва $R = 5$ кОм қаршиликдан иборат. 96-расмда тасвирланган схема бўйича реостатга уланган вольтметрларнинг кўрсатишларини аниқланг. Вольтметрларнинг ички қаршиликлари $r_1 = 6$ кОм ва $r_2 = 4$ кОм. Манбанинг ички қаршилигини ва ток келтирувчи симларнинг қаршиликларини ҳисобга олмаслик мумкин. Қўзғалувчи b контакт реостатнинг ўртасида турибди.

715. Учта реостат 97-расмда тасвирланган схема бўйича уланган. Агар реостатлар занжирга AB нуқталарда уланган бўлса, занжир қаршилиги $R_1 = 20$ Ом, агар AC нуқталарда уланган бўлса, $R_2 = 15$ Ом бўлади. Агар $r_1 = 2r_2$ эканлиги маълум бўлса, r_1, r_2, r_3 қаршиликларни аниқланг.



97- расм.

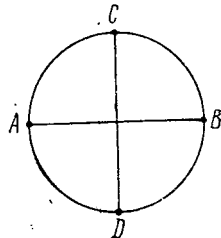
716. Қаршилиги $R = 36$ Ом бўлган бир жинсли ўтказгични бир неча тенг бўлакка бўлиб, уларни параллел улаганда умумий қаршилик $R_0 = 1$ Ом бўлиши учун ўтказгични неча бўлак қилиб қирқиш керак?



98- расм.

717. Бир жинсли симдан куб шаклида қаркас ясалган (98-расм). Кубнинг ҳар бир қирраси r қаршиликка эга. Агар ток кубнинг A учидан B учига томон ўтаётган бўлса, қаркасининг R қаршилигини топинг. Умумий занжирдаги ток I га тенг бўлса, қаркасининг ҳар бир қиррасидан қандай катталикидаги ток ўтади?

718. Бир birlik узунлигининг қаршилиги r бўлган симдан 99-расмда тасвирланган шаклдаги контур тўзилган (R радиусли айлана ва иккита ўза o перпендикуляр диаметр). C ва D нуқталар орасидаги x қаршиликни аниқланг.



99- расм

719. Узунлиги $L = 1$ м бўлган ўтказгич учта толадан ўриб тайёрланган бўлиб, уларнинг ҳар бири бирлик узунлигининг қаршилиги $\rho = 0,02$ Ом/м бўлган ингичка изоляцияланмаган сим бўлагидан иборат. Ўтказгич учларига $U = 0,01$ В кучланиш қўйилган. Агар бир толасидан $l = 20$ см олиб ташланса, бу ўтказгичдан ўтувчи ток кучи қандай ΔI катталиққа ўзгаради?

720. Ўзгармас ток манбаининг қутблари аввал тўғри n -бурчакли сим рамканинг икки қўшни учларига уланган. Сўнгра битта уч оралатиб олинган икки учига уланади. Бунда ток кучи 1,5 марта камаяди. n -бурчакли рамканинг томонлари сонини аниқланг. Манбаининг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

721. $R_1 = 2,5$ Ом қаршилик ҳосил қилиш учун қаршиликлари $r_1 = 1$ Ом, $r_2 = 2$ Ом, $r_3 = 3$ Ом ва $r_4 = 4$ Ом бўлган тўртта ўтказгични ўзаро қандай улаш керак?

722. Параллел уланган ўтказгичларнинг икки кетма-кет уланган группасидан тузилган электр занжирнинг ўтказувчанлигини аниқланг. Биринчи группа ўтказгичларининг ҳар бири $k = 0,5$ См (сименс) ўтказувчанликка эга, иккинчи группа ўтказгичларининг ҳар бири эса $k' = 0,25$ См ўтказувчанликка эга. Биринчи группа тўртта ўтказгичдан, иккинчи группа эса иккита ўтказгичдан иборат.

723. Вольтметр $U_1 = 30$ В гача бўлган максимал кучланишни ўлчашга мўлжалланган. Бунда вольтметрдан $I = 10$ мА ток ўтади. Шу вольтметр билан $U = 150$ В кучланишни ўлчаш мумкин бўлиши учун унга қандай қўшимча қаршилик улаш керак?

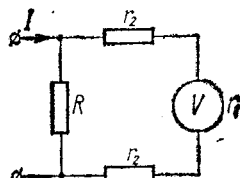
724. Агар миллиамперметрдан $I = 0,01$ А ток ўтса, унинг стрелкаси шкаланинг охиригача оғади. Миллиамперметрнинг ички қаршилиги $R = 5$ Ом га тенг. Ундан $U = 300$ В максимал кучланишни ўлчашга мўлжалланган вольтметр сифатида фойдаланиш учун асбобга қандай R_k қўшимча қаршилик улаш керак?

725. $R_1 = 10$ кОм қаршилик билан кетма-кет уланган вольтметр $U = 220$ В кучланишли тармоққа уланганда $U_1 = 70$ В ни кўрсатди. R_2 қаршилик билан кетма-кет уланган вольтметр эса $U_2 = 20$ В ни кўрсатди. R_2 қаршилик катталигини аниқланг.

726. Ички қаршилиги $R = 3000$ Ом бўлган вольтметр шаҳар тармоғига уланганда $U = 125$ В ни кўрсатди. Вольтметрга номаълум R_1 қаршиликли ўтказгич кетма-кет уланганда эса унинг кўрсатиши $U_1 = 115$ В гача камайди. Номаълум қаршилик катталигини аниқланг.

727. Манбага $R_2 = 120$ кОм қўшимча қаршилик билан кетма-кет уланган вольтметр $U_1 = 100$ В кучланишни кўрсатди. Вольтметрнинг ички қаршилиги $R_1 = 50$ кОм га тенг. Манба қутбларидаги U_2 кучланишни аниқланг.

728. 100-расмда тасвирланган занжирдаги вольтметр кўрсатишини аниқланг. Занжирдаги ток тармоқланмасдан олдин I га тенг бўлган. Вольтметрнинг ички қаршилиги r_1 , занжирдаги r_2 ва R қаршиликлар берилган.



100-расм.

729. Асбоб шкаласининг бўлим қиймати $i_0 = 1 \text{ мкА/бўл.}$ ва бўлимлар сони $N = 100$. Асбобнинг ички қаршилиги $R_a = 50 \text{ Ом.}$

Бу асбобни $I = 10 \text{ мА}$ гача катталиқдаги тоқларни ўлчашга ёки $U = 1 \text{ В}$ гача катталиқдаги кучланишларни ўлчашга мослаштириш учун нима қилиш керак?

730. $I_a = 25 \text{ мА}$ га мўлжалланган $R_a = 10 \text{ Ом}$ ички қаршиликли миллиамперметрдан $I = 5 \text{ А}$ гача катталиқдаги тоқларни ўлчайдиган амперметр сифатида фойдаланиш керак. Шунт қаршилиги қандай бўлиши керак? Асбобнинг сезгирлиги неча марга камаяди?

731. Э. ю. к. $\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$ ва ички қаршилиги $r = 0,2 \text{ Ом}$ бўлган гальваник элементга тўғридан-тўғри уланган амперметр $I = 5 \text{ А}$ токни кўрсатди. Агар амперметрга $R_{ш} = 0,1 \text{ Ом}$ қаршиликли шунт уланса, амперметр қандай I_a токни кўрсатади?

732. Гальванометрни r_1 , r_2 ва r_3 қаршиликлар билан шунтлаганда уларга занжирдаги умумий токнинг 90%, 99% ва 99,9% проценти тармоқланади. Агар гальванометрнинг қаршилиги $R = 27 \text{ Ом}$ бўлса, r_1 , r_2 ва r_3 қаршиликлар катталигини аниқланг.

733. Миллиамперметр шкаласи 0 дан 50 гача бўлинган бўлиб, бўлим қиймати $\alpha = 500 \text{ мкА/бўл.}$ ва ички қаршилиги $R_0 = 200 \text{ Ом}$ га тенг. Бу асбоб билан $I = 1 \text{ А}$ гача токни ўлчаш мумкин бўлиши учун унга қандай катталиқдаги қаршиликни, қандай улаш керак?

734. Ички қаршилиги $R_a = 0,1 \text{ Ом}$ бўлган амперметрга $R_{ш} = 0,0111 \text{ Ом}$ қаршиликли шунт уланган. Занжирдаги умумий ток $I = 27 \text{ А}$ бўлса, амперметр орқали ўтувчи токни аниқланг.

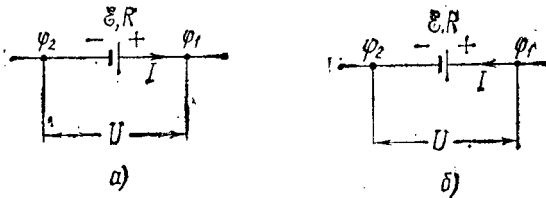
735. Ички қаршилиги $R_a = 0,03 \text{ Ом}$ бўлган амперметрга узунлиги $l = 10 \text{ см}$ ва диаметри $d = 1,5 \text{ мм}$ бўлган мис сим параллел уланган. Агар амперметр $I_a = 0,4 \text{ А}$ ни кўрсатса, занжирдаги ток катталигини аниқланг. Миснинг солиштирама қаршилиги $\rho = 0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м.}$

Бутун занжир учун Ом қонуни

R ташқи қаршилик ва ички қаршилиги r бўлган манбадан (э. ю. к. \mathcal{E}) иборат берк занжирдан ўтувчи тўла ток

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

кўринишда ифодаланади.



101- расм.

Занжирнинг \mathcal{E} э. ю. к. ва R қаршилик (манбанинг ички қаршилиги ҳам шунга киради) иштирок этган қисмидаги кучланиш

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \mathcal{E} - IR,$$

бунда φ_1 ва φ_2 — шу қисм боши ва охиридаги потенциаллар (101-а расм.) Бу ерда қисм боши деганда манбанинг мусбат қутби томони, охири деганда манфий қутб томони тушунилади ва I ток манба ичида манфий қутбдан мусбат қутб томон оқади. Агар занжирнинг бошқа қисмлари ҳам э. ю. к. манбага эга бўлса, у ҳолда бу қисмдаги манба ичида қарама-қарши йўналган ток мавжуд бўлиши мумкин (101-б расм). Бу ҳолда

$$U = \mathcal{E} + IR.$$

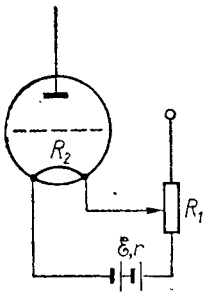
736. Э. ю. к. $\mathcal{E} = 30$ В бўлган батарея занжиридаги ток $I = 3$ А га тенг. Батарея клеммаларидаги кучланиш $U = 18$ В. Ташқи занжир қаршилиги R ни ва батареянинг ички қаршилиги r ни топинг.

737. Манба (э. ю. к. $\mathcal{E} = 6$ В, ички қаршилиги $r = 2$ Ом) ва реостатдан иборат занжир орқали $I = 0,5$ А ток ўтмоқда. Реостатнинг R қаршилигини уч марта камайтирилганда занжирдан қандай I ток ўтади?

738. Э. ю. к. \mathcal{E} ва ички қаршилиги r бўлган манба ташқи R қаршилик билан туташтирилган. Занжирдаги ток ва манба клеммаларидаги кучланиш ташқи қаршиликка боғлиқ ҳолда қандай ўзгаришини аниқланг. $\mathcal{E} = 15$ В ва $r = 2,5$ Ом бўлган ҳол учун график ясанг.

739. Радиолампанинг чўғланиш толаси аккумулятор занжирига реостат билан кетма-кет уланган. Аккумуляторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 2,5$ В ва ички қаршилигини $r = 0,1$ Ом (102- расм). Реостат қаршилиги $R_1 = 8,4$ Ом бўлганда радиолампанинг чўғланиши учун етарли ток қарор топади. Чўғланиш толасининг қаршилиги $R_2 = 30$ Ом бўлса, I чўғланиш токини аниқланг.

740. Радиолампани чўғлантириш учун $U = 4$ В кучланиш ва $I = 1$ А ток керак. Лампани э. ю. к. $\mathcal{E} = 12$ В ва ички қаршилиги



102- расм.

0,6 Ом бўлган аккумуляторлар батареясидан таъминлаш учун чўғлантириш занжирига улаш керак бўлган R_1 қўшимча қаршилик катталигини аниқланг (102-расм).

741. Лампа э. ю. к. $\mathcal{E} = 2$ В ва ички қаршилиги $r = 0,04$ Ом бўлган аккумуляторга мис симлар билан уланган. Симларнинг узунлиги $l = 4$ м ва диаметри $d = 0,8$ мм. Аккумулятор клеммаларидаги кучланиш $U = 1,98$ В. Лампанинг R_2 қаршилигини топинг. Миснинг солиштирма қаршилиги $\rho = 0,017$ Ом \cdot мм²/м.

742. Вольтметр э. ю. к. $\mathcal{E} = 120$ В ва ички қаршилиги $r = 50$ Ом бўлган ток манбаига уланган бўлиб, $U = 118$ В ни кўрсатмоқда. Вольтметрнинг R ички қаршилигини аниқланг.

743. Ташқи занжир улангандан сўнг батарея клеммаларидаги потенциаллар фарқи $U = 18$ В га тенг бўлган. Ташқи занжирнинг қаршилиги $R = 6$ Ом, батареянинг э. ю. к. эса $\mathcal{E} = 30$ В бўлса, батареянинг r ички қаршилиги нимага тенг?

744. Лампочка контактларидаги кучланиш $U_2 = 1$ В, унинг қаршилиги $R_2 = 10$ Ом бўлса, ток келтирувчи симлардаги U_1 кучланиш тушишини ва уларнинг R_1 қаршилигини аниқланг. Манбанинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 1,25$ В, унинг ички қаршилиги $r = 0,4$ Ом.

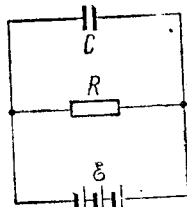
745. Динамомашина ўзаро параллел уланган, ҳар бирининг қаршилиги $R = 1200$ Ом ва $U_0 = 220$ В кучланишга мўлжалланган $n = 100$ та лампага ток беради. Линия қаршилиги $R_1 = 4$ Ом. Машинанинг ички қаршилиги $r = 0,8$ Ом. Машинанинг э. ю. к. ни ва клеммаларидаги кучланишни аниқланг.

746. 103-расмда тасвирланган схемада ясси конденсатордаги электростатик майдон кучланганлиги $E = 2250$ В/м бўлиши учун батареянинг э. ю. к. қандай бўлиши керак? Батареянинг ички қаршилиги $r = 0,5$ Ом. Схемада кўрсатилган R қаршилик 4,5 Ом га тенг. Ясси конденсатор пластинкалари орасидаги масофа $d = 0,2$ см.

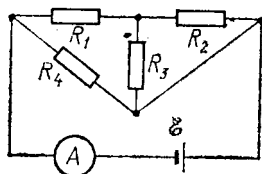
747. Гальваник элементлар батареяси $R = 10$ Ом қаршиликли ўтказгич билан туташтирилган. Батареянинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 15$ В ва ички қаршилиги $r = 5$ Ом. Унинг клеммаларига $C = 1$ мкФ сифмли конденсатор уланган. Конденсатордаги заряд миқдорини аниқланг.

748. Ёпиқ электр занжири ток манбаи ва кетма-кет уланган иккита бир хил қаршиликдан иборат. Қаршиликлардан бирининг учларига галма-гал иккита вольтметр уланади: бирининг қаршилиги R , иккинчисининг қаршилиги эса $10 R$. Вольтметрларнинг кўрсатишлари бир-биридан қанча марта фарқ қилади? Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

749. Э. ю. к. $\mathcal{E} = 8,8$ В бўлган манбага кетма-кет қилиб, катталиги номаълум R_1 қаршилик ва $R_2 = 1000$ Ом қаршилик уланган. R_1 қаршиликнинг учларига ички қаршилиги $r =$



103-расм.



104-расм.

$= 5000$ Ом бўлган вольтметр уланган бўлиб, у $U = 4$ В ни кўрсатади. Агар вольтметр узилса, R_1 қаршилиқдаги кучланиш тушиши U_1 қандай бўлади? Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

750. 104-расмда тасвирланган схемага уланган амперметр қандай I токни кўрсатади? Бунда $R_1 = 1,25$ Ом, $R_2 =$

$= 1$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 7$ Ом ва манбанинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 2,8$ В. Амперметр ва манбанинг ички қаршилиқларини ҳисобга олманг.

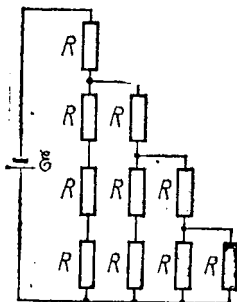
751. 105-расмда тасвирланган схемадаги ток манбаи орқали ўтувчи I токни аниқланг. Схемадаги ҳамма қаршилиқлар бирдай ва $R = 34$ Ом га тенг, манбанинг э. ю. к. эса $\mathcal{E} = 7,3$ В. Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

752. 106-расмда тасвирланган схемадаги R_2 қаршилиқдан ўтувчи I ток катталигини аниқланг. Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

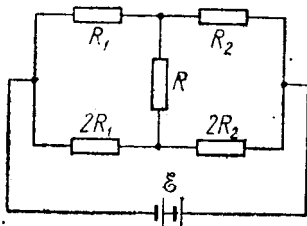
753. Генераторнинг бир қутби кабелнинг марказий алюминий симига (симнинг диаметри $d = 8$ мм), иккинчи қутби эса кабелнинг ташқи диаметри $D_1 = 18$ мм ва ички диаметри $D_2 = 16$ мм бўлган қўрғошин қобигига уланган. Агар қисқа туташувдаги бошланғич ток $I = 120$ А бўлса, генератордан қандай I масофада (кабель бўйлаб) кабель узилган ва марказий сим билан қобиқ орасида қисқа туташув рўй берган? Генераторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 1400$ В ва ички қаршилиги $r_0 = 2,2$ Ом. Алюминийнинг солиштира қаршилиги $\rho_1 = 0,03$ Ом \cdot мм²/м, қўрғошинники $\rho_2 = 0,20$ Ом \cdot мм²/м.

754. Агар калит уланмасдан аввал конденсатордаги кучланиш доимий бўлса, 107-расмда тасвирланган схемадаги калит уланган бошланғич моментда R қаршилиқ орқали ўтувчи I ток кучи қандай бўлади?

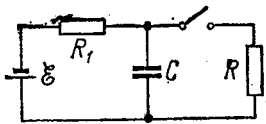
755. 108-расмда тасвирланган схемадаги C_1 ва C_2 конденсаторлар қопламаларидаги U_1 ва U_2 потенциаллар фарқини аниқланг.



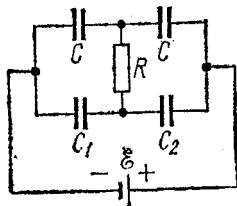
105-расм.



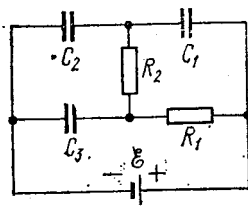
106-расм.



107- расм.



108- расм.



109- расм.

756. 109- расмда тасвирланган схемадаги ҳар бир конденсаторнинг q_1 , q_2 ва q_3 заряд катталикларини аниқланг.

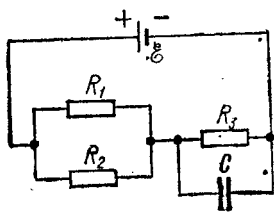
757. Ички қаршилиги $r_0 = 3$ Ом бўлган элемент таъминлаб турган занжир 110- расмда кўрсатилганидек, параллел уланган $R_1 = R_2 = 28$ Ом лик иккита қаршилик ва $R_3 = 40$ Ом лик битта қаршиликдан иборат бўлиб, R_3 қаршиликка $q = 4,2 \cdot 10^{-6}$ Кл зарядга эга бўлган $C = 5$ мкФ сиғимли конденсатор параллел уланган. Элементнинг \mathcal{E} э. ю. к. ни аниқланг.

758. Иккита бир хил $r = 25$ Ом лик ва битта $R = 50$ Ом лик қаршиликлар 111- расмда кўрсатилган схема бўйича манбага уланган. Схеманинг AB қисмига $C = 5$ мкФ сиғимли конденсатор уланган. Конденсатордаги заряд $q = 1,1 \cdot 10^{-4}$ Кл бўлса, манбанинг \mathcal{E} э. ю. к. ни аниқланг. Манбанинг ички қаршилигини ва уловчи симлар қаршилигини ҳисобга олманг.

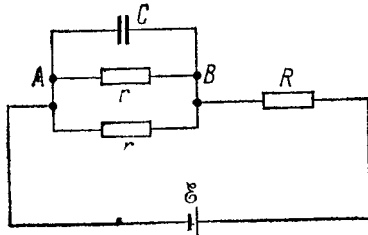
759. 112- расмда тасвирланган электр схемадаги C конденсатор пластинкаларидаги заряд катталиги қандай? Заряд катталигини схемада кўрсатилган катталиклар орқали ифодаланг. Манбанинг ички қаршилигини ва уловчи симлар қаршилигини ҳисобга олманг.

760. 113- расмда тасвирланган электр схемадаги C конденсатор қопламаларидаги потенциаллар фарқини аниқланг. Э. ю. к. \mathcal{E} ва ҳамма қаршиликлар берилган. Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

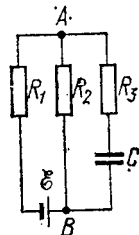
761. Ички қаршилиги $r = 1$ Ом га тенг бўлган батареяга R қаршилик уланган. Батарея клеммаларига уланган вольтметр $U_1 = 20$ В кучланишни кўрсатмоқда. Агар R қаршиликка худ-



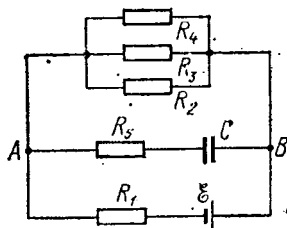
110- расм.



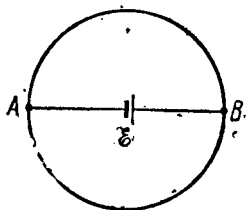
111- расм.



112- расм.



113-расм.



114-расм.

ди шундай R қаршилик параллел уланса, вольтметрнинг кўрсатиши $U_2 = 15$ В гача камаяди. Вольтметрнинг ички қаршилиги R дан жуда катта деб фараз қилиб, R қаршиликни аниқланг. Уловчи симлар қаршилигини ҳисобга олманг.

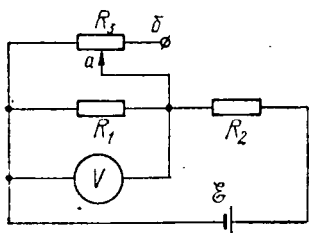
762. Генератор занжирига $R_1 = 100$ Ом ва $R_2 = 500$ Ом қаршиликлар кетма-кет қилиб уланган. Иккинчи қаршиликнинг учларига вольтметр уланган бўлиб, $U = 160$ В кучланишни кўрсатади. Вольтметрнинг R қаршилигини топинг. Генераторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 200$ В, унинг ички қаршилиги $r = 0,5$ Ом.

763. Нихром сим $a = 1$ м радиусли ҳалқа шаклида букилган (114-расм). Ҳалқа марказига Грене гальваник элементи жойлаштирилган бўлиб, у худди шундай нихром сим билан ҳалқанинг диаметри бўйича A ва B нуқталарга уланган. Гальваник элементнинг э. ю. к.

$\mathcal{E} = 2$ В ва ички қаршилиги $r = 1,5$ Ом. A ва B нуқталар орасидаги кучланишни аниқланг. Нихромнинг солиштирма қаршилиги $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6}$ Ом \cdot м, симнинг кесим юзи $S = 1$ мм². AB симнинг узунлиги ҳалқанинг диаметрига тенг деб ҳисобланг.

764. Манбанинг клеммаларига $R_1 = 10$ Ом ва $R_2 = 2$ Ом қаршиликлар параллел уланган. Биринчи қаршиликдан ўтувчи токнинг иккинчи қаршилик узилмасдан олдинги ва узилгандан кейинги қийматлари нисбатини аниқланг. Манбанинг ички қаршилиги $r = 1$ Ом.

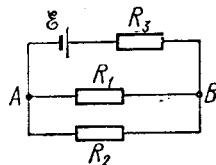
765. $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 1$ Ом қаршиликлар ва $R_3 = 2$ Ом қаршиликли реостат ички қаршилиги $r = 0,5$ Ом бўлган манбага уланган (115-расм). Занжирнинг тармоқланган қисмига вольтметр уланган. Реостат жилгичи унинг ўртасида (a нуқтада) турганда вольтметр $U_0 = 18$ В кучланишни кўрсатади. Агар реостат жилгичи ўнгдаги четки вазиятга (b нуқтага) қўйилса, вольтметрнинг кўрсатиши қандай бўлади? Вольтметрнинг қаршилиги R_1 ва R_2 қаршиликларга нисбатан жуда катта. Уловчи симларнинг қаршилигини ҳисобга олмаслик мумкин.



115-расм.

766. Ҳар бирининг қаршилиги $r = 2$ Ом бўлган олтига бирдай ўтказгич жуфтлаб параллел уланган. Учала жуфт ўтказгичлар ўз навбатида кетма-кет уланган ва ички қаршилиги $r_1 = 1$ Ом бўлган бата-

реяга уланган. Бунда ҳар бир ўтказгичдан $I = 2,5$ А ток ўтади. Агар ўтказгичлардан биттаси узиб ташланса, ҳар бир ўтказгичдан қандай ток ўтади?



116-расм.

767. Электр занжир 116-расмда тасвирланган схема бўйича уланган э. ю. к. манбай ва $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 2$ Ом ва $R_3 = 18,8$ Ом қаршиликлардан иборат. R_1 ва R_2 қаршиликлар орқали ўтувчи тоқларни аниқланг. Манбанинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 100$ В ва унинг ички қаршилиги $r = 0,2$ Ом.

768. Э. ю. к. $\mathcal{E} = 120$ В ва ички қаршилиги $r = 10$ Ом бўлган батареянинг қутбларига ҳар бирининг қаршилиги $R = 20$ Ом бўлган иккита ўтказгич уланган. Ўтказгичларнинг иккинчи бўш учлари ва уларнинг ўрта нуқталари ўзаро иккита лампочка орқали уланган бўлиб, бу лампочкаларнинг ҳар бири $R_1 = 200$ Ом қаршиликка эга. Батарея орқали ўтувчи токни аниқланг.

769. Электр ток манбаига $R_1 = 5$ Ом қаршилик уланганда занжирдан $I_1 = 5$ А ток ўтади. $R_2 = 2$ Ом қаршилик уланганда эса $I_2 = 8$ А ток ўтади. Манбанинг э. ю. к. ни ва ички қаршилигини аниқланг.

770. Аккумуляторни ташқи $R_1 = 14$ Ом қаршиликка туташтирилганда унинг клеммаларидаги кучланиш $U_1 = 28$ В га, $R_2 = 29$ Ом қаршиликка туташтирилганда эса клеммаларидаги кучланиш $U_2 = 29$ В га тенг бўлган. Аккумуляторнинг ички қаршилигини аниқланг. Уловчи симлар қаршилигини ҳисобга олмаг.

771. Батарея клеммаларига уланган $R_1 = 2$ Ом ички қаршиликли амперметр $I_1 = 5$ А токни кўрсатмоқда. Худди шу батареяга уланган $R_2 = 150$ Ом қаршиликли вольтметр эса $U = 12$ В ни кўрсатади. Батареянинг қисқа туташув тоқини топинг.

772. Электр схема ўзаро параллел уланган $R_1 = 40$ Ом ва $R_2 = 10$ Ом қаршиликлар ва э. ю. к. $\mathcal{E} = 10$ В бўлган аккумулятордан тузилган. Умумий занжирдаги ток $I = 1$ А. Аккумуляторнинг ички қаршилигини ва қисқа туташув тоқини аниқланг.

773. Аккумулятор $U = 40$ В кучланишли тармоқдан $R = 5$ Омлик қўшимча қаршилик орқали зарядланади. Аккумулятор клеммаларидаги U_1 кучланишни аниқланг. Аккумуляторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 25$ В ва ички қаршилиги $r = 1$ Ом.

Э. ю. к. манбаларини кетма-кет ва параллел улаш

n та бир хил элементни кетма-кет улаб батарея ҳосил қилинганда умумий занжирдаги ток

$$I = \frac{n \mathcal{E}}{R + nr}$$

бўлади, бунда R — ташқи занжир қаршилиги, r — ҳар бир элементнинг ички қаршилиги, \mathcal{E} — элементнинг э. ю. к.

n та бир хил элементни параллел улаганда умумий занжирдаги ток

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}$$

бўлади.

Кирхгоф қоидалари. Тармоқланган электр занжирларига доир масалаларни ечишда, айниқса, агар бундай занжирларда бир нечта ток манбалари бўлса, Кирхгоф қоидаларидан фойдаланиш қулайдир. Кирхгоф қоидалари қуйидагилар.

Тармоқланиш нуқтасига (тугунга) келувчи ва ундан кетувчи тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг:

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0. \quad (14)$$

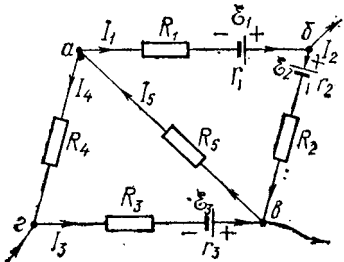
Тугунга келаётган тоқларни мусбат тоқлар, тугундан кетаётган тоқларни эса манфий деб қабул қилинади. Масалан, 117-расмдаги a тугун учун тоқлар тенгламаси: $I_5 - I_1 - I_4 = 0$.

Занжирнинг икки тугун орасидаги ҳар қайси қисмида ток йўналишини ихтиёрий танлаш мумкин, бироқ бунда масала ечишнинг барча босқичларида бу йўналишни сақлаш лозим. Агар ечим натижасида бирор ток учун манфий сон қийматлар олинса, у ҳолда бу тоқларнинг йўналиши дастлаб нотўғри танланган эканлигидан далolat беради.

Мураккаб электр занжирдаги исталган ёпиқ контурни айланиб чиққанда барча қаршилиқлардаги (манбаларнинг ички қаршилиги ҳам кирази) кучланиш тушишларининг алгебраик йиғиндиси шу контурдаги э. ю. к. ларнинг алгебраик йиғиндисига тенг, яъни:

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n. \quad (15)$$

Ҳар бир контурни айланиб чиқиш йўналиши (соат стрелкасининг ҳаракат йўналиши бўйича ёки унга тескари) ихтиёрий танланади. Агар икки тугун орасидаги участкада олдиндан танланган ток йўналиши контурни айланиб чиқиш йўналиши билан мос тушса, у ҳолда кучланиш тушиши мусбат ҳисобланади, агар ток йўналиши айланиб чиқиш йўналишига тескари бўлса, кучланиш манфий бўлади. Агар контур бўйича айланиб чиқишда ток манбаини манфий қутбидан мусбат қутбига томон ўтилса, у ҳолда э. ю. к. мусбат ҳисобланади, акс ҳолда э. ю. к. манфий бўлади. Масалан, 117-расмда кўрсатилган $ab\gamma$ контур учун соат стрелка-



117- расм.

сининг ҳаракат йўналиши бўйича айланишда (13) тенглама қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$I_1(R_1 + r_1) + I_2(R_2 + r_2) - I_3(R_3 + r_3) - I_4R_4 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3.$$

Агар бутун схемада m та тугун бўлса, у ҳолда (14) тенглама $m - 1$ та тугун учун тузилади. (15) тенгламани контурлар учун тузишда шунга эътибор бериш керакки, ҳар бир янги олинган контур аввал кўрилган контурларни қўшиш ёки айириш йўли билан олиш мумкин бўладиган контурлардан бўлмасин. Кирхгоф қоидалари бўйича тузилган тенгламалар сони тугунлар орасидаги участкалар сонига, яъни берилган схемадаги турли тоқлар сонига тенг бўлиши керак.

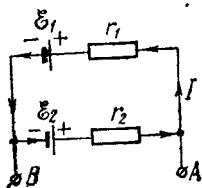
774. 118-расмдаги A ва B нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи қандай? Манбаларнинг э. ю. к. $\mathcal{E}_1 = 1$ В ва $\mathcal{E}_2 = 1,3$ В, занжирдаги қаршиликлар эса $r_1 = 10$ Ом ва $r_2 = 5$ Ом га тенг. Манбаларнинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

775. Иккита элемент 119-расмда кўрсатилган схема бўйича уланган. Биринчи элементнинг э. ю. к. $\mathcal{E}_1 = 1,5$ В ва ички қаршилиги $r_1 = 0,6$ Ом, иккинчи элементнинг э. ю. к. $\mathcal{E}_2 = 2$ В ва ички қаршилиги $r_2 = 0,4$ Ом. Элементларнинг клеммаларига (a ва b нуқталарга) уланган вольтметр қандай U кучланишни кўрсатади? Вольтметрнинг қаршилиги элементларнинг ички қаршилигидан анча катта.

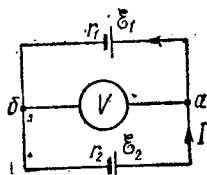
776. Э. ю. к. $\mathcal{E}_1 = 1,4$ ва $\mathcal{E}_2 = 1,1$ В, ички қаршиликлари мос равишда $r_1 = 0,3$ Ом ва $r_2 = 0,2$ Ом бўлган икки элемент турли исмли қутблари билан ўзаро туташтирилган. Элементларнинг клеммаларидаги кучланишни аниқланг. Қандай шароитда B ва A нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи нолга тенг бўлишини аниқланг (120-расм).

777. Э. ю. к. лари $\mathcal{E} = 2$ В дан ва ички қаршиликлари $r_1 = 0,4$ Ом ва $r_2 = 0,2$ Ом бўлган иккита ток манбаи кетмакет уланган. Ташқи қаршилик қандай бўлганда манбалардан бирининг клеммаларидаги кучланиш нолга тенг бўлади?

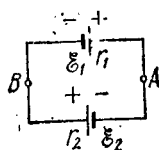
778. Агар r_1 элементнинг клеммаларидаги потенциаллар фарқи нолга тенг бўлса, унинг ички қаршилиги қандай (121-расм)? Схемадаги $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 6$ Ом ва $r_2 = 0,4$ Ом. Элементларнинг э. ю. к. лари бир хил.



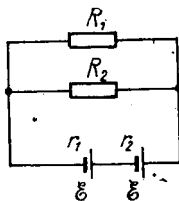
118-расм.



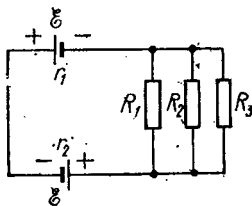
119-расм.



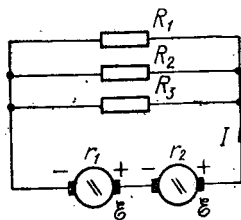
120-расм.



121- расм.



122- расм.



123- расм

779. R_1 , R_2 , R_3 , r_1 ва r_2 қаршиликлар қандай муносабатда бўлганда, элементлардан бирининг клеммаларидаги потенциаллар фарқи нолга тенг бўлади (122- расм). Манбаларнинг э. ю. к. лари бир хил.

780. 123- расмда тасвирланган схема бўйича генераторларнинг клеммаларидаги U_1 ва U_2 потенциаллар фарқини аниқланг. Генераторларнинг э. ю. к. лари бирдай ва $\mathcal{E} = 6$ В га тенг, уларнинг ички қаршиликлари $r_1 = 0,5$ Ом ва $r_2 = 0,38$ Ом. Ташқи занжир қаршиликлари $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 4$ Ом ва $R_3 = 7$ Ом.

781. Э. ю. к. лари $\mathcal{E}_1 = 2,2$ В, $\mathcal{E}_2 = 1,1$ В ва $\mathcal{E}_3 = 0,9$ В, ички қаршиликлари мос равишда $r_1 = 0,2$ Ом, $r_2 = 0,4$ Ом ва $r_3 = 0,5$ Ом бўлган учта гальваник элемент занжирга кетма-кет уланган. Ташқи занжир қаршилиги $R = 1$ Ом. Ҳар бир элемент клеммаларидаги кучланишни аниқланг.

782. Э. ю. к. лари $\mathcal{E} = 1,25$ В дан, ички қаршиликлари $r = 0,1$ Ом дан бўлган кетма-кет уланган тўртта элементдан иборат батарея параллел уланган $R_1 = 50$ Ом ва $R_2 = 200$ Ом қаршиликли икки ўтказгични ток билан таъминлайди. Батарея клеммаларидаги кучланишни аниқланг.

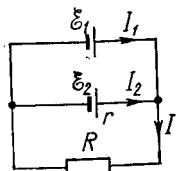
783. $U = 115$ В кучланиш ва $I = 25$ А ток берадиган батарея тузиш учун ички қаршилиги $r = 0,004$ Ом бўлган бир хил аккумулятордан қанча керак бўлади? Аккумуляторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 1,25$ В.

784. $n = 40$ та аккумуляторни кетма-кет улаб тузилган батарея $U = 127$ В кучланишли тармоқдан зарядланади. Агар аккумуляторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 2,5$ В, ички қаршилиги $r = 0,2$ Ом ва занжирга $R = 2$ Ом қўшимча қаршилик киритилган бўлса, зарядлаш токи қанчага тенг?

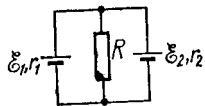
785. Э. ю. к. лари $\mathcal{E}_1 = 1,25$ В ва $\mathcal{E}_2 = 1,5$ В, ички қаршиликлари бирдай ва $r = 0,4$ Ом га тенг бўлган икки элемент параллел уланган (124- расм). Ташқи занжирнинг қаршилиги $R = 10$ Ом га тенг. Ташқи занжирдан ва ҳар бир элементдан ўтувчи тоқларни аниқланг.

786. 125- расмда тасвирланган $R = 100$ м қаршиликдан ўтувчи токни аниқланг. Ток манбаларининг э. ю. к. лари $\mathcal{E}_1 = 6$ В ва $\mathcal{E}_2 = 5$ В, ички қаршиликлари $r_1 = 1$ Ом ва $r_2 = 2$ Ом.

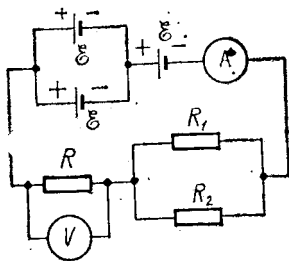
787. Агар 126-расмдаги схемада миллиамперметр $I=100$ мА токни кўрсатса, $R_1 = 10$ Ом ва $R_2 = 15$ Ом, R



124- расм.



125- расм.



126- расм.

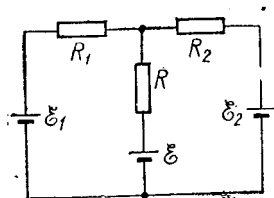
қаршилик номаълум, ҳар бир элементнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 1,6$ В ва ички қаршилиги $r = 0,8$ Ом бўлса, занжирга уланган вольтметр қандай U кучланишни кўрсатади? Вольтметрнинг қаршилиги жуда кагга, миллиамперметрнинг қаршилигини эса ҳисобга олмаслик мумкин.

788. 127-расмла тасвирланган схемада R_1 ва R_2 қаршиликлар ҳамда манбаларнинг э. ю. к. лари \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 маълум. Учинчи элементнинг э. ю. к. \mathcal{E} қандай бўлганда R қаршиликдан ток ўтмайди?

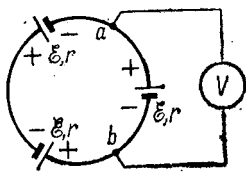
789. Кетма-кет уланган учта бир хил элементдан тузилган занжир қисқа туташтирилган (128-расм). Ҳар бир элементнинг э. ю. к. \mathcal{E} га ва ички қаршилиги r га тенг. Элементлардан бирининг қутбларига уланган вольтметр қандай кучланишни кўрсатади? Уловчи симлар қаршилигини ҳисобга олманг.

790. 129-расмда тасвирланган схемада манба 1—2 клеммаларга қандай йўналишда уланганда ва э. ю. к. қандай бўлганда R_2 қаршилик бўйича ўтувчи ток нолга тенг бўлади? R_0 , R_1 , R_2 , R_3 ва э. ю. к. \mathcal{E}_0 ларнинг катталиги маълум. Манбаларнинг ички қаршиликларини ҳисобга олманг.

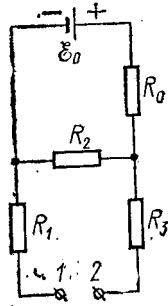
791. Э. ю. к. лари бирдай $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}$ бўлган икки элемент занжирга кетма-кет уланган. Ташқи занжирнинг қаршилиги $R = 5$ Ом. Биринчи элемент клеммаларидаги кучланишнинг иккинчи элемент клеммаларидаги кучланишга нисбати $2/3$ га тенг. Агар $r_1 = 2r_2$ эканлиги маълум бўлса, элементларнинг шу r_1 ва r_2 ички қаршиликларини аниқланг.



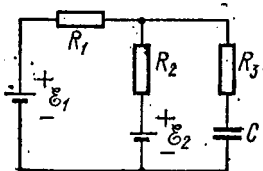
127- расм.



128- расм.



129- расм.



130-расм.

792. Э. ю. к. лари ва ички қаршиликлари бирдай ва мос ҳолда $\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$ га ва $r = 0,2 \text{ Ом}$ га тенг бўлган икки элемент берилган. Нагрузка қаршилиги биринчи ҳолда $R_1 = 0,2 \text{ Ом}$, иккинчи ҳолда $R_2 = 20 \text{ Ом}$. Биринчи ва иккинчи ҳолларда занжирда энг кўп ток ҳосил қилиш учун элементларни қандай (параллел ёки кетма-кет) улаш керак?

793. 130-расмда тасвирланган схема бўйича уланган конденсаторнинг q зарядини аниқланг. Схемадаги $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, конденсаторнинг сифими $C = 2 \text{ мкФ}$; манбаларнинг э. ю. к. лари $\mathcal{E}_1 = 4 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ В}$, уларнинг ички қаршиликлари $r_1 = 0,25 \text{ Ом}$, $r_2 = 0,75 \text{ Ом}$.

794. Э. ю. к. лари \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 бўлган параллел уланган элементлардан тузилган батареяга R қаршиликли ташқи занжир уланган. Ташқи занжирдаги I токни, биринчи ва иккинчи элементлардаги I_1 ва I_2 токларни аниқланг. Элементларнинг ички қаршиликлари мос равишда r_1 ва r_2 га тенг. Айрим занжирларда тоklar нолга тенг бўладиган ёки ўз йўналишини тескарига ўзгартирадиган шароитларни тушунтиринг.

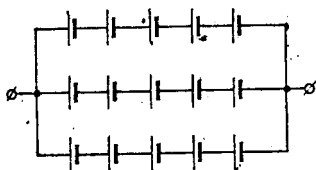
795. Бир неча бир хил аккумуляторни бир гал кетма-кет, иккинчи гал параллел улаб, ҳар гал R қаршиликли ўтказгичга туташтирилган. Қандай шароитда ўтказгичдан ўтувчи ток иккала ҳолда ҳам бирдай бўлади?

796. Иккита батарея берилган. Улардан бири кетма-кет уланган $n = 4$ та бир хил гальваник элементдан тузилган, иккинчиси параллел уланган худди шунча элементдан тузилган. Бу батареялар бир хил $R = 10 \text{ Ом}$ лик қаршиликка уланган. Батареялар клеммаларига уланган вольтметрларнинг кўрсатишлари бир-бирларидан неча карра фарқ қилади? Ҳар бир гальваник элементнинг ички қаршилиги $r = 2 \text{ Ом}$ га тенг. Вольтметрнинг қаршилиги r ва R га нисбатан жуда катта.

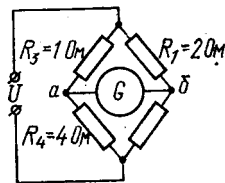
797. Агар $R = 2 \text{ Ом}$ лик қаршиликдан иборат ташқи занжирга унга кетма-кет уланган ўнта бир хил элемент параллел уланса, ташқи занжирдаги ток қандай ўзгаради? Элементнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 2 \text{ В}$, унинг ички қаршилиги $r = 0,2 \text{ Ом}$.

798. Батарея $N = 600$ та бир хил элементдан шундай тузилганки, бунда n та группа кетма-кет уланган ва уларнинг ҳар бирида m тадан параллел уланган элемент бор. Ҳар бир элементнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 2 \text{ В}$ ва ички қаршилиги $r = 0,4 \text{ Ом}$. n ва m нинг қандай қийматларида батарея $R = 0,6 \text{ Ом}$ қаршиликли ташқи занжирга уланганда ташқи занжирга максимал қувват беради? Бунда ташқи занжирдаги ток қандай бўлишини аниқланг.

799. Ишқорли аккумуляторнинг сифими $Q_0 = 8 \text{ Ҷ}$ ампер-соат. Худди шундай $n = 3$ та аккумулятордан: 1) кетма-кет улаб, 2) параллел улаб тузилган батареяларнинг сифими қандай бўлади?



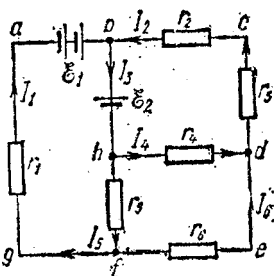
131- расм.



132- расм.

800. 131-расмда кўрсатилган схема бўйича тузилган аккумуляторлар багареясининг сиғимини аниқланг. Битта аккумуляторнинг сиғими 64 А·соат.

801. Қаршиликларни ўлчаш учун мўлжалланган кўприк (132-расм) шундай мувозанатланганки, бунда гальванометрдан ток ўтмайди. Унг елкадаги ток $I_1 = 0,2$ А. Таъминлаш манбаининг U кучланишини аниқланг.



133- расм.

802. 133-расмда кўрсатилган электр занжирнинг ҳар бир тармоғидан ўтувчи тоқларни аниқланг. $\mathcal{E}_1 = 6,5$ В, $\mathcal{E}_2 = 3,9$ В, $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = 10$ Ом. Э. ю. к. манбаларининг ички қаршиликларини ҳисобга олманг.

21-§. Токнинг иши ва қуввати. Токнинг иссиқлик таъсири

Электр майдонда q зарядни φ_1 потенциалли нуқтадан φ_2 потенциалли нуқтага кўчиришда электр кучлар бажарган иш:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU.$$

Агар ўтказгичдан I ток ўтаётган бўлса, у ҳолда ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзидан t вақт давомида $q = It$ миқдор заряд ўтади. Шунинг учун учларидаги кучланиш U га тенг бўлган ўтказгичдан I ток ўтганда t вақт ичда

$$A = IUt$$

иш бажарилади.

Энергиянинг сақланиш қонунига кўра бу ишнинг натижаси шундан иборатки, ўтказгич турли шаклдаги эквивалент W энергия миқдори (иссиқлик, механикавий, химиявий энергия кўринишида) олади ва атрофдаги жисмларга беради. Хусусан, агар фақат Q иссиқлик кўринишида энергия ажралса, у ҳолда

$$Q = kIUt$$

ёки Ом қонунига кўра $U = IR$ эканлиги ҳисобга олинса,

$$Q = kI^2Rt = k \frac{U^2}{R} t$$

бўлади, бунда R — ўтказгичнинг қаршилиги ва k — электр энергиянинг иссиқлик эквиваленти. СИ системада иш, энергия ва иссиқлик миқдорининг умумий ўлчов бирлиги жоуль ҳисобланади. Шунинг учун электр энергияни СИ системада ўлчанаётган бўлса (зарядни кулон ҳисобида, токни ампер ҳисобида, қаршилиқни ом ҳисобида ва потенциаллар фарқини вольт ҳисобида), у ҳолда бу ҳамма формулалар бўйича ҳисоблаб топилган иш ва иссиқлик $k = 1$ бўлганда жоуль ҳисобида олинади. Агар электр катталиклари СИ система бирликларида ўлчанса, иссиқлик эса калория ҳисобида олинса, у ҳолда $k = 0,24$ кал/Ж бўлади.

Ўзгармас ток I нинг қуввати R қаршиликли ўтказгичдан ўтаётганда:

$$N = \frac{W}{t} = IU = I^2R = \frac{U^2}{R}.$$

СИ системада қувват бирлиги

$$1 \text{ ватт} = 1 \text{ Ж/сек} = 1 \text{ А} \cdot \text{В}.$$

Электр энергия, шунингдек, қувват бирлигининг вақт бирлигига кўпайтмаси билан ўлчаниши мумкин. Хусусан, $1 \text{ Ж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{сек}$ бўлгани учун:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 10 \text{ гВт} \cdot \text{соат} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Вт} \cdot \text{сек} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ж}.$$

Системанинг фойдали иш коэффициенти деб

$$\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{W_{\text{с}}} \cdot 100\% = \frac{W_{\text{с}} - W_{\text{н}}}{W_{\text{с}}} 100\%$$

катталikka айтилади, бунда $A_{\text{ф}}$ — фойдали иш (энергия). $W_{\text{с}}$ — тўла сарфланган энергия ва $W_{\text{н}}$ — йўқотилган энергия.

803. Э. ю. к. $\mathcal{E} = 2$ В, сифими 240 ампер-соат бўлган аккумуляторда қанча энергия миқдори (гектоватт-соат ва жоуль ҳисобида) тўпланган?

804. Агар ўтказгич учларига $U = 12$ В кучланиш қўйилган бўлса, $R = 10$ Ом қаршиликли шу ўтказгичдан $t = 20$ сек вақт ичида қанча электр миқдори ўтади? Бунда қанча иш ба-
жарилади?

805. Агар калориметрга ўрнатилган ўтказгич орқали $q = 100$ Кл электр миқдори ўтган бўлса ва ўтказгич учларидаги кучланиш $U = 20$ В бўлса, калориметрдаги сувнинг температураси қанча ўзгаради? Калориметрдаги сувнинг массаси $m = 0,2$ кг. Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 4,19 \cdot 10^3$ Ж/кг.

806. Ҳар бирининг қуввати $N = 500$ Вт бўлган, параллел уланган икки электр плитка ўрнига $U = 127$ В кучланишда $I = 12,5$ А ток истеъмол қиладиган электр каминни улаш мумкинми? Сақлагичлар электр плиткалар истеъмол қиладиган токка мўлжалланган.

807. $N = 10^6$ кВт қувватли генератордан трансформаторга $U = 15$ кВ кучланиш остида ток узатувчи мис симларнинг кесимини аниқланг. Симларда ток зичлиги $j = 10 \text{ А/мм}^2$ дан ортмаслиги керак.

808. Ёй печи $U = 127$ В кучланишли тармоқдан $R_1 = 0,2$ Ом чекловчи қаршилик орқали $I = 200$ А ток истеъмол қилади. Печь истеъмол қиладиган қувватни аниқланг.

809. Сувни бугга айлантирувчи электр аппаратнинг қиздирувчи спирали 100°C температурада $R = 10$ Ом қаршиликка эга. Аппарат қайнаб турган $m = 100$ г сувни $t = 1$ мин вақт ичида буглагиши учун аппарат спирали орқали қандай кагталикдаги I ток ўтказиш керак? Сувнинг солиштирма буг ҳосил бўлиш иссиқлиги $r = 22,6 \cdot 10^5$ Ж/кг.

810. Электр печь $t = 10$ мин вақт давомида $Q = 24$ ккал иссиқлик миқдори бериши керак. Агар печь $U = 36$ В кучланишли тармоқ учун мўлжалланган бўлса, кесими $S = 5 \times 10^{-7}$ м² бўлган нихром симнинг узунлиги қандай бўлиши керак? Нихромнинг солиштирма қаршилиги $\rho = 1,2 \cdot 10^{-6}$ Ом·м.

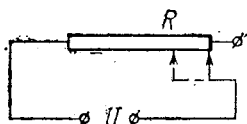
811. Хона суткасига $Q = 8,7 \cdot 10^7$ Ж иссиқлик йўқотади. Хона температурасини ўзгармас сақлаб турувчи электр печь учун диаметри $d = 10^{-3}$ м бўлган нихром симдан қандай l узунликда олиш керак? Печь $U = 120$ В кучланишли тармоққа уланади. Нихромнинг солиштирма қаршилиги $\rho = 1,1 \times 10^{-6}$ Ом·м.

812. Ичида $m = 480$ г массали суви бўлган калориметрга $N = 40$ Вт қувватли электр иситкич жойлаштирилган. Агар иситкич орқали ток $\tau = 21$ мин вақт давомида ўтиб турган бўлса, калориметрдаги сувнинг температураси қанча ўзгаради? Калориметрнинг иситкич билан бирга иссиқлик сиғими $C_0 = 100$ Ж/К. Сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c = 4,19 \times 10^3$ Ж/(кг·К).

813. Агар электр кастрюлкадаги 2 л сувни $\tau = 20$ мин вақт ичида қайнатиш мумкин бўлса, ундаги иситкичнинг N қувватини аниқланг. Сувнинг бошланғич температураси $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Электр асбобнинг ф. и. к. $\eta = 70\%$. Сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c = 4,19 \cdot 10^3$ Ж/(кг·К).

814. $t_1 = -16^\circ\text{C}$ температурада олинган $m = 2$ кг массали музни сувга айлантириш, олинган сувни эса $t_2 = 100^\circ\text{C}$ температурагача иситиш учун уни $N = 600$ Вт қувватли электр плит-када қанча вақт иситиш керак? Плитканинг ф. и. к. $\eta = 75\%$. Музнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c_2 = 2,1 \cdot 10^3$ Ж/(кг·К), музнинг солиштирма эриш иссиқлиги $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Ж/кг, сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c = 4,19 \cdot 10^3$ Ж/(кг·К).

815. 120 В га мўлжалланган $N = 40$ Вт ли лампочка $U = 220$ В ли тармоққа уланганда нормал ёниши учун унга кетма-кет қилиб неча метр $d = 3 \cdot 10^{-4}$ м диаметрли нихром симдан улаш керак бўлади? Нихромнинг солиштирма қаршилиги $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м



134-расм.

816. R қаршиликка эга бўлган реостат U кучланишли тармоққа уланган (134-расм). Агар реостат жилгичи унинг охирдан $1/4$ узунлик қисмига сурилса, реостатнинг тармоқдан оладиган қуввати неча марта ўзгаришини аниқланг.

817. Насос қурилмаси $S = 0,01 \text{ м}^2$ кесими труба орқали $h = 4,7 \text{ м}$ баландликка ҳар секундда $Q = 75 \text{ л}$ сув чиқариб беради. Агар мотор $N = 10 \text{ кВт}$ қувват истеъмол қилса, қурилманинг ф. и. к. ини топинг.

818. Электрпоезд $v = 54 \text{ км/соат}$ тезлик билан ҳаракатланганда унинг моторлари $N = 900 \text{ кВт}$ қувват истеъмол қилади. Моторлар ва узатувчи механизмларнинг биргаликдаги фойдали иш коэффициенти $\eta = 0,8$ га тенг. Моторлар эришадиган F тортиш кучини аниқланг.

819. Узунлиги ва кесими бирдай бўлган темир ва мис симлар кетма-кет қилиб тармоққа уланган. Бу ўтказгичларда ажраладиган иссиқлик миқдорлари нисбатини топинг. Худди шу масалани симлар параллел уланган ҳол учун ҳам ечинг. Темирнинг солиштира қаршилиги $\rho_1 = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, миснинг солиштира қаршилиги $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

820. Узунлиги ва кесими бирдай бўлган темир ва мис симлар занжирга аввал кетма-кет, сўнгра параллел уланган (иккала ҳолда ҳам бир хил вақт оралиқларида занжирга уланган ҳолда тутиб турилади). Агар иккала ҳолда ҳам темир симдан бир хил ток ўтган бўлса, кетма-кет уланганда ажралган иссиқлик миқдорининг параллел уланганда ажралган иссиқлик миқдорига нисбатини аниқланг. Темирнинг солиштира қаршилиги $\rho_1 = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, мисники $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

821. Тармоққа параллел уланган учта бирдай ўтказгичдан иборат занжирдан $t_1 = 40 \text{ сек}$ вақт давомида маълум миқдор иссиқлик ажралди. Агар шу ўтказгичлар кетма-кет уланса, қандай t_2 вақт ичида худди шунча иссиқлик миқдори ажралади?

822. Иккита иситкичнинг ҳар бири $U_2 = 120 \text{ В}$ кучланишда $N = 200 \text{ Вт}$ қувват истеъмол қилади. Бу иситкичлар узун ва ингичка сим орқали ички қаршилигини ҳисобга олмаслик мумкин бўлган манбага уланган. Агар иситкичлар параллел уланганда ҳам, кетма-кет уланганда ҳам бирдай вақт ичида бир хил миқдорда иссиқлик ажралгани маълум бўлса, симларнинг R қаршилигини аниқланг.

823. Икки иситкичли электр чойнакда 2 л сувни $t_1 = 20^\circ \text{С}$ ҳаво температурасидан қайнаш температурасигача иситиш керак. Ҳар бир иситкич электр тармоғига алоҳида-алоҳида уланганда $N = 250 \text{ Вт}$ қувват ажралади. Агар битта иситкич ёки ўзаро параллел ёки кетма-кет уланган иккита иситкич худди шу электр тармоғига уланса, сув қанча вақтда қайнай-

ди? Электр чойнакнинг ф. и. к. 80%. Сувнинг солиштирма иссиқлик сизими $c = 4,19 \cdot 10^3$ Ж/(кг · К).

821. Электр чойнакда икки секцияли иситкич бор. Биринчи секция уланганда чойнакдаги сув $t_1 = 10$ мин да қайнайди, иккинчи секциянинг ўзи уланганда эса $t_2 = 40$ мин да қайнайди. Агар иккала секцияни параллел ёки кетма-кет уланса, сув қанча вақтда қайнайди? Ҳамма ҳолларда иситиш шарт-шароитлари бирдай.

825. Иккига лампа берилган, уларнинг қувватлари бирдай. Лампаларнинг бири $U_1 = 127$ В кучланишга, иккинчиси $U_2 = 220$ В кучланишга мўлжалланган. Лампаларнинг қаршиликлари бир-биридан неча марта фарқ қилади?

826. $U = 127$ В кучланишга мўлжалланган 40 ва 75 Вт қувватли чўлганма лампаларнинг қаршиликлари қандай? Ҳар бир лампадан қандай ток ўтади?

827. $U_1 = 120$ В кучланишга мўлжалланган 25 Вт қувватли лампани $U_2 = 220$ В кучланишли тармоққа уланса, у қанча қувват истеъмол қилади? Лампочка қаршилигининг ўзгаришини ҳисобга олманг.

828. $N = 100$ Вт қувватли электр лампа $U = 120$ В кучланишли тармоққа уланган. Лампанинг чўлганган ҳолатдаги қаршилиги унинг совуқ ҳолатдаги ($t_0 = 0^\circ\text{C}$) қаршилигидан 10 марта катта. Лампа ёнганда унинг толасининг температураси $t = 2000^\circ\text{C}$ бўлса, лампанинг совуқ ҳолдаги қаршилигини ва тола материалнинг температура коэффициентини топинг.

829. 100 ваттли электр лампа толасининг $t = 20^\circ\text{C}$ температурадаги қаршилигини аниқланг. Тармоқ кучланиши $U = 220$ В бўлганда қизиган тола температураси $t_1 = 2800^\circ\text{C}$ га тенг. Тола қаршилигининг термик коэффициенти $\alpha = 0,004$ К⁻¹.

830. Э. ю. к. $\mathcal{E} = 140$ В бўлган ўзгармас ток манбаига ундан $l = 400$ м масофада жойлашган ёриткич лампа уланган. Лампа $U = 120$ В кучланишга мўлжалланган ва қуввати $N = 100$ Вт. Агар бу лампага иккинчи худди шундай лампа параллел уланса, лампадаги кучланиш қанчага ўзгаради?

Ўтказгичнинг кесими $S = 1$ мм², ўтказгичнинг солиштирма қаршилиги $\rho = 28 \cdot 10^{-8}$ Ом · м (алюминий).

831. $R = 1,6$ кОм қаршиликли нагрузкада $N = 10$ кВт қувват ажралиши учун э. ю. к. $\mathcal{E} = 5$ кВ бўлган манбадан солиштирма қаршилиги $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом · м ва кўндаланг кесим юзи $S = 10^{-6}$ м² бўлган сим ёрдамида электр энергияни қандай L масофага узатиш мумкин? Манбанинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

832. Икки симли электр узатиш линиясининг пўлат симларида ток зичлиги $j = 0,5$ А/мм² бўлганда линиядаги йўқотишлар узатилаётган қувватнинг бир процентини ташкил қиладиган бўлиши учун электр энергияни $l = 10$ км масофага қандай U кучланиш остида узатиш керак? Пўлатнинг солиштирма қаршилиги $\rho = 1,2 \cdot 10^{-7}$ Ом · м.

833. Агар таъминлаш манбаи занжирни $I = 2$ А ток билан таъминлаб турса, манба клеммаларидаги кучланишни аниқланг. Занжир ҳар бирининг қуввати $N = 30$ Вт бўлган ўзаро параллел уланган иккита лампочкадан иборат. Уловчи симлардаги қувват йўқолиши фойдали қувватнинг 10% ини ташкил этади.

834. $U = 750$ В кучланишли манбадан бирор масофага $N = 5$ кВт қувват узатиш керак. Узатиш линиясидаги энергия йўқолиши узатилаётган қувватнинг, яъни истеъмолчига етиб борган қувватнинг 10% идан ортмаслиги учун линия қаршилиги R нинг энг катта қиймати қандай бўлиши керак?

835. $R = 10$ Ом қаршиликка эга бўлган икки симли линия охирига қандай қувватли электр печни улаш мумкин? Ток манбаининг қуввати $U = 1000$ В кучланишда $N = 6$ кВт дан ортмайди.

836. Ўзаро параллел уланган $R_1 = 6$ Ом ва $R_2 = 12$ Ом қаршиликлардан тузилган тармоқланган занжир $R = 15$ Ом қаршиликка кетма-кет уланган. Бу электр схема э. ю. к. $\mathcal{E} = 200$ В ва ички қаршилиги $r = 1$ Ом бўлган генератор клеммаларига уланган. R_1 қаршиликда ажраладиган қувватни ҳисоблаб топинг. Уловчи симларнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

837. Ички қаршилиги $r = 4$ Ом ва э. ю. к. $\mathcal{E} = 12$ В бўлган элемент $R = 8$ Ом қаршилик билан туташтирилган. Бирлик вақтда ташқи занжирда қанча иссиқлик миқдори ажраллади?

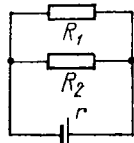
838. Элементнинг ички қаршилиги $r = 2$ Ом, унинг клеммаларидаги кучланиш $U = 6$ В. Ташқи занжир қаршилиги $R = 4$ Ом бўлганда, элементнинг тўла қувватини аниқланг.

839. $R_1 = 2$ Ом қаршиликка уланган батарея $I_1 = 1,6$ А ток беради. Худди шу батарея $R_2 = 1$ Ом қаршиликка уланганда $I_2 = 2$ А ток беради. Иккинчи ҳолда батарея ичида йўқоладиган қувватни аниқланг.

840. Аккумулятор $I_1 = 15$ А токда ташқи занжирга $N_1 = 135$ Вт қувват беради, $I_2 = 6$ А да $N_2 = 64,8$ Вт қувват беради. Аккумуляторнинг э. ю. к. \mathcal{E} ва ички қаршилиги r ни аниқланг.

841. Э. ю. к. $\mathcal{E} = 8$ В бўлган манбага нагрузка уланган. Манба клеммаларидаги кучланиш $U = 6,4$ В га тенг. Қурилманинг ф. и. к. ини аниқланг.

842. 135-расмда тасвирланган схеманинг ф. и. к. ини аниқланг. Бунда $R_1 = 2$ Ом ва $R_2 = 5$ Ом. Манбанинг ички қаршилиги $r = 0,5$ Ом га тенг.



135-расм.

843. Элементнинг э. ю. к. \mathcal{E} , унинг ички қаршилиги r га тенг. Агар занжирдаги ток I га тенг бўлса, шу элемент уланган схеманинг фойдали иш коэффициенти қанча? Ф. и. к. ни: 1) \mathcal{E} , r ва I орқали ифодаланг; 2) ташқи занжир қаршилиги R ва элементнинг ички қаршилиги r орқали

ифодаланг; 3) элементнинг э. ю. к. ва унинг клеммаларидаги кучланиш U орқали ифодаланг.

844. Қўрғошинли аккумуляторнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 2,2$ В, ташқи қаршилик $R = 0,5$ Ом ва схеманинг ф. и. к. $\eta = 65\%$ бўлса, унинг занжирга берадиган I ток кучи катталигини аниқланг.

845. Агар ташқи қаршиликни $R_1 = 3$ Ом дан $R_2 = 10,5$ Ом гача ортирилганда схеманинг ф. и. к. икки марта ортган бўлса, аккумуляторнинг ички қаршилигини аниқланг.

846. Олтига Лекланше элементи кетма-кет уланб, батарея ҳосил қилинган элементлардан ҳар бири $\mathcal{E} = 1,5$ В э. ю. к. га эга. Бу батарея $R = 12,5$ Ом қаршиликли кетма-кет уланган иккита лампочкани $I = 0,28$ А ток билан таъминлайди. Батареянинг ф. и. к. ини ва Лекланше элементининг ички қаршилигини аниқланг.

847. Электр мотор $U = 120$ В кучланишли тармоққа уланганда $I = 15$ А ток истеъмол қилади. Моторнинг истеъмол қувватини ва унинг ф. и. к. ини аниқланг. Мотор чулғамининг қаршилиги $R = 1$ Ом га тенг.

848. Манбанинг ташқи занжирида ажраладиган N_1 қувватнинг, манба ичида ажраладиган N_2 қувватнинг, шунингдек, манба $N = N_1 + N_2$ тўла қувватининг ташқи занжирнинг R қаршилигига боғлиқлигини аниқланг. N_1 , N_2 ва N қувватларнинг R нагрузка қаршилигига боғлиқлиги графикларини тузинг. Манбанинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 15$ В ва унинг ички қаршилиги $r = 2,5$ Ом деб олинг.

849. Ташқи занжир истеъмол қиладиган N қувват $R_2 = 10$ Ом қаршилик уланганда истеъмол қиладиган қувват билан бирдай бўлса, ташқи занжирнинг R_1 қаршилигини аниқланг. Элементнинг ички қаршилиги $r = 2,5$ Ом.

850. Ички қаршилиги $r = 1$ Ом бўлган аккумуляторга 8 Ом қаршиликли иситкич асбоби уланган. Сўнгра иситкичга худди шундай иккинчи иситкич параллел уланган. Ташқи занжирда бирлик вақтда ажраладиган иссиқлик миқдори қандай ўзгарган?

851. Ички қаршилиги $r = 1$ Ом бўлган ток манбаига ҳар бирининг қаршилиги $R = 0,5$ Ом дан бўлган иккита бир хил қаршилик уланади. Бу қаршиликлар бир гал кетма-кет, иккинчи галда параллел уланади. Биринчи ва иккинчи ҳолларда ташқи занжирда ажраладиган қувватлар нисбатини топинг.

852. Ҳар бирининг ички қаршилиги $r = 5$ Ом ва э. ю. к. $\mathcal{E} = 5,5$ В бўлган элементларни параллел улаб батарея тузилган. Ташқи занжирдаги ток $I = 2$ А бўлганда фойдали қувват $N = 7$ Вт бўлган. Батареядаги элементлар сони қанча?

853. Ўзгармас $R = 25$ Ом қаршиликли иситкич ҳар бирининг ички қаршилиги $r = 10$ Ом бўлган иккита бир хил аккумулятордан таъминланади. Иситкичда энг катта қувват олиш учун аккумуляторларни қандай (параллел ёки кетма-кет) улаш керак?

854. Оғирлиги $P = 300$ т-куч бўлган электровоз тоғ йўлида пастга томон $v = 36$ км/соат тезлик билан ҳаракатланиб тушмоқда. Йўлнинг қиялиги $0,01$, электровоз ҳаракатига қаршилик кучи оғирлигининг 3% ини ташкил этади. Агар тармоқ кучланиши $U = 3000$ В ва электровознинг ф. и. к $\eta = 80\%$ бўлса, электровоз мотори орқали қандай катталиктаги ток ўтади?

855. Бир пунктдан $N = 62$ кВт қувват истеъмол қиладиган қурилма жойлашган иккинчи пунктга электр энергия узатилади. Линия симларининг қаршилиги $R = 5$ Ом га тенг. Агар электр энергия $U_1 = 6200$ В ва $U_2 = 620$ В кучланиш остида узатилса, линиядаги кучланиш тушишини, қувват йўқолиши ва узатиш ф. и. к. ини аниқланг.

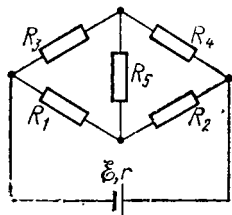
856. $U_1 = 120$ В кучланишга мўлжалланган $N = 60$ Вт қувватли лампа $U = 220$ В кучланишда нормалчўғланиши учун унга қандай R қўшимча қаршиликни кетма-кест улаш керак? Қўшимча қаршилик кесим юзи $S = 0,5$ мм², солиштира қаршилиги $\rho = 1,0$ Ом·мм²/м бўлган нихром симдан ясалган деб фарз қилиб, симнинг узунлигини аниқланг.

857. Иккита бир хил R қаршиликдан тузилган ташқи занжирда ажраладиган N қувватни аниқланг. Бу қаршиликлар кетма-кет уланганда ҳам, параллел уланганда ҳам уларда ажраладиган қувват бирдай эканлиги маълум. Манбанинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 12$ В ва ички қаршилиги $r = 2$ Ом.

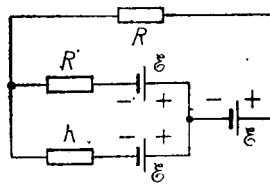
858. 136 расмда тасвирланган схема қандай N қувват истеъмол қилади? Элементнинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 12$ В, ички қаршилиги $r = 0,4$ Ом, $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 6$ Ом ва $R_5 = 10$ Ом.

859. Ҳар бирининг э. ю. к. \mathcal{E} бўлган учта бир хил элемент ва уларга уланган бирдай R қаршиликлар 137-расмда кўрсатилган занжирни гашкил этади. Схемадаги ҳамма қаршиликла ажраладиган қувват йиғиндисини топинг. Элементнинг ички қаршиликларини ҳисобга олманг.

860. Арча ясатишга мўлжалланган лампочкалар шодасини тузиш учун ҳар бирининг номинал кучланиши $U_1 = 4$ В ва қуввати $N = 2$ Вт бўлган $n = 10$ та лампочка ва $U = 8$ В номинал кучланишда худди ўшандай қувват истеъмол қиладиган бир қанча лампочка бор. $U_0 = 120$ В кучланишли тармоққа



136- расм.



137- расм.

улашга мўлжалланган шода тузиш учун ўнта тўрт вольтли лампочкага ками билан яна қанча саккиз вольтли лампочка қўшиш керак?

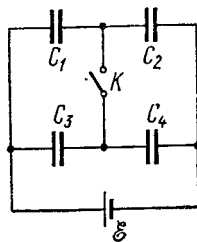
861. Ўзгармас ток манбаига аввал $R_1 = 9$ Ом қаршилиқ, сўнгра $R_2 = 4$ Ом қаршилиқ уланади. Ҳар иккала ҳолда бирдай вақт ичида қаршилиқларда бир хил миқдорда иссиқлик ажралади. Манбанинг ички қаршилигини аниқланг.

862. Бир хил кучланишда икки лампочкадан бири иккинчисига қараганда икки марта катта қувват истеъмол қилади. Лампалар кетма-кет уланганда биргаликда N қувват истеъмол қилса, шу ҳолда ҳар бир лампанинг N_1 ва N_2 истеъмол қувватларини аниқланг. Лампаларнинг қаршилиқлари доимий.

863. Кучланиш манбаидан истеъмолчиға $N = 4$ кВт қувват узатиш керак. Ток келтирувчи симларнинг қаршилиги $R = 0,4$ Ом. Симларда иссиқликка сарф бўладиган йўқотишлар истеъмол қувватининг 4% ини ташкил қилиши учун манба клеммаларидаги кучланиш қандай бўлиши керак?

864. Сигими C_1 ва заряди Q_1 га тенг бўлган конденсатор сигими ва заряди мос ҳолда C_2 ва Q_2 бўлган конденсаторға қаршилиқ орқали уланди. Қаршилиқда қандай q иссиқлик миқдори ажралади? Конденсаторлар қарама-қарши ишорали қопламалари билан уланган.

865. 138-расмда тасвирланган конденсаторлар батареясининг K калит узук ва уланган ҳоллардаги W энергиясини аниқланг. Бунда $C_1 = C$, $C_2 = 2C$, $C_3 = C/2$, $C_4 = C$, манбанинг э. ю. \mathcal{E} га тенг.



138- расм.

22. §. Электролиз

Электролиз деб, эритма ёки электролит эритмасига ботирилган электродларда ток ўтганда модда ўтириб қолиш ҳодисасига айтилади. Электролиз вақтида ажралган модда массаси m Фарадейнинг биринчи қонунига мувофиқ эритма ёки электролит орқали ўтган q заряд миқдорига пропорционалдир, яъни

$$m = kq = kIt,$$

бунда I —занжирдаги ток кучи, t —ток ўтиш вақти, k эса пропорционаллик коэффиценти бўлиб, у турли моддалар учун турлича ва электрохимиявий эквивалент деб юритилади.

Фарадейнинг иккинчи қонунига кўра моддаларнинг электрохимиявий эквиваленти шу модданинг A атом массасига тўғри пропорционал ва уларнинг n валентлигига тескари пропорционал:

$$k = C \frac{H}{n} = Cx,$$

бунда $x = A/n$ — модданинг химиявий эквиваленти. Доний катталик $C = 1,036 \cdot 10^{-5}$ моль/Кл — ҳамма моддалар учун бирдай қийматга эга. $F = 1/C = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль — Фарадей сони деб аталади. Фарадей сони электродда сон қиймат жиҳатидан модданинг химиявий эквивалентига тенг модда массаси ажралиши учун электролит эритмаси орқали қандай заряд ўтиши кераклигини кўрсатади.

Фарадейнинг биринчи қонуни формуласига k нинг ифодасини қўйиб, Фарадейнинг бирлашган қонунини оламиз:

$$m = C \frac{A}{n} It = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} It.$$

866. Натрийнинг электрохимиявий эквивалентини аниқланг. Натрийнинг атом массаси $A = 0,023$ кг/моль, валентлиги $n = 1$, Фарадейнинг иккинчи қонуни ифодасидаги доний катталик $C = 1,036 \cdot 10^{-5}$ моль/Кл.

867. Рух аноднинг массаси $m = 5$ г, у $I = 2$ А ток ўтайдиган электролитик ваннага туширилган. Қандай t вақтдан кейин металл буюмларни қоплашда ишлатилаётган анод емирилиб тугайди? Рухнинг электрохимиявий эквиваленти $k = 3,4 \times 10^{-7}$ кг/Кл.

868. Электролитик ванна орқали $q = 7348$ Кл заряд ўтганда катодда ажралган олтин массаси $m = 5 \cdot 10^{-3}$ кг га тенг бўлса, Фарадей сонини аниқланг. Олтиннинг химиявий эквиваленти $x = 66 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

869. Агар сон жиҳатдан химиявий эквивалентга тенг модда массасида $N_0 = N/n$ атом ёки молекула борлиги маълум бўлса, элементар электр заряд катталигини аниқланг, бунда n — модданинг валентлиги, $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль¹ — Авогадро сони. Фарадей сони $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль.

870. Кумушнинг атом массаси $A_1 = 0,108$ кг/моль, унинг валентлиги $n_1 = 1$ ва электрохимиявий эквиваленти $k = 1,118 \times 10^{-6}$ кг/Кл. Агар олтиннинг атом массаси $A_2 = 0,197$ кг/моль, валентлиги $n = 3$ бўлса, унинг электрохимиявий эквиваленти k_2 ни аниқланг.

871. Ўзгармас ток тармоғига кетма-кет уланган учта электролитик ваннада $t = 10$ соат ичида ажралган модда миқдорини аниқланг. Ванналардаги мис, никель ва кумуш анодлар мос равишда CuSO_4 , NiSO_4 ва AgNO_3 эритмаларга солинган. Электролиз вақтидаги ток зичлиги $j = 40$ А/м², ҳар бир ваннадаги катодлар сирти $S = 5 \cdot 10^{-2}$ м². Мис, никель ва кумушнинг электрохимиявий эквивалентлари мос равишда $k_1 = 3,3 \times 10^{-7}$ кг/Кл, $k_2 = 3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл ва $k_3 = 1,118 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

872. Буюмларни никеллаш вақтида $t = 2$ соат вақт давомида $l = 0,03$ мм қалинликдаги никель қатлами ўтирган. Элек-

тролиз вақтидаги ток зичлигини аниқланг. Никельнинг электрохимиявий эквиваленти $k = 3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл. Никельнинг зичлиги $\rho = 8,9 \cdot 10^{-3}$ кг/м³.

873. Электролитик ваннага амперметр кетма-кет уланган. Амперметр $I_0 = 1,5$ А токни кўрсатмоқда. Агар $t = 10$ мин вақт давомида катодга $m = 0,316$ г мис ўтирган бўлса, амперметр кўрсатишига қандай тузатма киритиш керак? Миснинг электрохимиявий эквиваленти $k = 3,3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.

874. Вольтметр кўрсатишларини текшириш мақсадида уни $R = 30$ Ом қаршиликка параллел уланди. Бу умумий занжирга кумушни электролиз қиладиган асбоб кетма-кет уланган. Бунда $t = 5$ мин вақт давомида $m = 55,6$ мг кумуш ажралган. Вольтметр $U = 6$ В кучланишни кўрсатган. Вольтметр кўрсатиши билан кумуш электролизда аниқланган R қаршиликдаги аниқ кучланиш тушиши орасидаги фарқни топинг. Кумушнинг электрохимиявий эквиваленти $k = 1,118 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл. Вольтметр орқали ўтувчи токни ҳисобга олмаслик мумкин.

875. Қошиқларга кумуш юритиш учун кумуш тузи эритмаси орқали $t = 5$ соат давомида $I = 1,8$ А ток ўтказилади. Катод сифатида, $N = 12$ та қошиқ олинади, ҳар бир қошиқнинг сирти $S = 50$ см² га тенг. Қошиқларда қандай қалинликдаги кумуш қатлами ҳосил бўлади? Кумушнинг зичлиги $\rho = 10,5 \times 10^3$ кг/м³, кумушнинг атом массаси $A = 0,108$ кг/моль, унинг валентлиги $n = 1$. Фарадей сони $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль.

876. Иккита электролитик ванна кетма-кет уланган. Биринчи ваннада темир (II)-хлорид эритмаси (FeCl_2), иккинчи ваннада (FeCl_3) темир (III)-хлорид эритмаси бор. $q = 9,65 \times 10^7$ Кл заряд миқдори ўтганда ҳар бир ваннадаги анодда ажралган темир массасини ва катодда ажралган хлор массасини аниқланг. Темирнинг атом массаси $A_1 = 0,05585$ кг/моль, хлорнинг атом массаси $A_2 = 35,357 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Фарадей сони $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль.

877. Сульфат кислота эритмасини электролиз қилишда $N = 37$ Вт қувват сарф бўлади. Агар $t = 50$ мин вақт давомида $m = 0,3$ г водород ажралган бўлса, электролит қаршичилигини аниқланг. Фарадей сони $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль.

878. Электролитик усул билан никель олишда ҳар бир килограмм никель учун $W = 10$ кВт·соат электр энергия сарф бўлади. Никельнинг электрохимиявий эквиваленти бир амперсоатга 1080 мг. Электролиз қандай кучланиш остида амалга оширилган?

879. Агар $W = 5$ кВт·соат энергия сарфланган бўлса, электролиз вақтида ажралган мис миқдорини аниқланг. Ванна клеммаларидаги кучланиш $U = 10$ В. Қурилманинг ф. и. к. $\eta = 75\%$. Миснинг электрохимиявий эквиваленти $k = 3,3 \times 10^{-7}$ кг/Кл.

880. Агар ток $t = 10$ сек вақт ичида $I_1 = 0$ дан $I_2 = 4$ А гача текис орта борса, шу вақт ичида CuSO_4 эритмаси орқали қанча электр миқдори ўтади? Бунда катодда қанча мис ажралади? Миснинг электрохимиявий эквиваленти $k = 0,328 \times 10^{-6}$ кг/Кл.

881. Мисни электролиз ёрдамида рафинлашда кетма-кет уланган электролитик ванналарга (уларнинг умумий қаршилиги $R = 0,5$ Ом) $U = 10$ В кучланиш берилган. $t = 10$ соат ичида катодга ўтирган соф мис миқдорини аниқланг. Қутбланиш э. ю. к. $\mathcal{E} = 6$ В. Миснинг электрохимиявий эквиваленти $k = 3,3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.

882. Сувни электролиз қилиш вақтида $t = 25$ мин ичида ванна орқали $I = 20$ А ток ўтди. Агара ажралган кислород $V = 1$ л ҳажмда $p = 2$ атм босим остида турган бўлса, унинг температураси қандай? Кислороднинг электрохимиявий эквиваленти $k = 8,29 \cdot 10^{-8}$ кг/Кл. Универсал газ доимийси $R = 8,317$ Ж/(моль·К).

883. Электролитик усул билан алюминий олишда ҳар бир килограмм алюминий учун $W = 50$ кВт·соат электр энергия сарф бўлади. Электролиз $U = 16,2$ В кучланиш остида олиб борилади. Агар электролиз $U_1 = 8,1$ В кучланиш остида олиб борилса, бир килограмм алюминий олиш учун сарфланадиган W_1 энергия қандай бўлади? Қутбланиш э. ю. к. ни ҳисобга олманг.

23-§. Токнинг магнит майдони ва электромагнит индукция

Токли ўтказгичлар ва доимий магнитлар атрофида магнит майдон ҳосил бўлади. Токли ўтказгич магнит майдонга жойлаштирилганда шу ўтказгич кесмасига катталиги унинг узунлигига, ундан ўтаётган токка, шунингдек унинг ориентациясига пропорционал бўлган куч таъсир этади.

Магнит майдон B магнит индукция вектори орқали характерланади. Магнит индукция вектори токли ўтказгич кесмаси магнит майдон томондан унга куч таъсир қилмайдиган вазиятда бўлган ҳолда ўтказгич кесмаси бўйлаб йўналган бўлади. Магнит индукция вектори катталиги

$$B = \frac{F_0}{l}$$

га тенг, бунда l — ўтказгич кесмасининг узунлиги, F_0 — ундан ўтувчи ток, F_0 — магнит майдонга жойлашган шу ўтказгич кесмасига таъсир қилувчи максимал куч (ўтказгич B векторга перпендикуляр жойлашганда).

СИ бирликлар системасида (бунда куч—ньютон ҳисобида, ток—ампер ҳисобида, узунлик—метр ҳисобида ўлчанади) магнит индукция бирлиги—тесла (Т). СГСМ бирликлар система-

сида (бу системада куч—дина, узунлик—сантиметр, ток эса СГСМ бирлигида ўлчанади: 1 СГСМ ток бирл. = 10 А) магнит индукция бирлиги бўлиб гаусе (Гс) хизмат қилади; 1 Гс = 10^{-4} Т.

Агар фазонинг бирор соҳасидаги магнит индукция вектори маълум бўлса, у ҳолда ўтказгичнинг I ток ўтаётган кесмасига магнит майдон томондан

$$F = IB l \sin \alpha$$

куч таъсир этади, бунда α — магнит индукция вектори йўналиши билан ўтказгич кесмаси орасидаги бурчак. Бу кучнинг йўналиши чап қўл қондаси ёрдамида топилади. Шунингдек, агар токли ўтказгичга таъсир этувчи куч йўналиши ва ток йўналиши маълум бўлса, у ҳолда бу қоидадан B магнит индукция векторининг йўналишини ҳам аниқлаш мумкин.

Магнит майдон кучланганлиги вектори H тоklarнинг магнит майдонини характерловчи ёрдамчи катталиқ ҳисобланади. Агар магнит майдонни юзага келтираётган токли контурнинг шакли, ўлчамлари ва жойлашиши ҳамда ундан ўтувчи ток катталиги маълум бўлса, у ҳолда фазонинг берилган нуқтаидаги магнит майдон кучланганлиги векторининг катталиги ва йўналишини аниқлаш мумкин. Хусусан, I ток ўтаётган чексиз узун тўғри ўтказгичнинг ундан r масофада жойлашган нуқталарда ҳосил қилган магнит майдон кучланганлиги СИ системасида

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (16)$$

ва СГСМ системада

$$H = \frac{2I}{r} \quad (17)$$

кўринишда ифодаланади. Бу ҳолда магнит майдон куч чизиқлари (бу чизиққа ўтказилган уринманинг йўналиши ҳар бир нуқтада магнит майдон кучланганлиги векторининг йўналиши билан мос тушади) марказида ўтказгич ётган айланалардан иборат бўлиб, бу айланалар ўтказгичга перпендикуляр текисликларда ётади.

СИ бирликлар системасида магнит майдон кучланганлиги бирлиги—ампер/метр, СГСМ бирликлар системасида эса—эрстед (Э). (16) ва (17) формулалардан

$$1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э} = 1,256 \cdot 10^{-2} \text{ Э}.$$

Агар магнит майдон кучланганлиги H маълум бўлса, у ҳолда B магнит индукцияни қуйидаги формулалардан топиш мумкин: СИ бирликлар системасида

$$B = \mu_0 H$$

ва СГСМ бирликлар системасида

$$B = \mu H. \quad (18)$$

Бу ерда μ —модданинг нисбий магнит сингдирувчанлиги—модданинг магнит хоссаларини характерловчи ўлчамсиз катталиқ бўлиб, одатда жадвалдан олинади. Вакуум учун $\mu = 1$; ферромагнетиклардан (темир, никель, кобальт ва баъзи қотишмалар) бошқа ҳамма моддалар учун μ бирдан жуда кам фарқ қилади. Ферромагнетиклар учун μ майдон кучланганлиги H га кучли боғлиқ ва бир неча ўн минггача етади.

Ушбу

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ генри/метр} = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Г/м} = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ В} \times \text{сек/А} \cdot \text{м катталиқ—магнит доимийси дейилади.}$$

(18) формуладан СГСМ бирликлар системасида кучланганлиқ индукция бирлиги эрстед ва гаусс катталиги жиҳатидан тенг ва бирдай ўлчамликка эга. Шунинг учун бу бирликлар системасида ферромагнетиклар бўлмаганда H ва B нинг сон қийматлари бир хил бўлади. СИ бирликлар системасида H ва B катталиқлар турли ўлчамликка эга ва уларнинг сон қиймати ҳар хил бўлади.

Бирор S юзли сирт орқали ўтувчи магнит индукция оқими (магнит оқими) деб ушбу катталиқка айтилади:

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

бунда α —магнит индукция вектори B ва сиртга ўтказилган перпендикуляр орасидаги бурчак. Бу ҳолда $B \cos \alpha$ катталиқ сиртнинг ҳамма нуқталарида бирдай деб фараз қилинади. Мураккаб шаклдаги сиртлар бўлган ҳолларда, масалан, ғалтак ўрамлари билан чегараланган сиртлар бўлган ҳолларда сиртнинг алоҳида қисмлари орқали (алоҳида ўрамлар билан чегараланган сиртлар орқали) ўтувчи оқимларни топиш, сўнгра бу оқимларни қўшиб чиқиш керак.

Магнит оқими СИ бирликлар системасида вебер ҳисобида ўлчанади ($1 \text{ Вб} = 1 \text{ В} \cdot \text{сек} = 1 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$) СГСМ бирликлар системасида эса максвелл ҳисобида ўлчанади ($1 \text{ Мкс} = 1 \text{ Гс} \cdot \text{см}^2 = 10^{-8} \text{ Вб}$).

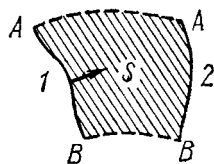
Агар магнит майдонни бирор контур бўйича ўтувчи I ток юзага келтираётган бўлса, у ҳолда бу контур чегаралаган сирт орқали ўтувчи магнит оқими токка пропорционал бўлади, яъни

$$\Phi = LI,$$

бунда L —контурнинг индуктивлиги (ўзиндукция коэффициент) бўлиб, у контурнинг геометрик хоссаларига (шакли ва ўлчамларига) ва атроф муҳитнинг магнит хоссаларига (магнит сингдирувчанлигига) боғлиқдир. Индуктивлик СИ системада генри (Г) ҳисобида, СГСМ системада сантиметр ($1 \text{ см} = 10^{-9} \text{ Г}$) ҳисобида ўлчанади.

Бирор контур билан чегараланган сирт орқали ўтувчи магнит оқими ўзгарганда бу контурда электромагнит индукция электр юритувчи кучи \mathcal{E} ҳосил бўлади, бу э. ю. к. магнит оқимининг ўзгариш тезлигига тенг:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (19)$$



139-расм.

Бу ерда $\Delta\Phi$ —магнит оқимининг ўзгариши, Δt —шу ўзгариш давом этган вақт оралиғи. (19) формуладаги минус ишора Ленц қондасини акс эттиради, бу қоидага кўра, контурда ҳосил бўлувчи э. ю. к. шундай йўналишдаги токни юзага келтирадики, бу токнинг магнит майдони магнит оқимининг ўзгаришига қаршилик кўрсатади. Кўп ҳолларда сон қийматларни кўйиб ҳисоблашда бу ишора ташлаб юборилади.

(19) формула кўринишидаги электромагнит индукция э. ю. к. ининг ифодаси СИ бирликлар системасида қўлланилади. Бу ҳолда э. ю. к. катталиғи вольтлар ҳисобида келиб чиқади. СГСМ потенциал бирлиги одатда қўлланилмайди, шу сабабли магнит оқими максвелл ҳисобида берилганда э. ю. к. ни вольт ҳисобида олиш учун электромагнит индукция қонунини ушбу кўринишда қўллаш тавсия этилади:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot 10^{-8}. \quad (20)$$

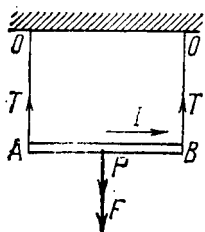
Магнит майдонда очиқ ўтказгич ҳаракатланганда бу ўтказгичда ҳосил бўлувчи э. ю. к. катталигини (19) ва (20) формулалар бўйича ҳисоблаб топиш мумкин, фақат бунда $\Delta\Phi$ ўтказгич Δt вақт ичида „супуриб“ ўтган сирт орқали ўтувчи оқим деб тушуниш керак. (139-расмда $S-AB$ ўтказгичнинг 1 ҳолатдан 2 ҳолатга кўчишида „супуриб“ ўтган юзи.) Бу ҳолда ўтказгичда ток ҳосил бўлмайди, бироқ ўтказгич учларида э. ю. к. га тенг потенциаллар фарқи пайдо бўлади.

Агар контур билан чегараланган сирт орқали ўтувчи магнит оқими контурдаги токнинг ўзгариши туфайли ўзгарадиган бўлса, у ҳолда контурда ўзиндукция э. ю. к. ҳосил бўлади. Ўзиндукция коэффициенти L доимий бўлганда (яъни муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги, контурнинг шакли ва ўлчамлари ўзгармас бўлганда) ўзиндукция э. ю. к.

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

бўлади, бунда ΔI —токнинг Δt вақтдаги ўзгариши.

884. Бир жинсли магнит майдоннинг магнит индукцияси $B = 2$ Т. СИ ва СГСМ системаларда магнит майдон кучланганлигини аниқланг. Муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 1$.



140-расм.

885. Етарлича узун соленоид ичида $H = In/l$ кучланганликли бир жинсли магнит майдон ҳосил қилинган, бунда I — ток кучи (А); l — соленоиднинг узунлиги (м); n — ўрамлар сони. Агар соленоиднинг узунлиги $l = 50$ см, ўрамлар сони $n = 500$, ток кучи $I = 10$ А, темирнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 5000$ бўлса, соленоиднинг темир ўзагидаги магнит индукция катталигини аниқланг. H ни ҳисоблаш формуласи СИ бирликлар системасида берилган.

886. Агар темир ичидаги магнит майдон $H = 800$ А/м кучланганлик ва $B = 5$ Т магнит индукция қиймати билан характерланиши маълум бўлса, муҳитнинг (соф темирнинг) магнит сингдирувчанлигини аниқланг. Магнит доимийси $\mu_0 = 1,256 \times 10^{-6}$ Г/м.

887. Ўтказгичнинг $l = 1$ см узунликдаги қисми $H = 100$ Э кучланганликли бир жинсли магнит майдонга жойлашган. Агар ўтказгичдан $I = 1$ А ток ўтаётган бўлса, унга қандай куч таъсир қилади? Ўтказгич вакуумда магнит майдон куч чизиқларига перпендикуляр жойлашган.

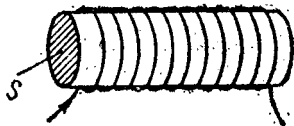
888. Узунлиги $l = 20$ см ва оғирлиги $P = 5$ г-куч бўлган тўғри AB ўтказгич (140-расм) бир жинсли магнит майдонга ингичка енгил OA ва OB иплар билан осиб қўйилган. Магнит майдоннинг кучланганлик вектори горизонтал йўналган бўлиб, ўтказгичга перпендикулярдир. Иплардан бири узилиши учун ўтказгич орқали қандай катталиқдаги ток ўтказиш керак? Магнит майдон кучланганлиги $H = 490$ Э. Ҳар бир ип $p = 4$ г-куч дан ортқ нарузкада узилади.

889. $B = 2 \cdot 10^{-2}$ Т индукцияли магнит майдонга перпендикуляр жойлашган $l = 0,5$ м узунликдаги тўғри ўтказгичга $F = 0,15$ Н куч таъсир қилади. Ўтказгич орқали ўтаётган ток кучини топинг. Ҳисоблашларни СГСМ ва СИ бирликлар системасида бажаринг

890. Магнит қутблари орасида иккита ингичка ипга осилган тўғри ўтказгич горизонтал турибди, унинг оғирлиги $P = 0,1$ Н ва узунлиги $l = 0,2$ м. Бир жинсли магнит майдоннинг кучланганлиги $H = 2 \cdot 10^5$ А/м ва вертикал йўналган. Ўтказгич бутунлай магнит майдонда жойлашган. Агар ўтказгичдан $I = 2$ А ток ўтказилса, ўтказгични кўтариб турган иплар вертикалдан қандай α бурчакка оғади? Ипларнинг оғирлигини ҳисобга олманг.

891. Тўғри ўтказгич орқали $I = 100$ А ток ўтмоқда. Ўтказгичдан $r = 4$ м масофада жойлашган нуқтада тўғри ток юзага келтирган магнит майдон кучланганлиги H ни ва магнит индукцияси B ни аниқланг. Атроф муҳит — ҳаво ($\mu = 1$).

892. ГОСТ 9767—61 бўйича ток кучи бирлиги ампер қуйидагича таърифланади: „Ампер—вакуумда бир-бирдан 1 м масофада жойлашган чексиз узун ва кўндаланг кесим юзи жуда кичик бўлган параллел тўғри икки ўтказгичдан ўтиб, бу ўтказгичлар орасида ҳар бир метр узунликка Халқаро системанинг $2 \cdot 10^{-7}$ бирлигига тенг куч ҳосил қиладиган ўзгармас ток кучидир“. Бу таърифдан фойдаланиб, μ_0 магнит доимийсини ҳисоблаб топинг.



141-расм.

893. Электр узатиш ҳаво линиясидаги ток кучи $I = 500$ А, линия симлари орасидаги масофа $r = 50$ см. Линияда узунлик бирлигига тўғри келувчи ўзаро таъсир кучини аниқланг.

894. Бир жинсли магнит майдоннинг магнит индукцияси $B = 0,5$ Т ($\text{Вб} \cdot \text{м}^{-2}$). Куч чизиқларига перпендикуляр жойлашган $S = 25$ см² сирт орқали ўтувчи магнит индукция оқимини аниқланг. Агар сиртни бошланғич вазиятидан $\varphi = 60^\circ$ бурчакка бурилса, индукция оқими қанчага тенг бўлади?

895. Соленоиднинг магнит индукциясини ва никель ўзагининг кўндаланг кесим юзи орқали ўтувчи магнит индукция оқимини аниқланг. Соленоид ичидаги бир жинсли магнит майдон кучланганлиги $H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м га тенг. Ўзакнинг кўндаланг кесим юзи $S = 20$ см². Никелнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 200$.

896. $n = 1000$ ўрамдан иборат ғалтакнинг кўндаланг кесим юзи орқали ўтувчи магнит индукция оқими ғалтакдаги ток $I_1 = 4$ А дан $I_2 = 20$ А гача ўзгариши туфайли $\Delta\Phi = 0,002$ Вб га ўзгарди. Ғалтакнинг L ўзиндукция коэффициентини аниқланг.

897. $S = 2$ см² юзга эга бўлган ўрам бир жинсли магнит майдон куч чизиқларига перпендикуляр жойлашган. Агар $\Delta t = 0,05$ сек вақт ичида магнит индукция $B_1 = 0,5$ Т дан $B_2 = 0,1$ Т гача бир текис камайса, ўрамда индукцияланган э. ю. к. қанчага тенг?

898. Агар магнит майдон бир текис йўқола борганда $\Delta t = 0,1$ сек вақт ичида ғалтакда $\mathcal{E} = 10$ В э. ю. к. индукцияланса, $n = 1000$ ўрамга эга бўлган ғалтакнинг ҳар бир ўрамини қандай магнит оқими кесиб ўтган?

899. Тенг томонли учбурчак шаклидаги рамка $H = 6,4 \cdot 10^4$ А/м кучланганликли бир жинсли магнит майдонга жойлаштирилган. Рамка текислигига ўтказилган перпендикуляр магнит майдон йўналиши билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилади. Агар майдон йўқотилганда $\Delta t = 0,03$ сек вақт давомида рамкада ҳосил бўлувчи индукция э. ю. к. нинг ўртача қиймати $\mathcal{E} = 10$ мВ га тенглиги маълум бўлса, рамка томонининг a узунлигини аниқланг.

900. Бир жинсли магнит майдонга квадрат рамка жойлаштирилган. Рамка текслигига ўтказилган нормаль магнит майдон йўналиши билан $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилади. Рамканинг томонлари $l = 10$ см. Агар майдон йўқотилганда $\Delta t = 0,01$ сек давомида рамкада ҳосил бўлувчи индукция э. ю. к. нинг ўртача қиймати $\mathcal{E} = 50$ мВ га тенглиги маълум бўлса, H магнит майдон кучланганлигини аниқланг.

901. Бир жинсли магнит майдонда куч чизиқларига перпендикуляр жойлаштирилган $S = 10$ см² юзга эга бўлган ўрам турибди. Агар майдон секундига 100 Э ўзгармас тезлик билан камайса, ўрам орқали қандай I ток ўтади? Ўрамнинг қаршилиги $R = 1$ Ом.

902. Бир жинсли магнит майдонда юзи $S = 10^{-3}$ м² бўлган ясси ўрам жойлашган. Майдон кучланганлиги $H = 8 \cdot 10^4$ А/м га тенг. Ўрамнинг қаршилиги $R = 1$ Ом. Агар майдон йўқотилса, ўрамдан қандай заряд ўтади? Магнит майдон ўзгармас тезлик билан камаяди.

903. Агар $\Delta t = 0,5$ сек вақт ичида занжирдаги ток $I = 10$ А дан $I_2 = 5$ А гача ўзгарган бўлса ва бунда темир ўзакли ғалтак учларида индукцияланган э. ю. к. $\mathcal{E} = 25$ В бўлса, ғалтакнинг ўзиндукция коэффиенти қандай бўлади?

904. Бир жинсли магнит майдонда индукция векторига ($B = 0,1$ Т) перпендикуляр равишда $l = 2$ м узунликли ўтказгич $v = 5$ м/сек тезликда (бу тезлик ўтказгичга перпендикуляр йўналган) ҳаракатланмоқда. Ўтказгичда қандай э. ю. к. индукцияланади?

905. Самолётнинг тезлиги $v = 900$ км/соат. Самолётнинг қанот учлари орасида ҳосил бўладиган потенциаллар фарқини топинг. Ер магнит майдонининг вертикал ташкил этувчиси $H_0 = 0,5$ Э ва самолёт қанотларининг учи орасидаги масофа $l = 12$ м. Самолёт горизонтал учмоқда.

906. $l = 10$ см узунликдаги ўтказгич учлари орасида $U = 0,01$ В потенциаллар фарқи ҳосил бўлиши учун у $H = 2000$ Э кучланганликли бир жинсли магнит майдон куч чизиқларига перпендикуляр равишда қандай тезликда ҳаракатланиши керак? Ўтказгичнинг тезлиги ўтказгичнинг ўзи билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ташкил қилади. Куч чизиқлари ҳамма вақт ўтказгичга перпендикуляр йўналган бўлади.

907. Поезд $v = 60$ км/соат тезлик билан яқинлашиб келаётган бўлса, темир йўл рельсларига уланган гальванометр орқали қандай ток ўтади? Ер магнит майдонининг вертикал ташкил этувчиси $H_0 = 0,5$ Э. Гальванометрнинг қаршилиги $R = 100$ Ом. Рельслар орасидаги масофа $l = 1,2$ м. Рельслар бир-биридан ва ердан изоляцияланган деб ҳисобланг.

908. $H = 100$ Э кучланганликли бир жинсли магнит майдонда томонлари $l = 2$ см бўлган квадрат жойлашган. Рамка текслиги куч чизиқлари йўналишига перпендикулярдир. Рамканинг қаршилиги $R = 1$ Ом. Агар рамкани магнит майдондан

куч чизиқларига перпендикуляр равишда $v = 1$ см/сек ўзгармас тезлик билан суриб чиқарилса, ундан қандай ток ўтади? Майдон кескин чегараланган ва рамканинг икки томони шу чегарага параллел.

909. Ясси бир ўрамдан иборат сим рамкани бир жинсли магнит майдон кесиб ўтади. Магнит майдон куч чизиқлари рамка текислигига перпендикуляр йўналган. Ўрамнинг қаршилиги $R = 10^{-3}$ Ом ва юзи $S = 1$ см² га тенг. Магнит майдон индукцияси $\Delta t = 1$ сек вақт ичида $B = 0,01$ Вб/м² катталика текис ўзгаради. Шу вақт ичида рамкада қандай q иссиқлик миқдори ажралади? Рамка қаршилигининг температурага боғлиқлигини ҳисобга олманг.

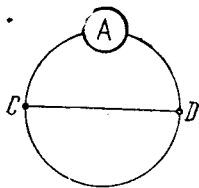
910. Бир жинсли магнит майдонга бир томони қўзғалувчан ва узунлиги l га тенг бўлган тўғри бурчакли рамка жойлаштирилган. Магнит майдон индукцияси B га тенг. Рамка текислиги магнит майдон куч чизиқларига перпендикуляр жойлашган. Рамканинг қўзғалувчан томонини (бошланғич пайтда рамканинг қўзғалмас томони билан устма-уст жойлашган) v тезлик билан ҳаракатга келтирилди. Рамкада ҳосил бўлувчи I токнинг вақтга боғланишини аниқланг. Ўтказгич бирлик узунлигининг қаршилиги ρ га тенг.

911. Бир учлари туташтирилган ўзаро параллел икки ўтказгич бир жинсли магнит майдонда жойлашган. Ўтказгичлар орасидаги масофа $l = 50$ см, магнит майдон индукцияси $B = 5 \cdot 10^{-3}$ Т. Ўтказгичлар жойлашган текислик майдон йўналишига перпендикуляр. Ўтказгичлар устига металл „кўприкча“ ётқизилган. У ўтказгичлар устида ишқаланишсиз сирпана олади. Кўприкча $F = 10^{-4}$ Н куч таъсирида ўзгармас $v = 10$ м/сек тезлик билан ҳаракатланади. Ўтказгичлар қаршилигини жуда кичик деб ҳисоблаб, кўприкчанинг қаршилигини топинг.

912. $n = 1000$ ўрамдан иборат рамка $R = 10$ кОм қаршиликли гальванометрга уланган. Рамканинг юзи $S = 5$ см², у турган бир жинсли магнит майдоннинг индукцияси $B = 100$ Гс, майдон куч чизиқлари рамка текислигига перпендикуляр. Агар магнит майдон йўналиши тескарисига ўзгарса, гальванометр занжиридан қандай q заряд ўтади? Магнит майдон индукцияси вақт ўтиши билан бир текис ўзгаради, деб ҳисоблаш мумкин.

913. Индукцияси B га тенг бўлган бир жинсли магнит майдонга ўрамлар сони n , диаметри d бўлган берк ғалтак жойлаштирилган. Ғалтак текислиги майдон куч чизиқларига перпендикуляр. Агар ғалтакни 180° бурилса, ғалтак занжиридан қандай q заряд ўтади? Ғалтак симининг кўндаланг кесим юзи S ва солиштирама қаршилиги ρ .

914. Занжирга э. ю. к. $\mathcal{E} = 1,2$ В бўлган батарея, $R = 1$ Ом қаршилик ва $L = 1$ Г индуктивлик кетма-кет уланган. Занжирдан I_0 ўзгармас ток ўтаётган эди. Бирор вақт моментидан бошлаб қаршилик шундай ўзгартирила бошландики, бунда

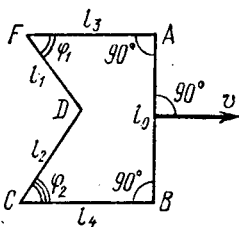


142-расм.

занжирдаги ток $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0,2$ А/сек доимий тезлик билан камаё борди. Ток ўзгартирила бошлангандан кейин $t = 2$ сек вақт ўтгач, занжирнинг R_i қаршилиги қандай бўлади? Батареянинг ички қаршилигини ҳисобга олмаг.

915. 142-расмда тасвирланган схемадаги амперметр қандай I токни кўрсатади? Расм текислигига перпендикуляр йўналган бир жинсли магнит майдон индукцияси вақт ўтиши билан $B = kt$ қонун бўйича ўзгаради. C ва D нуқталар сим ҳалқанинг диаметрларидан бирининг учларида жойлашган. Ҳалқанинг диаметри d га тенг, ҳалқа симининг солиштирма қаршилиги ρ (узунлик бирлигининг қаршилиги). Амперметрнинг қаршилигини ҳисобга олмаг.

916. $I = 0,1$ А ток ўтаётган квадрат рамка индукцияси $B = 100$ Гс бўлган бир жинсли магнит майдонга шундай жойлаштирилганки, бунда рамканинг икки томони майдон куч чизиқларига перпендикуляр, рамка текислигига ўтказилган нормаль эса куч чизиқлари билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ташкил қилади.



143-расм.

Рамка томонининг узунлиги $l = 1$ см. Рамкага таъсир қилувчи M куч моментини топинг.

917. Бир жинсли вертикал (куч чизиқлари вертикал йўналган) магнит майдонда беш бурчакли $ABCD F$ рамка горизонтал йўналишда ўзгармас v тезлик билан ҳаракатланмоқда. Рамка текислиги магнит майдон куч чизиқларига ҳамма вақт перпендикуляр ҳолда бўлади. Рамканинг шакли 143-расмда тасвирланган. Рамка тезлигининг йўналиши AB томонга перпендикуляр.

Майдоннинг индукцияси B . Рамкадаги индукция э. ю. к. ини ва токни голинг.

918. Ўтказгичда $\mathcal{E} = 0,3$ В э. ю. к. ҳосил бўлиши учун тўғри ўтказгични унинг учларидан бири атрофида бир жинсли магнит майдонда, унинг куч чизиқларига перпендикуляр текисликда қандай бурчак тезлик билан айлантириш керак? Ўтказгичнинг узунлиги $r = 20$ см. Магнит майдон кучланглиги $H = 2000$ Э.

24-§. Ўзгарувчан ток

Ўзгарувчан токнинг тебранишлар частотаси f , даври T ва довравий частотаси ω ўзаро қуйидагича боғланган:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{ва} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f.$$

Синусоидал ўзгарувчан тоқлар учун контурдаги электр юритувчи кучнинг оний қиймати

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

ёки занжирнинг бир қисмидаги кучланишнинг оний қиймати

$$U = U_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (21)$$

бўлганда бу контурдаги тоқнинг оний қиймати

$$I = I_0 \sin \omega t \quad (22)$$

бўлади. Бу ерда \mathcal{E}_0 , U_0 ва I_0 — э. ю. к., кучланиш ва тоқнинг амплитуда қийматлари (энг кагга қийматлари), φ — э. ю. к. (ёки кучланиш) нинг бошланғич фазаси, Тоқнинг бошланғич фазаси нолга тенг деб қабул қилинган.

Ўзгарувчан тоқ занжирига R актив (омик) қаршилик, $X_L = \omega L$ қаршиликли индуктив ғалтак ва сиғим қаршилиги $X_C = \frac{1}{\omega C}$ бўлган конденсатор кетма-кет уланганда занжирнинг тўла қаршилиги (144-расм)

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (23)$$

бўлади. Бу занжирдаги тоқ ва кучланишнинг амплитуда қийматлари орасида Ом қонунига ўхшаш боғланиш мавжуд:

$$I_0 = \frac{U_0}{Z}.$$

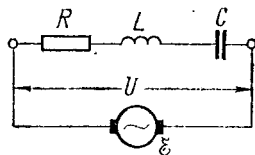
Бу ҳолда кучланиш ва тоқ орасида фазалар силжишини [агар тоқ ва кучланишнинг оний қийматлари (21) ва (22) формулалардан аниқланадиган бўлса, бу фазалар силжиши бошланғич фазага тенг] қуйидаги ифодадан топиш мумкин:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}. \quad (24)$$

Агар занжирда R актив қаршилик ёки L индуктивлик бўлмаса, у ҳолда (23) ва (24) формулаларда уларни нолга тенг деб ҳисоблаш керак. Конденсатор бўлмаганда эса C сиғим чексиз катта деб ҳисоблаш лозим.

Тоқ, кучланиш ва э. ю. к. ларнинг амплитуда қийматлари уларнинг эффектив қийматлари билан қуйидаги муносабат орқали боғланган:

$$I_0 = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, \quad U_0 = \frac{U_0}{\sqrt{2}}, \quad \mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{2}}.$$



144-расм.

Агар занжирнинг бир қисмидаги кучланиш ва токнинг оний қийматлари (21) ва (22) формулалардан аниқланса, занжирнинг шу қисмида ажраладиган ўртача қувват

$$N = \frac{I_0 U_0}{2} \cos \varphi = I_0 U_0 \cos \varphi$$

бўлади, бунда $\cos \varphi$ — қувват коэффициентини.

Актив қаршилиги R га тенг бўлган ўтказгичдан t вақт давомида ўзгарувчан ток ўтганда

$$Q = I_0^2 R t$$

иссиқлик миқдори ажралади. Индуктив ва сиғим қаршиликларда иссиқлик ажралмайди.

Трансформатор ёрдамида ўзгарувчан токни ўзгартирилаётганда магнит оқимининг йўқолиши ва иккиламчи чулғами очиқ бўлганда бирламчи чулғам токи (салт ишлаш токи) ҳисобга олинмаганда, чулғамлардаги I_1 ва I_2 тоқлар чулғам ўрамлири сони ω_1 ва ω_2 га тескари пропорционал:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = k.$$

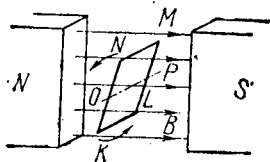
Бундаги k катталик трансформация коэффициентини деб аталади.

Ўзгарувчан магнит оқими таъсирида чулғамларда ҳосил бўладиган \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 электр юритувчи кучлар ўрамлири сонига тўғри пропорционал:

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

Чулғамнинг актив қаршилиги индуктив қаршилигига нисбатан жуда кичик бўлган трансформаторнинг фойдали иш коэффициентини бирга яқин бўлади. Бундай трансформатор учун $I_1 \mathcal{E}_1 = I_2 \mathcal{E}_2$, яъни бирламчи чулғамдаги токнинг қуввати иккиламчи чулғамдаги ток қувватига тенг.

919. Тўғри бурчакли рамка бир жинсли горизонтал магнит майдонда $n = 50$ айл/сек тезлик билан айланмоқда (145-расм). Рамка сиртининг юзи $S = 100 \text{ см}^2$. Магнит майдон индукцияси $B = 0,2 \text{ Т}$. Агар бошланғич вақт моментда рамка горизонтал турган бўлса,



145- расм.

рамка орқали ўтувчи магнит оқимнинг t вақтга боғлиқ ҳолда ўзгариш қонунини аниқланг. Худди шу масалани рамка бошланғич моментда горизонтал йўналиш билан $\varphi = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилган ҳол учун ечинг.

920. 919-масаланинг шартлари бўйича бир жинсли магнит майдонда айланувчи рамкада ҳосил бўладиган э. ю. к. нинг \mathcal{E}_0 амплитудасини аниқланг. Агар рамканинг бирлик вақтдаги айланишлари сони уч марта ортса, э. ю. к. амплитудаси қандай ўзгаради?

921. Бир жинсли магнит майдонда $n = 10$ айл/сек тезлик билан айланаётган тўғри бурчакли рамка орқали ўтувчи максимал магнит индукция оқимини аниқланг (145-расм). Рамкада ҳосил бўладиган э. ю. к. $\mathcal{E}_0 = 3$ В га тенг.

922. Магнит индукцияси $B = 0,5$ Т бўлган бир жинсли магнит майдонда айланувчи тўғри бурчакли рамканинг бирлик вақтдаги айланишлар сонини аниқланг. Рамкада ҳосил бўлувчи э. ю. к. амплитудаси $\mathcal{E}_0 = 10$ В га тенг (145-расм). Рамканинг юзи $S = 200$ см², ундаги ўрамлар сони $n = 20$.

923. Занжирнинг ўзгарувчи ток ўтаётган учларидаги кучланиш вақт ўтиши билан

$$U = U_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

қонун бўйича ўзгаради.

$t = T/12$ вақт моментада оний кучланиш $U = 10$ В. Агар тебраниш даври $T = 0,01$ сек бўлса, U_0 кучланиш амплитудасини, частота ва f доиравий частотани аниқланг. Кучланишнинг вақтга боғланиш графигини чизинг.

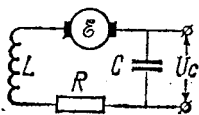
924. Агар ғалтак учларидаги ўзгарувчан кучланиш амплитудаси $U = 160$ В, ундаги ток амплитудаси $I = 10$ А ва токнинг частотаси $f = 50$ Гц бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини аниқланг. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

925. Ғалтакнинг индуктив қаршилиги $X_L = 500$ Ом, у уланган тармоқнинг эффектив кучланиши $U_s = 100$ В, токнинг частотаси $f = 1000$ Гц. Занжирдаги токнинг амплитудасини ва ғалтакнинг индуктивлигини аниқланг. Ғалтакнинг ва ток келтирувчи симларнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

926. Кетма-кет уланган $R = 1$ кОм актив қаршилик, $L = 0,5$ Г индуктивликли ғалтак ва $C = 1$ мкФ сиғимли конденсатордан тузилган электр занжир учун $U = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$ кучланиш ва $I = I_0 \sin \omega t$ ток орасидаги фазалар силжиш бурчаги φ ни аниқланг. Агар кучланиш амплитудаси $U_0 = 100$ В, ток частотаси $f = 50$ Гц бўлса, занжирда ажраладиган қувватни аниқланг.

927. $R = 1$ кОм актив қаршиликка $L = 0,5$ Г индуктивликли ғалтак ва $C = 1$ мкФ сиғимли конденсатор кетма-кет уланган. Ўзгарувчан токнинг $f_1 = 50$ Гц ва $f_2 = 10$ кГц частоталари учун X_L индуктив қаршиликни, X_C сиғим қаршиликни ва занжирнинг Z тўла қаршилигини аниқланг.

928. Генератор клеммаларига $C = 0,1$ мкФ сиғимли конденсатор уланган. Агар ток амплитудаси $I_0 = 2,2$ А, даври $T = 1,5000$ сек бўлса, генератор клеммаларидаги кучланиш амплитудасини аниқланг.



146-расм.

929. $U_0 = 127$ В кучланишли шахар ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет уланган $R = 100$ Ом актив қаршилик ва $C = 40$ мкФ сифимли конденсатордан иборат занжир уланган. Занжирдаги ток амплитудасини аниқланг.

930. $U_0 = 120$ В кучланишли ўзгарувчан ток тармоғига $R = 15$ Ом актив қаршиликли ўтказгич ва $L = 50$ мГ индуктивликли ғалтак кетма-кет уланган. Ток амплитудаси $I_0 = 7$ А бўлса, токнинг частотасини топинг.

931. $C = 0,1$ мкФ сифимли конденсатор ва $L = 0,5$ Г индуктивликка эга бўлган ғалтакдан кетма-кет улаб тузилган электр занжирнинг тўла реактив қаршилигини аниқланг. Ток частотаси $f = 1000$ Гц. Қандай f_0 частотада тўла реактив қаршилик нолга тенг бўлади?

932. Тебраниш контурига (146-расм) ўзгарувчан э. ю. к. $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$ уланган, бунда $\mathcal{E}_0 = 2$ В. Резонанс вақтида контурнинг баъзи элементида (масалан, конденсаторда) кучланиш амплитудаси жуда ортиб кетади.

Агар кучланиш амплитудаси э. ю. к. амплитудасидан резонанс вақтидаги X_L индуктив қаршиликнинг (ёки X_C сифим қаршиликнинг) актив қаршиликка нисбатига тенг сон марта катта эканлиги маълум бўлса, конденсатордаги резонанс кучланишнинг амплитудасини аниқланг. Контурнинг резонанс частотаси $f_0 = 10^5$ Гц, ғалтакнинг индуктивлиги $L = 1$ мГ ва контурнинг актив қаршилиги $R = 3$ Ом.

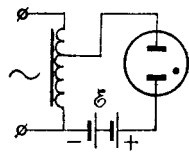
933. Индуктивлиги $L = 2$ Г ва актив қаршилиги $R = 10$ Ом бўлган темир ўзакли соленоид аввал $U = 20$ В кучланишли ўргармас ток тармоғига, сўнгра эффектив кучланиши $U_0 = 20$ В ва частотаси $f = 400$ Гц бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган. Биринчи ва иккинчи ҳолларда соленоид орқали ўтувчи токни аниқланг.

934. Агар генератор занжирга $N = 8$ кВт қувват берса ва занжирдаги ток амплитудаси $I_0 = 100$ А, генератор клеммаларидаги кучланиш амплитудаси $U = 200$ В бўлса, электр занжирнинг $\cos \varphi$ сини (қувват коэффициентини) аниқланг.

935. Ўзгарувчан ток генераторига $R = 22$ Ом қаршиликли электр печь уланган. Агар ток амплитудаси $I_0 = 10$ А бўлса, $t = 1$ соат ичида электр печь ажратадиган Q иссиқлик миқдорини аниқланг.

936. $U = 100$ В кучланишли ўзгарувчан ток тармоғига электр қайнаткич (қиздиргич) уланган. $t = 20^\circ\text{C}$ температурада фехрал сим спиралининг қаршилиги $R = 25$ Ом га тенг. Фехрал қаршилигининг температура коэффициенти $\alpha = 2 \cdot 10^{-2} \text{ K}^{-1}$. $\tau = 1$ мин вақт давомида қиздиргич қайнаб турган қанча сувни бугга айлантиради? Сувнинг солиштира буг ҳосил бўлиш иссиқлиги $r = 2,26 \cdot 10^4$ Ж/кг.

937. Симметрик электродли неон лампа $U = 71$ В кучланишли ва даври $T = 1,50$ сек бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган. Лампанинг чақнаш вақти давомийлиги Δt ни ва бирлик вақтдаги n чақнашлари сонини аниқланг. Лампанинг $U_{\text{ен}} = 86,7$ В ёниш кучланишини $U_{\text{ў}}$ ўчиш кучланишига тенг деб ҳисоблаш мумкин.



147-расм.

938. 147-расмда тасвирланган схема бўйича ўзгарувчан ток тармоғига уланган симметрик электродли неон лампанинг ёниш частотасини аниқланг. Батареянинг э. ю. к. $\mathcal{E} = 60$ В, автотрансформатордан олинadиган ўзгарувчан кучланиш $U = 28,3$ В. Лампанинг ёниш кучланиши $U_{\text{ен}} = 86,7$ В. Ўзгарувчан ток частотаси $f = 200$ Гц.

939. Трансформаторнинг бирламчи чулғаидаги ток $I = 0,5$ А, унинг учларидаги кучланиш $U_1 = 220$ В. Иккиламчи чулғаидаги ток $I_2 = 11$ А, унинг учларидаги кучланиш $U_2 = 9,5$ В. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

940. Пасайтирувчи трансформаторнинг бирламчи чулғаи $U_1 = 220$ В кучланишли тармоққа уланган. Иккиламчи чулғаининг қаршилиги $r = 2$ Ом, иккиламчи чулғаидаги ток $I = 3$ А. Трансформаторнинг трансформация коэффициентини $k = 8$. Иккиламчи чулғам учларидаги U_2 кучланишни аниқланг. Бирламчи чулғаидаги йўқотишларни ҳисобга олманг.

941. Радиоприёмникнинг куч трансформаторидаги бирламчи чулғам $n_1 = 12000$ ўрамдан иборат ва у $U_1 = 120$ В кучланишли тармоққа уланган. Агар иккиламчи чулғамнинг қаршилиги $r = 0,5$ Ом ва унинг учларидаги чўғлантириш кучланиши $I = 1$ А ток кучида $U_2 = 3,5$ В га тенг бўлса, чулғаидаги n_2 ўрамлар сони қандай бўлиши керак?

942. Пасайтирувчи трансформаторнинг бирламчи чулғаи $U_1 = 220$ В кучланишли тармоққа уланган. Трансформаторнинг иккиламчи чулғаи учларидаги кучланиш $U_2 = 20$ В, чулғамнинг қаршилиги $r = 1$ Ом, ундан ўтувчи ток $I = 2$ А. Трансформаторнинг k трансформация коэффициентини ва η фойдали иш коэффициентини аниқланг. Бирламчи чулғаидаги йўқотишларни ҳисобга олманг.

943. Пасайтирувчи трансформаторнинг бирламчи чулғаи $U_1 = 120$ В кучланишли тармоққа уланган. Иккиламчи чулғамнинг қаршилиги $r = 1,2$ Ом, ундаги ток $I = 5$ А. Трансформаторнинг трансформация коэффициентини $k = 10$. Трансформатор нагрукасининг R қаршилигини ва иккиламчи чулғам учларидаги U_2 кучланишни аниқланг.

Бирламчи чулғаидаги йўқотишларни ҳисобга олманг.

944. Кетма-кет уланган иккита генератор билан таъминланadиган тармоқ кучланишининг амплитудасини ва фазасини аниқланг. Биринчи генераторнинг кучланиши $U_1 = U_{10} \sin \omega t$,

амплитуда қиймати $U_{10} = 60$ В ва иккинчи генераторнинг кучланиши $U_2 = U_{20} \sin(\omega t + \varphi_0)$, амплитуда қиймати $U_{20} = 100$ В. Ток частотаси $f = 50$ Гц. Иккинчи генератор кучланишининг бошланғич фазаси $\varphi = 30^\circ$.

25-§. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар

Индуктивлиги L бўлган ғалтак ва C сифимли конденсатордан иборат контурнинг хусусий электр тебраниш даври T , агар актив қаршилик R ни индуктив қаршиликка нисбатан ҳисобга олмаслик мумкин бўлса, резонанс частотада қуйидаги формуладан аниқланади (Томсон формуласи):

$$T = 2\pi \sqrt{LC}.$$

Бу ерда L — генри ҳисобида, C — фарада ҳисобида олинган бўлса, T секундларда келиб чиқади. Контурнинг тебраниш частотаси $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$. Бўшлиқда электромагнит тўлқин узунлиги

$$\lambda = c_0 T = \frac{c_0}{f},$$

бунда T — электромагнит тебранишлар даври, f — тебраниш частотаси ва $c_0 = 3 \cdot 10^8$ м/сек — электромагнит тўлқиннинг бўшлиқда тарқалиш тезлиги (ёруғликнинг бўшлиқда тарқалиш тезлиги).

Радиотехникада жуда катта частотали тебранишлар билан иш қўришга тўғри келади. Бундай ҳолларда частотани ўлчаш учун қуйидаги бирликлардан фойдаланилади: 1 кГц (килогерц) = 10^3 Гц, 1 МГц (мегагерц) = 10^6 Гц ва 1 ГГц (гигагерц) = 10^9 Гц.

945. Тебраниш контурининг конденсаторига $q = 10^{-6}$ Кл заряд берилгандан сўнг контурда сўнувчи электр тебранишлар содир бўлади. Тебранишлар тўла сўнгунча ўтган вақт ичида конденсаторда қанча иссиқлик миқдори ажралади? Конденсаторнинг сифими $C = 0,01$ мкФ.

946. Тебраниш контурига уланган конденсаторда эффектив кучланиш $U_0 = 100$ В га тенг. Конденсаторнинг сифими $C = 10$ пФ. Контурдаги электр ва магнит энергияларининг максимал қийматини аниқланг.

947. Тебраниш контури $L = 0,003$ Г индуктивликли ғалтак ва ясси конденсатордан тузилган. Ясси конденсатор $r = 1,2$ см радиусли ва бир-биридан $d = 0,3$ мм масофада жойлашган диск шаклидаги икки пластинкадан иборат. Контурнинг хусусий тебраниш даври T ни аниқланг. Агар конденсатор $\epsilon = 4$ диэлектрик сингдирувчанликли диэлектрик билан тўлдирилса, тебраниш даври T қандай бўлади?

948. Генератордаги тебраниш контурида қисқа туташувга (ўзгарувчан конденсатор пластинкаларининг бир-бирига тасодифан тегиб кетиши натижасида вужудга келадиган) йўл қўймаслик учун бу конденсаторга сиғими ўзгарувчан конденсатор сиғимига нисбатан анча катта бўлган ўзгармас конденсатор кетма-кет уланади. Ўзгарувчан конденсаторнинг энг катта C_1 сиғимига ўзгармас конденсатор уланмасдан олдин f_1 тебранишлар частотаси мос келар эди. Агар ўзгармас конденсатор сиғими $C_2 = nC_1$ ($n = 50$) бўлса, у улангандан кейин контур частотаси неча марта ўзгаради?

949. $C_1 = 10^{-6}$ Ф сиғимли конденсатор уланган контурда $f_1 = 400$ Гц частотада резонанс рўй беради. C_1 конденсаторга иккинчи C_2 конденсатор параллел улангандан сўнг резонанс частота $f_2 = 100$ Гц бўлган. C_2 конденсаторнинг сиғимини аниқланг. Контурнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

950. Контурда $f_1 = 400$ Гц дан $f_2 = 500$ Гц гача частотали тебраниш ҳосил қилиш учун тебраниш контуридаги ғалтак индуктивлиги қандай чегарада ўзгариши керак? Контурдаги сиф. катталиги $C = 10$ мкФ.

951. Радиоприёмникни $\lambda_1 = 25$ м дан $\lambda_2 = 200$ м гача ораликдаги турли тўлқин узунликларга эга бўлган радиотўлқинларни қабул қилишга созлаш мумкин. Узун тўлқинларни қабул қилишга ўтаётганда радиоприёмникнинг тебраниш контурига уланган ясси конденсатор пластинкалари орасидаги масофани қайси томонга ва қанча ўзгартириш керак?

952. Миллиметрли диапазондаги (1 — 10 мм) радиотўлқинларнинг частоталар диапазони қандай?

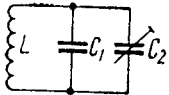
953. Рентген нурларининг частотаси $f = 3 \cdot 10^9$ ГГц бўлса, унинг тўлқин узунлигини аниқланг.

954. Берилган амплитудали ва берилган частотали синусоидал электр тебранишлар ҳосил қилувчи стандарт сигналлар генераторининг тўлқин узунликлари диапазонини аниқланг. Генератор $f_1 = 100$ кГц дан $f_2 = 26$ МГц гача частоталар диапазониға мўлжалланган.

955. Контур нурлайдиган тўлқин узунлигининг формуласи $\lambda = c_0 T$ (T — Томсон формуласи бўйича аниқланадиган тебранишлар даври), агар контур индуктивлиги СГСМ бирликлар системасида, C сиғим эса СГСЭ бирликлар системасида ифодаланган бўлса, яъни L ва C сантиметр ҳисобида ифодаланган бўлса, $\lambda = 2\pi\sqrt{LC}$ формулага айланади, бунда λ сантиметрларда ифодаланган. Электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги $c_0 = 3 \cdot 10^8$ м/сек.

956. Контурида $C = 750$ см сиғимли конденсатор ва $L = 1,2 \cdot 10^6$ см индуктивликли ғалтак бўлган радиоприёмник қандай тўлқин узунликдаги электромагнит тўлқинларни қабул қилади?

957. Тебраниш контурининг хусусий тебраниш частотаси $f_0 = 30$ кГц. Контурдаги ясси конденсатор пластинкалари ора-



148-расм.

сини $n = 1,44$ марта орттирилса, f хусусий тебраниш частотаси қандай бўлади?

958. Индуктивлик ғалтагида ток $\Delta t = 0,6$ сек вақт ичида $\Delta I = 1$ А катталikka ўзгарганда унда $\mathcal{E} = 0,2$ мВ га тенг э. ю. к. ҳосил бўлади.

Шу ғалтак ва $C = 14100$ пФ сифимли конденсатордан тузилган контурга эга бўлган генератор нурлайдиган радиотўлқинлар узунлиги λ қандай бўлади?

959. 148-расмда тасвирланган электр контурнинг f хусусий тебраниш частотаси f ни, шунингдек, контур нурлайдиган тўлқинларнинг ω доиравий частотаси, T даври ва λ узунлигини аниқланг. Контурдаги ғалтак индуктивлиги $L = 10$ мГ, конденсаторнинг сифими $C_1 = 880$ пФ ва ундаги созловчи конденсаторнинг сифими $C_2 = 20$ пФ.

960. $C = 20$ пФ сифимли конденсаторга эга бўлган контур $\lambda = 5$ см тўлқинга соzланган. Контур ғалтагининг L индуктивлигини ва f тебранишлар частотасини аниқланг.

961. Контур $L = 2 \cdot 10^{-3}$ Г индуктивликли ғалтақдан ва ясси конденсатордан тузилган. Конденсатор пластинкалари орасидаги масофа $d = 1$ см, пластинкалар орасидаги оралиқни тўлдирувчи модданинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 11$ ва пластинкалар юзи $S = 800$ см². Тебраниш контури қандай тўлқин узунлигига соzланган?

962. Агар $L = 50$ мкГ индуктивликда контур $\lambda = 300$ м тўлқин узунликли электромагнит тебранишларда резонансда бўладиган қилиб соzланган бўлса, тебраниш контури конденсаторининг сифимини аниқланг.

963. Радиоприёмник контуридаги ўзгарувчан конденсатор сифими C_1 дан $C_2 = 9 C_1$ гача чегарада ўзгаради. Агар C_1 сифимга $\lambda_1 = 3$ м тўлқин узунлик мос келиши маълум бўлса, приёмник контурининг тўлқин диапазонини аниқланг.

964. Радиоприёмник контури $f_1 = 9$ МГц частотали тўлқин тарқагаётган радиостанцияга соzланган. Радиоприёмник контурини $\lambda_2 = 50$ м тўлқин узунлигига соzлаш учун контурдаги ўзгарувчан конденсатор сифимини қандай ўзгартириш керак? Электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги $c_0 = 3 \cdot 10^8$ м/сек.

965. Электромагнит тўлқинлар бир жинсли муҳитда $c = 2 \cdot 10^8$ м/сек тезлик билан тарқалмоқда. Агар электромагнит тебранишлар частотаси бўшлиқда $f = 1$ МГц бўлса, бу муҳитда электромагнит тебранишлар қандай тўлқин узунликка эга бўлади?

ОПТИКА

26-§. Ёруғликнинг тарқалиши. Ёруғлик тезлиги.
Ёруғликнинг тўлқин ва квант хоссалари

Вакуумда ва бир жинсли муҳитда ёруғлик тўғри чизиқли тарқалади. Ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги $c = 3 \cdot 10^8$ м/сек, моддадаги тезлиги $v = c/n$, бунда n — модданинг абсолют синдириш кўрсаткичи.

Ёруғлик кўндаланг электромагнит тўлқинлардан иборат. λ тўлқин узунлиги f тебранишлар частотаси (ёки ν), T давр ҳамда v тезлик билан оддий муносабат орқали боғланган:

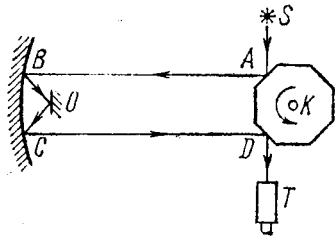
$$\lambda = v T = \frac{v}{f}.$$

Ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсирида квант хоссалари намоён бўлади. ν частотали ёруғлик энергиясининг порцияси (квант) $\epsilon = h\nu$ муносабат орқали ифодаланади. Бунда $h \approx 6,625 \times 10^{-34}$ Ж·сек — универсал квант доимийси (Планк доимийси).

Фотоэффект учун $\epsilon = P + W_k$ Эйнштейн тенгламаси моддада тушувчи квант (фотон) энергияси ϵ билан электронларнинг моддадан чиқиш иши P ва учиб чиққан электронларнинг $W_k = \frac{mv^2}{2}$ кинетик энергияси ўртасидаги боғланишни кўрсатади.

966. Бўйи $h = 1,7$ м бўлган одам кўчадаги чироқ томонга $v = 1$ м/сек тезлик билан бормоқда. Маълум вақт моментида одам соясининг узунлиги $l_1 = 1,8$ м эди, $t = 2$ сек вақт ўтгандан кейин эса соясининг узунлиги $l_2 = 1,3$ м га тенг бўлди. Лампа қандай H баландликка осилган?

967. Ёруғлик тезлигини аниқлаш бўйича ўтказилган Майкельсон тажрибасининг схемаси 149-расмда кўрсатилган. $AB = l = 35,5$ км. S манба T труба орқали кўриниши учун саккизёқли K призма қандай частота билан айланиши керак? OB масофа AB га нисбатан жуда кичик.



149-расм.

968. Олмос пластинка бинафшаранг ёруғлик (частотаси $f = 0,75 \cdot 10^{15}$ 1/сек) билан ёритилмоқда. Бинафша нурларнинг вакуумдаги λ_1 ва олмосдаги λ_2 тўлқин узунликларини аниқланг. Бу нурлар учун олмоснинг синдириш кўрсаткичи $n = 2,465$ га тенг.

969. Муҳитда фотон энергияси $\epsilon = 4,4 \cdot 10^{-12}$ эрг бўлган ёруғлик $\lambda = 3 \cdot 10^{-5}$ см тўлқин узунликка эга. Шу муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичини аниқланг. Планк доимийсини $h = 6,6 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек деб олинг.

970. $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$ м ёруғлик тўлқин узунлигига мос квант энергияси катталиги ϵ ни аниқланг. Планк доимийси $h = 6,625 \times 10^{-34}$ Ж·сек.

971. Агар металлдан учиб чиқаётган фотоэлектронлар $W_k = 4,5 \cdot 10^{-20}$ Ж кинетик энергияга эга, чиқиш иши эса $P = 7,5 \cdot 10^{-19}$ Ж бўлса, металлга тушаётган ёруғликнинг λ тўлқин узунлигини аниқланг. Планк доимийси $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Ж·сек.

972. Агар электроннинг металлдан чиқиш иши $P = 3,3 \cdot 10^{-19}$ Ж бўлса, фотоэффектни кузатиш мумкин бўлган энг кичик ёруғлик частотаси ν қандай бўлади? Планк доимийси $h = 6,6 \times 10^{-34}$ Ж·сек.

27-§. Ёруғликнинг ясси чегарада қайтиши ва синиши

Икки муҳит чегарасида ёруғликнинг қайтиш ва синиш ҳодисаси кузатилади.

Ёруғлик қайтганда тушувчи нур, қайтган нур ва нурнинг тушиш нуқтасига қайтарувчи сиртга туширилган перпендикуляр битта текисликда ётади ва қайтиш бурчаги тушиш бурчагига тенг бўлади.

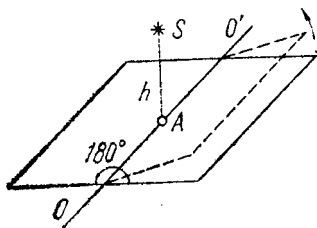
Ёруғлик синганда тушувчи нур, икки муҳитнинг ажралиш чегарасида нурнинг тушиш нуқтасига туширилган перпендикуляр ва синган нур битта текисликда ётади. Тушиш бурчаги α ва синиш бурчаги β ўзаро қуйидагича боғланган: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$,

бунда n_2 — иккинчи муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи, n_1 — биринчи муҳитники. Ҳаво учун $n \approx 1$.

Агар $n_2 < n_1$ (иккинчи муҳитнинг оптик зичлиги камроқ) бўлса, $\alpha < \beta$ бўлади. Энг катта $\beta = 90^\circ$ қийматга $\sin \alpha_0 = n_2/n_1$ тенгликдан аниқланадиган α_0 тушиш бурчаги мос келади. $\alpha > \alpha_0$ тушиш бурчагида фақат қайтган нур мавжуд, синган нур бўлмайди (тўла қайтиш ҳодисаси).

973. $R = 5$ м радиусли, сув билан лиммо-лим тўлдирилган думалоқ бассейннинг маркази устида унинг сиртидан $H = 3$ м баландликда лампа осилган. Бўйи $h = 1,8$ м бўлган одам бассейн четидан лампанинг сувдаги тасвири кўриниб турадиган қандай x масофага узоқлашиши мумкин?

974. Ёруғ лампа хона ўртасида полдан $h = 2,5$ м баландликка ўрнатилган. Хонанинг баландлиги $H = 4$ м. Полда $d = 5$ см диаметрли думалоқ кўзгуча ётибди. Кўзгуча хона марказидан: а) $x_1 = 0,5$ м ва б) $x_2 = 1,5$ масофада турса, кўзгучадан қайтган ёруғлик шуъласи шипда қандай ўлчамга эга бўлади?



150-расм.

975. Икки ясси кўзгу орасидаги икки ёқли бурчак дастлаб 180° га тенг эди. Бу бурчакни кўзгулардан бирини OO' ўқ атрофида секундига $\omega = 1,5$ градус ўзгармас тезлик билан айлантириб ўзгартириш мумкин (150-расм). Шуълаланувчи S нуқта кўзгалмас кўзгуча ўқининг A нуқтасига туширилган перпендикулярларда ўқдан $h = 10$ см масофада жойлашган. Қандай t вақтдан кейин нуқтанинг кўзгулардаги тасвирлари орасидаги масофа $r = 10$ см га тенг бўлади?

976. Икки ясси кўзгу бир-бирига nisbatan бурчак остида ўрнатилган ва улар орасига нуқтавий ёруғлик манбаи жойлаштирилган. Манбанинг биринчи кўзгудаги тасвири манбадан $a_1 = 6$ см масофада, иккинчи кўзгудаги тасвири эса $a_2 = 8$ см масофада жойлашган. Бир тасвирдан иккинчи тасвиргача масофа $b = 10$ см га тенг. Кўзгулар орасидаги α бурчакни аниқланг.

977. Икки кўзгу бир-биридан ва манбадан бирдай масофада жойлашган. Нур икки марта қайтгандан сўнг: 1) манбага тўғри йўналиши учун; 2) ўтган йўли бўйича манбага қайтиши (яъни яна бир марта қайтиши) учун кўзгулар орасидаги φ бурчак қандай бўлиши керак?

978. Ясси кўзгуни $\alpha = 27^\circ$ бурчакка бурилди. Кўзгудан қайтган нур қандай бурчакка бурилади?

979. Ёруғлик нури экрандаги кичик тешик орқали (унга перпендикуляр) ўтиб, айланаётган олтиёқли кўзгуга тушади, унинг айланиш ўқи экранга параллел ва тешик қаршисида ётади. Агар кўзгу ва экран орасидаги масофа $l = 1$ м бўлса, кўзгудан қайтган нур экранда қандай L узунликдаги ёруғ чизиқ ҳосил қилади? Кўзгу ёқларининг ўлчамларини l масофага nisbatan ҳисобга олмаслик мумкин.

980. Икки кўзгу $\varphi < \pi$ иккиёқли бурчак бурилди. Кўзгулардан бирига бурчак қиррасига перпендикуляр текисликда ётувчи нур тушади. Бу нурнинг иккала кўзгудан қайтгандан сўнг бошланғич йўналишдан огиш бурчаги α тушиш бурчагига боғлиқ бўлмаслигини исбот қилинг.

981. Ёруғлик нури икки ясси кўзгудан бир мартадан кетма-кет қайтади. Кўзгулар бир-бирига маҳкамланган ва $\varphi < \pi$ иккиёқли бурчак ҳосил қилади. Агар кўзгулар системаси иккала кўзгу жойлашган текисликдаги ўқ атрофида β бурчакка

бурилса, қайтган нур ўзининг бошланғич йўналишидан қандай γ бурчакка оғади? Тушувчи нур ва қайтган нур шу ўққа перпендикуляр текисликда ётади.

982. Шиша призманинг кесими тенгёнли учбурчак шаклига эга. Унинг бир ёғи кумушланган. Шиша сиртига туширилган перпендикуляр билан мос нур призманинг кумушланмаган ёғига тушади ва икки марта қайтганидан сўнг призма асосидан унга перпендикуляр йўналишда чиқади. Призма бурчакларини толинг.

983. Ёруғлик нури шиша призмага $\alpha = \pi/6$ бурчак остида киради ва ундан $\beta = \pi/3$ бурчак остида чиқиб ўзининг бошланғич йўналишидан $\gamma = \pi/4$ бурчакка оғади. Призманинг φ синдириш бурчагини аниқланг.

984. Агар тушиш бурчаги $\alpha = 45^\circ$ бўлганда синиш бурчаги $\beta = 30^\circ$ бўлиши маълум бўлса, скипидарнинг синдириш кўрсаткичи n ни ва унда ёруғликнинг ν тарқалиш тезлигини аниқланг.

985. Призманинг ён сиртига монохроматик ёруғликнинг параллел дастаси тушмоқда. Призманинг синдириш бурчаги $\alpha = 30^\circ$. Призма материалнинг синдириш кўрсаткичи бундай ёруғлик учун $n = 1,4$. Ёруғлик оқимининг призмадан чиққандан кейинги δ оғиш бурчагини (бошланғич йўналишига нисбатан) аниқланг.

986. Кўёшнинг горизонтдан баландлиги $\varphi = 20^\circ$. Кўзгу ёрдамида кўлга ёруғлик шуъласи йўналтирилган. Бу ёруғлик нури сувда вертикалга нисбатан $\alpha = 41^\circ$ бурчак остида йўналиши учун кўзгуни горизонтга нисбатан қандай θ бурчак остида ўрнатиш керак? ($\sin \alpha = 0,655$). Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,32$.

987. Синдириш кўрсаткичлари n_1 ва n_2 га тенг икки муҳитнинг ясси чегарасига нур тушганда қисман қайтади, қисман синидади. Тушиш бурчаги α қандай бўлганда қайтган нур синган нурга перпендикуляр бўлади?

988. Синган нур қайтган нур билан 90° бурчак ташкил этади. Агар тушиш бурчаги α нинг синуси 0,8 га тенг ($\sin \alpha = 0,8$) бўлса, синдириш кўрсаткичини аниқланг.

989. Чуқурлиги $H = 5,3$ м бўлган сув ҳавзасининг юзида $r = 1$ м диаметри фанердан қилинган доира сузиб юрибди. Доира марказига ундан бирор баландликда нуқтавий ёруғлик манбаи ўрнатилган. Ҳавзанинг ясси тубида доиранинг сояси (R радиуси) энг катта бўлиши учун манбанинг фанердан h баландлиги қандай бўлиши керак? Шу энг катта радиусни аниқланг. Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 4/3$.

990. Кўл устида $R = 8$ м радиусли доира шаклидаги сол сузмоқда. Кўлнинг чуқурлиги $h = 2$ м. Солнинг сувни тарқоқ ёруғлик билан ёритилганда кўл тубида ҳосил бўладиган тўла соясининг r радиусини аниқланг. Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 4/3$.

991. Ингичка параллел ёруғлик дастаси ясси параллел шиша пластинкага α бурчак остида тушмоқда, бунда $\sin \alpha = 0,8$. Пластинкадан чиққан даста тушувчи дастанинг давомига нисбатан $d = 2$ см масофага силжиб қолган. Агар шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,7$ бўлса, пластинканинг h қалинлигини аниқланг.

992. Агар n синдириш кўрсаткичли шишада тарқалаётган ёруғлик нури йўлида ҳаво қамалган тирқиш мавжуд бўлса, ёруғлик нури қандай масофага силжийди? Тирқиш ёқлари ясси ва параллел. Ёқлари орасидаги масофа d га тенг, нурнинг тушиш бурчаги α га тенг. Тўла қайтиш ҳодисаси рўй бермайди.

993. Ёруғлик нури призмага қандай бурчак остида кирса, ундан худди шундай бурчак остида чиқади, бунда у бошланғич йўналишидан $\varphi = 15^\circ$ бурчакка оғади. Призманинг синдириш бурчаги $\gamma = 45^\circ$. Призма моддасининг n синдириш кўрсаткичини аниқланг.

994. Синдириш кўрсаткичи $n = 1,41$ ва синдириш бурчаги $\varphi = 30^\circ$ бўлган призманинг бир томони кумушланган. Нур унинг бошқа ёғига $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида тушади, сўнгра яна шу ёғи орқали призмадан чиқади. Тушувчи ва чиқувчи нурлар орасидаги θ бурчакни топинг.

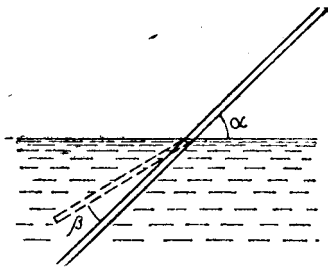
995. Нур шиша призманинг ён ёғига кичик бурчак остида тушади. Агар призманинг синдириш бурчаги $\theta = 5^\circ$ га тенг бўлса, унинг φ оғдириш бурчагини аниқланг. Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,8$ га тенг.

996. Ёруғлик нури ясси параллел тубли шиша идишга $h = 10$ мм қалинликда қуйилган сув сиртига $\alpha = 58^\circ$ ($\operatorname{tg} \alpha = 1,600$) бурчак остида тушади. Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n_1 = 1,33$. Агар шиша идишдан чиққан нур тушувчи нурга нисбатан $x = 6,2$ мм силжиган ва шишада $l = 5$ мм масофа ўтган бўлса, идиш шишасининг n_2 синдириш кўрсаткичини аниқланг.

997. $h = 1,2$ м чуқурликка эга бўлган сув ҳавзасининг горизонтал тубида ясси кўзгу ётибди. Тушувчи нур кўзгудан қайтгандан сўнг сувга кириш жойидан қандай l масофада яна сув сиртига чиқади? Нурнинг тушиш бурчаги $\alpha = 30^\circ$, сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 4/3$.

998. Бассейннинг горизонтал тубида ясси кўзгу ётибди. Ёруғлик нури сув сиртида сингандан сўнг кўзгуга тушиб, ундан қайтади ва яна ҳавога чиқади. Нурнинг сувга кириш жойидан чиқиш жойигача бўлган масофа $d = 1,5$ м. Бассейннинг чуқурлиги $h = 2$ м, сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 4/3$. Нурнинг α тушиш бурчагини топинг.

999. $d = 5$ см қалинликдаги ясси параллел пластинканинг остки томони кумушланган. Нур пластинканинг устки сиртига $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида тушади ва қисман қайтади, бир қисми эса пластинкага киради, унинг остки сиртидан қайтади ва иккинчи марта синиб, биринчи қайтган нурга параллел равишда ҳавога чиқади. Агар икки параллел нурлар орасидаги масофа



151-расм.

$l = 2,5$ см бўлса, пластинка материалнинг n синдириш кўрсаткичини аниқланг.

1000. Нур ясси параллел шиша пластинкага α бурчак остида тушади. Нур пластинканинг устки сиртидан қисман қайтади, қисман пластинка ичига -киради, яна остки сиртидан қайтади ва сўнгра устки сиртидан чиқади. Нурнинг пластинкадан чиқиш бурчаги α ни ва синган нурнинг пластинка ичида ўтган

l йўлини аниқланг. Пластинканинг қалинлиги d га, шишанинг синдириш кўрсаткичи n га тенг.

1001. Агар ясси параллел шиша пластинканинг орқа томониغا сиёҳ билан қўйилган нуқтани кузатувчи олдинги сиртидан $h = 5$ см масофада кўрса, пластинканинг H қалинлиги қандай? Кўриш нури пластинка сиртига перпендикуляр. Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,6$. Кичик бурчаклар учун $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha = \alpha$.

1002. Нуқтавий манба $d = 1,2$ см қалинликдаги орқа томони кумушланган ясси параллел пластинканинг олд сиртидан $h = 1,5$ см масофада жойлашган. Манбанинг пластинканинг кумушланган орқа сиртидан қайтган нурлардан ҳосил бўлган тасвири манбадан қандай x масофада жойлашган? Пластинка моддасининг синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$. Кузатиш пластинкага перпендикуляр йўналишда олиб борилади.

1003. Стерженнинг бир учи синдириш кўрсаткичи ҳавога нисбатан n га тенг бўлган шаффоф суюқликка ботирилган ва суюқлик сиртига нисбатан α бурчак ҳосил қилади. Юқоридан кузатаётган кузатувчига стерженнинг суюқликка ботирилган учи β бурчакка силжигандек кўринади (151-расм). Стерженнинг суюқлик сиртига нисбатан оғиш бурчаги α қандай бўлганда силжиш бурчаги β энг катта бўлади?

1004. Шиша призманинг кесими тенг томонли учбурчак шаклига эга. Нур унинг ёқларидан бирига перпендикуляр тушади. Призмага тушувчи нур йўналиши билан ундан чиққан нур йўналиши орасидаги φ бурчакни аниқланг. Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$.

1005. Углерод сульфид солинган цистерна ичида сиртидан $h = 26$ см чуқурликда нуқтавий ёруғлик манбаи бор. Суюқлик сиртидаги ёруғлик нурлари ҳавога чиқиши мумкин бўлган доира юзини ҳисоблаб топинг. Углероднинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,64$ га тенг.

1006. Ғаввос кўл тубида $H = 15$ м чуқурликда турибди. У сув сиртидан қайтган тасвирини кўриши мумкин бўлган кўл тубининг қисмлари унда қандай x масофада бўлади? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,33$. Ғаввоснинг кўзи кўл тубидан $h = 1,7$ м баланда турибди деб ҳисобланг.

1007. $n = 3$ м чуқурликка эга бўлган сув ҳавзасининг тубида нуқтавий ёруғлик манбаи бор. Вертолётда учиб бораётган кузатувчи бу ёруғлик манбаини сезмаслиги учун манба устида сув сиртида сузиб юривчи ношаффоф доиравий диск қандай минимал R радиусга эга бўлиши керак? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,3$.

1008. Синдириш кўрсаткичи $n = 1,8$ бўлган суюқлик ичида нуқтавий ёруғлик манбаи бор. Манбадан тарқалувчи ёруғлик суюқликдан ҳавога чиқмаслиги учун $a = 2$ см диаметри ношаффоф дискни ундан қандай энг катта h масофага жойлаштириш керак?

1009. Синдириш кўрсаткичи $n = 3/2$ га тенг шиша ичида унинг яси сиртидан $h = 10$ см чуқурликда нуқтавий ёруғлик манбаи жойлашган. Шу сиртга ношаффоф диск шундай жойлаштирилганки, унинг маркази манбага энг яқин нуқтада турибди. Диск ва шиша устидан силлиқ ҳавосиз муз билан қопланган. Манбадан тарқалувчи нурлар муз сиртидан чиқмаслиги учун дискнинг энг кичик r радиуси қандай бўлиши керак?

1010. Ёруғлик дастаси тенг ёнли призманинг ён ёғи бўйлаб сирпанади. Призманинг φ синдириш бурчаги қандай бўлганда синган нурлар призманинг иккинчи ён ёғидан тўла қайгади? Призма материалнинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,6$.

1011. Призма синдириш кўрсаткичи $n = 1,75$ га тенг бўлган шиша (флинт) дан ясалган. Призманинг синдириш бурчаги $\varphi = 60^\circ$. Призма ёқларидан бирига тушувчи нурларнинг қандай i тушиш бурчагида нурлар призманинг иккинчи ёғидан чиқа олмайди?

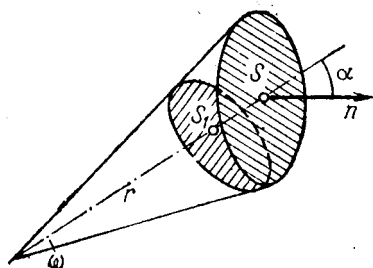
1012. Ёруғлик нури буриладиган призманинг 90° ва 45° бурчакли қисқа ёғига перпендикуляр тушади. Призма синдириш кўрсаткичи $n = 1,74$ га тенг бўлган оғир флинтглас материалдан тайёрланган. Ёруғлик нури призманинг узун ёғи орқали қисман чиқмаслиги учун у призманинг 90° ли қиррасига перпендикуляр текисликда шу қиррага томон қандай энг катта α бурчакка ёғиши мумкин?

28-§. Фотометрия

Ёруғлик бирор юз орқали бирлик вақтда ўзи билан олиб ўтадиган, кўриш туйғуси бўйича баҳоланадиган энергия (яъни ёруғлик қуввати) шу юз орқали ўтувчи Φ ёруғлик оқими деб аталади.

Сиртнинг ёритилганлиги $E = \Phi/S$, бунда S — сиртнинг юзи.

Берилган йўналиш бўйича манбанинг ёруғлик кучи деб $I = \Phi/\omega$ катталikka айтилади, бунда ω — ёруғлик оқими Φ тарқалаётган фазовий бурчак. Фазовий бурчак катталиги маркази шу бурчак учидан жойлашган сферада фазовий бурчак ажратган S_1 сирт юзининг шу сферанинг радиуси квадрaгига нис-



152- расм.

бати билан ўлчанади, яъни $\omega = S_1/r^2$ (152-расм). Агар сфера сирти ўрнига фазовий бурчак учидан r масофада жойлашган S юз олинса ва унга туширилган n перпендикуляр радиуси билан α бурчак ҳосил қилса, у ҳолда $S_1 = S \cos \alpha$ бўлади.

Бундан $E = \frac{1}{r^2} \cos \alpha$ эканлигини топиш осон, бунда r — манбадан ёритилаётган юзгача масофа, α — унга нурларнинг тушиш бурчаги.

Ёруғлик оқимининг ўлчов бирлиги — люмен, ёритилганликнинг ўлчов бирлиги — люкс, ёруғлик кучиники — кандела. r масофа метр ҳисобида ўлчанади.

1013. Ёруғлик кучи $I = 200$ кд бўлган лампа хона шипига осилган. Ҳамма деворларга ва полга тушувчи умумий ёруғлик оқими Φ ни аниқланг.

1014. Буюмнинг фотосуратини оптик асбобларсиз (кўзгу ва линзаларсиз), яъни „контакт усулда“ ҳосил қилинмоқда. Бунда лампа буюмдан $r_1 = 60$ см масофада жойлаштирилган ва экспозиция вақти $t_1 = 16$ сек давом этган. Агар лампани ёруғлик кучи уч марта кам бўлган бошқа лампага алмаштирилса ва уни буюмдан $r_2 = 45$ см масофага жойлаштирилса, t_2 экспозиция вақти қандай бўлиши керак?

1015. Ёруғлик кучи $I_1 = 75$ кд ва $I_2 = 48$ кд бўлган иккита лампа бир-биридан $l = 1,8$ м масофада жойлашган. Ёритилганлик ҳар иккала томондан ҳам бирдай бўлиши учун фотометрик экранни улар орасига қаерга жойлаштириш керак?

1016. Ёруғлик кучи $I_1 = 25$ кд ва $I_2 = 8$ кд бўлган иккита лампа бир-биридан $l = 1,8$ м масофада жойлашган. Қоғоз варағининг биринчи лампага қаратилган томонининг ёритилганлиги иккинчи лампага қаратилган томонининг ёритилганлигидан икки марта орғик бўлиши учун уни лампаларни бирлаштирувчи тўғри чизиқда биринчи лампадан қандай x масофага қўйиш керак?

1017. $d = 20$ м диаметрли сферик резервуар ичини текшириш вақтида унинг юқори нуқтасига нуқтавий ёруғлик манбаи ($I = 1000$ кд) ўрнатилган.

Резервуарнинг нурлар $\alpha = 34^\circ$ бурчак остида тушаётган нуқтасидаги ёритилганликни аниқланг ($\sin 34^\circ = 0,56$). Унинг деворларидан қайтган ёруғликни ҳисобга олманг.

1018. Томонлари $a = 1,5$ м бўлган квадрат стол марказидан $h = 1$ м баландда лампа осиглик турибди. Агар ушбу

лампа ни худди шу баландликда столнинг бир бурчаги устига осилса, стол марказидаги ёритилганлик неча марта ўзгаради?

1019. Столда китоб очилган ҳолатда ёғибди. Китобнинг $l = 52$ см узунликдаги корешоги стол лампасига қаратилган. Варақнинг юқори томонини лампа толаси билан бирлаштирувчи чизик худди шундай l узунликка эга ва стол сиртига $\alpha = 60^\circ$ бурчак остида оган. Лампанинг ёруғлик кучи $I = 60$ кд бўлса, китоб варағи бетининг юқори ва пастки томонларининг ёритилганликлари фарқини аниқланг.

1020. Агар $h = 12$ м баландликка эга бўлган мачтадаги манба мачта асосидан $l = 16$ м масофада $E = 3$ лк ёритилганлик ҳосил қилса, манбанинг Φ тўла ёруғлик оқими қандай бўлади?

1021. Ёруғлик кучи $I = 1000$ кд га тенг бўлган лампа ердан $h = 8$ м баландликка осилган. Ёритилганлик $E = 1$ лк дан кам бўлмаган чегарадаги майдон юзини аниқланг.

1022. Ёруғлик кучи $I = 400$ кд га тенг бўлган лампа ердан $h = 5$ м баландликда жойлашган. Ёритилганлик $E_1 = 0,25$ лк дан $E_2 = 2$ лк гача ўзгарадиган майдон юзи S ни аниқланг.

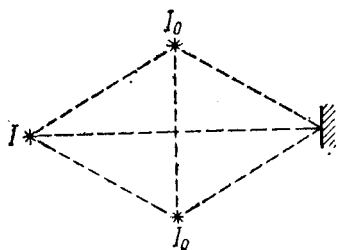
1023. Майдон устига чироқ осилган. Ёруғлик нурлари α_1 бурчак остида тушаётган нуқталардаги ёритилганлик $E_1 = 10$ лк га тенг ($\cos \alpha_1 = 0,3$). Майдоннинг нурлар α_2 бурчак остида тушаётган нуқталаридаги ($\cos \alpha_2 = 0,6$) ёритилганлик E_2 ни аниқланг.

1024. Доира шаклидаги зал шипнинг марказига ўрнатилган лампа билан ёритилади. Залнинг диаметри $d = 30$ м. Агар зал деворларининг энг кам ёритилганлиги полнинг энг кам ёритилганлигидан $n = 2$ марта кўп эканлиги маълум бўлса, залнинг h баландлигини аниқланг.

1025. $d = 3$ м диаметрли думалоқ стол марказида $h_1 = 2$ м баландликда ёруғлик кучи $I_1 = 100$ кд бўлган лампа осилган. Бу лампа $I_2 = 25$ кд ли лампага алмаштириб, столгача бўлган масофа шундай ўзгартириладики, бунда стол марказининг ёритилганлиги аввалгича қолди. Стол четларининг ёритилганлиги қандай ўзгаради?

1026. Майдон столбага осилган икки хил лампа билан ёритилади. Лампалар устма-уст жойлашган бўлиб, бири $h_1 = 8$ м ва иккинчиси $h_2 = 27$ м баландликка осилган. Лампалар ўрни алмаштирилганда столба асосидан қандай l масофадаги нуқталарнинг ёритилганлиги ўзгармайди?

1027. Тенг томонли учбурчак учларида учта бир хил нуқтавий ёруғлик манбалари жойлаштирилган. Учбурчак марказида унинг текислигига перпендикуляр ва томонларидан бирига параллел равишда кичик пластинка турибди. Агар ҳар бир манбанинг ёруғлик кучи $I = 10$ кд, учбурчак томонларининг узунлиги $l = 1$ м бўлса, пластинка томонларининг ёритилганлигини аниқланг.



153- расм.

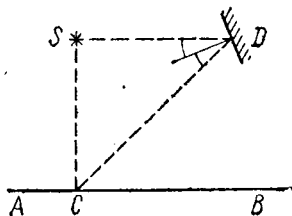
1028. Диагоналларидаан бири томонига тенг бўлган ромб учларига учта лампочка ва унча катта бўлмаган экран жойлаштирилган. Экран унинг иккинчи диагоналига перпендикуляр жойлашган (153- расм). Агар ўртадаги лампа ўчирилганда экраннинг ёритилганлиги $n = 2$ марта камайса, унинг I ёруғлик кучи қандай? Қолган икки лампанинг ҳар бири $I_0 = 10$ кд ёруғлик кучига эга.

1029. Столбага устма-уст осилган иккита лампанинг ҳар бири $I = 200$ кд ёруғлик кучига эга ва улар ердан $h_1 = 3$ м ва $h_2 = 4$ м баландликда турибди. Столба асосидан $l = 2$ м масофада ер сиртининг ёритилганлигини топинг.

1030. Хонада иккита лампа бор ва улар бир-биридан $l = 4$ м масофада шипга ўрнатилган. Стол икки ҳолатда бўлганда унинг марказининг ёритилганликлари нисбатини топинг: 1) стол лампалардан бирининг остида турибди; 2) стол лампалар ўртасида турибди. Лампалар стол сиртидан вертикал бўйича $h = 2$ м баландликда жойлашган. Лампалар ҳамма йўналишда бирдай нурлайди деб ҳисобланг.

1031. Экранни экран марказига нисбатан симметрик жойлашган икки лампа ёритади. Ҳар бир лампадан экрангача бўлган масофа (перпендикуляр бўйича масофа) $h_1 = 4$ м га тенг, лампалар орасидаги масофа $l = 2$ м. Ҳар бир лампанинг ёруғлик кучи $I_1 = 200$ кд га тенг. Экранда шу икки лампа берадиган ёритилганликни ҳосил қилиш учун экран марказидан $h_2 = 6$ м узоқликда ёруғлик кучи I_2 қандай бўлган битта лампа жойлаштириш мумкин?

1032. S нуқтавий ёруғлик манбаи AB сиртни ёритади (154- расм). Агар S нинг ёнига ундан $SO = SC$ масофада ёруғликни C нуқтага қайтарувчи ясси кўзгу ўрнатилса, C нуқтадаги ёритилганлик неча марта ортади? Кўзгунинг қайтариш коэффициенти 1 га тенг деб ҳисобланг.

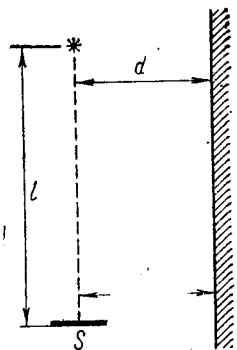


154- расм.

1033. Шипга осилган лампа горизонтал йўналишда $I = 96$ кд ёруғлик кучига эга. Агар девордаги сурат лампа қаршисига $a = 4$ м масофада вертикал осилган бўлса, қарама-қарши деворда эса катта ясси кўзгу (лампадан $b = 2$ м масофада) ўрнатилган бўлса, юзи $S = 0,5$ м² бўлган суратга қандай Φ ёруғлик оқими келиб тушади?

1034. Агар кичик горизонтал майдон устида $l = 2$ м масофада S нуқ-

тавий ёруглик манбаи турган бўлса, ҳамда манбадан ва майдондан $d = 1$ м масофада ясси кўзгу вертикал ўрнатилган бўлса, горизонтал майдоннинг ёритилганлиги қандай бўлади (155-расм)? Манбанинг ёруғлик кучи $I = 60$ кд га тенг.



155-расм.

1035. Ясси экран ва идеал қайтарувчи ясси кўзгу $\varphi = 45^\circ$ лик икки ёқли бурчак ҳосил қилади. Экран ва кўзгу орасидаги, улардан бирдай R масофада S нуқтавий ёруғлик манбаи жойлаштирилган. Экраннинг манбага яқин A нуқтасининг ёритилганлиги қандай?

29-§. Сферик кўзгулар

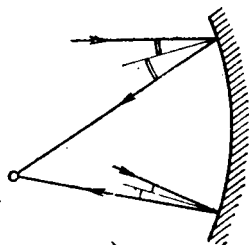
Сферик кўзгулар сирги силлиқланган шар сегментидан иборатдир. Сфера маркази (кўзгунинг оптик маркази) ва шар сегменти чўққисини (кўзгунинг қутби) бирлаштирувчи тўғри чизик кўзгунинг бош оптик ўқи деб аталади. Оптик марказдан ўтувчи бошқа ҳамма тўғри чизик ёрдамчи оптик ўқ деб аталади.

Бош оптик ўққа параллел йўналган нур қайтгандан сўнг, уни кўзгунинг фокусида кесиб ўтади, бу фокус кўзгудан $F = R/2$ масофада жойлашган (R — сфера радиуси). Қавариқ кўзгуда бош оптик ўқни нурнинг ўзи эмас, балки унинг мавҳум давоми кесади. Бу ҳолда фокусни мавҳум деб аташ мумкин.

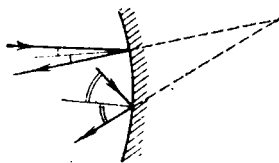
Фокус орқали ўтган бош оптик ўққа перпендикуляр жойлашган текислик фокал текислик деб аталади. Ёрдамчи оптик ўқларга параллел йўналган нурлар қайтгандан сўнг кўзгунинг фокал текислигида жойлашган нуқтада кесишади (қавариқ кўзгуда нурларнинг мавҳум давоми кесишади). $D = 1/F$ катталиқ кўзгунинг оптик кучи деб аталади.

Бирор унча катта бўлмаган предметдан чиқувчи нурлар кўзгудан қайтгандан сўнг тасвирини ҳосил қилади. Предметнинг ҳар бир нуқтаэига тасвирининг битта нуқтаси мос келади. Кўзгудан қайтган нурлардан ҳосил бўлган тасвир ҳақиқий тасвир (156-расм), қайтган нур давомидан ҳосил бўлган тасвир мавҳум тасвир (157-расм) деб аталади.

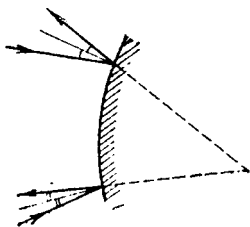
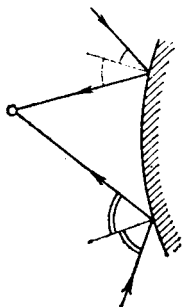
Предмет (ёки манба) кесишувчи нурлар дастаси чўққисида жойлашади. Агар кўзгу бўлганда ҳам бу чўққи мавжуд бўлса, у ҳолда манба ҳақиқий ҳисобланади (158-расм). Агар кўзгу қўйилганда бу чўққи фақат нурларнинг мавҳум давомидан ҳосил бўлган бўлса, у ҳолда биз мавҳум манба билан иш кўраётган бўламиз (159-расм).



156- расм.



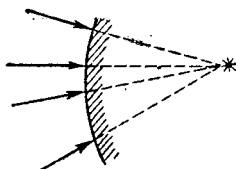
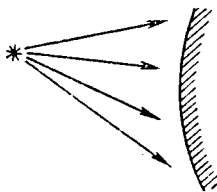
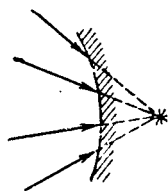
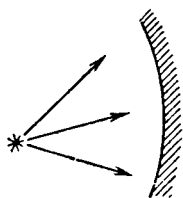
157- расм.



Предметдан кўзгугача масофа d , кўзгудан тасвиргача масофа f ва фокус масофа F ўзаро қуйидагича муносабатда боғланган:

$$\pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F},$$

бу кўзгу формуласи деб аталади. Бундай ёзувда формуладаги ҳамма d , f ва F катталиклар мусбат деб ҳисобланади (масалалар шартида d , f ва F катталикларнинг абсолют қиймати бе-



158- расм.

159- расм.

рилади). Кўзгу формуласи ҳадлари олдидаги ишора қўйидаги қоида бўйича таъналади: агар предмет (манба), тасвир, фокус ҳақиқий бўлса, у ҳолда формуланинг тегишли ҳадлари плюс ишора; агар мавҳум бўлса, минус ишора билан олинади.

Агар формула ҳадлари олдидаги ишоралар қоидага биноан тўғри қўйилган бўлса, олинган жавоб мусбат бўлади, чунки у изланаётган катталиқнинг фақат сон қийматини характерлайди. Бироқ, кўпинча манба, тасвир ёки фокуснинг ҳақиқий ёки мавҳумлиги номаълум бўлади. Бу ҳолда формула ҳади олдида исталган ишора қўйилади (одатда қўлайи — плюс), яъни предмет (тасвир, фокус) ни ҳақиқий ёки мавҳум деб фарз қилиш мумкин. Жавоб мусбат ишорада келиб чиқса, фарз (олинган ишора) тўғрилигини, манфий бўлса — хатолигини кўрсатади.

Кўзгу формуласи ва кўзгунинг юқорида айтилган барча хоссалари бош оптик ўққа яқин ва у билан кичик бурчак ташкил қилувчи нурлар учунгина тўғридир. Барча масалаларда биз худди шундай ҳоллар билан иш кўряпмиз деб ҳисоблаймиз.

1036. Кумуш юритилган сфера текислик билан икки қисмга бўлинган. Агар унинг кичик қисми фокус масофаси $F = 0,65$ м ва диаметри $a = 0,64$ м бўлган сферик кўзгудан иборат эканлиги маълум бўлса, бу текислик сфера марказидан қандай b масофада ўтади?

1037. Ботиқ сферик кўзгунинг фокус масофаси $F = 1$ м га тенг. Ёруғлик манбаининг тасвири ўзи билан мос тушиши учун уни кўзгудан қандай масофада жойлаштириш керак?

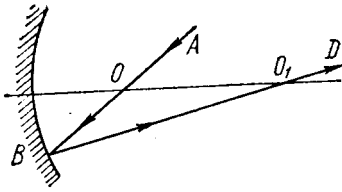
1038. Предмет ботиқ кўзгудан $d = 0,5$ м масофада, тасвири эса $f = 2$ м масофада жойлашган. Кўзгунинг R эгрилик радиусини аниқланг.

1039. Ботиқ кўзгу чўққисидан $d = 0,14$ м масофада баландлиги $l = 0,06$ м бўлган предмет жойлашган. Кўзгунинг фокус масофаси $F = 0,11$ м. Предмет тасвирининг L баландлигини топинг.

1040. Предмет ботиқ кўзгу чўққисидан $d = 48$ см масофада турибди. Кўзгу предметнинг тўнқарилган $n = 4$ марта кичрайган тасвирини беради. Кўзгунинг R эгрилик радиусини топинг.

1041. Ботиқ сферик кўзгу предметнинг ҳақиқий $k = 4$ марта катталашган тасвирини беради. Агар предмет ва унинг тасвири орасидаги масофа $a = 1,5$ м бўлса, кўзгунинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1042. Сферанинг ички кичик сирти кумушланган. Сферанинг диаметрал қарама-қарши томонида сфера ичига жойлаштирилган бирор предметнинг тасвири ҳосил бўлган. Предмет қандай k катталаштириш билан тасвирланади?



160- расм.

1043. Шуълаланувчи нуқта-нинг ботиқ кўзгудан узоқлиги иккиланган эгрилик радиусига тенг. Шуълаланувчи нуқта кўзгунинг бош оптик ўқида жойлашган. Нуқта тасвири қаерда жойлашган? Унинг тасвири чизинг.

1044. Ботиқ кўзгуга AOB нур тушади ва у кўзгунинг бош оптик ўқини O нуқтада кесиб ўтади. Кўзгудан қайтган BO, D нур ўша ўқни O_1 нуқтада кесади (160-расм). Кўзгунинг фокусини ясаш йўли билан топинг.

1045. Ботиқ кўзгу ёрдамида предметнинг $k_1 = 5$ марта катталаштирилган ҳақиқий тасвири олинган. Предметни оптик ўқ бўйича бирор масофага силжитилганда тасвир ҳам оптик ўқ бўйича худди шунча масофага силжиганлиги маълум бўлди. Предмет янги ҳолатда бўлганда кўзгунинг k_2 катталаштиришини аниқланг.

1046. Ботиқ кўзгу берадиган тасвир предметдан $k_1 = 5$ марта катта. Агар кўзгуни предметга томон $a = 2$ см сурилса, тасвир ҳақиқийлигича қолади ва предметдан $k_2 = 7$ марта катталашади. Кўзгунинг F фокус масофаси катталигини аниқланг.

1047. Ботиқ кўзгу берадиган тасвир предметдан $n_1 = 4$ марта кичик. Агар предметни кўзгуга томон $l = 5$ см яқинлаштирилса, тасвир предметдан фақат $n_2 = 2$ марта кичик бўлади. Кўзгунинг F фокус масофасини аниқланг.

1048. Ботиқ кўзгунинг фокуси шуълаланувчи предметдан $a = 0,24$ м, предмет тасвиридан $b = 0,54$ м масофада жойлашган. Кўзгунинг k катталаштиришини аниқланг.

1049. Шуълаланувчи нуқта ботиқ кўзгудан $d = 0,75$ м масофада кўзгунинг бош оптик ўқидан $l = 0,05$ м масофада жойлашган. Шуълаланувчи нуқтанинг тасвири ўқдан $L = 0,2$ м масофада турибди. Кўзгунинг R эгрилик радиусини икки ҳол учун: тасвир ҳақиқий ва мавҳум бўлган ҳолатлар учун топинг.

1050. Чексиз узоқ жойлашган манбадан келувчи ёруғлик нурлари $d = 7$ см диаметри тешик очилган экранга келиб тушади. Экран текислиги нурларга перпендикуляр. Экран орқасига ундан $a = 68$ см масофада оптик ўқи нурлар дастаси ўқи билан мос тушувчи ботиқ кўзгу ўрнатилган. Кўзгунинг фокус масофаси $F = 28$ см. Экрандаги ёруғ доиранинг D диаметрини аниқланг.

1051 Нуқтавий ёруғлик манбаи сферик кўзгу фокусига жойлашган. Кўзгунинг фокус масофаси $F = 20$ см. Ёруғлик манбаининг $r = 0,2$ км узоқликда, кўзгунинг оптик ўқида жойлашган экранда кўзгу ёрдамида ҳо ил қилган ёритилганлиги кўзгусиз ҳолдаги ёригилганлигидан неча марта катта бўлади?

1052. Проектор ер сиртидан $h = 30$ м баландликда минорага ўрнатилган. Минора асосидан $l = 40$ м масофадаги ёруғ доғ марказидаги E ёритилганликни аниқланг. Проектор нуқтавий ёруғлик манбаига эга. Манбанинг ёруғлик кучи $l = 500$ кд. Рефлекторнинг фокус масофаси $F = 20$ см. Проектор параллел ёруғлик нури тарқатади деб ҳисобланг.

1053. $R = 1$ м радиусли ботиқ кўзгу предметнинг кўзгудан $f = 3$ м масофада жойлашган мавҳум тасвирини беради. Кўзгудан предметнинг ўзигача бўлган d масофани аниқланг.

1054. Предметнинг тўғри $n = 4$ марта катталашган тасвирини олиш учун уни эгрилик радиуси $R = 120$ см бўлган ботиқ кўзгудан қандай d масофага қўйиш керак?

1055. Агар кўзгу олдида $d = 21$ см масофада жойлаштирилган предметнинг тасвири ўзидан $k = 6$ марта катталашган бўлса, ботиқ кўзгунинг R эгрилик радиуси қандай?

1056. Ботиқ кўзгу ёрдамида ҳосил қилинган тасвир предметнинг ўзидан икки марта катта ($n = 2$). Тасвир ва предмет орасидаги масофа $l = 18$ см. Кўзгунинг R эгрилик радиусини топинг.

1057. Шуълаланувчи нуқта думалоқ ботиқ кўзгунинг бош оптик ўқида кўзгу ва бош фокусдан бирдай масофада турибди. Кўзгунинг бош оптик ўқиға маркази кўзгунинг оптик маркази билан мос келувчи экран перпендикуляр жойлаштирилган. Экрандаги ёруғ доира диаметри кўзгу диаметридан неча марта катта бўлади?

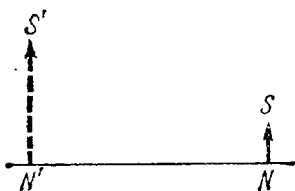
1058. Предмет ва унинг сферик кўзгудаги мавҳум $n = 2$ марта катталашган тасвири орасидаги масофа $l = 1,5$ м. Кўзгунинг эгрилик радиуси R ни аниқланг.

1059. Шуълаланувчи нуқта ботиқ кўзгунинг бош оптик ўқидан $a = 0,2$ м масофада, унинг мавҳум тасвири эса шу ўқидан $b = 0,5$ м масофада жойлашган. Кўзгунинг фокус масофаси шуълаланувчи нуқтадан фокал текисликкача бўлган масофадан неча марта катта?

1060. Ботиқ кўзгунинг фокуси билан унинг қутбини бирлаштирувчи тўғри чизиқ кесмаси учта тенг бўлакка бўлинган ва шу бўлиниш нуқталарига нуқтавий ёруғлик манбалари жойлаштирилган. Кўзгунинг эгрилик радиуси R га тенг бўлса, бу манбаларнинг тасвирлари орасидаги l масофа қандай?

1061. Юмшоқ ёрга тушган шар унда чуқурча қолдирди, унинг диаметри шар диаметрининг $0,8$ қисмини ташкил этади. Ер қуриб қотгандан сўнг чуқурчани кумушлаб, ҳосил бўлган сферик кўзгуни ясси шиша билан беркитилди. Бу кўзгу шиша марказига чизилган расм тасвирини қандай чизиқли катталаштиришда беради?

1062. SN —предмет, $S'N'$ —унинг сферик кўзгудаги мавҳум тасвири, NN' —кўзгунинг оптик ўқи (161-расм). Чизма чизиш йўли билан кўзгу қутбининг, унинг маркази ва фокусининг вазиятини топинг.



161- расм.

1063. Кузатувчи ўзининг сферик кўзгудаги тасвирини ўзидан $d=0,2$ м масофада кўрмоқда. Унинг тасвири худди шундай масофада турган ясси кўзгуда ҳосил бўладиган тасвиридан $k=1,5$ марта катта. Сферик кўзгунинг R эгрилик радиусини топинг.

1064. Йиғилувчи ёруғлик нурлари дастаси ботиқ кўзгуга тушиб, ундан қайтгандан сўнг кўзгудан $f=0,2$ м масофада ва унинг бош оптик ўқидан $L=0,15$ м масофада турган нуқтада йиғилади. Кўзгунинг бош фокус масофаси $F=0,5$ м. Агар кўзгу бўлмаса, нурлар шу ўқдан қандай l масофада йиғилади? Нурлар йўлини чизинг.

1065. Бош фокус масофаси $F=0,1$ м бўлган ботиқ кўзгуга йиғилувчи нурлар тушмоқда. Агар нурлар йўлини кўзгу орқасига улар кесишгунча давом эттирилса, кесишиш нуқтаси кўзгудан $d=0,3$ м масофада жойлашади. Нурлар қайтгандан сўнг кўзгудан қандай масофада йиғилади?

1065. Ботиқ кўзгу йиғилувчи нурлар йўлига шундай қўйилганки, нурларнинг ўзи кесишадиган нуқта кўзгу орқасида унинг чўққисидан $d=20$ см масофада қолади. Нурлар кўзгудан қайтиб, фокус масофанинг $1/5$ қисмига тенг масофадаги нуқтада учрашади. Кўзгунинг эгрилик радиусини аниқланг.

1067. Шуълаланувчи нуқта сферик кўзгудан $d=4,8$ см масофада, бу нуқтанинг тасвири кўзгу фокусидан $a=20$ см масофада жойлашган. Нуқта кўзгунинг бош оптик ўқида жойлашган. Кўзгунинг фокус масофасини топинг.

1068. R радиусли ботиқ сферик кўзгунинг бош оптик ўқида кичик чўғланма лампа жойлашган. Кўзгу ва манба орасидаги масофа $d=R,4$ га тенг. Кўзгунинг бош оптик ўқида перпендикуляр ва кўзгу чўққисидан $2R$ масофада жойлашган экран марказининг ёритилганлигини аниқланг. Кўзгудан R масофада жойлашганда экран марказининг ёритилганлиги E га тенг бўлганлиги маълум. Қайгишдаги ёруғлик йуқолишини ҳисобга олманг.

1069. Кўзгунинг маркази O , унинг қутби P ва фокуси F маълум. Қавариқ кўзгунинг бош оптик ўқида турган шуълаланувчи S нуқтанинг S' тасвирини чизинг.

1070. Қавариқ кўзгунинг эгрилик радиуси $R=1,5$ м. Предмет кўзгудан $d=5$ м масофада турибди. Предметнинг тасвири кўзгудан қандай f масофада жойлашган бўлади?

1071. Тасвир кўзгудан $f=60$ см масофада ҳосил бўлиши учун ёруғлик манбаини қавариқ кўзгудан қандай d масофада жойлаштириш керак? Кўзгунинг бош фокус масофаси $F=90$ см.

1072. Қавариқ сферик кўзгу ёрдамида предметнинг мавҳум тўғри тасвири кўзгу чўққисидан $f=12$ см масофада ҳосил қилинган. Агар кўзгунинг эгрилик радиуси $R=40$ см бўлса, предмет қандай d масофада жойлашган?

1073. Қавариқ кўзгудан ($F = 0,5$ м) $d = 1,5$ м узоқда жойлаштирилган шам алангаси тасвирининг баландлиги аланганинг ўз баландлигидан неча марта кичик?

1074. Баландлиги $h = 4$ мм бўлган предмет эгрилик радиуси $R = 60$ см бўлган қавариқ кўзгудан $d = 10$ см масофада турибди. Кўзгу берадиган тасвирнинг H баландлигини топинг.

1075. Агар предметнинг тасвири мавҳум ва икки марта кичрайган бўлса, предмет фокус масофаси $F = 0,2$ м бўлган қавариқ кўзгудан қандай d масофада жойлашган? Бу тасвирни чизиб кўрсатинг.

1076. Қавариқ сферик кўзгунинг эгрилик радиуси $R = 1,6$ м. Предметнинг тасвири ўзи турган масофага қараганда кўзгуга $n = 1,5$ марта яқин бўлиши учун уни кўзгудан қандай масофада жойлаштириш керак?

1077. Шуълаланувчи нуқта қавариқ кўзгудан $d = 1$ м масофада жойлашган, унинг тасвири турган нуқта эса кўзгунинг қутби ва фокуси орасидаги оптик ўқ кесмасини тенг иккига ажратади. Кўзгунинг эгрилик радиуси R ни топинг.

1078. Одам диаметри $l = 0,6$ м бўлган кумушланган шиша шарга ундан $d = 0,25$ м масофадан туриб қарайди. Одамдан унинг мавҳум тўғри кичиклашган тасвири қандай x масофада жойлашади?

1079. Узунлиги $l = 6$ см бўлган ингичка қалам қавариқ сферик кўзгунинг бош оптик ўқи бўйича жойлашган. Унинг кўзгуга яқин томонининг тасвири, кўзгудан $f_1 = 20$ см масофада, узоқдаги учининг тасвири кўзгудан $f_2 = 24$ см масофада жойлашган. Кўзгунинг бош фокус масофаси F ни аниқланг.

1080. Ингичка нур қавариқ кўзгунинг бош оптик ўқини бирор A нуқтада кесади. Нур ушбу кўзгудан қайтган ҳолда бош оптик ўқни A нуқтадан $l = 1,5 F$ масофада жойлашган бошқа B нуқтада кесиши учун бу кўзгунинг A нуқтадан қандай масофага жойлаштириш керак?

1081. Йиғилувчи нурлар қавариқ кўзгуга шундай тушмоқдаки, уларнинг давоми кўзгу орқасидаги ўқда $d = 24$ см масофада кесишади. Бу нурлар қайтгандан кейин кўзгу олдидаги ўқда ундан $f = 40$ см масофада турган нуқтада кесишади. Кўзгунинг эгрилик радиуси R ни топинг.

1082. Фокус масофаси $F = 1,45$ м бўлган қавариқ кўзгу ношаффоф экрандаги тешикни ёпиб туради. Кўзгуга йиғилувчи нурлар тушади ва қайтгандан сўнг улар экран олдида кўзгунинг ўқи билан $f = 55$ см масофада кесишади. Агар кўзгунинг экрандаги тешикдан олинса, нурлар экран орқасида ундан қандай d масофада йиғилади?

1083. Йиғилувчи нурлар эгрилик радиуси $R = 0,4$ м бўлган қавариқ кўзгуга шундай тушадики, уларнинг давоми кўзгу ортида, ундан $d = 0,7$ м масофада, кўзгу ўқида кесишади. Бу нурлар қайтгандан сўнг кўзгудан қандай f масофада учрашади?

1084. Йиғилувчи нурлар қавариқ кўзгуга шундай тушадики, уларнинг давоми кўзгу ортида ундан $d = 0,4$ м масофада турган нуқтада кесишади. Кўзгудан қайтгандан сўнг нурлар шундай тарқаладики, уларнинг давоми кўзгудан $f = 1,6$ м масофадаги нуқтада кесишади. Иккала кесишиш нуқтаси бош оптик ўқда ётади. Кўзгунинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1085. Экрандаги $d = 4$ см диаметри думалоқ тешикдан экрандан $a = 16$ см масофада турувчи қавариқ сферик кўзгуга (кўзгунинг оптик ўқи бўйлаб экранга перпендикуляр) параллел нурлар дастаси тушмоқда. Нурлар дастаси кўзгудан қайтган ҳолда орқага кетади ва ўша экранга тушган ҳолда, тешик атрофида диаметри $D = 6$ см бўлган ёруғ доғ ҳосил қилади. Кўзгунинг эгрилик радиуси R қандай?

1086. Параллел нурлар дастаси қоғоз варағидаги думалоқ тешикдан ўтиб, вараққа параллел ва ундан $a = 45$ см масофада жойлашган экранда диаметри $d = 6$ см бўлган ёруғ доира ҳосил қилади. Экранни қавариқ кўзгу билан алмаштирилганда қоғоз варағида диаметри $D = 33$ см бўлган ёруғ доғ пайдо бўлди. Кўзгунинг эгрилик радиуси R ни аниқланг.

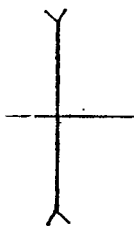
30-§. Линзалар

Иккита сферик ёки сферик ва ясси сиртлар билан чегараланган шаффоф жисм линза деб аталади. Линзанинг қалинлигини бу сиртлар эгрилик радиуслари R_1 ва R_2 га нисбатан кичик деб ҳисоблаймиз. Шунинг учун амалда сферик сиртларнинг чўққиларини линзанинг оптик маркази деб аталувчи бир нуқтада бирлашади деб ҳисоблаш мумкин. Линзанинг оптик марказидан ўтувчи, яъни линзанинг оптик ўқи бўйлаб кетадиган нур ўз йўналишини ўзгартирмайди. Сферик сиртларнинг чўққиларидан ўтказилган оптик ўқ бош оптик ўқ, бошқалари ёрдамчи оптик ўқлар деб аталади.

Четларига нисбатан ўртаси қалинроқ бўлган линза — йиғувчи линза, агар ўртасига нисбатан четлари қалинроқ бўлса, унда линза — сочувчи линза дейилади. Йиғувчи линзанинг шартли белгиси 162-расмда, тарқатувчи линзанинг шартли белгиси 163-расмда кўрсатилган.



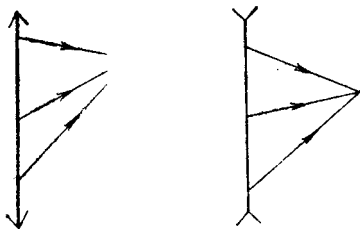
162-расм.



163-расм.

Бош оптик ўққа параллел йўналган нурлар дастаси линзада сингандан сўнг фокусда йиғилади. Йиғувчи линза учун линзанинг фокуси ҳақиқий, тарқатувчи линзанинг фокуси мавҳумдир. Фокусдан оптик ўққа перпендикуляр қилиб ўтказилган текислик фокал текислик деб аталади. Ёрдам-

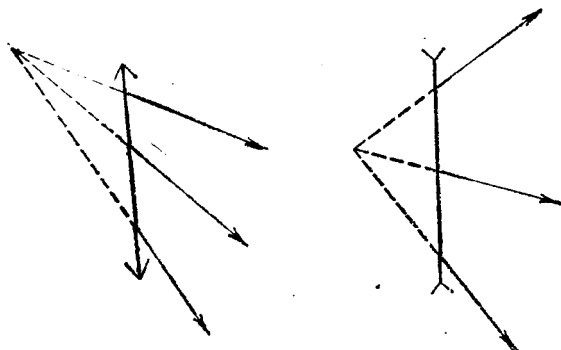
чи оптик ўққа параллел нурлардан ҳар бири сингандан сўнг линзанинг фокал текислигида ётувчи бирдан-бир нуқтадан ўтади. Сочувчи линза бўлган ҳолда, бу нуқтада нурларнинг ўзи эмас, балки уларнинг мавҳум давоми кесишади.



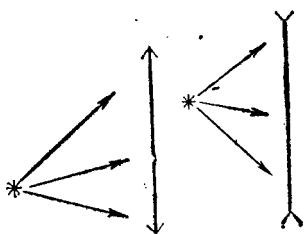
164- расм.

Бош оптик ўқ билан кичик бурчак ташкил ётувчи нурлар учун юпқа линза предметнинг бир нуқтасининг тасвирини нуқта кўринишида бериш хусусиятига эга. Предметнинг тасвири ҳақиқий ёки мавҳум бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда у линзада сингандан сўнг ҳақиқатан кесишувчи нурлардан ташкил топган (164- расм). Иккинчисидан тасвир фақатгина линзада синган нурларнинг мавҳум давомидан ташкил топган (165- расм).

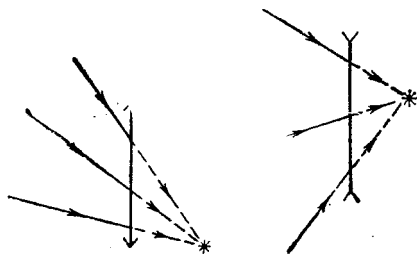
Линзани олиб қўямиз ва йиғилувчи даста чўққисини топамиз. Бу чўққи—предметнинг ёки манбанинг нуқталаридан биридир. Линза борлигида нурлар ҳақиқатда бу нуқтада кесишмаслиги ҳам мумкин, шунинг учун предмет (манба) ҳақиқий ҳам (166- расм), мавҳум ҳам (167- расм) бўлиши мумкин. Кейин-



165- расм.



166- расм.



167- расм.

ги ҳолда линзага тушувчи нурларнинг мавҳум давоми кесишган нуқта манба бўлиб хизмат қилади.

Линза формуласи ва бу формула ҳадлари олдидаги ишораларни қўйиш қоидалари сферик кўзгунига ўхшашдир, яъни $\pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F}$, бу ерда d — предметдан линзагача бўлган масофа, f — линзадан тасвиргача масофа ва F — фокус масофа мусбат катталиклардир. Агар формуладаги катталик ҳақиқий бўлса плюс, агар мавҳум бўлса минус ишора қўйилади. Жавоб мусбат ишора билан чиқса, катталикнинг характери (аммо абсолют қиймати эмас) тўғри аниқланганлигини кўрсатади. Мусбат жавоб d (ёки f , ёки F) катталикни мавҳум ёки ҳақиқий эканлиги ҳақидаги тахминнинг тўғрилигидан, манфий бўлса, нотўғри эканлигидан далолат беради.

Фокус масофа F , сферик сиртларнинг эгрилик радиуслари R_1 ва R_2 ҳамда линза ва атроф муҳитнинг синдириш кўрсаткичлари n_1 ва n_2 ўзаро қуйидаги муносабат билан боғланган:

$$\pm \frac{1}{F} = \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left(\pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right).$$

Одатдагидек, формула F нинг фақат абсолют қийматини беради, чап қисми олдидаги ишора эса оддий қоида бўйича танланади: ҳақиқий фокус—плюс, мавҳуми—минус.

R_1 ва R_2 га эга бўлган ҳадлари олдидаги белгилар қавариқ сиртлар учун—мусбат, ботиқ сиртлар учун—манфий қилиб олинади.

Фокус масофасига тескари $D = 1/F$ катталик линзанинг оптик кучи деб аталади. Агар F метрларда ўлчанса, унда оптик куч D —диоптрияларда (дптр) ўлчанади.

1087. Узунлиги $l = 4$ м бўлган автомобиль съёмка қилинаётганда, плёнка объективдан $f = 60$ мм масофада жойлашган. Агар автомобилнинг негатив тасвири узунлиги $L = 32$ мм бўлса, уни қандай d масофадан суратга олинган?

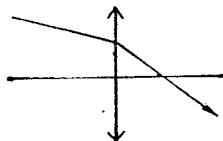
1088. Ўқувчи кўзойнагини текшира туриб, ойнак шишасини лампа остида полдан $n = 1$ м масофада тутган ҳолда, полда $H = 3$ м баландликда осилган лампанинг ҳақиқий тасвирини олди. Шишанинг оптик кучи D қандай?

1089. Фокус масофаси $F = 6$ см бўлган йиғувчи линзанинг бош оптик ўқида линзадан $d = 4$ см масофада нуқтавий ёруғлик манбаи турибди. Линзанинг бошқа томонида манбанинг ҳақиқий тасвирини линзадан $f = 12$ см масофада ҳосил қилиш учун, яси кўзгуни манба турган томонда қандай x масофага қўйиш керак?

1090 168-расмда S — нуқтавий ёруғлик манбаи, S' — унинг тасвири. Линзанинг оптик марказининг ўрнини ва ҳар бир бош фокусини линзанинг бош оптик ўқи 1) M_1, N_1 тўғри чизиқ;

M_1	N_1
M_2 *S	N_2
M_3	N_3
M_4	*S' N_4

168- расм.



169- расм.

2) M_2N_2 тўғри чизиқ; 3) M_3N_3 тўғри чизиқ; 4) M_4N_4 тўғри чизиқ бўлган ҳоллар учун чизма ёрдамида аниқланг.

1091. Чизмиш орқали линзанинг бош фокусларини аниқланг (169- расм).

1092. Кема бортида турган фотограф қарши курс билан келаётган катерни суратга олади. Суратга олиш вақтида катер кемадан $d = 150$ м масофада ва унинг ҳаракат йўналиши билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ташкил этган ҳолда турибди (170- расм). Кеманинг ҳаракат тезлиги $v_1 = 18$ км/соат, катерники $v_2 = 36 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$.

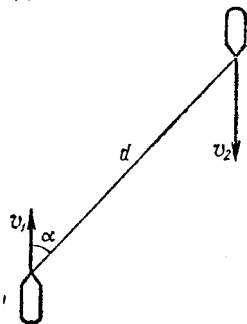
Тасвирнинг плёнкадаги ёйилиши $\Delta l = 0,03$ мм дан ошмаслиги учун фотограф қандай максимал экспозиция вақти бериши мумкин? Фотоаппарат объективининг бош фокус масофаси $F = 5$ см.

1093. Агар объективнинг бош фокус масофаси $F = 13,5$ см бўлса, жуда узоқдаги предметларни суратга олишдан, объективдан $d = 2$ масофадаги объектни суратга олишга ўтишда, фотоаппарат объективи билан пластинка орасидаги масофани қанчага ўзгартириш керак?

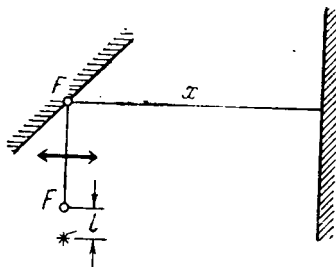
1094. Предметнинг тасвири фотоаппаратнинг хира ойнасида пайдо бўлади. Агар объектив билан хира ойна орасига $h = 4$ мм қалинликдаги шиша пластинка киритилса, фотоаппарат объективини қандай x масофага суриш керак? Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,6$. Тушиш бурчаги жуда кичик $\sin \alpha \approx \approx \alpha$ деб ҳисобланг.

1095. Ношаффоф пардада думалоқ тешик бўлиб, унга йиғувчи линза ўрнатилган. Линзанинг оптик ўқида линзадан $d = 10$ см масофада нуқтавий ёруғлик манбаи қўйилган. Линзанинг бошқа томонида ундан худди шундай d масофада оптик ўққа перпендикуляр қилиб экран ўрнатилган. Экранда линза диаметрига нисбатан $n = 2$ марта кичик диаметри ёруғ доғ кўринади. Линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1096. Нуқтавий ёруғлик манбаи линзанинг оптик ўқида ундан $d = 25$ см масофада турибди. Линзанинг фокус масофаси $F = 10$ см, унинг диаметри $a = 5$ см. Линзанинг бошқа томонида



170- расм.



171- расм.

экран шундай жойлаштириладики, унда манбанинг аниқ тасвири ҳосил бўлади. Сўнгра оптик ўқ бўйлаб экран $l = 5$ см масофага сурилади. Экрандаги ёруғ доиравий доғнинг диаметри b ни аниқланг.

1097. Фокус масофаси $F = 0,06$ м бўлган йиғувчи линза ношаффоф тўсиқдаги $r = 0,03$ м радиусли тешикка ўрнатилган. Тўсиқдан $a = 0,16$ м масофада жойлашган экранда нуқтавий ёруғлик манбанинг

аниқ тасвири ҳосил қилинган. Агар линзани тешикдан чиқариб олинса, экрандаги доиравий ёруғликнинг радиуси R қандай бўлади?

1098. Фокус масофаси $F = 5$ см бўлган линза тахтадаги тешикка ўрнатилган. Тешикнинг диаметри $D_1 = 3$ см. Линзанинг оптик ўқида ундан $d = 15$ см масофада нуқтавий ёруғлик манбаи турибди. Тахтанинг нариги томонида қоғоз варағи жойлаштирилган, унда манбанинг аниқ тасвири ҳосил бўлади. Агар линза тешикдан чиқариб олинса, экрандаги доиравий ёруғликнинг радиуси R қандай бўлади?

1099. Линзадан $d = 12,5$ см масофада жойлаштирилган миллиметрли шкаланинг тасвири экранда $L = 8$ см узунликка эга бўлади. Экран линзадан қандай f масофада турибди?

1100. Баландлиги $h = 5$ см бўлган ёритилган тирқиш, линзадан $f = 12$ см нарида турган экранга, фокус масофаси $F = 10$ см бўлган йиғувчи линза орқали проекцияланади. Экрандаги тирқиш тасвирининг ўлчами H ни топинг.

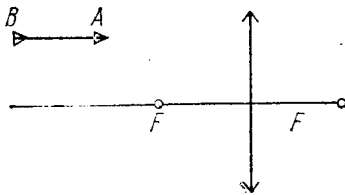
1101. Ўлчами $l = 8$ см бўлган предметни экранга проекциялаш керак. Экрандаги предмет тасвирининг ўлчами $L = 2$ м бўлиши учун экрандан $f = 4$ м масофада турган объектив қандай фокус масофа F га эга бўлиши керак?

1102. Горизонтга нисбатан 45° бурчак остида қўйилган ясси кўзгунинг марказида оптик кучи $D = 10$ дптр бўлган эпидиаскопнинг устки объективи линзасининг бош фокуси туради. Пастки бош фокусдан $l = 2$ мм масофа пастда ёрқин ёритилган, ўлчамлари $a \times b$ см \times 6 см бўлган фотосурат қўйилган (171-расм). Фотосурат аниқ тасвирланган экраннинг $A \times B$ ўлчамини ва унинг линзанинг бош оптик ўқидан x узоқлигини аниқланг.

1103. Лампочканинг чўғланган сими ва унинг оптик кучи $D = +8$ дптр бўлган линза орқали ҳосил қилинган тасвири катталиги жиҳатидан тенг. Тасвир уч марта кичиклашиши учун линза ва лампочка орасидаги масофани қандай ўзгартириш керак?

1104. Йиғувчи линза экранда предметнинг тасвирини ундан $k = 2$ марта катталаштириб беради. Предметдан линзагача бўлган масофа унинг фокус масофасидан $l = 6$ см ортиқ. Линзадан экрангача масофа f ни топинг.

1105. Линзадан d масофада шуълаланувчи нуқта турибди. Линзанинг бош оптик ўққа кўндаланг йўналишдаги тебраниши нуқтанинг ҳақиқий тасвирини $A_1 = 1,6$ см амплитуда билан тебранишига олиб келади, манбанинг худди шундай амплитуда билан кўндаланг тебраниши эса тасвирнинг $A_2 = 1,5$ см амплитуда билан тебранишига олиб келади. Линзанинг фокус масофаси $F = 0,6$ м. d масофани аниқланг.



172- расм.

1106. Предметдан йиғувчи линзагача бўлган масофа линзанинг фокус масофасидан $n=5$ марта ортиқ. Тасвир предметдан неча марта кичик бўлади?

1107. Экрандаги тасвир диапозитивдаги предметдан $k=50$ марта катта бўлиши учун экранни проекцион аппарат объективидан қандай масофага қўйиш керак? Объективнинг фокус масофаси $F = 0,1$ м.

1108. $H = 2000$ м баландликда учаётган самолётдан топографик съёмка учун жойни $1:4000$ масштабда суратга олиш керак. Объективнинг фокус масофаси F қандай бўлиши керак?

1109. Телекамеранинг объективи ундан $d=5$ м масофа олдинда эркин тушаётган предметнинг тасвирини узатувчи трубканинг ёруғлик сезгир қатламига ўтказиб беради. Агар тасвир $a = 0,2$ м/сек² тезланиш билан ҳаракат қилаётгани маълум бўлса, телекамера объективининг фокус масофаси F ни аниқланг.

1110. Йиғувчи линзанинг бош оптик ўқига параллел жойлашган AB кесманинг тасвири чизилсин (172- расм).

1111. Нуқтавий предмет йиғувчи линзанинг ўқи атрофида ундан $a = 1,5 F$ масофа ортда турувчи линзанинг ўқига перпендикуляр текисликда айлана ёйи бўйича $v_1 = 3$ см/сек тезлик билан ҳаракат қилади, бу ерда F линзанинг фокус масофаси. Предметнинг тасвири қандай v_2 тезликда ва қайси йўналишда ҳаракат қилади?

1112. Фокус масофаси $F=4$ см бўлган линза орқали линзадан $d = 12$ см масофада ва унинг оптик ўқидан бир оз баландроқда ётувчи нуқтанинг тасвири ҳосил қилинади. Линза пастга $l = 3$ см масофага силжитилса, нуқтанинг тасвири қандай L масофага сурилади?

1113. Шуълаланувчи нуқта линзанинг оптик ўқига перпендикуляр текисликда r радиусли айлана чизади, унинг оптик кучи D бўлган линза орқали олинган тасвири эса экранда R радиусли айлана чизади. Экран линзадан қандай f масофада турибди?

1114. Проекцион фонарь объективининг фокус масофаси $F = 0,25$ м. Агар экран объективдан $f = 4$ м масофада жойлашган бўлса, проекцион аппарат диапозитивни неча марта (k) катталаштириб беради?

1115. Предметдан линзагача ва линзадан тасвиргача масофа бир хил ва $a=0,5$ м га тенг. Агар предметни линза тарафга $l=20$ см силжитилса, тасвир неча марта катталашади?

1116. Фотографик аппарат ёрдамида (кадр ўлчамлари $24\text{ мм} \times 36\text{ мм}$ ва объективининг фокус масофаси $F=50\text{ мм}$.) бўйи $1,8$ м бўлган тик турувчи одамни суратга олинади. Одамни бутун бўйи бўйича суратга тушириш учун аппаратни ундан қандай минимал масофага ўрнатиш керак?

1117. Шуълаланувчи нуқтанинг ҳақиқий тасвири линзадан $f=8$ см масофада ва унинг оптик ўқидан $L=2$ см пастда ҳосил бўлади. Нуқтанинг тасвири йўқолиши учун линзанинг юқориги ярим бўлаги шаклидаги экранни линза олдига қандай энг яқин масофада ўрнатиш керак?

1118. Кинооператор ўзидан $d=26$ м масофада $v=72$ км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган ҳаво ёстиги устидаги автомобилни суратга тушириши керак. „Нева“ кинокамераси объективининг фокус масофаси $F=13$ мм. Тасвир контурларининг ёйилиши $a=0,5$ мм дан ошмаслиги учун экспозиция вақти Δt қандай бўлиши керак?

1119. Икки томонлама қавариқ линзанинг фокус масофаси $F=5$ см. Нуқтавий ёруғлик манбаи линзанинг ўқида ундан $a=6$ см масофада турибди. Линзани диаметри бўйича тенг икки қисмга кесилди ва оптик ўққа нисбатан симметрик $s=1$ см масофага суриб қўйилди. Нуқтанинг икки тасвири орасидаги масофа S аниқлансин.

1120. Фокус масофаси $F=12$ см бўлган юпқа йиғувчи линзанинг оптик ўқи бўйича бир учи линзадан $d_1=17,9$ см масофада, иккинчи учи $d_2=18,1$ см масофада бўлган предмет жойлашган. Тасвирнинг катталашishi (k) аниқлансин.

1121. Агар предмет учларидан бирига ўрнатилган объект k_1 катталаштириш билан, бошқа учидаси $-k_2$ катталаштириш билан тасвирланса, бирор участкада йиғувчи линзанинг бош оптик ўқи билан мос тушувчи тўғри юпқа предмет қандай k катталаштириш билан тасвирланади? Предметнинг иккала учи линзанинг фокус масофасидан каттароқ масофада турибди.

1122. Шар маркази линзанинг оптик ўқида унинг бир томонида турувчи A ва B нуқталарга навбат билан қўйилади. AB масофа l га тенг. Линза шарнинг мос равишда k_A ва k_B катталаштириш билан иккита ҳақиқий тасвирини беради. Шар тасвирлари орасидаги масофа x ни топинг.

1123. Предмет ва унинг фокус масофаси F бўлган йиғувчи линза орқали ҳосил қилинадиган ҳақиқий тасвири орасидаги мумкин бўлган энг кичик масофа S_0 қандай?

1124. Предмет ва унинг йиғувчи линза орқали ҳосил қилинган ҳақиқий тасвири орасидаги масофа $S=6,25 F$ га тенг, бу ерда F —линзанинг фокус масофаси. Предметдан линзагача (d) ва линзадан тасвиргача масофа f ни аниқланг.

1125. Шам ва экран орасидаги масофа $L = 3,75$ м. Уларнинг орасига икки хил ҳолатда экранда шарнинг аниқ тасвирини берадиган йиғувчи линза қўйилади. Агар линзанинг кўрсатилган ҳолатлари орасидаги масофа $l = 0,75$ м бўлса, линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1126. Ёниб турган шам экранда L масофада турибди. Экран билан шам орасига фокус масофаси F бўлган линза киритиб, линзанинг бир-биридан l масофада турувчи икки ҳолатида шамнинг аниқ тасвирини ҳосил қилиш мумкин. l ни топинг.

1127. Йиғувчи линза экранда бирор предметнинг тасвирини беради. Тасвирнинг баландлиги a га тенг. Экран ва предметни ҳаракатсиз қолдирган ҳолда, линзани экранга яқинлаштириб, иккинчи аниқ тасвир ҳосил қилиб тасвирнинг баландлиги b эканлиги аниқланди. Предмет баландлиги h ни аниқланг.

1128. Предмет экрандан $L = 6$ м масофада жойлашган. Йиғувчи линзадан фойдаланиб, линзанинг иккита фарқли ҳолатларида, экранда предметнинг иккита аниқ тасвирини ҳосил қилиш мумкин. Агар линзанинг кўрсатилган ҳолатлари орасидаги масофа $l = 0,4$ м ни ташкил этса, тасвирлар катталиги нисбати k ни топинг.

1129. Предмет экрандан $L = 0,9$ м масофада турибди. Предмет билан экран орасига линза қўйиб, линзанинг бир ҳолатида предметнинг катталашган, иккинчи ҳолатида кичиклашган тасвирини ҳосил қилиш мумкин. Агар биринчи тасвирнинг чизқили ўлчамлари иккинчисининг ўлчамларидан $k = 4$ марта катта бўлса, линзанинг фокус масофаси F қандай?

1130. Предмет билай экран орасига йиғувчи линза киритилади. Уни силжитиб, экранда линзанинг турли икки ҳолатига мос келувчи, предметнинг иккита аниқ тасвири ҳосил қилинади. Предметдан экрангача масофа $L = 0,8$ м. Агар предметнинг экрандаги тасвирларининг нисбати $k = 9$ бўлса, линзанинг кўрсатилган ҳолатлари орасидаги масофа l ни аниқланг.

1131. Предмет йиғувчи линзанинг олд фокусидан $a = 0,1$ м масофада, предметнинг аниқ тасвири ҳосил қилинадиган экран эса линзанинг орқа фокусидан $b = 0,4$ м масофада жойлашган. Линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг. Предмет қандай катталаштириш (k) билан тасвирланади?

1132. $d_1 = 8,5$ м масофадан суратга олишда, предметнинг фотоаппаратнинг хира шишасидаги тасвири баландлиги $h_1 = 13,5$ м, $d_2 = 2$ м масофада эса баландлиги $h_2 = 60$ мм бўлган. Об'ективнинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1133. Шам алангасининг баландлиги $H = 5$ см. Линза бу аланганинг тасвирини экранга $h_1 = 15$ см баландлик билан ўтказиб беради. Линзага тегмасдан, шамни линзадан $l = 15$ см узоқроққа сурилди ва экранни суриш билан яна аланганинг $h_2 = 10$ см баландликли аниқ тасвири ҳосил қилинди. Линзанинг бош оптик масофаси F ни аниқланг.

1134. Ёруғлик манбаи экрандан $a = 5$ м масофада турибди, унда йиғувчи линза орқали манбанинг $k_1 = 4$ марта катталаштирилган тасвири ҳосил қилинган. Сўнгра экранни $b = 4$ м га сурилади. Катталаштирилган тасвир аниқлигини турли усуллар билан тиклаш мумкин. Агар булар қуйидагича: 1) фақат линзани суриш билан қилинса, 2) фақат манбани сурилса, k_2 ва k_3 катталаштириш қандай бўлади?

1135. $D = +8$ дптр оптик кучга эга бўлган кўзойнак шишаси лупа сифатида ишлатилади. Бу лупа қандай катталаштириш бериши мумкин? Нормал кўз учун аниқ кўриш масофаси $D_0 = 0.25$ м.

1136. Лупа фокал текисликда ётган предметни беш марта катталаштириб кўрсатади. Бу лупадан проекцион фонарнинг объективи сифатида фойдаланиш керак. Экран диапозитивининг $k = 10$ марта катталашган тасвирини олиш учун, уни объективдан қандай масофага жойлаштириш керак?

1137. Фокус масофаси $F = 2$ см бўлган лупадан кичик предметга қаралаётганда уни кўздан қандай x масофада ушлаш керак? Бунда қандай k катталаштириш ҳосил бўлади? Лупа кўздан $l = 5$ см масофада, тасвир энг яхши кўриш масофаси $D_0 = 25$ см да турибди.

1138. Оптик кучи $D = +4$ дптр бўлган линза ёрдамида предметнинг $k = 5$ марта катталашган тасвирини олиш керак. Бу предметни линзадан қандай d масофага жойлаштириш керак?

1139. Йиғувчи линза сочилувчи нурлар дастасини беради, дастанинг энг четки нурлари орасидаги бурчак $\alpha = 60^\circ$ ни ташкил эгади. Агар линзанинг диаметри $D = 10$ см, нуқтавий ёруғлик манбаи эса линзадан $d = 4$ см масофада турган бўлса, унинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1140. Электр чироқ лампочкаси олдига фокус масофаси $F = 6$ см, диаметри $D = 10$ см бўлган йиғувчи линза қўйилган. Агар фонарча берадиган ёруғлик нурининг очилиш бурчаги (оптик ўқ ва четки нур орасидаги бурчак) $\alpha = 45^\circ$ бўлса, лампочка линзадан қандай масофада турибди?

1141. Нуқтавий ёруғлик манбаи фокус масофаси $F = 6$ см бўлган йиғувчи линзанинг фокусига жойлашган. Линза ортида ундан $l = 12$ см масофада ясси экран жойлашган. Экранда доиравий ёруғ доғ кўринади. Экрандаги ёруғ доғнинг r радиуси $n = 2$ марта катталашини учун манбани линза фокусидан қайси томонга ва қандай x масофага (оптик ўқ бўйлаб) суриш керак?

1142. Йиғувчи линзанинг бош оптик ўқида фокус масофага нисбатан кичик масофада турган нуқтанинг тасвири чизилсин. Линзаларнинг фокуслари берилган.

1143. Агар иккита нурнинг линзадан сингандан кейинги йўли маълум бўлса (173-расм), чизиш орқали нурланувчи нуқтанинг ўрни аниқлансин. Бу нурлардан бири линзанинг бош оптик ўқи билан унинг фокусига кесишади.

1144. Предметнинг мавҳум тасвири линза ортида $f=1$ м масофада турувчи текислик билан устма-уст тушиши учун, у фокус масофаси $F=0,25$ м бўлган йиғувчи линзадан қандай d масофада туриши керак?

1145. $d=0,4$ м масофада жойлаштирилган предметнинг мавҳум тасвирини $f=1,2$ м масофада ҳосил қиладиган линзанинг фокус масофаси F қанчага тенг?

1146. Предметнинг мавҳум тасвири йиғувчи линзанинг фокал текислигида жойлашган. Предметнинг ўзи линзадан қандай масофада турибди?

1147. Иккиёқлама қавариқ линза ёрдамида олинган предметнинг тўғри тасвири предметнинг ўзидан икки марта катта ($k=2$). Тасвир ва предмет орасидаги масофа $l=20$ см. Линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1148. Оптик кучи $D=0,5$ дптр бўлган йиғувчи линза икки нуқтавий манба орасида шундай жойлаштирилганки, манбалардан линзагача масофалар нисбати $d_1/d_2=n=4$. Тасвирлар орасидаги масофа $l=2$ м, тасвирлар линзанинг бир томонида жойлашган. Манбалар орасидаги масофа x ни аниқланг.

1149. Икки нуқтавий ёруғлик манбан бир-биридан $l=24$ см масофада турибди. Улар орасига, уларнинг биггасидан $d=6$ см масофада юпқа йиғувчи линза жойлаштирилган. Бунда иккала манбанинг тасвирлари бир нуқтада ҳосил бўлган. Линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг.

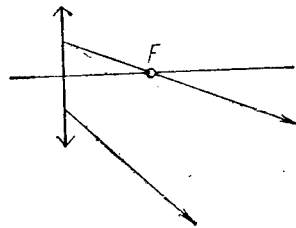
1150. Предметдан линзагача масофа $d=10$ м, линза ва тасвир орасидаги масофа $f=2,5$ м. Ушбу ҳолларда линзанинг оптик кучи D ни аниқланг: 1) тасвир мавҳум; 2) тасвир ҳақиқий.

1151. Йиғувчи линзанинг бош фокус масофаси $F=18$ см. Агар шуълаланувчи нуқтанинг тасвири линзадан $f=12$ см ва бош оптик ўқдан $L=5$ см масофада ҳосил бўлса, нуқтанинг ўзи қаерда жойлашган?

1152. Линзанинг катталаштириши $k=10$. Агар линзадан предметгача масофа $d=9,9$ см бўлса, линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг. Иккита ҳолни қараб чиқинг.

1153. Йиғувчи линзанинг фокус масофаси $F=10$ см, предмет фокусдан $l=5$ см узоқда турибди. Предметнинг чизиқли ўлчамлари $h=2$ см. Тасвир баландлиги H ни аниқланг. Икки ҳолни қараб чиқинг.

1154. Йиғувчи линзанинг оптик ўқи йиғилувчи конуссимон нурлар дастасининг ўқи билан, линзанинг фокуси эса конус учи билан мос тушади. Агар линзанинг оптик кучи $D=5$ дптр га тенг бўлса, нурлар сингандан кейин линзадан қандай f масофада кесишади?



173- расм.

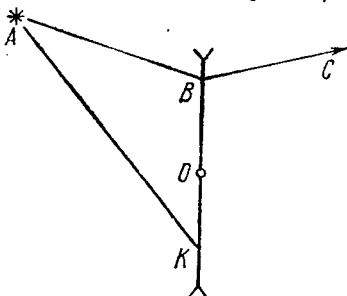
1155. Йиғилувчи нурлар дастаси йўлига $F = 7$ см фокусли йиғувчи линза қўйилган. Натижада нурлар линзадан $f = 5$ см масофада учрашган. Агар линза олиб қўйилса, нурлар A нуқтада қандай l масофада учрашади?

1156. Сочувчи линзанинг оптик ўқиға параллел йўналган цилиндрик нурлар дастаси $s_1 = 5$ см диаметрга эга. Нурлар линзадан ўтиб, экранда $s_2 = 7$ см диаметрли доғ ҳосил қилади. Агар сочувчи линза ўрнига худди шундай фокусли йиғувчи линза қўйилса, доғ диаметри s_3 қандай бўлади?

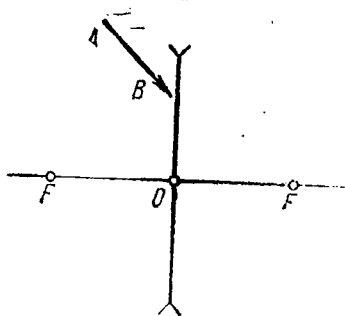
1157. Цилиндрик ёруғлик дастаси йиғувчи линзага унинг оптик ўқиға параллел равишда йўналган. Ёруғлик дастасининг диаметри $D_1 = 4$ см га тенг. Линза орқасига экран жойлаштирилган бўлиб, экранда $D_2 = 2$ см диаметрли доғ ҳосил бўлади. Йиғувчи линза ўрнига худди шундай фокусли сочувчи линза қўйилган. Энди экрандаги доғ диаметри D_3 қандай бўлади?

1158. Шуълаланувчи нуқтанинг сочувчи линза ҳосил қилган маъхум тасвири билан линза орасидаги масофа нуқтанинг ўзига нисбатан икки марта яқин. Агар шуълаланувчи нуқта линзанинг оптик ўқида жойлашган бўлса, у қанча масофада жойлашганлигини аниқланг. Линзанинг оптик кучи $D = -5$ дптр.

1159. Деворда осиглиқ турган термометрга сочувчи линза орқали қаралмоқда. Линза деворга параллел қўйилган бўлиб, термометрдан пастроққа шундай жойлаштириладики, термометр косачаси (шарчаси) линзанинг бош оптик ўқидан юқорига $\alpha = 30^\circ$ бурчакка оғдирувчи ёрдамчи оптик ўқи йўналишида кўринади. Агар термометр тасвирининг узунлиги $H = 6,4$ см, линза ва девор орасидаги масофа $d = 60$ см, линзанинг оптик кучи $D = -5$ дптр бўлса, термометр юқори нуқтасининг тасвири жойлашган ёрдамчи оптик ўқ бош оптик ўққа нисбатан қандай β бурчак остида жойлашган?



174-расм.



175-расм.

1160. Шуълаланувчи нуқта A сочувчи линза олдиға (линзанинг оптик маркази O маълум) жойлашган (174-расм). Шунингдек ABC нур йўли маълум. Бошқа AK нур йўлини чизинг.

1161. Ихтиёрий AB нурнинг сочувчи линзадан синиб, ўтгандан кейинги йўлини чизинг (175-расм). Линзанинг оптик ўқининг вазияти ва унинг фокуслари маълум.

1162. Ўлчами $h = 0,03$ м бўлган предмет $F = 0,3$ м фокусли сочувчи

линзадан $d=0,15$ м масофада жойлашган. Тасвир линзадан қандай f масофада ҳосил бўлади? Тасвир катталиги H қандай бўлади?

1163. Бошланғич пайтда сочувчи линзадан $d_1=1,2$ м масофада турган нуқтавий ёруғлик манбаи линзага оптик ўқ бўйича $d_2=0,6$ м гача яқинлашди. Бунда манбанинг мавҳум тасвири оптик ўқ бўйича $l=10$ см масофа ўтади. Линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1164. Сочувчи линзага тушувчи ёруғлик нури сингандан кейин линзанинг бош оптик ўқини линзадан $f=9$ см масофада кесиб ўтади. Агар линза олиб қўйилса, шу ўқни нур қаерда кесиб ўтади? Линзанинг фокус масофаси $F=13,5$ см.

1165. Йиғувчи нур дастаси ношаффоф парда тешигидан ўтиб, парда орқасида $l=20$ см масофада жойлашган экранда $b=4$ см диаметри ёруғ доғ ҳосил қилади. Тешикка линза ўрнатилгандан кейин доғ нуқтага айланади. Линзанинг F фокус масофасини аниқланг.

1166. Йиғилувчи нурлар дастаси учи A нуқтада жойлашган конус шаклига эга. Нурлар йўлига сочувчи линза қўйилгандан сўнг йиғилувчи даста B учли конус шаклидаги сочилувчи дастага айланди. A ва B нуқталар линзанинг бош оптик ўқида бири-биридан $l=0,45$ м масофада жойлашганлигини ва линза маркази BA кесмани $n:m=1:2$ нисбатда бўлишини билган ҳолда линзанинг фокус масофаси F ни аниқланг.

1167. $F=12$ см фокусли сочувчи линза икки нуқтавий ёруғлик манбаи орасига шундай жойлаштирилганки, линзадан бир манбагача масофа иккинчисигача бўлган масофадан икки марта кичик. Манбаларнинг тасвирлари орасидаги масофа $l=7,8$ см. Манбалар орасидаги L масофани аниқланг.

1168. Экран линза ўрнатилган тешикдан $L=21$ см масофада жойлаштирилган. Тешик диаметри $a=5$ см. Линзага йиғилувчи нурлар дастаси тушади, натижада экранда $b=3$ см диаметри ёруғ доғ пайдо бўлади. Агар линза олиб қўйилса, доғ диаметри ўзгармайди. Линзанинг F фокус масофасини аниқланг.

1169. Юпқа шиша линзанинг оптик кучи ҳавода $D=5$ дптр га тенг. Худди шу линзанинг сувдаги оптик кучини аниқланг. Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n_{ш}=3/2$, сувники $n_{с}=4/3$.

1170. Шиша стержень ичида (шишанинг синдириш кўрсаткичи $n_{ш}=1,5$) бир томони ясси ва стержень ўқиға перпендикуляр, иккинчи томони $R=10$ см радиусли қавариқликка эга бўлган ҳаво бўшлиғи мавжуд. Стержень бўйлаб параллел нурлар дастаси тарқалади. Ёруғлик ҳаво бўшлиғидан ўтгандан кейин ёруғлик нурлари конусининг учи (фокуси) бўшлиқдан қандай F масофада бўлади?

1171. Шиша ичида (синдириш кўрсаткичи $n_{ш}=1,5$) эгрилик радиуси $R=10$ см бўлган иккиёқлама қавариқ юпқа линза шаклидаги ҳаво бўшлиғи бор. Бу линзанинг оптик ўқида (ши-

ша ичида) линзадан $d = 20$ см масофада қум зарраси турибди. Қум заррасининг тасвири билан линза орасидаги f масофани аниқланг.

1172. „Флинт“ оптик шиша учун энг четки кўринувчи нурларни синдириш кўрсаткичи $n_1 = 1,745$ ва $n_2 = 1,809$ га тенг. Шундай шишадан $R_1 = R_2 = 0,2$ м эгрилик радиусига эга бўлган иккиёқлама қавариқ линза тайёрланган. Спектрнинг четки нурлари учун линзанинг бош фокуслари орасидаги x масофани аниқланг.

1173. Йиғувчи линза (эгрилик радиуслари $R_1 = 12,5$ см ва $R_2 = 26$ см) предмет линзадан $d = 50$ см масофада бўлганда унинг тасвирини $f = 24$ см масофада ҳосил қилади. Суюқликка ботирилганда худди шу шиша $F = 1$ м фокусли сочувчи линзага айланади. Суюқликнинг синдириш кўрсаткичи n ни аниқланг.

1174. Бирдай шаклдаги йиғувчи линзалар турли материалдан ясалган. Биринчи линза шишасининг синдириш кўрсаткичи $n_1 = 1,5$, иккинчисиники $n_2 = 1,7$. Линзаларнинг ҳаводаги ($n \approx 1$) ва сувдаги ($n_c = 4,3$) фокус масофалари нисбагини аниқланг.

1175. Ясси-қавариқ юпқа линза (фокус масофаси $F_1 = 10$ см) ясси томони билан сувга шундай гуширилганки, линзанинг сферик қисми ҳавода қолган. Линзага юқоридан параллел ёруғлик нурлари тушади. Ёруғлик нурлари линзанинг остки сиртидан қандай F_2 масофада фокусланади? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,33$. Линзанинг диаметри фокус масофадан анча кичик.

1176. Қайиқдан туриб денгиздаги юлдуз тасвири суратга олинмоқда (юлдуз тасвири фотографдан $H = 2$ м чуқурликда жойлашган). Агар объективдан сув сиртигача масофа $l = 50$ см бўлса, плёнкадаги сурат (тасвир) предметдан (юлдуз тасвиридан) неча марта кичик бўлади? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 4/3$.

1177. Музейда катта гравюра суратга олинди, сўнгра унинг алоҳида фрагментлари табиий катталиқда суратга олинди. Фотопластинканинг қорайиш интенсивлиги бирдай бўлиб чиқиши учун гравюра деталарини суратга олишдаги экспозиция вақти неча марта орттирилган?

31-§. Оптик системалар

Мураккаб оптик системалардаги тасвирларни кетма-кет этапларга бўлиб ҳисоблаш қулайдир.

Аввал системадаги биринчи линза ва кўзгуларидан бошқа ҳаммасини эътиборга олмаган ҳолда биринчи линза ёки кўзгу бераётган тасвирнинг ўрнини ҳисоблаш керак. Бу тасвир ўз навбатида худди шундай системанинг бошқа қисмларидан айрим қараладиган иккинчи линза учун манба бўлиб хизмат қилади.

Шу билан бирга, агар системанинг биринчи компоненти маъхум тасвир берса, унда иккинчи компонентига тарқалувчи нурлар тушади ва демак, унинг учун манба ҳақиқий бўлади. Агар биринчи линза (ёки кўзгу) ҳақиқий тасвир берса, унда иккинчи линзага, унинг вазиятига боғлиқ равишда йиғилувчи ёки сочилувчи нурлар тушиши мумкин. Нурлар кейинчалик навбатдаги линза ёки кўзгуга тушгани учун, ҳисоблаш жараёни кейин ҳам нурлар системадан чиққунича давом этади.

Олинган тасвирнинг қиймати ва катталашиши бир-бирига ўхшаш йўл билан ҳисобланади. Системанинг бурчак катталаштиришини ҳисоблаш алоҳида қизиқиш уйғотади. Унинг ўлчови сифатида системага кирувчи ва ундан чиқувчи нурлар дастасининг тангенс бурчаклари нисбати олиниши мумкин. Агар фақат ўққа яқин нурлар дастаси (кичик бурчаклар) қаралса, унда тангенслар нисбатини синуслар нисбати билан ёки бурчакларнинг ўзининг нисбати билан алмаштириш мумкин.

Микроскопни икки линзали система деб ҳисоблаш мумкин. Бунда объектив берадига ҳақиқий тасвир окулярдан лупа сингари кузатилади. Микроскопнинг катталаштириши объектив ва окуляр катталаштиришининг кўпайтмаси сифатида олинади. Узоқ муддатли ишда кузатувчининг кўзи зўриқмайдиган (чексизликка аккомодацияланган) бўлиши керак. Бу объектив тасвири окулярнинг фокал текислигида ҳосил қилиниши ва окулярнинг катталаштириши $k_2 = D_0/F_2$ эканлигини билдиради, бунда D_0 — нормал одамнинг энг яхши кўриш масофаси, F_2 — окулярнинг фокус масофаси (1135 — масалага қ.). Объективнинг катталаштириши $k_1 = \delta/F_1$, бунда F_1 — объективнинг фокус масофаси, δ — микроскоп тубусининг узунлиги (объективнинг орқа фокуси ва окулярнинг олдинги фокуси орасидаги масофалар). Шундай қилиб, микроскопнинг катталаштириши $k = k_1 k_2 = = \delta D_0 / F_1 F_2$.

Барча масалаларда энг яхши кўриш масофаси D_0 деганда, одам предмет деталарининг зўриқишсиз кўриши мумкин бўлган энг кичик масофа тушунилади. Кўзнинг ҳаддан ташқари зўриқиб кўришига ҳеч қаерда йўл қўйилмайди, шунинг учун энг яхши кўриш масофаси деганда нормал кўзнинг энг яқин аккомодацияланиш чегараси олинади. Ҳамма масалаларда $D_0 = = 25$ см ҳисобланади.

Масалаларда кўзойнаклар кўзга жуда яқин жойлашган юпқа линзалар деб қаралади.

1178. Фокус масофалари F_1 ва F_2 бўлган иккита линза бир-бирига зичлаштириб қўйилган. Бу линзалар ёрдамида улардан бирор масофада жойлашган манбанинг тасвири олинади, сўнг-ра иккала линза олиниб, уларни битта линза билан алмаштирилади. Манбанинг тасвири силжимаслиги учун бу линзанинг оптик учу қандай бўлиши керак?

1179. Нуқтавий ёруғлик манбаи сочувчи линзанинг фоку-сига жойлаштирилган. Сочувчи линзага зичлаб қўйилган йи-ғувчи линза, сочувчи линзадан чиққан тарқалувчи нурлар дас-тасини параллел нурларга айлантиради. Линзаларнинг фокус масофалари нисбатини аниқланг.

1180. Объективнинг фокус масофаси $F_1 = 13,5$ см бўлган фотографик аппарат ёрдамида объективдан $d = 18$ см масофада турган предметни суратга олиш керак. Фотопластинкадан объективгача масофа $f = 27$ см. Фотопластинкадаги тасвир аниқ бўлиши учун, объективга зичлаб қўйиладиган линзанинг фокус масофаси F_2 қандай бўлиши керак?

1181. Юпқа ясси қавариқ линза синдириш кўрсаткичи n бўлган моддадан ясалган. Қавариқ сиртнинг эгрилик радиуси R . Линзанинг ясси сирти кумушланган. Ушбу мураккаб систе-манинг оптик кучи D ни топинг.

1182. Предмет фокус масофаси $F = 12$ см бўлган ясси-қавариқ линзадан $d = 18$ см масофада жойлашган (линзанинг қа-вариқ томони предметга қараган). Агар линзанинг орқа ясси сирти кумушланса, предметнинг тасвири линзадан қандай f масофада жойлашади?

1183. Эгрилик радиуси $R = 3$ м, орқа сирти кумушланган икки томонлама ботиқ линзага тушадиган йиғилувчи нурлар дастаси конус шаклига эга. Бу конуснинг чўққиси линзадан $d = 4$ м масофада ётади. Нурлар линзанинг олди сиртидан си-ниб, орқа сиртидан қайтиб ва яна олди сиртида синган ҳолда линза олдида $f_1 = 12$ см масофада ётувчи нуқтада учрашади. Агар линзанинг орқа томони кумушланмаган бўлганда, нурлар линза ортида қандай f_2 масофада тўпланар эди?

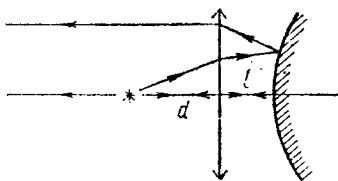
1184. Ясси кўзгу радиуси $R = 60$ см бўлган ботиқ сферик кўзгунинг марказида, унинг бош оптик ўқиға перпендикуляр ҳолда турибди. Бош оптик ўқда ясси кўзгудан $L = 15$ см масофада нур шуълаланувчи нуқта бор. Аввал ботиқ, сўнгра эса ясси кўзгудан қайтувчи нурлар, берадиган бу нуқта тасвири-нинг ўрнини топинг.

1185. Нуқтавий ёруғлик манбаи йиғувчи линзадан унинг оптик ўқида иккиланган фокус масофасида турибди. Ясси кўз-гу линза ортида ўққа перпендикуляр ҳолда шундай масофада жойлашганки, бунда нурлар кўзгудан қайтгач ва иккинчи мар-та линзадан ўтиб, параллел тўплам бўлиб кетади. Агар лин-занинг диаметри L бўлса, даста диаметри l ни аниқланг.

1186. Фокус масофаси $F = 30$ см бўлган йиғувчи линза ол-дига ундан $d = 15$ см масофада шам жойлаштирилган. Линза ортида ундан $l = 15$ см масофада линзага параллел қилиб ясси кўзгу ўрнатилган. Бу оптик система берадиган шамнинг тас-вири линзадан қандай x масофада ҳосил бўлади?

1187. Фокус масофаси $F = 10$ см бўлган сочувчи линзанинг оптик ўқида, линзадан $d = 15$ см масофада нуқтавий ёруғлик манбаи жойлашган. Линзанинг нариги томонида ундан $l = 5$ см

масофада линзанинг оптик ўқиға перпендикуляр қилиб ясси кўзгу жойлаштирилган. Манба ва унинг кўзгудаги маъхум тасвири орасидаги x масофани аниқланг.



176- расм.

1188. Параллел нурлар дастаси линзага, сўнгра эса ботиқ кўзгуга тушади. Кўзгунинг фокус масофаси $F_2 = 24$ см. Линза билан кўзгу орасидаги масофа $l = 32$ см. Нур кўзгудан қайтиб, $f = 6$ см масофада нуқта бўлиб йиғилиши учун линзанинг фокус масофаси F_1 қандай бўлиши керак?

1189. Фокус масофаси F бўлган йиғувчи линза, эгрилик радиуси R бўлган ботиқ кўзгу олдиға ундан l масофада жойлаштирилган. Нурлар линзадан ўтиб, кўзгудан қайтиб ва яна линзадан ўтиб, манба жойлашган ўша нуқтада йиғилиши учун нуқтавий ёруғлик манбаини линза олдиға ундан қандай масофада жойлаштириш керак?

1190. Фокус масофаси $F = 12$ см бўлган йиғувчи линзадан $d = 10$ см масофада унинг оптик ўқида нуқтавий ёруғлик манбаи жойлаштирилган. Нурлар линзада синиб, линза ортида $l = 3$ см масофада жойлашган қавариқ кўзгуга тушади. Кўзгудан қайтган нурлар қайта линзадан ўтиб, оптик ўққа параллел даста шаклида кетади (176-расм). Кўзгунинг эгрилик радиуси R ни аниқланг.

1191. Нуқтавий ёруғлик манбаи фокус масофаси $F = 10$ см бўлган линзанинг оптик ўқида, линзадан $d = 15$ см масофада турибди. Линза ортида эгрилик радиуси $R = 24$ см бўлган қавариқ кўзгу жойлашган. Линза манбаининг тасвирини унинг линзадан ўтган, кўзгудан қайтган ва линзадан ўтувчи нури ёрдамида ҳосил қилади. Ёруғлик манбаининг тасвири манбаининг ўзи билан устма-уст туриши учун кўзгу линзадан қандай минимал x масофада туриши керак?

1192. Сочувчи линза ва ботиқ кўзгу бир ўқда шундай жойлаштирилганки, бунда бу ўққа параллел нурлар дастаси, кўзгудан қайтиб ва яна линзадан ўтиб, ўша ўқнинг ўзига параллеллигича қолади. Агар нуқтавий ёруғлик манбаини кўзгунинг оптик марказига жойлаштирилса, қаерда ва қандай тасвир ҳосил бўлади? Линзанинг фокус масофаси $F_1 = 12$ см, кўзгуники $F_2 = 36$ см.

1193. R радиусли сфера ички сиртининг кичик қисмлари қарама-қарши томонидан кумушланган. Шуълаланувчи нуқта қисмлар марказини бирлаштирувчи диаметрда турибди. Нурлар биринчи қисмдан қайтгандан сўнг бошқасидан қайтиб, марказдан $u = \frac{3}{4} R$ масофада йиғилиши учун, бу нуқта сфера марказидан қандай x масофада туриши керак?

1194. Оптик кучлари $D_1 = +5$ дптр ва $D_2 = +3$ дптр бўлган икки линза бир-биридан $l = 10$ см масофада турибди. Агар манбанинг ёруғлиги аввал: 1) оптик кучи D_1 ; 2) оптик кучи D_2 бўлган линзага тушса, чексиз узоқлаштирилган манбанинг тасвири, орқа линзадан қандай масофада ҳосил бўлади?

1195. Фокус масофалари $F_1 = 10$ см ва $F_2 = 15$ см бўлган иккита йиғувчи линза умумий бош оптик ўқи бўйича бир-биридан $l = 30$ см масофада жойлашган. Нуқтавий ёруғлик манбани ундан чиққан нурлар иккала линзадан ўтиши натижасида бош оптик ўққа параллел нурлар дастаси шаклида бўлиши учун қаерга жойлаштириш керак?

1196. Фокус масофаси $F_1 = 20$ см бўлган йиғувчи линзадан $d = 25$ см масофада баландлиги $l = 2$ см бўлган предмет жойлашган. Фокус масофаси $F_2 = 40$ см бўлган иккинчи йиғувчи линза биринчисидан $a = 1,5$ м масофада жойлашган. Нурлар иккала линзадан ўтгандан сўнг предметнинг тасвири иккинчи линзадан қандай f_2 масофада пайдо бўлади? Олинган тасвирнинг баландлиги L_2 қандай?

1197. Фокус масофалари $F = 0,1$ м бўлган иккита иккиёқлама қавариқ линзаларнинг ҳар бири бир-биридан $l = 0,25$ м масофада турибди. Биринчи линза олдида ундан $d = 0,2$ м масофада предмет жойлашган. Бу икки линза системаси берадиган предметнинг тасвири ундан қандай x масофада бўлади?

1198. Фокус масофалари $F_1 = 2$ см ва $F_2 = 20$ см бўлган иккита юпқа йиғувчи линза мавжуд. Линзалар орасидаги масофа $l = 24$ см. Биринчи линзадан $d = 3$ см масофада турувчи предметнинг тасвири чизилсин Катталаштириш ҳисоблансин.

1199. Чизиқли ўлчамлари $l = 2$ см бўлган предмет, икки линзадан иборат оптик системадан қараяпти. Биринчи линзанинг фокус масофаси $F_1 = 10$ см иккинчисиники $F_2 = 15$ см. Предмет линзаларнинг умумий оптик ўқига перпендикуляр ҳолда, биринчи линзадан $d = 10$ см масофада жойлашган. Бу система берадиган предмет тасвирининг чизиқли ўлчами L топилсин.

1200. Трубага ҳар бирининг фокус масофаси $F = 12$ см бўлган иккита бир хил йиғувчи линза киритилган. Предмет биринчи линзадан $d = 3$ м масофада жойлашган. Агар линзалар орасидаги масофа $a = 25$ см бўлса, тасвир иккинчи линзадан қандай f масофада ҳосил бўлади?

1201. Иккита йиғувчи линзанинг фокус масофалари мос равишда $F_1 = 5$ см ва $F_2 = 3$ см га тенг. Бу линзаларни параллел нурлар дастаси улардан бирига кириб, бошқасидан ҳам параллел тўплам кўринишида чиқиши учун умумий ўқда бир-биридан қандай масофага қўйиш керак?

1202. Фокус масофаси $F_1 = 10$ см бўлган йиғувчи ва фокус масофаси $F_2 = 20$ см бўлган сочувчи линзани улардан параллел нурлар дастаси ўтгач, параллеллигича қолиши учун бир-биридан қандай масофада жойлаштириш керак?

1203. Оптик ўқлари мос тушадиган қилиб жойлаштирилган учта линзадан иборат системага параллел нурлар дастаси тушмоқда. Биринчи линза (йиғувчи) $F_1 = 10$ см фокус масофага эга. Иккинчи линза (фокус масофаси $F_2 = 20$ см бўлган сочувчи линза) биринчисидан $L = 15$ см масофада жойлашган. Агар системадан чиққан даста параллеллигича қолган бўлса, учинчи (фокус масофаси $F_3 = 10$ см бўлган йиғувчи линза) иккинчи линзадан қандай x масофада турибди?

1204. Мос равишда фокус масофалари $F_1 = 30$ см ва $F_2 = 10$ см бўлган сочувчи ва йиғувчи линзалар бир-биридан $l = 20$ см масофада жойлашган. Йиғувчи линзага параллел нурлар дастаси тушади. Даста диаметри $D_1 = 12$ мм. Сочувчи линзанинг ортида $L_2 = 20$ см масофада даста диаметри D_2 қандай бўлади?

1205. Бир хил $F = 20$ см фокус масофага эга бўлган йиғувчи ва сочувчи линза бир-биридан $l = 25$ см масофада жойлашган. Иккала линзанинг оптик ўқлари мос тушади. Линзалар системаси параллел нурлар дастасини ҳосил қилиши учун нуқтавий ёруғлик манбаини қаерга жойлаштириш керак? Манба линзанинг оптик ўқида ётмаган ҳол учун нур йўли чизилсин.

1206. Оптик система умумий ўқда бир-биридан $l = 6$ см масофада жойлашган фокус масофаси $F_1 = 8$ см бўлган сочувчи линза ва фокус масофаси $F_2 = 10$ см бўлган йиғувчи линзалардан иборат. Системадан ўтган нурлар бир-бирига параллел кетиши учун, шуълаланувчи нуқтани сочувчи линзадан қандай d масофага қўйиш керак?

1207. Оптик система умумий бош оптик ўқ бўйича бир-биридан $l = 30$ см оралиқда жойлашган фокус масофаси $F_1 = 10$ см бўлган сочувчи ва фокус масофаси $F_2 = 15$ см бўлган йиғувчи линзадан иборат. Бош оптик ўқда сочувчи линзадан $d = 12$ см масофада нуқтавий ёруғлик манбаи қўйилади. Манба билан унинг ҳақиқий тасвири орасидаги x масофани аниқланг.

1208. Ойдаги иккита ёрқин ёруғлик манбаи Ердан телескопда қараганда айрим кўриниши учун улар қандай минимал масофада жойлашган бўлиши керак? Телескоп объективининг фокус масофаси $F_1 = 8$ м ва окуляриники $F_2 = 1$ см. Одам кўзи $\varphi_0 = 0,001$ рад бурчак остида кўринадиган иккита предметни айрим кўриши мумкин. Ердан Ойгача масофа $r \approx 380000$ км.

1209. Галилей трубаси объективининг фокус масофаси $F_1 = 45$ см, окуляриники $F_2 = 5$ см. Трубадаги линзаларни иккита мусбат линзалар билан алмаштирилганда, катталаштириши Галилей трубасидаги каби бўлган Кеплер трубаси ҳосил бўлади. Иккита йиғувчи линзаларнинг фокус масофалари F_3 ва F_4 ни топинг.

1210. Объективининг фокус масофаси $F = 24$ см бўлган кўриш трубаси чексизликка созланган. Труба окуляри қандайдир масофага сурилгандан сўнг, объективдан $d = 6$ м узоқдаги

предметлар аниқ кўрина бошланди. Окуляр қандай a масофага сурилган?

1211. Окулярни йиғувчи линзадан иборат бўлган оптик труба-нинг катталаштиришини аниқлаш учун қуйидаги усулдан фойдаланилади: объективни бураб чиқариб, унинг ўрнига томонлари L бўлган квадрат диафрагма қўйилади. Окуляр диафрагманинг ҳақиқий тасвирини беради. Агар диафрагма тасвирининг ўлчами l га тенг бўлган бўлса, оптик труба-нинг катталаштириши k ни аниқланг.

1212. Агар қаралаётган предмет жуда узоқда бўлса, окуляр берадиган унинг тасвири эса, окулярдан энг яхши кўриш масофаси $D_0 = 25$ см да бўлса, объективи ва окуляри мос равишда фокус масофалари $F_1 = 25$ см ва $F_2 = 8$ см бўлган юпқа линзалардан иборат кўриш труба-сининг узунлиги l қандай?

1213. Бирор объектни кузатиш учун объективи объектга $d = 5$ см дан ортиқ яқин келмайдиган узун фокусли микроскоп қўлланилиши керак. Агар микроскопнинг катталаштириши $k_1 = 180$, окулярнинг катталаштириши эса $k_2 = 20$ бўлиши керак бўлса, фокус масофаси F қандай бўлган объектив олмоқ керак?

1214. Микроскоп объективининг фокус масофаси $F_1 = 0,5$ см, объектив линзаси ва окуляр линзаси орасидаги масофа $l = 16$ см. Нормал кўз учун микроскопнинг катталаштириши $k = 200$. Нормал кўзнинг энг яхши кўриш масофаси $D_0 = 25$ см деб ҳисобланган ҳолда, окулярнинг катталаштириши k_2 ни аниқланг.

1215. Микроскоп окулярининг фокус масофаси $F_2 = 4$ см. Объектив ва окуляр орасидаги масофа $l = 16$ см. Микроскопнинг катталаштириши $k = 300$. Микроскоп объективининг фокус масофаси F_1 ни топинг.

1216. Объектив ва окулярининг фокус масофалари мос равишда $F_1 = 8$ мм ва $F_2 = 5$ см, объектив линзасидан окуляр линзасигача масофа $l = 21$ см бўлган микроскопнинг k катталаштириши қандай?

1217. Микроскоп объективининг бош фокус масофаси $F_1 = 3$ мм, окуляриники $F_2 = 5$ см. Предмет объективдан $d_1 = 3,1$ мм масофада турибди. Нормал кўз учун микроскопнинг катталаштириши k ва линзалар орасидаги масофа l ни топинг.

1218. Микроскоп объективининг фокус масофаси $F_1 = 4$ мм, окуляриники эса $F_2 = 2,5$ см. Предмет объективнинг бош фокусидан a масофага жойлаштирилади. 1) Микроскоп тубусининг узунлиги δ қандай? 2) Бу микроскопни катталаштириши k қандай?

1219. Предмет микроскоп объективдан $d_1 = 6$ мм масофада турибди. Окулярнинг бош фокус масофаси $F_2 = 1,25$ см. Агар микроскоп $k = 1200$ марта катталаштириш берса, объективнинг бош фокус масофаси F_1 ни аниқланг.

1220. Микроскоп объективининг фокус масофаси $F_1 = 0,3$ см,

тубус узунлиги (объективнинг орқа фокуси билан, окулярнинг олдинги фокусигада масофа) $\delta = 15$ см, микроскопнинг катта-лаштириши $k = 2500$. Окулярнинг фокус масофаси F_2 ни аниқланг.

1221. Яқиндан кўрувчи одам кўзининг энг яқин аккомодация-ланиш чегараси $d_1 = 10$ см, узоғиники $d_2 = 12,5$ см. Агар одам оптик кучи $D_{\text{кўзойн.}} = -7$ дптр бўлган кўзойнак тақса, бу d_1 ва d_2 чегаралар қандай бўлади?

1222. Ўқувчи китобни кўздан 20 см масофада ушлаб ўқишга ўрганиб қолган. Ўқувчи китобни энг яқин кўриш масофасида ушлаб ўқиши учун у тақиши керак бўлган кўзойнакнинг оптик кучи $D_{\text{кўзойн.}}$ қандай бўлиши керак?

1223. Яқиндан кўрувчи одам, агар предмет кўздан $d = 20$ см дан ортиқ бўлмаган масофада турган бўлса, аниқ кўра олади. Бу одам жуда узоқдаги предметларни аниқ кўра олиши учун, тақиши керак бўлган кўзойнакнинг оптик кучи $D_{\text{кўзойн.}}$ қандай бўлиши керак?

1224. 1221- масалада қайд қилинган яқиндан кўрувчи одам-га унинг кўришдаги камчилигини тузатиш учун қандай кўзойнак буюриш керак?

1225. Узоқдан кўрувчи одам китобни кўздан уни $d = 80$ см дан кам бўлмаган масофада ушлаб ўқий олади. Кўрсатилган масофа $D_0 = 25$ см га тенг бўлиши учун бу одам тақиши керак бўлган кўзойнакнинг оптик кучи $D_{\text{кўзойн.}}$ қандай бўлиши керак?

ЖАВОБЛАР ВА ЕЧИМЛАР

І БОБ

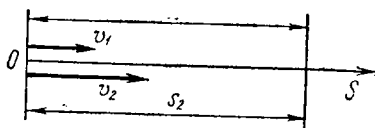
МЕХАНИКА

1-§. Тўғри чизиқли ҳаракат

1. 1) Координата бошини поездлар ҳаракати бошладиган пунктка жойлаштирамиз, координата ўқларини ҳаракат бўйича йўналтирамиз (177-расм). Юк поездининг экспресс поезда унга етиб олган t вақт моментидagi координатаси $s_1 = v_1 t$ га тенг. t_1 вақт кам юрган экспресснинг координатаси бу вақтда $s_2 = v_2 (t - t_1)$ га тенг бўлади. Ҳар иккала координата ҳам экспресс юк поездини қувиб етган жойнинг координатасига тенг бўлиши керак: $s_1 = s_2 = s$.

s_1 ва s_2 ни тенглаштириб, қуйидагини топамиз:

$$t = \frac{v_2 t_1}{v_2 - v_1} = 1 \text{ соат}, \quad s = \frac{v_1 v_2 t_1}{v_2 - v_1} = 36 \text{ км.}$$

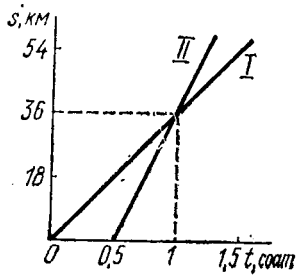


177-расм.

2) График усулдаги ечми 178-расмда берилган, бунда I—юк поездининг ҳаракат графиги, II—экспресс поездининг ҳаракат графиги. Бу чизиқларнинг кесишиш нуқтаси экспресс поезда юк поездини қувиб етадиган жойнинг координатасини ва ушбу ҳол содир бўладиган вақтни аниқлайди.

2. 1) Координата бошини C нуқтага жойлаштирамиз, s ўқни C дан B нуқтага томон йўналтирамиз (179-расм). Биринчи ва иккинчи автомашиналар учун ҳаракат қонуни:

$$s_1 = -\frac{L}{2} + v_1 t, \quad s_2 = \frac{L}{2} - v_2 t.$$

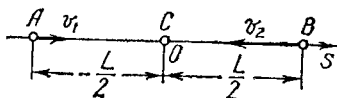


178-расм.

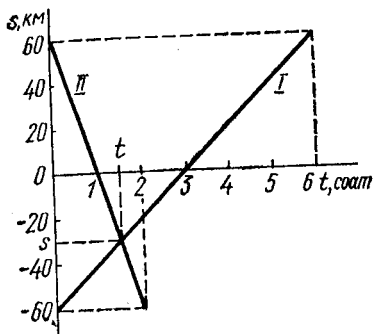
Автомашиналар учрашганда уларнинг координаталари бир хил бўлади: $s_1 = s_2 = s$. s_1 ни s_2 га тенглаштириб,

$$t = L / (v_1 + v_2) = 1,5 \text{ соат}$$

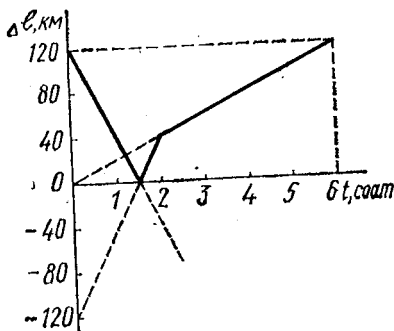
ни топамиз.



179-расм.



180- расм.



181- расм.

Учрашув жойининг координатаси (S дан бўлган масофа):

$$s = \frac{L}{2} - v_2 t = -\frac{L}{2} + v_1 t = -30 \text{ км.}$$

2) Машиналарнинг ҳаракат графиги 180- расмда берилган. I ва II чизиқлар—мос ҳолда биринчи ва иккинчи машиналарнинг ҳаракат графиклари. Уларнинг кесишиш нуқтаси учрашув вақтини ва учрашув жойи координатасини аниқлайди.

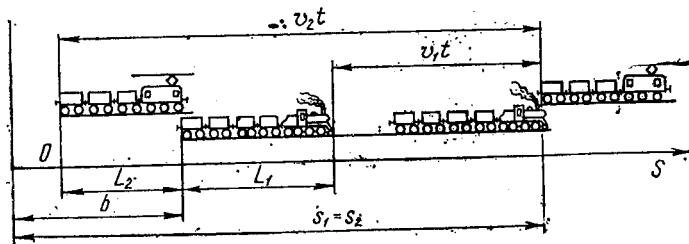
3) Машиналар орасидаги Δl масофанинг вақтга боғланиш графиги 181- расмда кўрсатилган.

3. Стержень A учининг ҳаракат қонуни: $x_A = b + vt$, $y_A = 0$. Демак, $y_B = \sqrt{l^2 - (b + vt)^2}$.

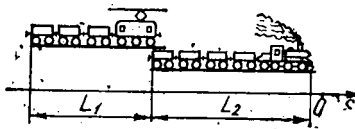
4. 1- вариант. Қўзғалмас координата системасида (182- расм) электропоезд бошининг ва юк поезда охирининг координаталари бир хил ва айтилик, b катталиқка тенг бўлганда қувиб ўтиш бошланади. Юк поезда бошининг s_1 координатаси ва электропоезд охирининг s_2 координатаси бир хил бўлганда қувиб ўтиш тугалланади. Агар вақтнинг бошланғич моменти учун қувиб ўтиш бошланадиган вақтни қабул қилсак, у ҳолда юк поезда бошининг ҳаракат қонуни $s_1 = b + L_1 + v_1 t$, электропоезд охирининг ҳаракат қонуни $s_2 = b - L_2 + v_2 t$ бўлади. s_1 ва s_2 ни тенглаштириб,

$$t = (L_1 + L_2)/(v_2 - v_1) = 50 \text{ сек}$$

ни оламиз.



182- расм.



183- расм.

II-вариант. Юк поезди билан бирга ҳаракатланадиган координата системасини оламит (183-расм), унинг боши ок поездининг боши билан, йўналиши эса поездининг ҳаракат йўналиши билан мос тушади. Бу координаталар системасида электропоездининг тезлиги $v_{\text{нисб.}} =$

$= v_2 - v_1$ га тенг. Агар бошланғич вақт momenti учун қувиб ўтиш бошланган вақтни қабул қилинса, у ҳолда электропоезд охирининг ҳаракат қонуни қуйидагича бўлади:

$$s = -(L_1 + L_2) + v_{\text{нисб.}} \cdot t.$$

Қувиб ўтиш тугаш пайтида электропоездининг охири координаталар системасининг бошида бўлади. Шунинг учун унинг координатаси $s = 0$ бўлади. Демак, вақтнинг бу пайтида

$$L_1 + L_2 = v_{\text{нисб.}} \cdot t,$$

$$t = (L_1 + L_2) / (v_2 - v_1) = 50 \text{ сек.}$$

5. $L = (v_1 + v_2) \cdot t = 150 \text{ м.}$

6. $v_1 = \sqrt{v_2^2 - \frac{2Lv_2}{t}} = 15 \text{ м/сек.}$

7. 184-расмда тасвирланган координаталар системасида ҳаракат қонунлари қуйидагича бўлади: текислик учун $x_1 = s = vt$, $y_1 = 0$; стержень учун $x_2 = 0$, $y_2 = h = v_{\text{ст.}} \cdot t$. Вақтнинг исталган momenti учун $y_2 = h = s \operatorname{tg} \alpha$, бинобарин, $v_{\text{ст.}} = v \operatorname{tg} \alpha$.

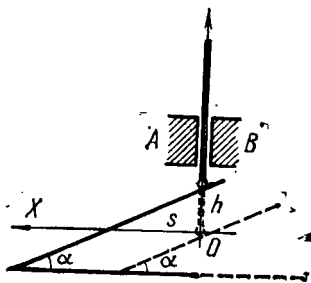
8. Ёмғир томчилари тезлигининг $v_y = v \cos \alpha$ вертикал ташкил этувчиси трамвайнинг ҳаракатига ва шамолга боғлиқ эмас. Трамвай қўзғалмай турганда тезликнинг горизонтал ташкил этувчиси шамолнинг тезлиги билан аниқланади ва $v_x = v \sin \alpha = v_{\text{ш}}$ га тенг бўлади; трамвай ҳаракатда бўлганда, шартга кўра

$$v'_x = v \sin \alpha - v_{\text{ш}} = 0 \quad \text{ёки} \quad v_{\text{ш}} = v_{\text{т}} = 5 \text{ м/сек}$$

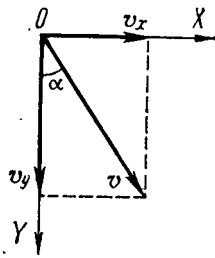
185-расмдан шамол бўлмаганда томчининг тезлиги

$$v_y = v_x \operatorname{ctg} \alpha = v_{\text{т}} \operatorname{ctg} \alpha = 8,66 \text{ м/сек}$$

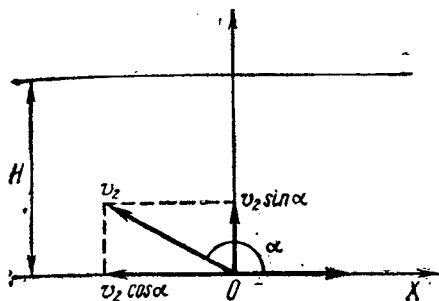
га тенглигини кўриш мумкин.



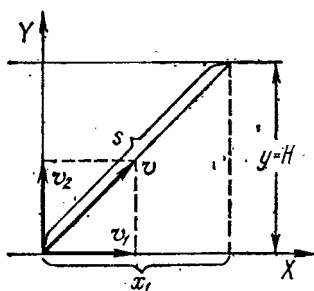
184- расм.



185- расм.



186- расм.



187- расм.

9. Координаталар системасининг бошини сузувчи сувга тушадиган жойда оламиз. OX ўқни қирғоқ бўйлаб оқим йўналишида, OY ўқни қирғоққа перпендикуляр қилиб йўналтирамиз. Фараз қилайлик, v_2 тезлик OX ўқ билан α бурчак ҳосил қилсин (186- расм). Y ҳолда координата ўқларига проекциялар учун ҳаракат қонунлари $x = (v_1 + v_2 \cos \alpha) \cdot t$ ва $y = (v_2 \sin \alpha) \cdot t$ бўлади. Сузувчи $y = H$ да бошқа қирғоқда бўлади. Бинобарин, дарёни сузиб ўтиш учун зарур бўлган вақт $t = H/(v_2 \sin \alpha)$ га тенг. Бу вақт $\sin \alpha$ нинг максимал қийматида минимал бўлади, яъни $\alpha = \pi/2$ да (187- расм): $t_{\text{мин.}} = H/v_2$.

$\alpha = \pi/2$ да $x = v_1 t$ га эга бўламиз. Шунинг учун сузувчи бошқа қирғоқда бўлганда: $x = x_1 = v_1 t_{\text{мин.}} = v_1 H/v_2$. s йўл узунлиги қуйидаги ифода билан аниқланади:

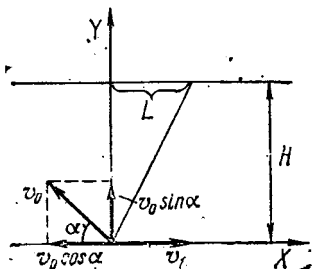
$$s = \sqrt{x_1^2 + H^2} = \frac{H}{v_2} \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

10. Боши A пунктда бўлган координата системасида (188- расм) қайиқнинг координаталари $x = (v_1 - v_0 \cos \alpha) \cdot t$, $y = (v_0 \sin \alpha) \cdot t$ га тенг. $x = L$, $y = H$ ўрнига қўйилган

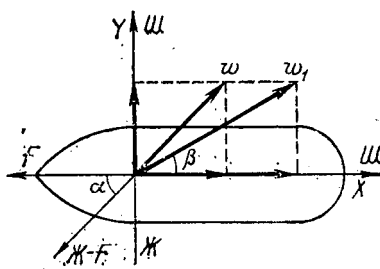
$$v_0 = \frac{Hv_1}{L \sin \alpha + H \cos \alpha}$$

ни оламиз.

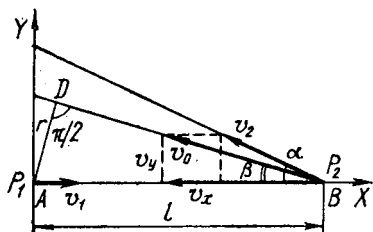
11. Координата системасининг OX ўқини кема ҳаракатига қарши (яъни шарққа томон), OY ўқини ҳаракатга перпендикуляр (яъни шимолга томон) йўналтирамиз (189- расм). Шамолнинг кемага нисбатан w_1 тезлигининг



188- расм.



189- расм.



190- расм.

$w_{1x} = w_1 \cos \beta$ ташкил этувчиси шамолнинг ерга nisbatan w тезлигининг $w_x = w \cos \alpha$ ташкил этувчисидан кеманинг v тезлиги қадар катта (бу ерда β ва α — мос равишда кема ҳаракати йўналиши билан w_1 ва w тезликлар йўналиши орасидаги бурчаклар), яъни:

$$w_1 \cos \beta = w \cos \alpha + v. \quad (1)$$

Тезликларнинг кема ҳаракатига перпендикуляр йўналишидаги $w_{1y} = w_1 \sin \beta$ ва $w_y = w \sin \alpha$ ташкил этувчилари ўзаро тенг, яъни:

$$w_1 \sin \beta = w \sin \alpha. \quad (2)$$

β номаълум бурчакни йўқотиш учун (1) ва (2) ни квадратга кўтарамиз ва ҳадма-ҳад қўшамиз. Натижада $w_1^2 = w^2 + v^2 + 2wv \cos \alpha$ ифодани оламиз. Бундан:

$$w = -v \cos \alpha \pm \sqrt{v^2(\cos^2 \alpha - 1) + w_1^2}$$

ёки $\alpha = 45^\circ$ эканини ҳисобга олсак:

$$w = -\frac{v}{\sqrt{2}} + \sqrt{w_1^2 - \frac{v^2}{2}}.$$

Биз бунда манфий илдизни ташлаб юбордик, чунки масаланинг шартига кўра $w > 0$ (бу илдиз (1) ва (2) тенгламаларни квадратга кўтаришда пайдо бўлди).

12. P_2 нуқтанинг ҳаракатини P_1 нуқтага nisbatan кўрамиз, P_1 нуқта билан боғланган ва 190- расмда кўрсатилгандек жойлашган XOY координаталар системасида P_2 нуқта v_0 nisбий тезлигининг ташкил этувчилари $v_x = -(v_1 + v_2 \cos \alpha)$ ва $v_y = v_2 \sin \alpha$ бўлади. $v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ nisбий тезликнинг ўзи томонлари v_x ва v_y дан иборат тўғри тўртбурчакнинг диагонали бўйлаб йўналган. Бутун ҳаракатланиш вақти давомида P_1 ва P_2 нуқталар орасидаги энг қисқа масофа, албатта nisбий тезлик йўналган чизиққа туширилган перпендикулярнинг $AD = r$ узунлиги бўлади. Агар OX ўқ ва v_0 nisбий тезлик орасидаги бурчакни β билан белгиланса, у ҳолда $r = l \sin \beta$ бўлади, бунда $\sin \beta = v_y/v_0$. Шундай қилиб,

$$r = \frac{lv_y}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}} = \frac{l v_2 \sin \alpha}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos \alpha}}.$$

P_2 нуқтанинг nisбий ҳаракатда $BD = l \cos \beta$ масофани босиб ўтиши учун кетган t вақт куйидагига тенг:

$$t = \frac{BD}{v_0} = \frac{l \cos \beta}{v_0}.$$

$\cos \beta = \left| \frac{v_x}{v_0} \right|$, v_x ва v_0 катталықларнинг қийматларини ўринга қўйиб,

$$t = \frac{l(v_1 + v_2 \cos \alpha)}{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos \alpha}$$

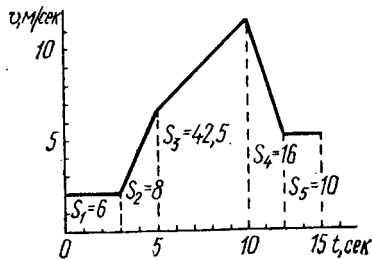
ни оламиз.

13. Биринчи паравознинг ҳаракатла-
ниш вақти $t_1 = \frac{l}{2v_1} + \frac{l}{2v_2}$, унинг ўрта-
ча тезлиги:

$$v_{\text{ўр.1}} = 2v_1v_2/(v_1 + v_2) = 53,3 \text{ км/соат.}$$

Иккинчи паравоз босиб ўтган йўл
 $l_2 = (v_1 + v_2)t_1/2$, унинг ўртача тезлиги

$$v_{\text{ўр.2}} = (v_1 + v_2)/2 = 60 \text{ км/соат.}$$



191-расм.

14. 1) $v_{\text{охир.}} = v_0 + a_2t_2 + a_3t_3 + a_4t_4 = 5 \text{ м/сек;}$

$$s = v_0t_1 + \left(v_0t_2 + \frac{a_2t_2^2}{2} \right) + \left[(v_0 + a_2t_2)t_3 + \frac{a_3t_3^2}{2} \right] +$$

$$+ \left[(v_0 + a_2t_2 + a_3t_3)t_4 + \frac{a_4t_4^2}{2} + v_{\text{охир.}}t_5 \right] = 82,5 \text{ м;}$$

$$v_{\text{ўр.}} = \frac{s}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5} = 5,9 \text{ м/сек.}$$

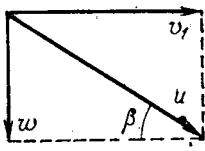
2) $v=f(t)$ боғланиш графигида (191-расм) охириги тезлик $v_{\text{охир.}} = 5 \text{ м/сек.}$
Босиб ўтилган s йўл сон қиймати бўйича расмда белгиланган юзлар йиғин-
дисига тенг.

15. Ёмғир томчиларининг самолётга нисбатан $u = \sqrt{w^2 + v_1^2}$ тезлиги (бу
ерда $v_1 = -v$) горизонтал йўналиш билан β бурчак ҳосил қилади, бунда
 $\sin \beta = w/u$ ва $\cos \beta = v/u$ (192-расм). Қия шиша сиртига вақт бирлиги ичи-
да ясовчиси u , асос юзи s (шу шиша сирт асос бўлиб хизмат қилади) ва
баландлиги $h = u \sin \gamma$ (бунда $\gamma = \alpha + \beta$) бўлган оғма призма ичидаги ёмғир
томчилари тушади (193-расм). Бу призманинг ҳажми

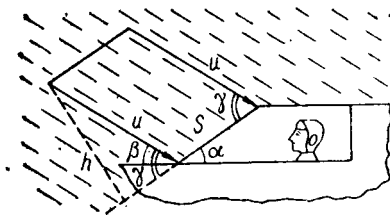
$$V = Su \sin(\alpha + \beta) = Su(\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta).$$

Агар ҳажм бирлигида бир пайтнинг ўзида n та томчи бўлса, призмадаги
томчилар сони, яъни қия шиша сиртига вақт бирлигида тушадиган томчи-
лар сони $N_1 = nV$ га тенг бўлади. Бундан V , $\sin \beta$, $\cos \beta$ ларнинг қиймат-
ларини ҳисобга олиб, $N_1 = Sn(v \sin \alpha + w \cos \alpha)$ ни топамиз. Бу формулада
 $\alpha = 0$ десак, горизонтал шиша сиртига вақт бирлигида тушувчи томчилар
сонини оламиз: $N_2 = Snw$. Шундай қилиб,

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{v \sin \alpha + w \cos \alpha}{w}.$$



192-расм.



193-расм.

16. $v_1^2 - v_0^2 = 2al$ ва $v^2 - v_0^2 = 2a \frac{l}{2}$ бўлгани учун

$$v = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_1^2}{2}} = 5 \text{ м/сек.}$$

17. Ҳаракат тенгламаларини қуйидаги кўринишда тузамиз:

$$x_2 - x_1 = v_1(t_2 - t_1) + \frac{a}{2}(t_2 - t_1)^2,$$

$$x_3 - x_1 = v_1(t_3 - t_1) + \frac{a}{2}(t_3 - t_1)^2,$$

бунда v_1 — нуқта x_1 даги тезлик. Бу тенгламалардан v_1 ни йўқотиб,

$$a = \frac{2[(x_3 - x_2)t_1 + (x_1 - x_3)t_2 + (x_2 - x_1)t_3]}{(t_2 - t_1)(t_3 - t_2)(t_1 - t_3)}$$

ни топамиз.

18. $\Delta t = \frac{h}{v} + \frac{v - \sqrt{v^2 + 2gh}}{g} = 1 \text{ сек.}$

19. $a = 2(n-1)s/(n+1) \cdot t^2.$

20. Иккинчи жисм биринчисини қувиб етганда, уларнинг координаталари тенг бўлади; $t = 2v/a = 200 \text{ сек.}$

21. $s = \frac{8v_1^2 v_2^2}{a(v_1 + v_2)^2} = 3750 \text{ м.}$

22. Тезланувчан, текис ва секинланувчан ҳаракат вақтларини t_1 , t_2 ва t_3 орқали белгилаб, ҳаракатнинг ҳар бир босқичи учун тенгламалар тузамиз:

$$s_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}, \quad v = a_1 t_1, \quad s_2 = vt_2, \quad s_3 = vt_3 - \frac{a_2 t_3^2}{2},$$

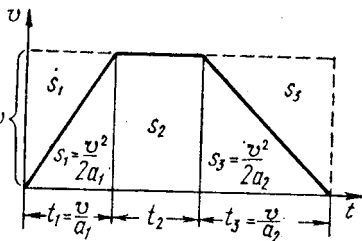
$$v_{\text{охир.}} = v - a_2 t_3 = 0.$$

Равшанки, $t = t_1 + t_2 + t_3$ ва $s = s_1 + s_2 + s_3$. Бу муносабатларни бирлаштириб, етти номаълумли еттита тенглама системасини оламиз. Бу тенгламалар системасини ечиш билан

$$t = \frac{s}{v} + \frac{v}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$$

ни топамиз.

Ечимни $v = f(t)$ график ёрдамида аниқлаш анча осон (194- расм). Авто-



194- расм.

мобиль босиб ўтган йўл сон қиймати жиҳатидан бу боғланишни ифодаловчи синиқ чизиқ ва вақт ўқи билан чегараланган фигуранинг юзига тенг. Бу юза тўғри тўртбурчак юзи $s_0 = vt$ дан икки учбурчак юзи s_1 ва s_3 нинг айирилганига тенг, яъни:

$$s = s_0 - s_1 - s_3 = vt - \frac{v^2}{2a_1} - \frac{v^2}{2a_2},$$

бундан t нинг юқорида келтирилган ифодаси келиб чиқади.

23. Поезд ҳаракатининг характери худди аввалги масаладаги автомобиль ҳаракатига ўхшайди. Шунинг учун ечимни топиш учун олдинги масаланинг ечимидagi a_1 ва a_2 ни a билан алмаштириш кифоя: $a_1 = a_2 = a$. Натижада

$t = \frac{s}{v} + \frac{v}{a}$ келиб чиқади. Бу тенгламани a га нисбатан ечиб, қуйдагини топамиз:

$$a = v^2 (vt - s) \approx 0.17 \text{ м/сек}^2.$$

$$24. v_{\text{охир.}} = \sqrt{2gh} \approx 6,3 \text{ м/сек.}$$

$$25. v = \sqrt{2gH_0 + v_0^2} = 24,8 \text{ м/сек.}$$

$$26. v_{\text{ўр.}} = \frac{\sqrt{gH}(\sqrt{2} + 1)}{2} \approx 25,4 \text{ м/сек.}$$

$$27. t = \sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1}) \approx 0,02 \text{ сек.}$$

28. t_2 ҳаракатланиш вақти давомида жисм ўтган йўл $s = gt_2^2/2$ га тенг; жисмнинг $t_1 < t_2$ вақт давомида босиб ўтган йўли $s_1 = gt_1^2/2$ га тенг. Масаланинг шартига кўра $s - s_1 = 2/3 \cdot s$ ва $t_2 - t_1 = t = 1$ сек. Юқоридаги тўрт номаълумли тўрт тенглама системасидан s учун квадрат тенглама олиш мумкин:

$$s^2 - 3gt^2s + \frac{9g^2t^4}{16} = 0.$$

Бу тенгламанинг икки илдизи $s = \frac{3}{4} (2 \pm \sqrt{3}) gt^2$ дан фақат биринчиси масаланинг шартини қаноатлантиради. Шундай қилиб,

$$s = \frac{3}{4} (2 + \sqrt{3}) gt^2 = 27,4 \text{ м.}$$

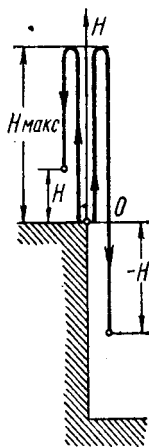
29. Саноқ боши жисм отилган жойда бўлган, юқорига тик йўналган OH координата ўқини оламиз (195-расм). У ҳолда ҳаракатнинг

$$H = v_0t - \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

ва

$$v = v_0 - gt \quad (2)$$

кинетик тенгламалари вақтнинг исталган momentiдаги координата ва тезлик қийматларини беради. Жисм энг баланд $H_{\text{макс}}$ нуқтага кўтарилганда, унинг тезлиги $v = 0$ бўлади, (2) тенгламадан жисм $H_{\text{макс}}$ нуқтага отилгандан кейин $t = v_0/g$ вақт ўтгач эришишини топамиз. $t \ll v_0/g$ да H координата ва s йўл бир-бирига тенг бўлади. Хусусан, $t = v_0/g$ да йўл $s = H_{\text{макс}} = v_0^2/2g$ га тенг бўлади. $t > v_0/g$ бўлганда H координата камайди, аynи пайтда ҳаракат йўналиши қандай бўлишидан қатъи назар, жисм



195-расм.

ўтган ҳамма масофаларнинг йиғиндисига тенг бўлган йўл ортишда давом этади. Хусусан, $t = 2v_0/g$ да координата $H = 0$ бўлади, яъни жисм отилган жойига қайтади, йўл эса $s = 2H_{\text{макс.}} = v_0^2/g$ га тенг бўлади. $t > 2v_0/g$ да координата манфий бўлиб қолади, яъни жисм отилган жойидан пастга гушади (агар, албатта, бунга имконият бўлса), 195-расмдан $t > v_0/g$ да жисм ўтган йўл

$$s = 2H_{\text{макс.}} - H = \frac{v_0^2}{g} - \left(v_0 t - \frac{gt^2}{2}\right) \quad (3)$$

га тенг бўлиши кўриниб турибди. Бунда t — ҳаракат бошланган пайдан бошлаб ўтган вақт. Бу ифода $t > 2v_0/g$ бўлганда ҳам тўғри бўлади. $t < v_0/g$ бўлган ҳолларда эса йўл координата каби (1) формула билан ҳисобланади. Масаланинг шартда берилган қийматларда $t = 10$ сек $v_0/g = 3$ сек дан катта. Шунинг учун йўлни (3) формула бўйича ҳисоблаш керак. Бунда $s = 290$ м қиймат чиқади. Вақтнинг шу моменти учун координата ва тезлик қийматлари эса (1) ва (2) формулалар бўйича мос ҳолда $H = -200$ м ва $v = -70$ м/сек бўлади.

$$30. H = H_1 + \frac{g}{2} \left(\frac{H_1 - H_2}{g \Delta t} - \frac{\Delta t}{2} \right)^2 \approx 1225 \text{ м.}$$

31. Агар саноқ боши сифатида жисмни отиш жойи олинса, юқорига тик отилган жисмнинг h координатаси қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (1)$$

Берилган v_0 ва h учун бу тенглама t вақтнинг иккита қийматида қаноатлантирилади:

$$t_{1,2} = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}.$$

Бу қийматларнинг фарқи эса жисмнинг бир хил h баландликни икки марта ўтиши орасидаги вақт оралигини беради, яъни:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2\sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}. \quad (2)$$

Бундан

$$v_0 = \sqrt{2gh + \frac{g^2(\Delta t)^2}{4}}.$$

Агар (2) ифодада $h = 0$ десак, у ҳолда биз жисмнинг отилиши билан унинг дастлабки вазиётига қайтиб келиши ўртасидаги вақт оралигини оламиз: $\Delta t_0 = 2v_0/g$. Бу ифодага v_0 нинг юқорида олинган қийматини қўйиб,

$$\Delta t_0 = 2\sqrt{\frac{2h}{g} + \frac{(\Delta t)^2}{4}}$$

ни топамиз.

$$32. \Delta H = H_0 - v_0 t.$$

33. Ox координата ўқини юқорига тик йўналтирамиз. У ҳолда шарчарнинг ҳаракат тенгламалари қуйидаги кўринишда бўлади:

$$y_1 = h + v_1 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}, \quad y_2 = h - v_2 t_2 - \frac{g}{2} t_2^2,$$

бу ерда t_1 — биринчи шарчанинг ерга тушиш вақти, t_2 — иккинчи шарчанинг ерга тушиш вақти. Шарчаларнинг ерга тушгандаги вазиятига $y_1 = y_2 = 0$ координаталар мос келади. Ҳосил қилинган квадрат тенгламаларда t_1 ва t_2 ни аниқлаб,

$$t_1 - t_2 = \frac{1}{g} (v_1 + v_2 + \sqrt{v_1^2 + 2gh} - \sqrt{v_2^2 - 2gh})$$

бўлишини топамиз.

$$34. t = \sqrt{\frac{2s}{g} + t_2^2} - t_2 \approx 1 \text{ сек.}$$

$$35. v_0 = \frac{(H_1 - H_2) \sqrt{g}}{\sqrt{2(H_1 - h)}} \approx 3,69 \text{ м/сек.}$$

36. Вақтнинг t моментида биринчи жисмнинг тезлиги $v_1 = v_0 - gt$ бўлади. Худди шу вақт моментида иккинчи жисмнинг тезлиги $v_2 = v_0 - g(t - T)$ бўлади. $v_{\text{нисб.}} = v_2 - v_1 = gT$ нисбий тезлик ўзгармас, яъни жисмлар бирига нисбатан текис ҳаракат қилади.

37. Жуда кичик t вақт оралиғи давомида қайиқ A нуқтадан B нуқтага $s - s_1 = v_k t$ масофа қадар силжиган бўлсин (196- расм). Худди шу вақтда AD вазиятдаги арқон BD вазиятни олади, бунда унинг узунлиги $L - L_1 = vt$ катталikka камаяди. t вақтнинг жуда кичик қийматида α бурчак ҳам кичик бўлади. Шунинг учун BCD тенг ёнли учбурчакдаги β бурчак 90° дан жуда кам фарқ қилади. Бинобарин, ABC учбурчакни тўғри бурчакли деб ҳисоблаш ва

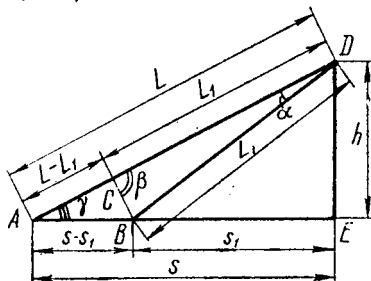
$$\frac{L - L_1}{s - s_1} = \frac{vt}{v_k t} = \frac{v}{v_k} = \cos \gamma$$

деб ёзиш мумкин; бундан $v_k = \frac{v}{\cos \gamma}$. Қайиқ қирғоққа яқинлашган сари γ бурчак катталашади ва v_k ортади. 196- расмдан кўриниб турибдики, $\cos \gamma = \frac{s}{L} = \frac{\sqrt{L^2 - h^2}}{L}$. Шунинг учун $L = 10$ м да

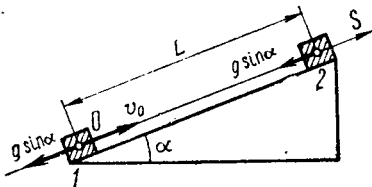
$$v_k = \frac{vL}{\sqrt{L^2 - h^2}} = 1,25 \text{ м/сек.}$$

Қайиқнинг силжиш масофасини топиш учун текис ҳаракатда босиб ўтилган йўл формуласи $s - s_1 = v_k t$ ни фақат t вақт оралиғи етарлича кичик бўлиб, бу вақт давомида қайиқнинг тезлиги сезиларли ўзгариб улгурмагандагина қўллаш мумкин:

$$s - s_1 = \sqrt{L^2 - h^2} - \sqrt{L_1^2 - h^2} = \sqrt{L^2 - h^2} - \sqrt{(L - vt)^2 - h^2} = 1,25 \text{ м.}$$



196- расм.



197- расм.

Иккинчи жисм учун:

$$v_2 = -(g \sin \alpha) \cdot t, \quad s_2 = L - \frac{(g \sin \alpha) \cdot t^2}{2}.$$

Учрашув пайтида $s_1 = s_2$, $L = v_0 t$, яъни $t = \frac{L}{v_0} = 5$ сек.

Иккинчи жисмнинг биринчи жисмга нисбатан тезлиги

$$v_{\text{нисб.}} = v_2 - v_1 = -v_0 = -50 \text{ см/сек.}$$

$$39. v_{\text{yp.1}} \frac{s_1}{t_1} = v_0 + \frac{(g \sin \alpha) \cdot t_1}{2}, \quad v_{\text{yp.2}} \frac{s_2}{t_2} = v_0 + \frac{(g \sin \alpha) \cdot t_2}{2}.$$

бундан

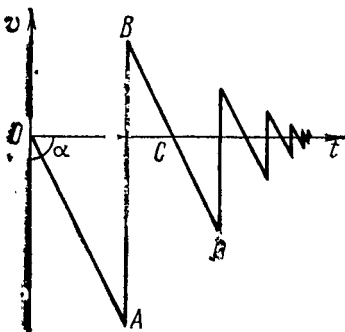
$$\sin \alpha = \frac{2(v_{\text{yp.2}} - v_{\text{yp.1}})}{g(t_2 - t_1)} = \frac{1}{2}, \quad \alpha = 30^\circ.$$

40. Шарчанинг тахтага биринчи тушиши олдидаги ҳаракат тезлиги $v_1 = \sqrt{2gh}$, тушиш вақти $t_1 = \sqrt{2h/g}$ га тенг. Тахтадан сакраш пайтидаги тезлик: $v_2 = 0,75 v_1 = 0,75 \sqrt{2gh}$. $v = v_2 - gt_2 = 0$ шартдан шарчанинг сакрагандан

кейинги юқорига ҳаракатланиш вақтини топамиз: $t_2 = \frac{v_2}{g} = 0,75 \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Кўтарилиш вақти ва пастга тушиш вақти бир хил бўлганидан, биз излаётган вақт:

$$T = t_1 + 2t_2 = 2,5 \cdot \sqrt{2h/g} = 1,38 \text{ сек.}$$

41. Агар юқорига йўналишни мусбат деб ҳисобласак, у ҳолда тушишда тезликнинг проекцияси манфий ва вақтга пропорционал бўлади: $v = -gt$.



198- расм.

38. Санок бошини қия текисликнинг пастки нуқтасига жойлаштирамиз, OS координата ўқини 197-расмда кўрсатилгандек қия текислик бўйлаб йўналтирамиз ва ҳаракат қонуларини ёзамиз. Биринчи жисм учун:

$$v_1 = v_0 - (g \sin \alpha) \cdot t,$$

$$s_1 = v_0 t - \frac{(g \sin \alpha) \cdot t^2}{2}.$$

Графикда (198-расм) бундай ҳаракатга OA чизиқ мос келади, бунда $t \alpha - g$ тезланишга мос келади. Тўп (копток) текисликка урилганда тезлик проекциясининг ишораси бир онда тесқарисига ўзгаради ва катталиги масаланинг шартига кўра икки марта камаяди, яъни урилишдан кейин тезликнинг қиймати B нуқтага мос келади. Юқорига кўтарилишда тезлик ногача камаяди (C нуқта), бунда чизиқнинг қиялиги аввалгича қолади, чунки тезланишнинг қиймати ҳамма вақт $-g$ га тенг. Шундан кейин яна тушиш бошланади. Ту-

шиш давомида тезлик биринчи урилишдан кейинги дастлабки моментда олган қийматига эришади (D нуқта) ва ҳоказо.

$v^2 = 2gH$ формулага кўра кўтарилиш баландлиги тезлик квадратига пропорционал. Шунинг учун тезлик биринчи урилиш олдидаги қийматидан n^m марта кам бўладиган m -урилишдан кейин H_m баландлик H_0 дан n^{2m} марта кичик бўлади, яъни $H_m = H_0/n^{2m}$. Ҳар бир урилишдан кейин тўп юқорига ва пастга баландликнинг иккиланган қийматига тенг йўлни ўтади: биринчи урилишдан кейин $s_1 = 2H_1 = 2H_0/n^2$, иккинчи урилишдан кейин $s_2 = 2H_2 = 2H_0/n^4$, учинчи урилишдан кейин $s_3 = 2H_3 = 2H_0/n^6$ ва ҳоказо. Ўтилган тўла йўлни аниқлаш учун $s_1 + s_2 + s_3 + \dots$ йиғиндига яна биринчи урилишгача ўтилган йўл $s_0 = H_0$ ни ҳам қўшиш керак. Шундай қилиб,

$$\begin{aligned} s &= H_0 + \frac{2H_0}{n^2} + \frac{2H_0}{n^4} + \frac{2H_0}{n^6} + \dots = \\ &= H_0 + \frac{2H_0}{n^2} \left(1 + \frac{1}{n^2} + \frac{1}{n^4} + \frac{1}{n^6} + \dots \right). \end{aligned}$$

Бунда қавс ичидаги ифода махражи $q = 1/n^2$ бўлган чексиз камаювчи геометрик прогрессиядир. Бундай прогрессия ҳадларининг йиғиндис $\frac{1}{1-q} = \frac{n^2}{n^2-1}$ га тенг. Бу қийматни ўтилган йўлнинг ифодасига қўйсақ,

$$s = H_0 \frac{n^2 + 1}{n^2 - 1} = \frac{5}{3} H_0 = 200 \text{ м.}$$

42. Шарча плита билан тўқнашиш momenti олдида $v_1 = -V\sqrt{2gh}$ тезлик олади. Худди шу моментда шарчанинг унга қарши ҳаракат қилаётган плитага нисбатан тезлиги $v' = -(V\sqrt{2gh} + v)$ га тенг. Абсолют эластик зарбадан кейин шарчанинг плитага нисбатан тезлиги $v'_2 = -v'_1$ бўлади. Шарчанинг тўқнашиш содир бўлган нуқтага (бу нуқта қўзғалмас) нисбатан v_2 тезлиги унинг плитага нисбатан тезлигидан катта (плита ундан сакраб кетган шарча томонга v тезлик билан ҳаракат қилади), чунончи: $v_2 = v_2' + v = V\sqrt{2gh} + 2v$. Изланаётган баландлик:

$$H = \frac{v_2'^2}{2g} = \frac{(V\sqrt{2gh} + 2v)^2}{2g} = \left(V\sqrt{h} + v\sqrt{\frac{2}{g}} \right)^2.$$

43. v_0 тезликни тангенциал (девор бўйлаб) ва нормал (деворга перпендикуляр) ташкил этувчиларга ажратиб, мос ҳолда қуйидагиларни оламиз: $v_{0\tau} = v_0 \sin \alpha$ ва $v_{0n} = v_0 \cos \alpha$. девор силлиқ бўлгани учун тангенциал ташкил этувчи ўзгармайди. Ҳаракатдаги деворга нисбатан тезликнинг нормалга проекцияси: $v_n = v_{n0} + u = v_0 \cos \alpha + u$. Урилишдан кейин у сон қийматини сақлаган ҳолда ишорасини ўзгартиради. Қўзғалмас санок системасига нисбатан шарча тезлигининг нормалга проекцияси v_{n_2} урилишдан кейин u тезлик катталиги қадар ўзгаради (чунки девор шарча томон ҳаракат қилади), яъни:

$$v_{n_2} = -(v_n + u) = -(v_0 \cos \alpha + 2u).$$

Шарча девордан қайтгандан кейин унинг қўзғалмас саноқ системасига нисбатан тўла тезлиги:

$$v = \sqrt{v_{Lx}^2 + v_{0z}^2} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha + 2u)^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha}.$$

2-§. Эгри чизиқли ҳаракат

44. $ХОУ$ координата системасини олайлик (199- расм). Унинг координата боши ер сиртида жойлашган, $ОХ$ ўқ шу сирт бўйлаб, бошланғич тезлик томон йўналган, $ОУ$ ўқ эса юқорига тик йўналган ва жисм отилган A нуқта орқали ўтади. Жисмнинг ҳаракатини горизонтал йўналишдаги v_0 тезлик билан бўладиган текис ҳаракат ва вертикал йўналишдаги пастга йўналган $a_y = -g$ тезланишли, бошланғич тезликка эга бўлмаган текис тезланувчан ҳаракат йиғиндиси сифатида тасаввур қилиш мумкин. Бу ҳолда тезликнинг координата ўқларига проекциялари:

$$v_x = v_0, \quad (1)$$

$$v_y = -gt, \quad (2)$$

тўла тезлик:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}. \quad (3)$$

Координаталар учун ҳаракат қонуни:

$$x = v_0 t \quad (4)$$

ва

$$y = H - \frac{gt^2}{2}. \quad (5)$$

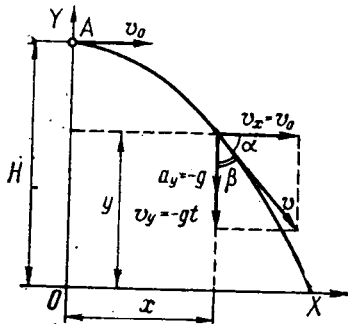
(4) ва (5) ифодалардан t вақтни йўқотиб, траектория тенгламасини оламиз

$$y = H - \frac{gx^2}{2v_0^2}.$$

Бу парабола тенгламасидир.

45. 44- масала ечимидagi (4) ва (5) тенгламалардан вақтни йўқотиб ва $y = 0$ деб фараз қилиб, $x = v_0 \sqrt{2H/g} = 22,6$ м ни топамиз

46. Тошнинг ҳаракат қонунлари худди 44- масаладагига ўхшаш. (4) ва (5) тенгламалардан вақтни йўқотиб ва $x = l$, $y = 0$ деб фараз қилган ҳолда $H = gl^2/2v_0^2 = 4,9$ м ни топамиз.



199- расм.

47. 44- масала ечимидagi (3) ва (5) тенгламалардан вақтни йўқотиб ва $y = 0$ деб фараз қилган ҳолда $v_0 = \sqrt{v^2 - 2gH} = 5,6$ м/сек ни топамиз.

48. Горизонтал йўналишда отилган жисмнинг тезлиги горизонт билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилганда $\operatorname{tg} \alpha = v_y/v_x = -1$ га эга бўламиз (199- расмга қ.). Бундан 44- масаланинг ечимидagi (1) ва (2) тенгламаларга мувофиқ $t = v_0/g \approx 1,5$ сек қийматни оламиз.

49. Тош ерга тушганда $h = 0$. Шунинг учун изланаётган баландлик куйидагига тенг:

$$H = \frac{v_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2g} \approx 34,4 \text{ м.}$$

50. $s = 2H/\operatorname{tg} \alpha = 4 \text{ м.}$

51. g эркин тушиш тезланиши тўла тезланишдир. Демак, β — тўла тезлик билан вертикал орасидаги бурчак (199-расмга қ.). Шунинг учун $\operatorname{tg} \beta = = v_x/v_y = 1$ ва $v_x = v_y = gt$ (абсолют катталиги бўйича). Бу ҳолда 44-масала ечимидаги (3) тенгламадан:

$$v = \sqrt{2v_y^2} = gt \sqrt{2} \approx 70,5 \text{ м/сек.}$$

52. Тошнинг тушиш вақти ($y = -H$ бўлганда)

$$t = \frac{1}{g} \left(v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \right)$$

га тенг, β бурчак

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha} = - \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{v_0 \cos \alpha}$$

ифода билан аниқланади, тушиш momentiдаги тезлик эса

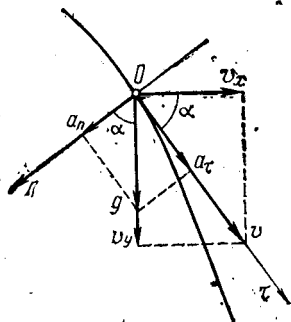
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$$

га тенг.

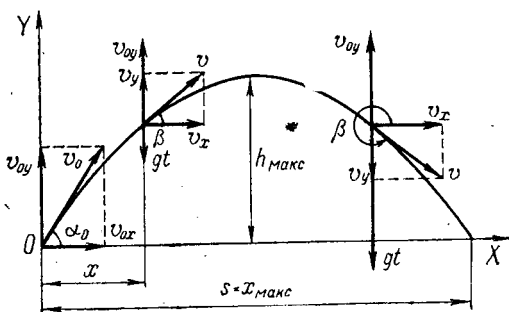
53. 200-расмдан кўришиб турибдики, тезланишнинг O_n нормалга ва O_τ уринмага проекциялари: $a_n = g \cos \alpha$, $a_\tau = g \sin \alpha$, бунда $\cos \alpha = v_x/v$, $\sin \alpha = v_y/v$. v_x , v_y ва v катталикларнинг вақтга боғланиши 44-масала ечимининг (1), (2) ва (3) тенгламалари билан аниқланади. Демак,

$$a_n = g \frac{v_x}{v} = \frac{g v_0}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}} \approx 8,2 \text{ м/сек}^2; \quad a_\tau = g \frac{v_y}{v} = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}} \approx 5,4 \text{ м/сек}^2.$$

54. Боши жисм отилган жойда бўлган тўғри бурчакли координаталар системасини оламиз. OX ўқни горизонт бўйлаб жисм отилган томонга, OY ўқни юқорига тик қилиб йўналтирамиз (201-расм). Бу координаталар сис-



200-расм.



201-расм.

темасида ҳаракатни горизонтал ўқ бўйлаб $v_{0x} = v_0 \cos \alpha_0$ тезликли текис ҳаракат ва вертикал ўқ бўйлаб бошланғич тезлиги $v_{0y} = v_0 \sin \alpha_0$ ва тезланиши $a_y = -g$ бўлган текис тезланувчан ҳаракатларнинг йиғиндиси кўрнишида тасаввур қилиш мумкин. Бу ҳолда тезликнинг координата ўқларига проекциялари:

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha_0 \quad (1)$$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha_0 - gt, \quad (2)$$

тўла тезлик:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2 - 2v_0 g t \sin \alpha_0} \quad (3)$$

β бурчакнинг вақтга боғланиши

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0 \sin \alpha_0 - gt}{v_0 \cos \alpha_0}$$

ифода билан аниқланади. Траекториянинг кўтарилиш қисмида ($v_{0y} > gt$ да) $\operatorname{tg} \beta > 0$ ва тезликнинг v_y ташкил этувчиси юқорига йўналган, пасайиш қисмида ($v_{0y} < gt$ да) $\operatorname{tg} \beta < 0$ ва v_y пастга йўналган бўлади.

55. 54-масалани ечишда фойдаланилган координаталар системасини оламиз (201-расм). У ҳолда координаталар учун ҳаракат қонунилари қуйидагича бўлади:

$$x = (v_0 \cos \alpha_0) \cdot t, \quad (1)$$

$$y = (v_0 \sin \alpha_0) \cdot t - \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

Бу тенгламалардан t вақтни йўқотиб, жисм траекториясининг тенгламасини оламиз:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha_0}.$$

Бу парабола тенгламасидир.

56. $y = h_{\max}$. бўлганда тезлик проекцияси $v_y = 0$. t кўтарилиш вақтини ва h_{\max} . ни 54- ва 55-масалалар ечимларининг (2) тенгламаларидан топамиз:

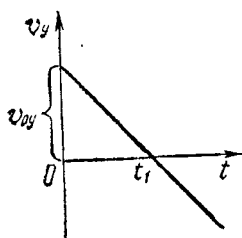
$$t = \frac{v_0 \sin \alpha_0}{g}, \quad h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{2g}.$$

57. Тушиш жойида $y = 0$ бўлгани учун 55-масала ечимининг (2) тенгламасидан ҳаракатланиш вақтини топамиз: $t = \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g}$.

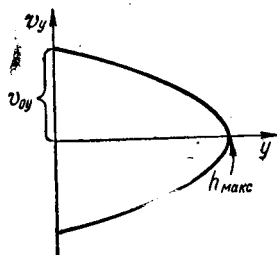
55-масаланинг (1) тенгламасига ҳаракатланиш вақтининг топилган қийматини қўйиб, ҳаракатланиш масофасини, яъни тушиш жойининг координатасини аниқлаймиз:

$$s = x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{g}.$$

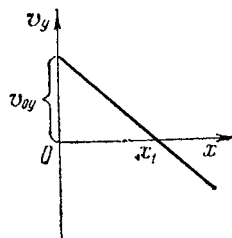
58 1) $v_y = f(t)$ боғланиш графиги 54-масала ечимининг (2) формуласи бўйича ясалади (202-расм). $t = 0$ да $v_y = v_{0y} = v_0 \sin \alpha_0$ га эга бўламиз: $t = t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha_0}{g}$ да тезлик проекцияси: $v_y = 0$.



202- расм.



203- расм.



204- расм.

2) 54- ва 55- масалалар ечимларининг (2) тенгламаларидан t вақтни йўқотиб, $v_y = f(y)$ боғланишни оламыз:

$$v_y = \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha_0 - 2gy};$$

$v_y = f(y)$ боғланиш графиги 203- расмда берилган.

3) 54- масала ечимининг (2) тенгламасидан ва 55- масала ечимининг (1) тенгламасидан вақтни йўқотиб, $v_y = f(x)$ боғланишни оламыз:

$$v_y = v_0 \sin \alpha_0 - \frac{gx}{v_0 \cos \alpha_0};$$

$v_y = f(x)$ боғланиш графиги 204- расмда берилган.

59. 55- масала ечимининг (2) формуласидан $y = h$ бўлганда t вақт учун қуйидаги тенгламани оламыз:

$$t^2 - \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g} \cdot t + \frac{2h}{g} = 0 \quad (1)$$

Бу тенгламанинг иккита илдизи $t_1 = 0,28$ сек ва $t_2 = 0,75$ сек тош $y = h$ баландликдан икки марта ўтишини кўрсатади.

60. 59- масала ечимининг (1) тенгламасидан ва квадрат тенгламанинг хоссалари (яъни $t_1 + t_2 = (2v_0 \sin \alpha_0)/g$ ва $t_1 t_2 = 2h/g$)дан фойдаланиб

$$v_0 = \frac{g(t_1 + t_2)}{2 \sin \alpha_0} = 78,4 \text{ м/сек}; \quad h = \frac{gt_1 t_2}{2} = 73,5 \text{ м}$$

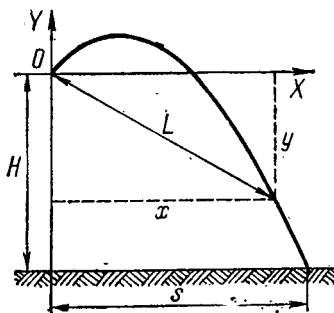
ни оламыз.

61. 54- масала ечимининг (2) тенгламасидан ва 57- масала ечимининг x учун тенгламасидан v_0 бошланғич тезликни йўқотиб,

$$s = \frac{2(v_y + gt)^2 \operatorname{ctg} \alpha_0}{g} = 284 \text{ м}$$

ни оламыз.

62. Боши жисм отилган жойда (минора чўққисда) бўлган координаталар системасида (205- расм) ҳаракат қонунлари 55- масалани ечишда олингандаги каби бўлади. s изланаётган масофа $y = -H$ бўлган-



205- расм.

да тошнинг x координатасига тенг. 55-масала ечимининг (3) тенгламасига $y = -H$ ни қўйиб, x учун квадрат тенглама оламиз. Бу тенгламани ечиб,

$$s = \frac{v_0 \cos \alpha_0}{g} (v_0 \sin \alpha_0 + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha_0 + 2gH})$$

ни топамиз.

Танланган координаталар системасида $x > 0$, шунинг учун тенгламанинг иккинчи илдизи ташлаб юборилди.

63. Жисмларнинг бошланғич тезликларини мос равишда v_1 ва v_2 билан белгилаймиз. Ерга тушган жисмлар учун 55-масала ечимдаги (3) формулада $y = 0$ деб олиш керак. Бу формулада v_0 ва α_0 ни бЎринчи жисм учун v_1 ва α_1 билан, иккинчи жисм учун v_2 ва α_2 билан алмаштириб, ҳосил бўлган икки тенгламадан

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\sin 2\alpha_2}{\sin 2\alpha_1}}$$

ни топамиз. Агар $\alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1$ бўлса, у ҳолда $v_1/v_2 = 1$ ва $v_1 = v_2$.

$$64. v = \sqrt{v_0^2 - 2gH} = 6,4 \text{ м/сек.}$$

$$65. v = \sqrt{v_0^2 + 2gH}.$$

66. 201-расмга кўра $\operatorname{tg} \beta = v_y/v_x$. Масаланинг шартига мувофиқ: $\operatorname{tg} \beta_1 = 1$, $\operatorname{tg} \beta_2 = -1$. v_x ва v_y нинг 54-масалада олинган қийматлари [(1) ва (2) формулалар] дан фойдаланиб,

$$t_1 = \frac{v_0}{g} (\sin \alpha_0 - \cos \alpha_0); \quad t_2 = \frac{v_0}{g} (\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0)$$

ни топамиз.

67. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмаганда бошланғич тезлиги берилган снаряднинг учуш масофасини $s = (v_0^2 \sin^2 \alpha_0)/g$ формула бўйича топиш мумкин (57-масаланинг ечимига қаранг). Масаланинг шартига кўра $s = 4L$. Бундан қуйидагини топамиз:

$$v_0 = 2 \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha_0}} = 886 \text{ м/сек.}$$

68. Боши A нуқтада бўлган координаталар системасида (9-расм) мотоциклчининг траекторияси 55-масала ечимининг (3) тенгламаси билан тавсифланади. Бу тенгламага мотоциклчининг ерга тушиш нуқтасининг координаталари $x = s$ ва $y = -h$ ни қўйиб, минимал тезликни топамиз:

$$v_{0 \text{ мин.}} = \frac{s \sqrt{g}}{\cos \alpha_0 \sqrt{2(h + s \operatorname{tg} \alpha_0)}}.$$

69. Координата системасини 205-расмда кўрсатилгандек қилиб танлаймиз. Бу расмга кўра $L = \sqrt{x^2 + y^2}$, бунда x ва y — тошнинг берилган вақт моментидagi координаталари. Тош координаталарининг вақтга боғланиши 55-масала ечимининг (1) ва (2) формулалари билан берилади. Шунинг учун

$$L = t \sqrt{v_0^2 - (v_0 g \sin \alpha_0) \cdot t + \frac{g^2 t^2}{4}} = 67,9 \text{ м.}$$

70. Снаряд самолётга тегиши учун унинг тезлигининг v_x горизонтал проекцияси самолётнинг v тезлигидан кичик бўлмаслиги, бошланғич тезлигининг v_{0y} вертикал проекцияси эса камида $\sqrt{2gH}$ га тенг бўлиши керак. Бундан снаряднинг минимал бошланғич тезлиги: $v_0 = \sqrt{v^2 + 2gH} = 743$ м/сек.

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{\sqrt{2gH}}{v} = 1,56 \text{ шартдан } \alpha_0 \approx 57^\circ \text{ эканлигини топамиз.}$$

71. $y_1 - y_2 = 2v_0 t \cos \alpha \approx 60$ м

72. Координаталар системасини 44- масаланинг ечимдаги каби жойлаштирамиз (199- расм). Юк тушаётганда унинг тезлигининг проекциялари: $v_x = v_0$ ва $v_y = -gt$. Тезликнинг горизонтга қиялиги $\operatorname{tg} \alpha = v_y/v_x$ ифода билан аниқланади. $t = -\frac{v_0}{g} \operatorname{tg} \alpha$ ($\alpha < 0$) вақт momentiда тезликнинг қиялик бурчаги α га тенг бўлади. t нинг ушбу қийматини юкнинг вертикал йўналиш бўйича $y = H - (gt^2/2)$ ҳаракат қонунига қўйиб,

$$h = y = H - \frac{v_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2g}$$

ни топамиз.

73. 206- расмда кўрсатилган координаталар системасида самолётдан ташланаётган моментда калитнинг координаталари:

$$x_0 = \left(v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} \right) \cos \alpha_0, \quad y_0 = \left(v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} \right) \sin \alpha_0$$

Калит тезлигининг проекциялари:

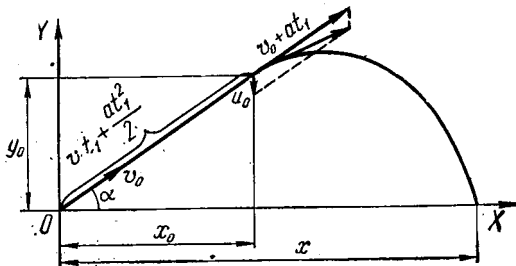
$$v_{0x} = (v_0 + at_1) \cos \alpha_0, \quad v_{0y} = (v_0 + at_1) \sin \alpha_0 - u_0$$

Ташлаб юборилгандан кейин калит координаталарининг вақтга боғланиши

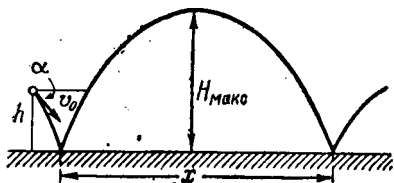
$$x = x_0 + v_{0x} t = \left(v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} \right) \cos \alpha_0 + [(v_0 + at_1) \cos \alpha_0] t, \quad (1)$$

$$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = \left(v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} \right) \sin \alpha_0 + [(v_0 + at_1) \sin \alpha_0 - u_0] t - \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

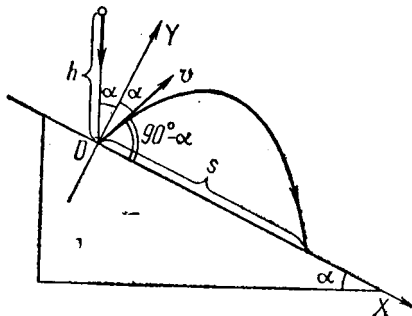
Калитнинг ерга тушиш momentiда $y = 0$. (1) ва (2) тенгламалардан вақтни йўқотиб, изланаётган x масофани топамиз. (2) тенгламадаги коэффициент-



206- расм.



207- расм.



208- расм.

лар мураккаб бўлгани учун, аввал шу коэффициентларни ҳисоблаш тавсия қилинади: $y_0 = 144$ м, $v_{0y} = 29,5$ м/сек, $g/2 = 4,9$ м/сек².

Изланаётган масофа $x = 766$ м.

74. Ерга урилиш пайтида тезликнинг вертикал проекцияси $v_y = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}$; $H_{\text{макс}}$ максимал баландликка кўтарилиш вақти $t = v_y/g$ (207- расмга қ). Тезликнинг горизонтал ташкил этувчиси $v_x = v_0 \cos \alpha$. Изланаётган масофа:

$$x = 2t v_x = \frac{2v_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh} \approx 9,7 \text{ м.}$$

75. Боши шарчанинг текислик билан биринчи уриниш нуқтасида бўлган $ХОУ$ координата системасида (208- расм) эластик тўқнашиш қонунларига кўра шарчанинг урилиш momentiдаги ва урилишдан кейинги дастлабки моментдаги тезлиги $\sqrt{2gh}$ га тенг ва урилишдан кейин OX ўққа $90^\circ - \alpha$ бурчак остида йўналган. Урилишдан кейин тезлик проекциялари:

$v_x = \sqrt{2gh} \cos(90^\circ - \alpha) + (g \sin \alpha) \cdot t$, $v_y = \sqrt{2gh} \sin(90^\circ - \alpha) - (g \cos \alpha) \cdot t$ ёки

$$v_x = \sqrt{2gh} \sin \alpha + gt \sin \alpha, \quad (1)$$

$$v_y = \sqrt{2gh} \cos \alpha - gt \cos \alpha. \quad (2)$$

Траекториянинг энг баланд нуқтасига етиш вақти (2) га кўра $t_1 = \sqrt{2h/g}$ га тенг, биринчи ва иккинчи урилишлар орасидаги вақт $t = 2t_1$.

Изланаётган масофа иккинчи урилиш нуқтасининг координатасига тенг, яъни

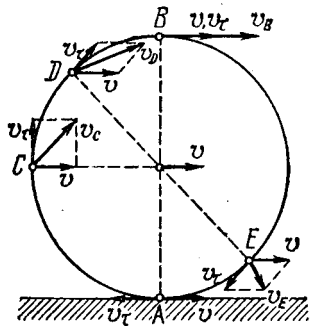
$$s = x = \sqrt{2gh} t \sin \alpha + \frac{g t^2}{2} \sin \alpha \quad \text{ёки} \quad s = 8h \sin \alpha = 4 \text{ м.}$$

3-§. Айланма ҳаракат

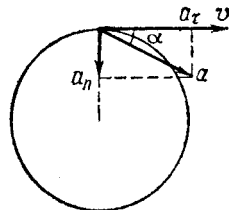
76. $R = v_1 l / (v_1 - v_2) = 1,8$ м.

77. $n = 60 (v_1 - v_2) / 2\pi l \approx 96$ айл/мин.

78. Гилдирак ерда айланганда унинг ҳамма нуқталари бир пайтнинг ўзида иккита ҳаракатда: йўналиши ҳамма вақт горизонтал бўлиб, v ўзгармас тезлик билан ер сирти бўйлаб содир бўладиган ҳаракатда ҳамда катта-



209- расм.



210- расм.

лиги ўзгармайдиган, йўналиши эса ўзгарадиган v_τ уринма тезлик билан ўқ атрофида содир бўладиган ҳаракатда иштирок этади. Сирпанмасдан айланишда v ва v_τ тезликлар катталиги жиҳатидан тенг. Гилдиракнинг кўрсатилган нуқталарининг оний тезликлари қийматларини v ва v_τ ларни векторларни қўшиш қондалари бўйича 209- расмда кўрсатилгандек қўшиш йўли билан топиш мумкин. Натижада қуйидагиларни оламиз:

$$v_A = v_\tau - v = 0; \quad v_B = v_\tau + v = 2v; \quad v_C = \sqrt{v_\tau^2 + v^2} = v\sqrt{2};$$

$$v_D = \sqrt{v_\tau^2 + v^2 + 2v_\tau v \cos \alpha} = 2v \cos \frac{\alpha}{2};$$

$$v_E = \sqrt{v_\tau^2 + v^2 - 2v_\tau v \cos \alpha} = 2v \sin \frac{\alpha}{2}.$$

79. $a_n = v^2/R$, $v = a_\tau t$. Масаланинг шартига кўра $a_n = na_\tau$, демак, $t = \sqrt{nR/a_\tau} = 2,78$ сек.

80. $a_n = 4s^2 t_2^2 / R t_1^4 = 25$ м/сек².

81. $v_1 = 2v - v_2$ (78- масалага қаранг).

82. 210- расмдан кўришиб турибдики: $a_n/a_\tau = \operatorname{tg} \alpha = 0,58$.

83. Экваторда $v_0 = \frac{2\pi R}{T} = 465$ м/сек, $a_{n_0} = \frac{v_0^2}{R} = 0,034$ м/сек². $\varphi = 60^\circ$

кенгликда $v_\tau = \frac{2\pi R \cos \alpha}{T} \approx 233$ $\frac{\text{м}}{\text{сек}}$, $a_{n\varphi} = \frac{v_\tau^2}{R \cos \varphi} = 0,017$ $\frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$.

84. $N = n_0 t / 2 = 60$ айланиш.

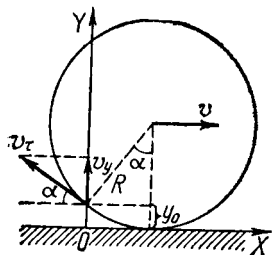
85. Йўлнинг бурилиш қисмида поезд ўтган масофа:

$$s = v_0 t + (a_\tau t^2 / 2), \quad (1)$$

бунда a_τ — уринма тезланиш. Тезликнинг вақтга боғланиши:

$$v = v_0 + a_\tau t, \quad (2)$$

(1) дан $a_\tau = \frac{2(s - v_0 t)}{t^2} = \frac{1}{3}$ м/сек² ни топамиз.



211- расм.

(2) дан тезликни топамиз:

$$v = \frac{2s - v_0 t}{t} = 25 \text{ м/сек.}$$

Тўла тезланиш

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + a_\tau^2} =$$

$$= \frac{1}{t^2} \sqrt{(2s - v_0 t)^4 + 4(s - v_0 t)^2} = 0,708 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

86. $ХОУ$ координата системасида (211- расм) лой парчасининг гилдиракдан ажралиб чиқиш пайтидаги тезлиги гилдирак гардишига A нуқтада уринма бўйлаб йўналган (12- расм) ва агар гилдирак сирпанмасдан ҳаракатланса: $v_\tau = v$. Лой парчасининг вертикал бўйича бошланғич координатаси $y_0 = R(1 - \cos \alpha)$ га тенг бўлганидан, OY ўқ бўйлаб ҳаракат қонуни:

$$y = R(1 - \cos \alpha) + (v \sin \alpha) \cdot t - \frac{gt^2}{2}.$$

54- масаланинг (2) тенгласидан ва 56- масалада топилган энг юқори баландликка кўтарилиш вақтидан фойдаланиб,

$$y_{\text{макс.}} = h = R(1 - \cos \alpha) + \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

ни топамиз.

Агар автомобилнинг шу тезликдаги ҳаракатида гилдирак жойида туриб айланса, лой парчаларининг кўтарилиш баландлиги каттароқ бўлади: $v_\tau > v$. Агар гилдирак тормозланиш пайтида ер сиртига нисбатан сирпанса, у ҳолда $v_\tau < v$ ва лой парчалари кичикроқ баландликка отилади.

87. t вақт ичида цилиндр n та айланган бўлсин. Бу ҳолда, агар винт-симон тарновнинг n та қадамининг узунлиги худди шу вақтда шарча эркин тушиб ўталиган масофага, яъни $nh = gt^2/2$ га тенг бўлса, шарча тарновда ушланиб турмайди. Агар бунда ипни a тезланиш билан тортган бўлсак, ип $l = at^2/2$ га узаяди. Бу масофа эса шу вақт ичида цилиндрдан ўралган n та ўрам ипнинг узунлигига тенг: $l = \pi D \cdot n$. Бу ифодалардан $a = \pi g D / h$ осонгина топилади.

4-§. Тўғри чизиқли ҳаракат динамикаси

88 $v = ft/m \approx 43 \text{ км/соат.}$

89. $f = F - ma = F - \frac{m}{2s}(v^2 - v_0^2) \approx 4,3 \cdot 10^4 \text{ Н.}$

90. Ўзгармас тезлик билан тушиш пайтида шарга таъсир қилувчи кучлар йиғиндиси нолга тенг: $Mg - Q - f = 0$, бунда f — шар ҳаракатига кўрсатиладиган қаршилик кучи. Шар кўтарилаётганда қаршилик кучи аввалгидек f катталиқка тенглигича қолади, чунки масаланинг шартига кўра тезлик ўз қийматини сақлайди, лекин энди бу куч пастга йўналган бўлади. Балласт ташланиши ҳисобига шар массасининг камайиши эътиборга олин-

ган ҳолда ҳамма кучларнинг йиғиндиси аввалгидек нолга тенг бўлади: $(M - m)g - Q + f = 0$. Бу тенгламалардан f ни йўқотиб,

$$m = 2 \left(M - \frac{Q}{g} \right)$$

ни топамиз.

91. Жисмга таъсир қилувчи кучлар 212-расмда тасвирланган; F — изланаётган куч. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $ma = F + mg$. Бундан $F = m(a - g) \approx 26 \text{ Н}$.

92. $F = ma = 70 \text{ Н}$.

93. Юкка таъсир қилувчи кучлар 213-расмда тасвирланган. T — симнинг таранглиги, $P = mg$ — оғирлик кучи. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан $ma = T - P$. Масаланинг шартига кўра $T < T_{\text{макс.}} = 4410 \text{ Н}$. Бинобарин,

$$a < (T_{\text{макс.}} - P)/m \approx 1,2 \text{ м/сек}^2.$$

94. $m = 2m_1m_2/(m_1 + m_2) = 190 \text{ кг}$.

95. Канатнинг таранглиги клетнинг ҳаракат йўналишига (унинг тезлиги йўналишига) боғлиқ эмас ва фақат унинг тезланиши билан аниқланади. Биринчи ҳолда тезланиш йўналиши канат таранглиги йўналиши билан мос тушади. Шунинг учун a_1 ва T_1 нинг ишоралари бир хил ва $ma_1 = T_1 - mg$. Бундан

$$T_1 = m(a_1 + g) \approx 3420 \text{ Н}.$$

Иккинчи ҳолда $ma_2 = mg - T_2$. Бинобарин,

$$T_2 = m(g - a_2) \approx 2705 \text{ Н}.$$

96. 95-масаланинг ечимидан фойдаланган ҳолда $a = g \left(1 - \frac{T}{P} \right) = 2,45 \text{ м/сек}^2$ ни топамиз. Тезланиш пастга йўналган.

97. Юкка таъсир қилувчи кучлар 214-расмда кўрсатилган. Ҳаракат тенгламалари куйидаги кўринишга эга:

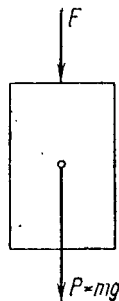
$$m_1a = T_2 - T_1 - P_1, \quad m_2a = T_1 - P_2.$$

Бунда a — юкнинг тезланиши (лифтнинг тезланишига тенг), $P_1 = m_1g$ ва $F_2 = m_2g$ — оғирлик кучлари. Тенгламаларни T_2 га нисбатан ечиб, $T_2 = \frac{m_1 + m_2}{m_2} T_1 = 14,7 \text{ Н}$ ни оламиз.

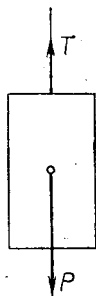
98. Юкка таъсир қилувчи кучлар 215-расмда тасвирланган. Таянч реакцияси (N) тезланиш бўйича йўналган. Демак, $ma = N - P$, бунда $P = mg$ — оғирлик кучи. Бундан

$$N = mg + ma = 1004,5 \text{ Н}.$$

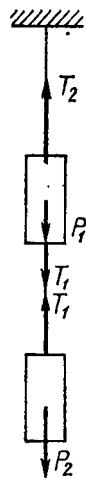
Ньютоннинг учинчи қонунига кўра юк худди шундай куч билан клетнинг тубига босади.



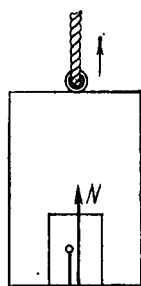
212- расм.



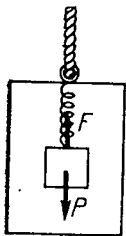
213- расм.



214- расм.



215- расм.



216- расм.

$$99. a = \frac{N}{m} - g = 0,49 \frac{м}{сек^2}. \text{ Лифтнинг тезланиши юқо-}$$

рига йўналган.

100. Жисмга таъсир қилувчи кучлар 216-расмда кўрсатилган; F — чўзилган пружинанинг жисмга кўрсатадиган таъсир кучи (пружинали тарозининг кўрсатиши), $P = mg$ — оғирлик кучи.

Биринчи ҳолда ҳаракат тенгламаси $ma_1 = F_1 - P$ кўринишга эга; бундан $F_1 = m(g + a_1) = 14,7 \text{ Н}$.

Иккинчи ҳолда $ma_2 = P - F_2$, чунки a_2 тезланиш ва оғирлик кучи йўналишлари устма-уст тушади. Бинобарин, $F_2 = m(g - a_2) = 4,9 \text{ Н}$.

Учинчи ҳолда $F_3 = m(g - a_3) = 7,35 \text{ Н}$. Кучнинг ифодаси худди иккинчи ҳолдагидек кўринишга эга чунки тезланишнинг йўналиши ҳам ўша ҳолдагидек

Охирги ҳолда $F_4 = m(g + a_4) = 12,25 \text{ Н}$.

101. Жисмга таъсир қилувчи кучлар 217-расмда тасвирланган. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан $ma = F - f$, бунда $f = kN$, N — таянч реакцияси. Вертикал йўналиш бўйлаб ҳаракат йўқлиги учун $N = P = mg$. Демак, $F = ma + kP \approx 0,79 \text{ Н}$.

$$102. s = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2kg} \approx 12,3 \text{ м}.$$

$$103. v = \sqrt{2 \cdot 0,06 \text{ gs}} \approx 4,9 \text{ м/сек}.$$

104. Юкка таъсир қилувчи кучлар 218-расмда тасвирланган. Горизонтал йўналишда юк фақат f ишқалиш кучи таъсир қилади. Юкка берилган тезланиш $a = \frac{f}{m}$ га тенг. Вертикал йўналишда юк тезланиш олмайди;

$N - mg = 0$. Тинчликдаги ишқалиш кучининг максимал қиймати $f_{\text{макс.}} = kN = kmg$. Демак, юк тезланишининг мумкин бўлган қийматлари $a < f_{\text{макс.}}/m = kg$ тенгсизликни қаноатлантиради.

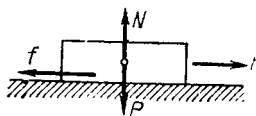
Тахтага $a_1 > kg = 1,96 \text{ м/сек}^2$ тезланиш бериш керак. Бу ҳолда ишқалиш кучи юкка сирпанмасдан ҳаракатланиши учун етарли бўлган тезланиш бера олмайди.

105. 104-масаланинг ечимидан фойдаланиб, $F > kg(M + m) = 10,8 \text{ Н}$ эканлигини осонгина топиш мумкин.

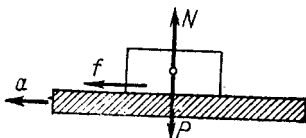
106. Жисмга 219-расмда тасвирланган тўртта куч таъсир қилади;

$$a = \frac{g}{P} [F(\cos \alpha + k \sin \alpha) - kP]; \quad F_1 = \frac{kP}{\cos \alpha + k \sin \alpha}.$$

$$107. a = \frac{F(\cos \alpha - k \sin \alpha) - mg}{m}.$$



217- расм.



218- расм.

108. Юкли аравага таъсир қилувчи кучлар 220-расмда кўрсатилган.

1) Агар $P < F_3 \sin \alpha$ бўлса, у ҳолда юкли арава „булутлар орасида“ бўлади (ечим масаланинг шarti доирасидан чиқади, чунки қисқичбақа ва чўртан балиқ энди аравани қарама-қарши томонга тортмайди).

2) Агар $P > F_3 \sin \alpha$ ва $kN = k(P - F_3 \sin \alpha) > |F_2 - F_1 + F_3 \cos \alpha|$ бўлса, унда „арава ҳамон ўша ерда“, яъни $s = 0$ бўлади.

3) Агар $P > F_3 \sin \alpha$ ва $k(P - F_3 \sin \alpha) < |F_2 - F_1 + F_3 \cos \alpha|$ бўлса, у ҳолда

$$s = [\pm (F_1 - F_2 - F_3 \cos \alpha) - k(P - F_3 \sin \alpha)] \frac{g t^2}{2P};$$

бунда плюс ишора $F_1 > F_3 \cos \alpha + F_2$ ҳолга, минус ишора $F_1 < F_3 \cos \alpha + F_2$ ҳолга тегишли.

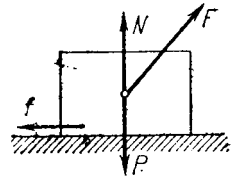
109. $F = m \left(\frac{v_0}{t} - g \right) \approx 0,088 \text{ Н.}$

110. $a = \frac{gH}{s} = 58,8 \text{ м/сек}^2, N = mg + ma = mg \left(1 + \frac{H}{s} \right) \approx 4802 \text{ Н.}$

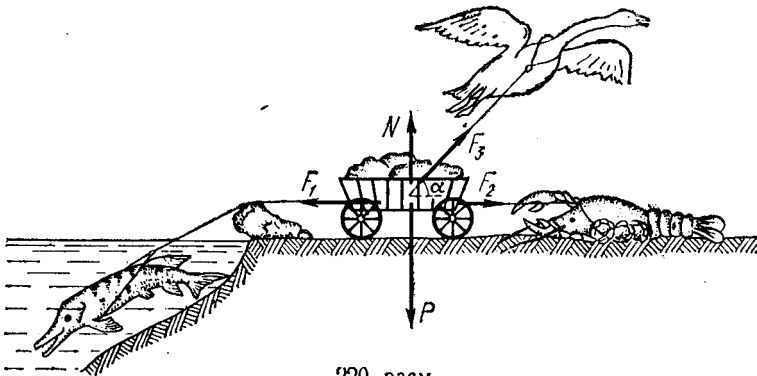
111. Минимал қаршилик кучи $F = mg = 735 \text{ Н.}$

112. $h = m/2k = 18 \text{ м.}$

113. Биринчи жисмга горизонтал йўналишда F куч ва ипнинг тараңлиги T_1 таъсир қилади (221-расм). Вертикал йўналишда таъсир қиладиган кучлар бир-бирини мувозанатлайди (улар 221-расмда кўрсатилмаган). Бу кучлар F куч йўналишида жисмлар ҳаракатига таъсир қилмайди. Иккинчи жисмга ипнинг тараңлиги T_2 таъсир қилади. Ип вазнсиз бўлгани учун $T_1 = T_2 = T$.

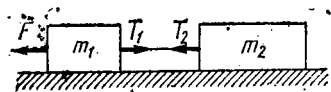


219-расм.



220-расм.

Биринчи ва иккинчи жисмларнинг ҳаракат тенгламалари $m_1 a = F - T$; $m_2 a = T$ кўринишга эга. Бу ерда ҳар икки жисм бир хил тезланишга эга эканлиги ҳисобга олинган.



221-расм.

Масаланинг шартига кўра, $T < T_{\text{макс}}$. Бинобарин, $a < T_{\text{макс}}/m_2$ ва $F <$

$$< T_{\text{макс}} + m_1 a = \frac{m_1 + m_2}{m_2} T_{\text{макс}} = 7,5 \text{ H.}$$

Куч иккинчи жисмга қўйилган бўлса, келтирилган мулоҳазалар ўз кучида қолади, фақат m_1 ва m_2 массаларнинг ўрни алмашади. Бу ҳолда

$$F < \frac{m_2 + m_1}{m_1} T = 15 \text{ H.}$$

114. $T = (m_1 F_2 + m_2 F_1) / (m_1 + m_2)$.

115. $T = \frac{m_1 F_2 + (m_2 + m_3) F_1}{m_1 + m_2 + m_3}$.

116. 222-расмда юкли A тахтага ва тошли паллага таъсир қилаётган кучлар тасвирланган. Бунда N — таянч реакцияси кучи, T — ипнинг таранглиги ва f — ишқаланиш кучи. Вертикал йўналишда ҳаракат йўқлиги учун $N - (P_1 + P_2) = 0$. Текис ҳаракат бўлган ҳолда $T - f = 0$ ва $P_3 + P_4 - T = 0$. Ишқаланиш кучи $f = kN = k(P_1 + P_2)$ га тенг.

Бу тенгламалардан T ни йўқотиб,

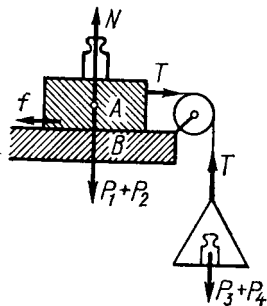
$$k = \frac{P_3 + P_4}{P_1 + P_2} \approx 0,3$$

ни топамиз.

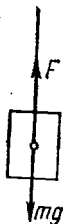
117. Юкка mg оғирлик кучи ва F кучга тенг бўлган арқоннинг таранглиги таъсир қилади (223-расм). F куч арқоннинг юқори учига қўйилган. Изланаётган куч Ньютоннинг иккинчи қонуни ёрдамида аниқланади: $mz = = F - mg$. Бундан $F = m(a + g) = 108 \text{ H}$.

118. Блокка ва юкка таъсир қилувчи кучлар 224-расмда тасвирланган. Блок қўзғалмас бўлгани учун унга динамометр томонидан таъсир қилувчи куч $F = 2T$ га тенг. Юкларнинг ҳаракат тенгламалари: $m_2 a = m_2 g - T$, $m_1 a = T - m_1 g$. Бунда юкларнинг тезланиши катталиги жиҳатидан бир хил ва иккинчи жисмнинг тезланиши пастга, биринчисиники юқорига йўналган экани ҳисобга олинди.

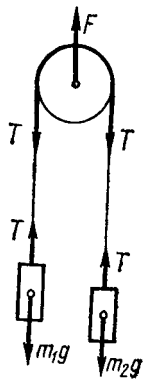
Бу тенгламалардан тезланишни йўқотиб, $T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$ ни топамиз.



222- расм.



223- расм.



224- расм.

Динамометрнинг кўрсатиши Ньютоннинг учинчи қонунига кўра

$$F = 2T = \frac{4m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} \approx 62,7 \text{ Н}$$

га тенг.

119. Биринчи юкнинг массаси иккинчисининг массасидан кўп марта катта бўлгани учун юклар g тезлашиш билан ҳаракат қилади деб ҳисоблаш мумкин. Арқоннинг таранглиги $mg \approx T - mg$ тенгламадан аниқланади: $T = 2mg = 1 \text{ кг} \cdot \text{куч} = 9,8 \text{ Н}$.

120. 118-масаланинг ечимига кўра пружинани чўзувчи куч $T = 2m_1 m_2 g / (m_1 + m_2)$ га тенг. Гук қонунига кўра $T = k(l - l_0)$, бунда $k = F/x$ — пружинанинг эластиклик коэффициенти. Бундан

$$l = l_0 + \frac{2m_1 m_2 g x}{(m_1 + m_2)F} = 17,35 \text{ см}$$

ни топамиз.

121. $t = \sqrt{\frac{2s(m_1 + m_2)}{(m_2 - m_1)g}} = 0,7 \text{ сек}$, бунда $s = 1 \text{ м}$ — ҳар бир юк ўтган йўл.

$$122. m_1 = 4sm/(gt^2 - 2s) = 10 \text{ г.}$$

123. Жисмга ва унинг устидаги юкка таъсир қилувчи кучлар 225-расмда тасвирланган. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра $N = N'$. Ҳар учала жисм учун ҳаракат тенгламалари

$$ma = T - mg; \quad ma = mg - T + N; \quad m_1 a = m_1 g - N$$

шаклда ёзилади. Бундан a ва T ларни йўқотиб,

$$N = \frac{2mm_1 g}{2m + m_1} \approx 0,39 \text{ Н}$$

ни топамиз.

124. Юкларнинг оғирлик маркази пастга тушиши равшан. Айтайлик, дастлаб оғирлик маркази вертикал бўйича биринчи юкдан b_1 масофада ва иккинчи юкдан b_2 масофада бўлган C_0 нуқтада жойлашган бўлсин (226-расм), b_1 ва b_2 катталиклар

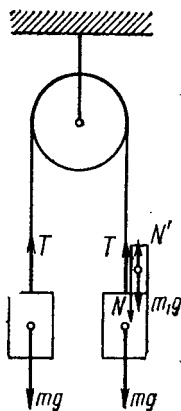
$$F_1 b_1 = P_2 b_2 \quad (1)$$

шартни қаноатлантиради. t вақт ичида иккинчи юк

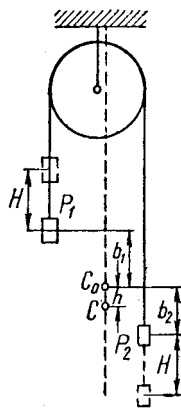
$$H = at^2/2 \quad (2)$$

пастга тушади, биринчи юк эса шу баландликка кўтарилади. Системанинг оғирлик маркази шу вақт ичида

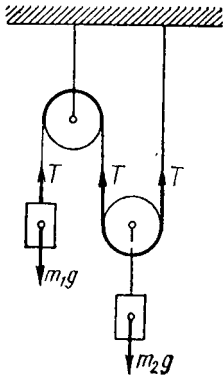
$$P_2(H + b_2 - h) = P_1(H + b_1 + h)$$



225- расм.



226- расм.



227- рasm.

тенгламадан аниқланадиган h баландликка тушади. Бундан (1) ва (2) тенгламаларни ҳисобга олиб, вақтнинг берилган моментиди

$$h = \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} \quad H = \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} \cdot \frac{at^2}{2}$$

ни топамиз.

a тезланиш 118- масаланинг ечимида келтирилган тенгламалар системаси билан аниқланади:

$$a = \frac{P_2 - P_1}{P_1 + P_2} g.$$

Шунинг учун

$$h = \left(\frac{P_2 - P_1}{P_1 + P_2} \right)^2 \frac{gt^2}{2} = \frac{a't^2}{2}.$$

Шундай қилиб, системанинг оғирлик маркази

$a' = \left(\frac{P_2 - P_1}{P_1 + P_2} \right)^2 g$ тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракат қилади.

125. 227- расмда жисмларга таъсир қилувчи кучлар тасвирланган. m_1 массага эга бўлган жисм кўтарилади, m_2 массали жисм осилган қўзғалувчан блок эса пастга тушади деб ҳисоблаб, ҳаракат тенгламаларини $m_1 a_1 = T - m_1 g$; $m_2 a_2 = m_2 g - 2T$ шаклда ёзиш мумкин

a_1 ва a_2 тезланишлар орасидаги боғланишни қуйидаги мулоҳазалардан топиш мумкин. Агар биринчи жисм h_1 баландликка кўтарилса, бу вақт ичида иккинчи жисм пастга $h_2 = h_1/2$ баландликка тушади. Ўтилган йўл тезланишга тўғри пропорционал бўлгани учун, бундан абсолют қиймат жиҳатидан $s_2 = a_1/2$ эканлиги келиб чиқади.

Юқорида келтирилган тенгламалар системасини ечиб,

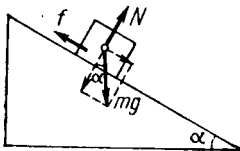
$$T = \frac{3m_1 m_2 g}{m_2 - 4m_1} \approx 1,26 H;$$

$$a_1 = \frac{2(m_2 - 2m_1)g}{4m_1 + m_2} = 5,6 \text{ м/сек}^2;$$

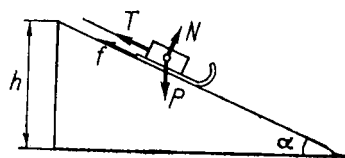
$$a_2 = \frac{(m_2 - 2m_1)g}{4m_1 + m_2} = 2,8 \text{ м/сек}^2$$

ларни топамиз.

126. Жисмга 228-расмда кўрсатилган учта куч таъсир қилади. Қия текислик бўйлаб йўналган тезланиш кучларнинг шу йўналишга проекциялари йиғиндиси билан аниқланади: $ma = mg \sin \alpha - f$. Кучларнинг қия текислик-



228- рasm.



229- рasm.

ка перпендикуляр йўналишга проекцияларининг йиғиндиси нолга тенг: $N - mg \cos \alpha = 0$. Демак, ишқаланиш кучи $f = kN = kmg \cos \alpha$.

Тезланиш $a = g \sin \alpha - f/m = g(\sin \alpha - k \cos \alpha) \approx 2,45$ м/сек².

127. Жисмнинг тезланиши 126-масала ечимидан кўриниб турибдики, $a = g(\sin \alpha - k \cos \alpha)$ га тенг. Масаланинг шартига кўра

$$\sin \alpha = \frac{h}{l} = \frac{1}{2}, \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l} = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Вақт ва охиригиз тезлик кинематик тенгламалардан аниқланади:

$$t = \sqrt{2l/a} \approx 2,5 \text{ сек}, \quad v = \sqrt{2al} \approx 8 \text{ м/сек}.$$

$$128. t = \frac{v_0}{g} \frac{\sqrt{\sin \alpha - k \cos \alpha} + \sqrt{\sin \alpha + k \cos \alpha}}{(\sin \alpha + k \cos \alpha) \sqrt{\sin \alpha - k \cos \alpha}}.$$

129. Чанага таъсир қилувчи кучлар 229-расмда кўрсатилган. Бу ерда $P = mg$ — чанага таъсир қилувчи оғирлик кучи; N — таянч реакцияси. Қия текислик бўйлаб ҳаракат учун Ньютоннинг иккинчи қонуни $ma = P \sin \alpha - f - T$ кўринишда ёзилади, бунда $\sin \alpha = h/l$, $f = 0,1 P$. Тезланишни аниқловчи кинематик муносабат $a = v^2/2l$ кўринишга эга. Демак,

$$T = \frac{Ph}{l} - 0,1 P - \frac{Pv^2}{2gl} \approx 44,1 \text{ Н}.$$

130. Жисм 230-расмда тасвирланган кучлар таъсири остида тезланиш олади. Жисмнинг қия текислик бўйлаб ҳаракати учун Ньютоннинг иккинчи қонуни $ma = mg \sin \alpha + F \cos \alpha$ кўринишга эга. Бундан

$$a = g \sin \alpha + \frac{F}{m} \cos \alpha = 10 \text{ м/сек}^2.$$

Жисмнинг қия текисликка босими Ньютоннинг учинчи қонунига кўра N реакция кучига тенг бўлиб, уни кучларнинг қия текисликка перпендикуляр йўналишга проекциялари йиғиндиси нолга тенглигидан топиш мумкин: $P \cos \alpha - F \sin \alpha - N = 0$. Бинобарин,

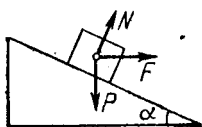
$$N = P \cos \alpha - F \sin \alpha = 277,3 \text{ Н}.$$

131. Жисмга 231-расмда тасвирланган кучлар таъсир қилади. Система-ни M массали юк тортиб кетади деб фараз қилинса, юкнинг ҳаракат тенгламалари $Ma = Mg \sin \alpha - T$, $ma = T - mg$ шаклда ёзилади. Бундан T та-ранглик кучини йўқотиб,

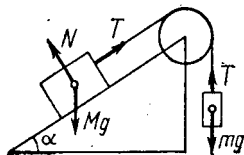
$$a = \frac{Mg \sin \alpha - mg}{M + m} = -0,98 \text{ м/сек}^2$$

ни топамиз.

Минус ишора ҳаракат ҳақиқатда биз фараз қилган йўналишга тескари йўналишда содир бўлишини билдиради.



230-расм.



231-расм.

132. Ҳаракат йўналишига проекциялар учун юқларнинг ҳаракат тенгламалари (мусбат йўналиш - юқорига):

$$m a = m g - T_1; m_2 a = T_1 - T - m_2 g (\sin \alpha \pm k \cos \alpha);$$

$$m_1 a = T - m_1 g (\sin \alpha \pm k \cos \alpha).$$

Бу ерда $T_1 - m$ ва m_2 массали юқлар орасидаги ипнинг таранглиги; плюс ишора юқлар қия текислик бўйлаб юқорига ҳаракат қиладиган ҳолга, минус ишора юқлар пастга ҳаракат қиладиган ҳолга тегишли; ҳамма юқларнинг бошланғич тезлиги нолга тенг. Ҳаракат тенгламаларидан

$$a = g \frac{m - (m_1 + m_2)(\sin \alpha \pm k \cos \alpha)}{m + m_1 + m_2},$$

$$T = m_1 m_2 g \frac{1 + \sin \alpha \pm k \cos \alpha}{m + m_1 + m_2}$$

ларни топамиз. Бунда қия текислик бўйлаб юқорига ҳаракат ($a > 0$) фақат

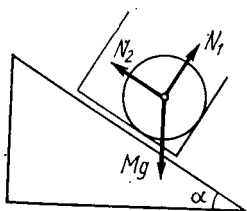
$$m > (m_1 + m_2)(\sin \alpha + k \cos \alpha)$$

шарт бажарилганда, қия текислик бўйлаб пастга ҳаракат эса

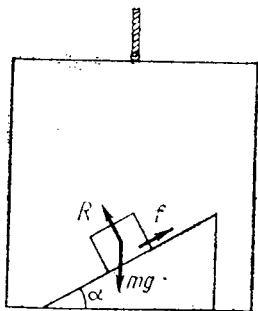
$$m < (m_1 + m_2)(\sin \alpha - k \cos \alpha) \text{ ва } \operatorname{tg} \alpha > k$$

шартлар бажарилганда амалга ошиши мумкин. Бу шартлар бажарилмаса, юқлар ҳаракатланмайди, T катталиқ эса m , m_1 , m_2 , k ва α катталиқлар орасидаги муносабатларга ҳамда ипнинг бошланғич моментдаги таранглигига боғлиқ ҳолда 0 дан

$$m_1 m_2 g \frac{1 + \sin \alpha + k \cos \alpha}{m + m_1 + m_2}$$



232- расм.



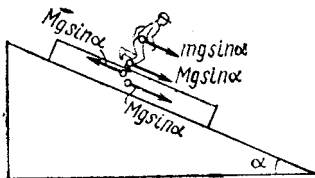
233- расм.

гача бўлган турли қийматларни қабул қилиши мумкин. Масалан, $\operatorname{tg} \alpha < k$ ва $m < m_2(\sin \alpha + k \cos \alpha)$ шартлар бажарилганда юқларни қия текисликка шундай ўрнатиш мумкинки, бунда улар орасидаги ип таранг бўлмайди, яъни $T = 0$.

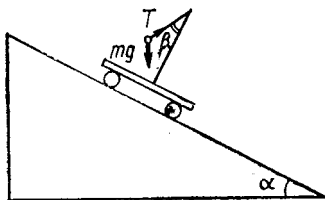
133. Шарга яшиқ томонидан унинг тубига ва олдинги деворига перпендикуляр бўлган N_1 ва N_2 кучлар таъсир қилиши мумкин (232-расмга қ.). Шарнинг ҳаракат тенгласи $M a = M g \sin \alpha - N_2$ кўринишга эга.

Шар ва яшиқ тезланишларининг тенглигини ҳисобга олиб, яшиқнинг ҳаракат тенгласини $m a = m g \sin \alpha + N_2$ кўринишда ёзиш мумкин, бунда m — яшиқнинг массаси. Бу тенгламалар фақат $N_2 = 0$ шарт бажарилгандагина ўринлидир. Яшиқнинг олдинги деворига босим бўлмайди, чунки шар ва яшиқка таъсир қиладиган оғирлик кучининг ташкил этувчилари уларга бир хил $g \sin \alpha$ тезланиш беради.

Яшиқ тубига бўлган босим кучи жисмнинг одатдаги сирпанишидагидек бўлади: $N_1 = M g \cos \alpha$.



234- расм.



235- расм.

134. Кубга 233- расмда тасвирланган кучлар таъсир қилади: f —ишқалиш кучи, R —изланаётган N нормал босимга тенг бўлган таянч реакцияси. Массанинг шартига кўра куб лифт билан бирга юқорига йўналган a тезланиш билан ҳаракат қилади. Вертикал йўналиш учун ҳаракат тенгламаси

$$ma = R \cos \alpha - mg + fsin \alpha \quad (1)$$

кўринишга эга.

Горизонтал йўналишда тезланиш йўқ. Шунинг учун кучларнинг горизонтал йўналишга проекциялари йиғиндиси нолга тенг:

$$f \cos \alpha - k \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

(1) ва (2) тенгламалардан

$$N = R = m(g + a) \cos \alpha, \quad f = m(g + a) \sin \alpha$$

ларни топамиз. Шундай қилиб, лифтниң тезланишга эга эканлиги эркин тушиш тезланишининг a катталиқка ортишига эквивалент. Ишқалиш коэффициентини кўзгалмайдиган қия текислик ҳолидагидек

$$k > \tan \alpha$$

шартни қаноатлантириши керак

135. Тахтага қия текислик бўйлаб таъсир қиладиган оғирлик кучининг проекцияси $Mg \sin \alpha$ га тенг Бинобарин, тахта мувозанатда туриши учун унга қарама-қарши йўналишда одам томонидан худди шундай куч таъсир қилиши керак

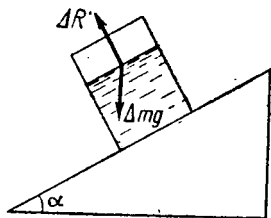
Ньютоннинг учинчи қонунига кўра одамга ҳам тахта томонидан текисликка параллел ҳолда пастга йўналган $Mg \sin \alpha$ куч таъсир қилади (234- расм). Бу расмда тахтага ва одамга таъсир қилувчи кучларнинг фақат қия текислик бўйлаб йўналган ташкил этувчилари тасвирланган.

Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра одамнинг қия текислик бўйлаб тезланиши кучларнинг шу йўналишга проекциялари йиғиндиси билан аниқланади: $ma = mg \sin \alpha + Mg \sin \alpha$. Бу тенгламадан одам пастга йўналган

$$a = g \sin \alpha \left(1 + \frac{M}{m} \right)$$

тезланиш билан югуриши керак эканлигини топамиз. Бунда одамнинг ҳаракат йўналиши аҳамиятга эга эмас.

136. Ҳаракат барқарор бўлганда шарча қия текисликка ўтказилган перпендикулярдан β бурчакка оғган деб фараз қиламиз (235- расм). У ҳолда шарчанин текислик бўйлаб ҳаракати учун Ньютон тенгламаси $ma = mg \sin \alpha + T \sin \beta$ шаклда ёзилади.



236- расм.

Текисликка перпендикуляр йўналишда шарчага таъсир қилувчи кучлар йиғиндиси нолга тенг: $mg \cos \beta - T \cos \beta = 0$.

Лекин ҳаракат барқарорлашганда арава- чининг ҳамма нуқталари, шарча ва ип бир хил $a = g \sin \alpha$ тезланиш билан ҳаракат қилади. Буни биринчи тенгламага қўйиб, $T \sin \beta = 0$ ни ола- миз. Иккинчи тенгламадан $T \neq 0$ эканини кўриш мумкин. Демак, $\beta = 0$, яъни ип қия текисликка перпендикуляр. Бундан изланаётган тарангликни

аниқлаш мумкин:

$$T = mg \cos \alpha = 1 \text{ г-куч} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$$

137. Сув сиртидаги Δm суюқлик элементига Δmg оғирлик кучи ва сиртга перпендикуляр бўлган ΔR босим кучи таъсир қилади (236-расм). Агар суюқлик сирти қия текисликка параллел бўлса, у ҳолда суюқлик элементининг ҳаракат тенгламаси $\Delta ma = \Delta mg \sin \alpha$ кўринишга эга бўлади. Демак, бу элементнинг тезланиши $a = g \sin \alpha$ га тенг. Сувли бак ҳам шу тезланишга эга бўлиши керак. Бакнинг ҳаракат тенгламаси:

$$Ma = Mgs \sin \alpha = Mgs \sin \alpha - kMg \cos \alpha + F.$$

Бундан бакка таъсир қилувчи F куч катталиги жиҳатидан ишқалиш кучига тенг эканлиги келиб чиқади:

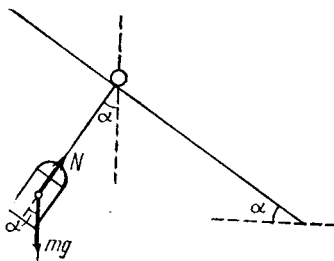
$$F = kMg \cos \alpha.$$

138. Ҳаракат барқарорлашганда сувли челакнинг ҳамма элементлари жисмининг қия текислик бўйлаб ҳаракати ҳолидагидек, горизонт билан α бурчак ҳосил қилган тўғри чизиқ бўйича ҳаракат қилади. Бинобарин, сувнинг ҳамма элементлари оғирлик кучининг трос бўйлаб ташкил этувчиси вужудга келтирган $a = g \sin \alpha$ тезланиш билан ҳаракат қилади. Демак, челакнинг туби томонидан сувга бўладиган босим кучи ҳаракат йўналишига перпендикуляр бўлиб, оғирлик кучининг шу йўналиш бўйлаб ташкил этувчиси мувозанатлайди: $N = mg \cos \alpha$ (237-расм). Масаланинг шартига кўра $m = \rho S h$, бунда S - челакнинг юзи, ρ - сувнинг зичлиги. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра сувнинг челак тубига босими $p = N / S \rho g h \cos \alpha$.

139. Ғўла ерга тегмаган ҳолдагина канат билан бир тўғри чизиқ ҳосил қилади. Акс ҳолда, ғўла ва канат бир тўғри чизиқ ҳосил қилганда ғўланин- г оғирлик марказига нисбатан куч моментларининг йиғиндиси нолдан фарқли бўлиб қолади.

Масала шarti бажарилганда ғў- ланин- г ҳаракат тенгламаси $ma = T \cos \alpha$ кўринишга эга бўлади, бунда m - ғўланин- г массаси, T - канатнинг таранглик кучи, α - ғўла билан ер сирти орасидаги бурчак. Ғўла вертикал йўналиш бўйича кўчмайди, шунинг учун $mg = T \sin \alpha$. Бундан

$$a = g \operatorname{ctg} \alpha > g \frac{\sqrt{(b+l)^2 - h^2}}{h}.$$

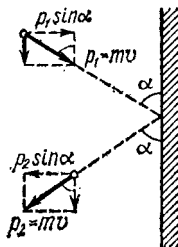


237- расм.

5-§. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни

$$140. F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = mvn = 15 \text{ Н.}$$

141. Девор силлиқ бўлгани учун урилиш пайтида копток ҳаракат миқдорининг девор бўйлаб ташкил этувчиси ўзгармайди (238-расмда копток ҳаракат миқдорининг урилишдан олдинги p_1 ва кейинги p_2 векторлари тасвирланган). Ҳаракат миқдорининг деворга перпендикуляр ташкил этувчиси эса ишорасини ўзгартиради. Натижада копток деворга нисбатан α бурчак остида қайтади. Ҳаракат миқдорининг деворга перпендикуляр йўналишга проекцияси ўзгариши



238- расм.

$\Delta p = mv \sin \alpha - (-mv \sin \alpha) = 2mv \sin \alpha$
га тенг.

Изланаётган куч

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2mv \sin \alpha}{\Delta t} = 15 \text{ Н.}$$

$$142. \Delta p = m(v + \sqrt{2gh}) = 1,6 \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

143. $u = -mv/M = -3,25 \text{ м/сек.}$ Минус ишора тўп ва снаряд тезликлари қарама-қарши томонларга йўналганини кўрсатади.

$$144. u = mv/(M + m) \approx 1 \text{ м/сек.}$$

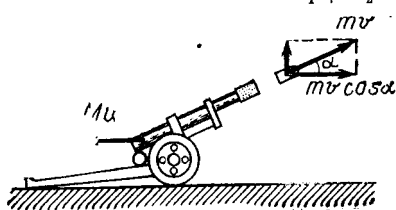
145. Тўп—снаряд системаси ҳаракат миқдорининг горизонтал йўналишга проекцияси отишдан аввал нолга тенг бўлиб, отиш вақтида ўзгармайди, чунки бу йўналишда системага ташқи кучлар таъсир қилмайди. Масаланинг шартига кўра снаряд горизонтга нисбатан α бурчак остида отилган ва снаряд ҳаракат миқдори векторининг горизонтал йўналишга проекцияси $mv \cos \alpha$ га тенг (239-расм). Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига кўра $Mu + mv \cos \alpha = 0$. Бундан

$$u = -\frac{mv \cos \alpha}{M} = -7 \text{ м/сек.}$$

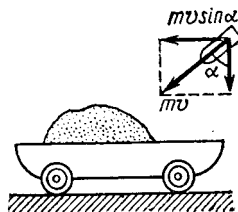
$$146. f = Ma = \frac{m^2 v^2}{2sM} = 1,32 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

147. Снаряд ҳаракат миқдори векторининг горизонтал йўналишга проекцияси $vs \sin \alpha$ га тенг (240-расм). Горизонтал йўналиш учун ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни $m_1 v \sin \alpha = (m_1 + m_2)u$ кўринишга эга бўлади. Бундан

$$u = \frac{m_1 v \sin \alpha}{m_1 + m_2} \approx 1,25 \text{ м/сек.}$$



239- расм.



240- расм.

Снаряд ҳаракат миқдорининг вертикал ташкил этувчиси бутунлай Ер шари-га берилади.

$$148. u = m/sMt = 0,083 \text{ м/сек.}$$

$$149. v_1 = \frac{m}{m_1} v = \frac{5}{7} \text{ м/сек, } v_2 = \frac{m}{m_2+m} v = \frac{5}{9} \text{ м/сек.}$$

$$150. s = \frac{m_2^2 v^2}{2kg(m_1+m_2)^2} = 50 \text{ м.}$$

$$151. u = \frac{Mv - m\sqrt{2gH \sin \alpha} \cdot \cos \alpha}{M+m}$$

$$152. v = \frac{(M-m)\sqrt{2gH}}{m} \approx 217 \text{ м/сек,}$$

153 Биринчи ҳолда $u_1 = \frac{m_1 u - m_2 v}{m_1 - m_2} \approx 6 \text{ км/соат}$, иккинчи ҳолда $u_2 = \frac{m_1 u + m_2 v}{m_1 - m_2} \approx 12 \text{ км/соат}$.

154. Платформанинг унга тош келиб теккандан кейинги тезлиги ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни ёрдамида аниқланади:

$$u = m_1 v / (m_1 + m_2) = 16 \text{ км/соат.}$$

Люк орқали тош тушганда бу тезлик ўзгармайди, чунки бунда платформага горизонтал йўналишда таъсир қилувчи кучлар вужудга келмайди.

$$155. v_1 = \frac{(m_1 + m_2)v - m_2 v_2}{m_1} = -15 \text{ м/сек;}$$

катта бўлакнинг тезлиги ядронинг бўлинимасдан олдинги тезлигига қарама-қарши йўналган.

$$156. v_1 = \frac{m}{M} v_2 \approx 0,2 \text{ м/сек, } v_2 = v = 8 \text{ м/сек.}$$

157. Қайиқларнинг юклар ташлангандан кейинги тезликлари ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни ёрдамида аниқланади. Олдинга (биринчи қайиққа) отилган юк сувга нисбатан $v+u$ тезликка эга бўлади, орқага (учинчи қайиққа) отилган юк эса $v-u$ тезлик олади. „Биринчи қайиқ—юк“ системасининг юк қайиққа тушмасдан аввалги ҳаракат миқдори $Mv + m(v+u)$ га тенг. Уни юк қайиққа тушгандан кейинги ҳаракат миқдорига тенглаб,

$$Mv + m(v+u) = (M+m)v_1$$

ни оламиз, бунда v_1 —биринчи қайиқнинг изланаётган тезлиги. Бундан

$$v_1 = \frac{Mv + m(v+u)}{M+m}$$

Учинчи қайиқ учун ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни $Mv + m(v-u) = (M+m)v_3$ кўринишга эга, бинобарин, $v_3 = \frac{Mv + m(v-u)}{M+m}$.

Ўртадаги қайиқнинг тезлиги ўзгармайди. Ҳақиқатан ҳам, юклар ташланмасдан олдин юкли қайиқнинг ҳаракат миқдори $(M+2m)v$ га тенг. Масаланинг шартига кўра у юклар ташлангандан кейин ўзгармайди:

$$(M+2m)v = Mv_2 + m(v+u) + m(v-u);$$

бундан $v_2 = v$.

158. Агар одамнинг қайиққа нисбатан тезлигини v билан, қайиқнинг сувга нисбатан тезлигини u билан белгиланса, одамнинг сувга нисбатан тезлиги $v + u$ га тенг бўлади. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига кўра $m(v + u) + Mu = 0$. Бундан $\frac{u}{v} = -\frac{m}{M+m}$. Тезликлар нисбати ҳаракат вақтида ўзгармай қолади. Шунинг учун ўтилган кўчишларнинг нисбати тезликлар нисбатига тенг бўлади: $\frac{s}{l} = -\frac{m}{M+m}$.
Бинобарин,

$$s = -\frac{lm}{M+m} = -1 \text{ м.}$$

Минус ишора одамнинг ва қайиқнинг силжишлари йўналиш жиҳатидан қарама-қарши эканини кўрсатади.

159. Горизонтал йўналишда поезд томонидан Ер шарига таъсир қиладиган тўла куч нолга тенг, чунки тортиш кучи ўзгармас ва ишқаланиш кучига тенг. Составнинг ажралиши эса бу фактни ўзгартирмайди, чунки масаланинг шартига кўра ҳаракатга қаршилик тезликка боғлиқ эмас. Бинобарин, горизонтал йўналишда Ер томонидан „поезд – ажралган вагон“ системасига таъсир қилувчи куч ҳам нолга тенг. Шунинг учун системага ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунини қўллаш мумкин.

Бу қонунни поезднинг ажралмасдан олдинги тезлигига тенг тезлик билан ҳаракат қилаётган санок системасида қўллаш энг қулайдир, $mv + (M - m)u = 0$, бунда v ва u —вагон ва поезднинг танлаб олинган санок системасига нисбатан ихтиёрий вақт моментигаги тезликлари. Равшанки, $\frac{v}{u} = -\frac{M-m}{m}$. Минус ишора бизнинг системамизда вагон ва поезд турли томонларга ҳаракат қилишига мов келади.

Тезликлар нисбати ўзгармас ва вагон ҳамда поезднинг бошланғич тезликлари бир хил бўлгани учун, ҳаракатдаги системада вагон ўтган l'_1 ва поезд ўтган l'_2 йўллар нисбати тезликлар нисбатига тенг бўлади:

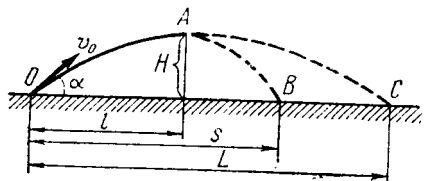
$$\frac{l'_1}{l'_2} = \frac{M-m}{m}. \quad (1)$$

Вагоннинг ҳаракатдаги координата системасига нисбатан тезлиги поезднинг ажралишдан олдинги тезлиги v_0 га тенг бўлиб қолган моментда

$$s = l'_1 + l'_2 \quad (2)$$

тенглик бажарилади. Вагон ўтган l'_1 масофа унинг тинч турган координата системасида тўхтагунча ўтган l_1 масофасига тенг. Чунки ҳарикки системада вагоннинг тезланиш катталиги ва ҳаракат вақти бир хил, улардан бирида тезлик нолдан v_0 гача, иккинчисида v_0 дан нолгача ўзгаради. (1) ва (2) тенгламалар системасини ечиб қуйидагини топамиз:

$$l_1 = \frac{M-m}{M} s = 480 \text{ м.}$$



241- расм.

Бу нуқтада снаряднинг тезлиги $v_H = v_0 \cos \alpha$. Снаряд бўлақларининг v_1 ва v_2 бошланғич тезликлари v_H билан ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни орқали боғланган: $Mv_H = \frac{M}{2}v_1 + \frac{M}{2}v_2$, бунда M — снаряд массаси.

Биринчи бўлақнинг тезлиги v_1 ни берилган s масофа бўйича топиш мумкин. Равшанки, $s = v_1 t$, бунда $t = \sqrt{2H/g} = (v_0 \sin \alpha)/g$ бўлақларнинг учини вақти. Бундан

$$v_1 = \frac{sg}{v_0 \sin \alpha} - v_0 \cos \alpha.$$

Иккинчи бўлақнинг бошланғич тезлиги $v_2 = 2v_H - v_1 = 3v_0 \cos \alpha - \frac{sg}{v_0 \sin \alpha}$.

Изланаётган масофа

$$L = l + v_2 t = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g} - s.$$

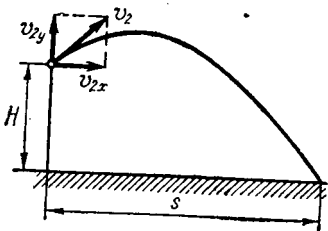
Шу масалани бошқа усул билан ечиш мумкин. Бўлақларнинг оғирлик маркази снаряд бўлинмаганда қандай ҳаракат қилса, шундай ҳаракатланади. Бўлақлар ерга бир пайтда тушади ва системанинг оғирлик маркази тушиш моментидан отиш жойидан $2l$ масофада туради. Бунинг учун

$$\frac{M}{2}(2l - s) = \frac{M}{2}(L - 2l)$$

муносабат бажарилиши зарур; бундан

$$L = 4l - s = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g} - s.$$

161. Вертикал пастга йўналишни ва снаряднинг ҳаракати томонга бўлган горизонтал йўналишни мусбат йўналишлар деб қабул қиламиз (242-расм).



242-расм.

Масаланинг шартига кўра снаряд бўлингандан кейин биринчи бўлақ тезлигининг фақат вертикал ташкил этувчисига эга. Шунинг учун горизонтал йўналиш учун ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни $Mv = \frac{M}{2}v_{2x}$ кўринишга эга, бунда M — снаряднинг массаси, v_{2x} — иккинчи бўлақ тезлигининг горизонтал йўналишга проекцияси.

Снаряд ҳаракат миқдорининг вертикал йўналишга проекцияси бўлиниш олдида нолга тенг бўлгани учун $\frac{M}{2} v_{1y} + \frac{M}{2} v_{2y} = 0$, бўлақлар тезликларининг вертикал ташкил этувчилари катталиги жиҳатидан тенг ва қарама-қарши томонларга йўналган. Бинобарин,

$$v_{2y} = -v_{1y}.$$

Бўлақлар ҳаракатининг кинематик тенгламаларини ҳам ёзамиз. Биринчи ва иккинчи бўлақлар учун

$$H = v_{1y}\tau + \frac{g\tau^2}{2}, \quad H = v_{2y}t + \frac{gt^2}{2} \quad \text{ва} \quad s = v_{2x}t,$$

бунда t — иккинчи бўлақнинг гушиш вақти. Бу тенгламалардан v_{1y} , v_{2x} , v_{2y} ва t ларни йўқотиб снаряднинг бўлиниш олдидаги тезлиги учун квадрат тенглама оламиз:

$$v^2 - \frac{s}{2H} \left(\frac{g\tau}{2} - \frac{H}{\tau} \right) v - \frac{gs^2}{8H} = 0.$$

Унинг икки илдизидан:

$$v = \frac{s}{4H} \left(\frac{g\tau}{2} - \frac{H}{\tau} \right) \pm \frac{s}{4H} \left(\frac{g\tau}{2} + \frac{H}{\tau} \right)$$

масаланинг ечими плюс ишорали илдиз бўлади, чунки биз танлаган мусбат йўналиш учун $v > 0$.

Шундай қилиб, $v = sg\tau/4H$.

6-§. Статика

162. $T_1 = F$; $T_2 = 2F$.

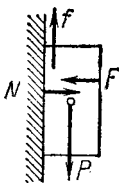
163. $d = D \sqrt{10 p/n T} \approx 0,036 \text{ м} = 36 \text{ мм}$.

164. Брусочка таъсир қилувчи кучлар 243-расмда тасвирланган. N — нормал босим, $f < kN$ — ишқаланиш кучи, $P = mg$ — оғирлик кучи. Мувозанат вазиятида $N = F$ ва $f = P$. Бинобарин, $kF > P$. Кучнинг максимал қиймати

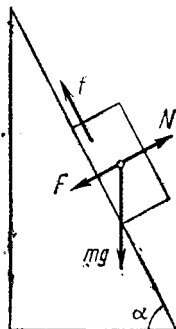
$$F = P/k = 490 \text{ Н}.$$

165. $F > kmg$.

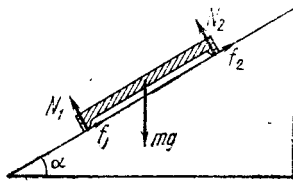
166. Брусочка 244-расмда тасвирланган тўртта куч таъсир қилади. Бу ерда N — нормал босим, $f < kN$ — ишқаланиш кучи. Мувозанат вазиятида



243- расм.



244- расм.



245- расм.

кучларнинг қия текисликка ва перпендикуляр йўналишга проекциялари йиғиндиси нолга тенг:

Бундан
$$f - mg \sin \alpha = 0. \quad F + mg \cos \alpha - N = 0.$$

$$F > \frac{mg}{k} (\sin \alpha - k \cos \alpha) \approx 32 \text{ Н.}$$

167. Тахтага таъсир қилувчи кучлар 245- расмда тасвирланган: N_1, N_2 — реакция кучлари, f_1, f_2 — ишқаланиш кучлари, mg — оғирлик кучи. Қуйи ва юқори таянчлар орқали ўтган ўқларга нисбатан кучлар моментлари йиғиндисининг нолга тенглиги $N_1 = N_2 = \frac{1}{2} mg \cos \alpha$ ни беради. Кучларнинг қия текислик бўйлаб йўналишга проекциялари йиғиндисининг нолга тенглиги $mg \sin \alpha = f_1 + f_2$ тенгламага олиб келади. $f_1 < k_1 N_1$ ва $f_2 < k_2 N_2$ бўлганда сирпаниш мавжуд эмас. Бурчакнинг чегаравий қиймати

$$mg \sin \alpha = (k_1 + k_2) \cdot \frac{1}{2} mg \cos \alpha$$

тенглама билан аниқланади, бундан

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} (k_1 + k_2)$$

168. Кучларнинг горизонтал йўналишга проекциялари тенглиги трослар таранглигининг тенг бўлишини талаб қилади (246- расм). Мувозанат учун кучларнинг вертикал йўналишга проекциялари йиғиндиси нолга тенг бўлиши зарур: $2T \cos(\alpha/2) - P = 0$, бунда $P = mg$ — оғирлик кучи. Бундан

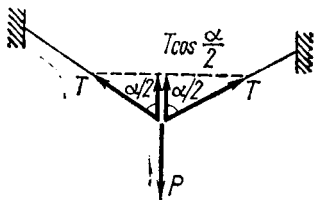
$$T = \frac{mg}{2 \cos(\alpha/2)} = 196 \text{ Н.}$$

169. $T_1 = T_3 \approx 98 \text{ Н}, \quad T_2 = 97,5 \text{ Н.}$

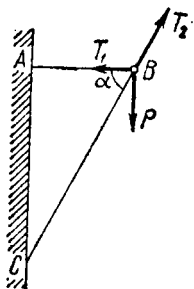
170. 247- расмда кронштейннинг B нуқтасига таъсир қилувчи кучлар тасвирланган; $P = mg$ — юкка таъсир қилувчи оғирлик кучи. AB стержень T_1 куч билан тортилган, BC стержень эса T_2 куч билан сиқилган. B нуқта мувозанатда тургани учун, бу кучларнинг горизонтал ва вертикал йўналишларга проекциялари йиғиндиси нолга тенг:

$$T_1 - T_2 \cos \alpha = 0, \quad P - T_2 \sin \alpha = 0. \quad \text{Бундан}$$

$$T_1 = mg \operatorname{ctg} \alpha = 568 \text{ Н}; \quad T_2 = \frac{mg}{\sin \alpha} \approx 1126 \text{ Н.}$$



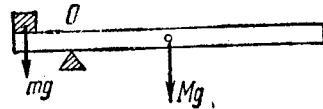
246- расм.



247- расм.

171. $P\sqrt{P_1P_2} \approx 2,9$ кг-куч.

172. Оғирлик кучларининг O нуқта орқали ўтган ўққа нисбатан моментлари тенглиги (248-расм) қуйидаги тенгламага олиб келади: $mg \frac{l}{5} = Mg \left(\frac{l}{2} - \frac{l}{5} \right)$, бу ерда l — стерженнинг узунлиги. Бундан $M = 2m/3 = 0,8$ кг.



248-расм.

173. Платформа четидан ўтган ўққа нисбатан P ва F кучлар моментларининг йиғиндиси нолга тенг. Масаланинг шартига кўра бу кучларнинг елкалари бир хил (249-расм). Шунинг учун $P = F = 2000$ Н.

174. 250-расмда трубага таъсир қилувчи кучлар тасвирланган. Ньютоннинг учинчи қонунига мувофиқ F_1 ва F_2 кучлар катталиги жиҳатидан изланаётган кучларга тенг. Мувозанат пайтида кучлар йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. Шунинг учун $F_1 + F_2 - mg = 0$. Кучларнинг B нуқта орқали ўтган ўққа (ҳар қандай бошқа ўқни ҳам танлаш мумкин эди) нисбатан моментларининг тенглигини $F_1(L - a) = mg(L/2)$ кўринишда ёзиш мумкин. Олинган тенгламалар системасини ечиб,

$$F_1 = \frac{mgL}{2(L - a)} = 490 \text{ Н,}$$

$$F_2 = \frac{mg(L - 2a)}{2(L - a)} = 294 \text{ Н}$$

ни топамиз.

175. Агар нарвоннинг юқори учи девордан бир оз узоқлашса, O нуқта (251-расм) орқали ўтган ўққа нисбатан моментни фақат F ва $P = mg$ кучлар ҳосил қилади. Бу кучлар моментларининг тенглиги қуйидаги тенгламани ёзишга имкон беради:

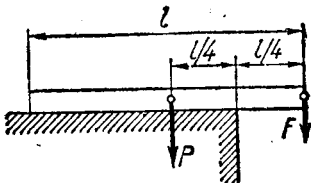
$$F \frac{L}{2} \cos \alpha - P \frac{2L}{3} \sin \alpha = 0,$$

бу ерда L — нарвоннинг узунлиги. Бундан $F = \frac{4}{3} mg \operatorname{tg} \alpha$.

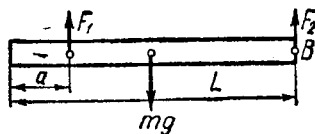
176. $\alpha = \operatorname{arctg} (1/2 \text{ к})$.

177. Тахтачаларга таъсир қилувчи кучлар 252-расмда тасвирланган. Кучларнинг вертикал ўққа проекциялари йиғиндиси тенглигида $N = P$ келиб чиқади. Тахтачаларнинг бир-бирига тегиш нуқтаси орқали ўтган ўққа нисбатан кучлар momenti учун тенглама қуйидаги кўринишга эга:

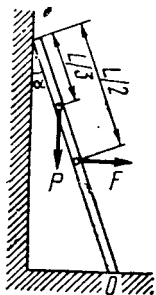
$$P \frac{1}{2} l \sin \alpha + fl \cos \alpha = N l \sin \alpha.$$



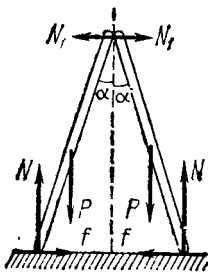
249-расм.



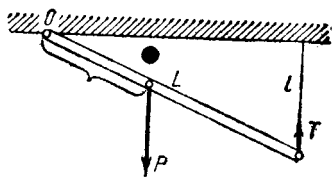
250-расм.



251- расм.



252- расм.



253- расм.

Бу ерда l — тахтачинг узунлиги. Бундан

$$f = \left(N - \frac{1}{2}P \right) \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} N \operatorname{tg} \alpha.$$

Тахтачалар мувозанатда туриши учун $f < kN$ шарт бажарилиши зарур. Бинобарин,

$$k > \frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha.$$

178 P ва T кучларнинг (253- расм) шарнир ўқиға (O нуқта) нисбатан моментлари йиғиндисининг нолға тенглиги қуйидаги тенгламага олиб келади:

$$T \sqrt{L^2 - l^2} - Ps \frac{\sqrt{L^2 - l^2}}{L} = 0,$$

бу ерда l — шнур узунлиги. Бундан изланаётган тарангликни топамиз:

$$T = Ps/L = 6 \text{ Н.}$$

$$179. F_{\text{мин.}} = \frac{PV \sqrt{h(2R-h)}}{R-h}.$$

$$180. F = P(r_1 - r_2) \quad 2l = 5 \text{ Н.}$$

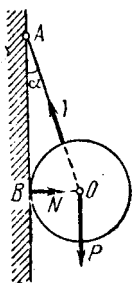
$$181. m_2 = \frac{m_1}{2} \operatorname{tg} \alpha; \text{ мувозанат турфун эмас.}$$

182. Девор силлиқ бўлгани учун, унинг томонидан шарға деворға перпендикуляр бўлган таянч реакциясигина таъсир қилади (254- расм). Ньютоннинг учинчи қонунига кўра бу куч катталиги жиҳатидан шарнинг деворға босим кучига тенг. N ва $P = mg$ кучларнинг O нуқтаға нисбатан моментлари нолға тенг. Бинобарин, ипнинг таранглиги T ҳам бу нуқтаға нисбатан момент ҳосил қилмайди. Ипнинг давоми шарнинг маркази орқали ўтади. Кучларнинг горизонтал ва вертикал ташкил этувчилари учун мувозанат шартлари қуйидаги кўринишга эга: $N - T \sin \alpha = 0$, $P - T \cos \alpha = 0$. Бундан $N = P \operatorname{tg} \alpha$, AOB учбурчакдан

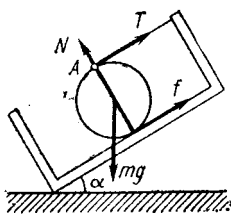
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{\sqrt{(l+R)^2 - R^2}};$$

бинобарин,

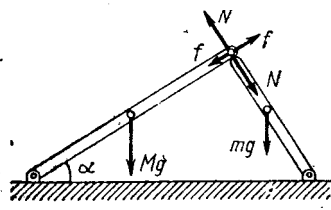
$$N = \frac{RP}{\sqrt{l^2 + 2Rl}} = 1,23 \text{ Н.}$$



254- расм.



255- расм.



256- расм.

183. Шарга таъсир қилувчи кучлар 255-расмда тасвирланган. Кучларнинг идиш тубига перпендикуляр йўналишга проекциялари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. Фақат оғирлик кучи mg ва идиш тубининг реакцияси N бу йўналишда проекцияга эга. Шундай қилиб, $N = mg \cos \alpha$. Бинобарин, ишқаланиш кучи

$$f < k mg \cos \alpha, \quad (1)$$

Шарнинг мувозанати шу тенгсизликнинг бажарилишига боғлиқ. Шунинг учун ўқни шундай танлаймизки, унга нисбатан кучлар моментини аниқлаганда, ишқаланиш кучи momenti нолдан фарқли, таранглик кучи T ning momenti эса нолга тенг бўлсин (бу кучни ҳисобга олмаслик мумкин бўлиши учун). Бу шартни ип маҳкамланган A нуқта орқали ўтган ва расм текислигига перпендикуляр бўлган ўқ қаноатлантиради. Бу ўққа нисбатан ишқаланиш кучининг елкаси $2R$, оғирлик кучининг елкаси $l = R \sin \alpha$, T ва N кучларнинг елкаси эса нолга тенг (R — шарнинг радиуси). Мувозанат пайтида кучлар моментларининг йиғиндиси нолга тенг, яъни

$$2Rf - mgR \sin \alpha = 0;$$

бундан $f = \frac{1}{2} mg \sin \alpha$. (1) тенгсизликни ҳисобга олиб, мувозанат вазиятида $kmg \cos \alpha > \frac{1}{2} mg \sin \alpha$ эканини топамиз. Бинобарин, максимал α бурчак $\alpha = 2k$ шартдан аниқланади.

184. Таёқчаларнинг юқори учларига таъсир қилувчи кучлар 256-расмда тасвирланган; f — ишқаланиш кучлари, N — эластик ўзаро таъсир кучлари. L — катта таёқчанинг узунлиги, l — кичик таёқчанинг узунлиги бўлсин. У ҳолда таёқчалар учлари орқали ўтган A ва B ўқларга нисбатан (38-расмга қаранг) моментлар тенгламаси қуйидаги кўринишга эга

$$Mg \frac{L}{2} \cos \alpha = NL, \quad mg \frac{l}{2} \sin \alpha = fl.$$

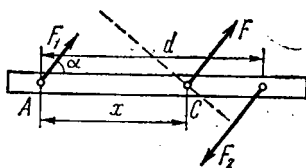
бундан

$$N = \frac{1}{2} Mg \cos \alpha, \quad f = \frac{1}{2} mg \sin \alpha.$$

$f < kN$ бўлгани учун, ишқаланиш коэффициентининг минимал қиймати

$$k = \frac{f}{N} = \frac{m}{M} \operatorname{tg} \alpha$$

да система мувозанатда туради.



257- расм.

185. Стержень мувозанатда туриши учун унга таъсир қилувчи кучлар ва уларнинг ҳар қандай кўзгалмас нуқта орқали ўтган ўққа нисбатан моментлари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. $F_1 + F - F_2 = 0$ тенгламадан F кучнинг F_1 ва F_2 кучларга параллеллиги, F_1 бўйлаб йўналганлиги ва $F_2 - F_1 = 15$ Н га тенглиги келиб чиқади (257- расм).

F кучнинг қўйилиш нуқтаси C ни топишда энг осони кучларнинг шу нуқтадан ўтган ўққа нисбатан моментлари йиғиндисини текширишдир. Бу ҳолда F кучнинг momenti нолга тенг ва F_1 ҳамда F_2 кучларининг моментлари бир-бирини мувозанатлаши керак. C нуқта A нуқтадан x масофада жойлашган ва ҳамма кучлар стержень билан α бурчак ҳосил қилган бўлсин. У ҳолда кучлар моментларининг тенглиги $F_1 x \sin \alpha + F_2(d - x) \sin \alpha = 0$ кўринишда ёзилади. Бундан

$$x = \frac{F_2 d}{F_2 - F_1} = 2,5 \text{ м.}$$

Натижа α бурчак катталигига боғлиқ эмас. $\alpha = 0$ бўлган ҳол бундан мустаснодир. Бу ҳолда F куч стерженнинг ҳар қандай нуқтасига қўйилиши мумкин.

186. Оғирлик кучларининг оғирлик маркази орқали ўтган ўққа нисбатан моментлари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. Системанинг оғирлик марказидан стерженнинг оғирлик марказигача бўлган масофани x билан белгилаб (258- расм), қуйидаги тенгламани оламиз:

$$P_1 \left(\frac{l_1}{2} + \frac{d}{2} + x \right) + P_3 x - P_2 \left(\frac{l_2}{2} + \frac{d}{2} - x \right) = 0.$$

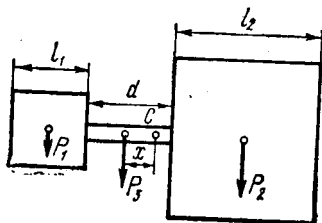
Бундан

$$x = \frac{P_2(l_2 + d) - P_1(l_1 + d)}{2(P_1 + P_2 + P_3)} = 0,05 \text{ м,}$$

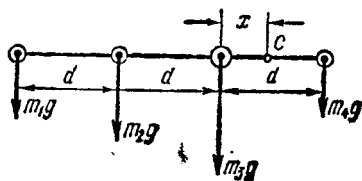
яъни системанинг оғирлик маркази иккинчи куб маҳкамланган нуқтада жойлашган.

187. Системанинг оғирлик маркази вазияти олдиндан маълум эмас. Шунинг учун системанинг оғирлик маркази стержендаги шарлардан биттасининг ҳам маркази билан устма-уст тушмайдиган ихтиёрий C нуқтада жойлашган деб фараз қилишимиз мумкин (259- расм). Кучларнинг C нуқта орқали ўтган ўққа нисбатан моментлари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$m_1 g (2d + x) + m_2 g (d + x) + m_3 g x - m_4 g (d - x) = 0.$$



258- расм.



259- расм.

Бундан

$$x = \frac{m_4 - m_2 - 2m_1}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} d = -0,05 \text{ м.}$$

Минус ишора системанинг оғирлик маркази биз фараз қилганимиздек учинчи шар марказидан ўнгга эмас, балки чапда ундан 5 см масофада жойлашган эканлигини билдиради.

188. Мис сим ўртасидан оғирлик марказигича бўлган масофа

$$x = \frac{\sqrt{3} \rho_a l}{2(\rho_a + \rho_M)} \approx 16,3 \text{ см.}$$

189. Цилиндр тўнкарилиб кетмаслиги учун оғирлик кучининг A нуқта орқали ўтган ўққа нисбатан momenti цилиндри соат стрелкасига қарши йўналишда буриши зарур (260- расм). Бинобарин, оғирлик маркази орқали ўтган вертикал тўғри чизиқ цилиндр асосидан ўтиши керак. Масаланинг шартига кўра цилиндр кесими квадратдан иборат. Шунинг учун α бурчакнинг йўл қўйиладиган максимал қиймати 45° га тенг.

190. $x = h_2/(d + 2h) = 4,5 \text{ см.}$

191. $h^2/R = \sqrt{2/3}.$

192. A нуқтадан ўтувчи ўққа нисбатан нолдан фарқли момент ҳосил қилувчи кучлар 261- расмда тасвирланган. $P_1 = m_1 g$ ва $P_2 = m_2 g$ кучларнинг елкалари мос равишда $BC = \frac{3}{8} r \sin \alpha$ ва $ED = r \cos \alpha$ га тенг. Бу кучлар моментлари йиғиндисининг нолга тенглиги

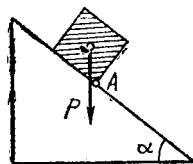
$$m_1 \frac{3}{8} r \sin \alpha - m_2 \cos \alpha = 0$$

дан

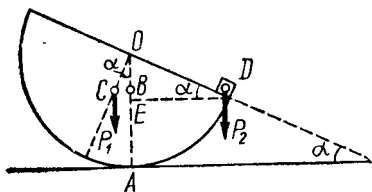
$$\text{tg } \alpha = \frac{8}{3} \frac{m_2}{m_1}$$

келиб чиқади

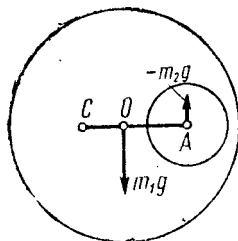
193. Оғирлик маркази вазиятини аниқлашда дискини формал равишда устига катталиги қирқиб олинган бўлакнинг массасига тенг манфий $-m_2$ массага эга бўлган r радиусли диск қўйилган m_1 массали яхлит диск деб қараш мумкин. Симметрия мулоҳазаларидан оғирлик маркази (262- расмдаги C нуқта) диск ва қирқим марказларини туташтирувчи OA тўғри чизиқнинг давомида ётиши равшан. Мусбат ва манфий массалар оғирлик кучларининг



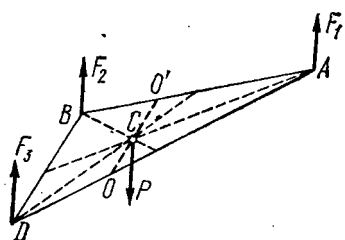
260- расм.



261- расм.



262- расм.



263- расм.

С нуқта орқали ўтган ўққа нисбатан моментлари тенглиги изланаётган масофа $x = OC$ ни аниқловчи тенгламани беради:

$$m_1 g x = m_2 g \left(x + \frac{R}{2} \right).$$

$m_1 = \pi R^2 \sigma$ ва $m_2 = \pi r^2 \sigma$ ни ҳисобга олсак, юқоридаги тенгламадан:

$$x = \frac{r^2 R}{2(R^2 - r^2)}$$

ни топамиз, бу ерда σ — дискнинг бирлик юзининг массаси.

194. 263- расмда плитага таъсир қилувчи кучлар таъсирланган. Симметрия мулоҳазаларидан плитанинг тенг бурчакларга мос келган учларида уни кўтариб кетаётган одамлар томонидан плитага бир хил кучлар таъсир қилиши равшан, яъни $F_2 = F_3$. Учбурчакнинг оғирлик маркази унинг медианаларининг кесишиш нуқтасида ётади (263- расмдаги С нуқта). BD асосга параллел бўлиб, плитанинг оғирлик марказидан ўтган OO' ўққа нисбатан кучлар моментлари йиғиндисининг нолга тенглиги қуйидаги тенгламага олиб келади:

$$F_2 \frac{h}{3} + F_3 \frac{h}{3} - F_1 \frac{2h}{3} = 0.$$

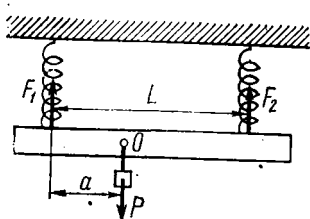
Бу ерда тенг ёнли учбурчакда асосга туширилган баландлик медиана билан мос келиши, медианалар кесишиш нуқтаси эса бурчак асосидан медиана узунлигининг $1/3$ қисми масофасида ётиши ҳисобга олинди. Бу тенгламадан $F_1 = F_2 = F_3$ келиб чиқади. Мувозанат вазиятида плитага таъсир қилувчи кучлар йиғиндисини нолга тенг бўлгани учун $F_1 + F_2 + F_3 - P = 0$, бу ерда $P = \frac{ah}{2} \rho g d$ — плитанинг оғирлик кучи.

Ньютоннинг учинчи қонунига мувофиқ F_1 , F_2 ва F_3 кучлар катталиги жиҳатидан изланаётган кучларга тенг эканини ҳисобга олиб,

$$F_1 = F_2 = F_3 = \frac{P}{3} = \frac{ah\rho g d}{6} \approx 176,4 \text{ Н}$$

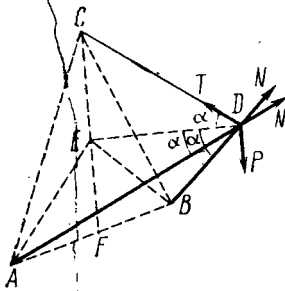
ни оламиз.

195. $l = \frac{a}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_2} \approx 17,3 \text{ см.}$

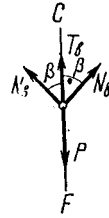


264- расм.

196. Пружиналар чўзилиши бир хил бўлса, стержень горионтал ҳолатда қолади. Бу ҳолда стерженьга пружиналар томонидан $F_1 = k_1 x$ ва $F_2 = k_2 x$ кучлар таъсир қилади, бунда x — пружинанинг чўзилиш масофаси (264-расм). Юкнинг O маҳкамлашиш нуқтаси F_1 ва F_2 кучларнинг O нуқта орқали ўтган ўққа нисбатан моментлари тенглиги билан аниқланади: $F_1 a = F_2 (L - a)$,



265- расм.



266- расм.

бу ерда $a-O$ нуқтадан эластиклик коэффициентини k_1 бўлган пружинагача бўлган масофа. Бундан изланаётган масофа $a = L \frac{k_2}{k_1 + k_2} = 0,6$ м.

$$197. \Delta l = 3 mgl / 2\pi r^2 E = 0,38 \text{ мм.}$$

198. D нуқтага таъсир қилувчи кучлар 265- расмда тасвирланган. Бу ерда $P=mg$ —юкка таъсир қилувчи оғирлик кучи. Симметрия мулоҳазаларидан AD ва BD стерженларнинг бир хил сиқилиши равшан. Кучларни проекциялари йиғиндисини нолга тенглаб, $T \cos \alpha - 2N \cos \alpha = 0$ тенгламани оламиз, бунда α —пирамиданинг исталган қирраси билан унинг DE баландлиги орасидаги бурчак (пирамида қирралари ва баландлик орасидаги бурчакларнинг тенглиги CDE , ADE ва BDE тўғри бурчакли учбурчакларнинг тенглигидан келиб чиқади).

Энди ҳамма кучларнинг DE баландликка перпендикуляр бўлган вертикал текисликка проекцияларини топамиз. Улар 266-расмда тасвирланган. $T_B = T \sin \alpha$; $N_B = N \sin \alpha$ экани равшан, шу билан бирга $\sin \alpha = CE/l$.

$$\text{Бурчак } \beta = \angle AEF; \cos \beta = \frac{h-CE}{AE} = \frac{h-CE}{CE}.$$

Ҳамма кучларнинг CF вертикалга проекциялари йиғиндисини нолга тенг:

$$P - T \sin \alpha - 2N \sin \alpha \cos \beta = 0.$$

$T = 2N$ эканини ҳисобга олиб ва α ҳамда β бурчакларнинг ифодаларини ўрнига қўйиб,

$$T = lmg/h; \quad N = lmg/2h$$

ни оламиз.

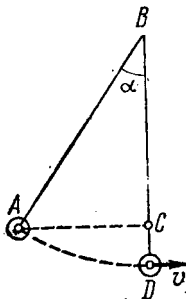
7-§. Иш ва энергия

$$199. l_2 = 4l_1 = 60 \text{ см.}$$

$$200. F = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2a} = -2,5 \cdot 10^4 \text{ Н; минус ишора } F \text{ куч ўқ тезлигига қарши йўналганлигини кўрсатади.}$$

$$201. v = \sqrt{v_0^2 - 2Fd/m} \text{ ва тахтанинг тезлигига боғлиқ эмас.}$$

$$202. s = \frac{m_2^2 v^2}{2(m_1 + m_2)^2 kg} = 50 \text{ м.}$$



267-расм.

203. F кучининг иши кинетик энергия орттирмасига тенг, $Fx = E$, бунда x — жисмининг t вақтда ўтган масофаси. Жисмининг тезланиши $a = F/m$ ўзгармас бўлгани учун $x = Ft^2/2m$. Бинобарин, $E = (Ft)^2/2m = 0,05$ Ж.

204. $F = mv^2/2s = 9,6 \cdot 10^5$ Н; тормозланиш кучи икки баробар ортиши керак.

$$205. A = \frac{m_1 v_1^2}{2m_2} (m_1 + m_2) = 38,4 \text{ Ж.}$$

$$206. \bar{W} = mv^3/4l = 160 \text{ кВт.}$$

207. 4 марта.

$$208. W_{\text{макс.}} = 4 s^2 m / l^3 = 200 \text{ кВт.}$$

209. Фойдали иш коэффициенти $\eta = Fv/W$. Бундан $E = \eta W/v = 3,2 \cdot 10^4$ Н.

$$210. \alpha = \frac{W}{mgv} - k = 0,007 \text{ рад.}$$

$$211. V_0 = W/\rho g H \eta = 10^3 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$212. W_0 = Mg H/\eta \tau = 20 \text{ кВт.}$$

$$213. \alpha \approx \arcsin(0,3) \approx 17^\circ.$$

$$214. W_0 = (mgl \sin \alpha)/\tau \eta \approx 3,46 \text{ кВт.}$$

$$215. v > \sqrt{4gl} \approx 198 \text{ см/сек.}$$

216. α бурчакка оғган маятникнинг потенциал энергияси $U = mgh$ га тенг, бунда $h = DC$ (267-расм). $DC = BD - BC = l(1 - \cos \alpha) = l \cdot 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$

эканн равшан. Бинобарин, $U = 2mg l \sin^2 (\alpha/2)$. D вазиётдан ўтаётганда маятник максимал тезликка эга бўлади. Бунда маятник потенциал энергиясининг ҳаммаси кинетик энергияга айланади, $2mg l \sin^2 (\alpha/2) = mv^2/2$.

Бундан $v = 2\sqrt{gl \sin^2 (\alpha/2)}$.

$$217. v = \sqrt{v_0^2 - 2gH}.$$

$$218. T = mg \cdot t^2/2 \sin^2 \alpha \approx 58 \text{ Ж.}$$

$$219. T = mg^2 t^2/4 = 480 \text{ Ж.}$$

$$220. T = mg^2 \tau^2/2 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Ж.}$$

$$221. A = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = 4957,5 \text{ Ж.}$$

$$222. p_{\text{ўр}} = mg^2 t^2/2\pi d^2 l \approx 6,1 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 \approx 0,6 \text{ атм.}$$

$$223. H = v_0^2/4g = 61,25 \text{ м.}$$

$$224. T = h(F - mg) = 98 \text{ Ж.}$$

$$225. F = \frac{m}{2s} \left[v_0^2 + 2g(H + s) \right] \approx 26900 \text{ Н.}$$

226. Юкнинг потенциал энергиясининг ноли сифатида қозик қалпоғи сатҳи қабул қилинса, қозикқа урилиш моментда юкнинг энергияси фақат кинетик энергиядан иборат бўлади. Бу энергия юк қўйиб юборилган моментда унинг тўла энергиясига тенг, яъни

$$E = \frac{Pv_1^2}{2g} = PH + \frac{Pv^2}{2g} = 2,25 \cdot 10^4 \text{ Ж.} \quad (1)$$

Бу ерда v_1 — юкнинг бевосита қозикқа урилиш олдидаги тезлиги.

Урилиш қисқа муддатли бўлгани учун тупроқнинг қаршилиқ кучи урилиш вақти давомида системанинг ҳаракат миқдорини сезиларли ўзгартира олмайди. Урилиш ноэластик бўлгани учун

$$\frac{Pv_1}{g} = \frac{(P+Q)v_2}{g}, \quad (2)$$

бунда v_2 — юк ва қозикнинг бевосита урилиш содир бўлгандан кейинги тезлиги. Юк ва қозикнинг охириги энергияси (уларнинг h чуқурликдаги потенциал энергияси) ва уларнинг бошланғич энергияси (бевосита урилиш содир бўлгандан кейинги кинетик энергияси) фарқи тупроқнинг қаршилиқ кучи бажарган ишга тенг, яъни

$$(P+Q)h - \frac{(P+Q)v_2^2}{2g} = Fh. \quad (3)$$

(1) — (3) муносабатлардан

$$h = \frac{P^2, 2gH + v^2}{2g(P+Q)(P+Q-F)} = -0,6 \text{ м.}$$

Бу ерда $F > (P+Q)$. Акс жолда юк қозикқа ҳеч қандай зарбсиз қўйилганда ҳам қозик тупроққа тўхтовсиз ботади, $Q > F$ бўлганда эса унинг тупроққа ботиши умуман юкёз содир бўлади.

Икки кетма-кет урилишлар орасидаги вақт

$$t = \frac{H}{v} + \frac{v}{g} + \frac{\sqrt{2gH + v^2}}{g}$$

дан кичик бўлмайди. Бир минутдаги урилишлар сони

$$n = \frac{60vg}{Hg + v^2 + v\sqrt{2gH + v^2}} \approx 13$$

дан кўп эмас.

$$227. A = mgh + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \approx 8,1 \cdot 10^7 \text{ Ж (ҳавонинг қаршилигини ен-}$$

гшда бажарилган иш ҳисобга олинмаганда).

$$228. \alpha \approx 60'.$$

$$229. H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} + \frac{m^2 v_1^2}{2M^2 g}.$$

$$230. T = U = mg^2 \cdot 2/8 \approx 5 \text{ Ж.}$$

$$231. v_0 = 4\sqrt{2gH/3} = 16,2 \text{ м/сек.}$$

$$232. H = \frac{v^2}{2g(1+k \operatorname{ctg} \alpha)}.$$

$$233. s = H(1-k \operatorname{ctg} \alpha)/k. k > \operatorname{tg} \alpha \text{ да чана жойида қолади.}$$

$$234. U_3 - U_2 = mgl; U_2 - U_1 = mg \frac{l}{2}; U_3 - U_1 = mg \frac{3}{2} l.$$

$$235. A = SpgH^2/2 = 19,6 \cdot 10^8 \text{ Ж, бунда } p \text{ — ернинг зичлиги.}$$

236. Столда ётган занжирнинг потенциал энергияси нолга тенг бўлсин. Унда занжирнинг x узунликли қисми осилган моментда унинг потенциал энергияси осилган қисмининг оғирлик кучи $\frac{m}{L} gx$ ва $-\frac{x}{2}$ лар кўпайтмаси-

га тенг (занжир бир жинсли ва унинг осилган қисми оғирлик маркази стол четидан $x/2$ масофада туради). Бу ерда m — занжирнинг массаси. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан (бошланғич моментда занжирнинг осилган қисми потенциал энергиясини ҳисобга олмаганда): $\frac{mv^2}{2} - \frac{mg}{2L} x^2 = 0$ Бундан $v = x\sqrt{g/L}$.

237. Қудуқдаги сувнинг оғирлик маркази ер сиртидан $\frac{3}{4} H$ масофада жойлашган. Шунинг учун сувни қудуқдан чиқаришда

$$A_1 = mg \frac{3}{4} H = \rho g \frac{H}{2} S \frac{3}{4} H = \frac{3}{8} \rho g SH^2$$

иш бажарилади. Бунда ρ — сувнинг зичлиги.

Ундан ташқари насос сувга бирор миқдор кинетик энергия беради, чунки сув трубадан маълум тезлик билан оқиб чиқади. Бу v тезликини $\frac{H}{2} S = \pi R^2 v t$ муносабатдан топиш мумкин. Қўшимча иш

$$A_2 = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{\rho H^3 S^3}{16\pi^2 R^4 t^2}$$

$$\text{Тўла иш } A = \frac{3}{8} \rho g SH^2 + \frac{\rho H^3 S^3}{16\pi^2 R^4 t^2}$$

$$238. T = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)} \approx 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Ж.}$$

239. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига мувофиқ $mv_0 = Mu + mv$, бунда u ва v — шар ва ўқнинг ўқ шарни тешиб ўтгандан кейинги дастлабки моментдаги тезликлари. Энергиянинг сақланиш қонуни иккита тенглама беради:

$$Mgh = Mu^2/2 \quad \text{ва} \quad mgh = mv^2/2$$

Бу тенгламалардан u ва v ни йўқотиб.

$$H = \frac{(mv_0 - M\sqrt{2gh})^2}{2m^2g}$$

ни топамиз.

$$240. T = mv_0^2/10 = 0,2 \text{ Ж.}$$

$$241. U = kmgl.$$

242. Ҳаракат миқдорининг ва энергиянинг сақланиш қонунларига асосан қуйидаги тенгламаларни ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned} m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v_1' + m_2 v_2'; \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} &= \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}, \end{aligned}$$

бунда v_1' ва v_2' — шарларнинг ўзаро тўқнашувдан кейинги тезликлари. Юқоридаги тенгламалар системасини ечиш учун ҳар икки тенгламада тенглик ишорасидан бир томонга биринчи шарга тегишли катталикларни, иккинчи томонга эса иккинчи шарга тегишли катталикларни бирлаштириш, шундан

кейин иккинчи тенгламани биринчи тенгламага бўлиш қулай. Натижада биринчи тартибли тенглама олинади: $v_1 + v'_1 = v_2 + v'_2$. Бу тенгламани биринчи тенглама билан биргаликда ечиб,

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}; \quad v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

ни оламир

$$243. \tau = 2L/v.$$

$$244 \text{ Энергиянинг сақланиш қонунига асосан } mgh = \frac{mu^2}{2} + \frac{Mv^2}{2}, \text{ бу ер}$$

да u — брусокнинг тезлиги, v — понанинг брусок горизонтал сиртга сирпаниб тушгандан кейинги тезлиги. Импульснинг сақланиш қонунига мувофиқ $mu = Mv$. Юқоридаги тенгламалар тезликни аниқлашга имкон беради:

$$v = m \sqrt{\frac{2gh}{(m+M)M}}$$

245. Иккита бир хил шар тўқнашганда тезликлар алмашинади. Ҳаракатдаги шар тўхтайтиди, тинч турган шар эса унинг тезлигини олади. Бу шарларнинг тўқнашишдан кейинги тезликлари учун 242-масаланинг ечимиди олинган ифодалардан бевосита келиб чиқади:

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}; \quad v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}.$$

$m_1 = m_2$ ва $v_2 = 0$ да $v'_1 = 0$, $v'_2 = v_1$ га эга бўламир. Шунинг учун кетмакет тўқнашишлардан кейин охири шардан бошқа ҳамма шарлар тинч туради. Охири шар $v = 10$ м/сек тезлик олади.

246. А шар $v = -v_0/5$ тезлик олади. В ва С шарларнинг тезликлари эса $v_1 = 4v_0/5$.

247. Тўқнашиш momentiда кичик шарларга уларнинг марказларини катта шарнинг маркази билан туташтирувчи чизиқлар бўйлаб йўналган кучлар таъсир қилади. Шунинг учун тўқнашишдан кейин кичик шарларнинг ҳаракати шу чизиқлар бўйлаб содир бўлади. Симметрияга кўра уларнинг тезликлари катталиги жиҳатидан тенг ва катта шарнинг ҳаракат йўналиши билан бир хил α бурчак ташкил қилади (268-расм). Катта шар эса ўз ҳаракат йўналишини сақлайди.

Катта шар ҳаракат йўналишига проекциялар учун импульснинг сақланиш қонунини ва энергиянинг сақланиш қонунини ёзамиз:

$$Mv_0 = Mv + 2mv_1 \cos \alpha, \quad \frac{Mv_0^2}{2} = \frac{2mv_1^2}{2} + \frac{Mv^2}{2}, \quad (1)$$

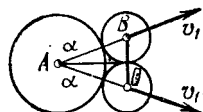
бунда M — катта шарнинг массаси, m — кичик шарнинг массаси, (1) ифодаларни қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$M(v_0 - v) = 2mv_1 \cos \alpha, \quad M(v_0^2 - v^2) = 2mv_1^2. \quad (2)$$

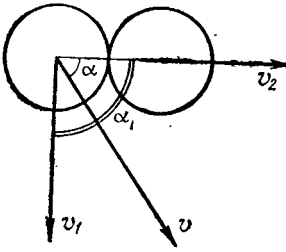
(2) тенгламаларнинг биринчисини квадратга кўтариб, иккинчисига бўлсак

$$\frac{M(v_0 - v)}{v_0 + v} = 2m \cos^2 \alpha \quad (3)$$

ни оламир. Бўлиш пайтида $v = v_0$ бўлган ҳол ташлаб юборилди. Бу ҳолда катта шарнинг тезлиги ўзгармай-



268-расм.



269- расм.

ди, яъни тўқнашиш содир бўлмайди. (3) тенгламадан

$$v = \frac{M - 2m \cos^2 \alpha}{M + 2m \cos^2 \alpha}$$

ОАВ учбурчакдан $\cos^2 \alpha = 8/9$. Шунингдек, $M = 8m$ ни ҳисобга олиб, $v = \frac{7}{11} v_0$ ни аниқлаймиз.

248. Тўқнашишдан кейин иккинчи шар тўқнашиш пайтида шарларнинг марказларини бирлаштирувчи чизиқ бўйлаб v_2 тезлик билан (247- масаланинг ечимига қаранг), биринчи шар эса шу чизиққа α_1 бурчак остида v_1 тезлик билан ҳаракат қилади (269- расм). Шу чизиқ йўналишига ва унга перпендикуляр йўналишга проекциялар учун импульснинг сақланиш қонунини

$$mv \cos \alpha = mv_1 \cos \alpha_1 + mv_2, \quad mv \sin \alpha = mv_1 \sin \alpha_1 \quad (1)$$

ва энергиянинг сақланиш қонунини ёзамиз:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (2)$$

бу ерда m — ҳар бир шарнинг массаси (1) тенгламаларни m га қисқартирамиз, уларнинг ҳар бирини квадратга кўтарамиз ва қўшамиз. Натижада

$$v^2 = v_1^2 + 2v_1 v_2 \cos \alpha_1 + v_2^2 \quad (3)$$

яъ оламиз. (2) тенгламани $m/2$ га қисқартириб ва ҳосил бўлган ифодани (3) дан айириб $2v_1 v_2 \cos \alpha_1 = 0$ ни оламиз. Бундан $\cos \alpha_1 = 0$ келиб чиқади, яъни $\alpha_1 = \pi/2$.

249. Урилишдан олдин биринчи шарнинг тезлиги $v_1 > 0$ бўлсин. У ҳолда урилишдан олдин иккинчи шарнинг тезлиги $v_2 < 0$. v_1 ва v_2 тезликларнинг ишораларини ҳисобга олиб. 242- масаланинг ечимиде олинган формулардан фойдаланиб, биринчи ва иккинчи шарларнинг урилишдан кейинги тезликларини топамиз:

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2) v_1 - 2m_2 v_2}{m_1 + m_2}, \quad v'_2 = \frac{(m_1 - m_2) v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$m_1 > m_2$ бўлгани учун ҳар қандай ҳолда $v'_2 > 0$, $v'_1 > 0$ талаб бажарилиши учун

$$(m_1 - m_2) v_1 > 2m_2 v_2 \quad \text{ёки} \quad \frac{m_1}{m_2} - 1 > 2 \frac{v_2}{v_1}$$

бўлиши керак. Иккинчи томондан, масаланинг шартига мувофиқ

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = k^2 \frac{m_2 v_2^2}{2} \quad \text{ёки} \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \quad (1)$$

Бинобарин,

$$\frac{m_1}{m_2} - 1 > \frac{2}{k} \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}, \text{ бундан } \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} > \frac{1 \pm \sqrt{k^2 + 1}}{k},$$

Тезликларнинг ишоралари ҳисобга олигандан кейин ҳамма ерда уларнинг абсолют қийматлари кўзда тутилгани учун (1) дан $\sqrt{m_1/m_2} > 0$ келиб чиқади. Шунинг учун тенгсизликнинг минус ишорали ечими ташлаб юборилиши керак. Шундай қилиб,

$$\frac{v_2}{v_1} > \frac{1 + \sqrt{k^2 + 1}}{k^2}. \quad (2)$$

(1) формуладан $m_1 > m_2$ ни ҳисобга олиб,

$$\frac{v_2}{v_1} > \frac{1}{k}. \quad (3)$$

Бу иккита тенгсизликдан (2) тенгсизлиكنи танлашимиз керак. Чунки (2) тенгсизлик (3) дан кўра кучлироқ (унинг ўнг томонида касрнинг сурати k дан катта ва бинобарин, ўнг томон $1/k$ дан катта). $k = 4/3$ да $\frac{v_2}{v_1} > \frac{3}{2}$ ни оламиз.

250. $h = 4m_1^2/(m_1 + m_2)^2 = 12,5$ см.

251. Шарчалар $h = 3v_0^2/8g$ баландликда тўқнашади; биринчи шарча $H = v_0^2/2g$ баландликка кўтарилади.

252. Портлашдан кейин тўла энергия

$$E = (m_1 + m_2) gH + \frac{m_1 v_{10}^2}{2} + \frac{m_2 v_{20}^2}{2},$$

бунда v_{10} ва v_{20} — бўлақларнинг бевосита портлашдан кейинги тезликлари. Портлаш жуда тез ўтгани учун портлаш вақти давомида оғирлик кучи импульснини ҳисобга олмаслик мумкин ва бўлақларнинг бевосита портлашдан кейинги тезликлари ўртасидаги муносабатни топиш учун ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунини қўллаш мумкин:

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = 0.$$

Иккита тенгламани системани ечиб

$$v_{10} = -\sqrt{2 \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{E - (m_1 + m_2) gH}{m_1 + m_2}}, \quad v_{20} = \sqrt{2 \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{E - (m_1 + m_2) gH}{m_1 + m_2}}$$

ни топамиз.

Изланаётган тезликлар

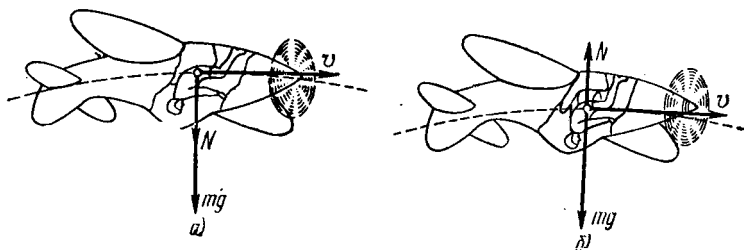
$$v_1 = v_{10} - g\tau \approx -164 \text{ м/сек}, \quad v_2 = v_{20} - g\tau \approx 245 \text{ м/сек}.$$

8- §. Айланма ҳаракат динамикаси

253. $\alpha = 2 \arcsin \left(\frac{M \sqrt{2gl} - mv}{2(M+m) \sqrt{gl}} \right).$

254. $n > \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{kg}{R}} \approx 0,16$ айл/сек.

255. $t = \frac{t_0}{\omega} \sqrt{\frac{kg}{R}} \approx 1$ мин.



270- расм.

256. $k = v^2/Rg \approx 0,2.$

257. $\dot{A} = 2\pi^2 r^2 m (n_2^2 - n_1^2) = 15,8 \text{ Ж.}$

258. $\frac{F}{P} = \frac{\omega^2 D}{2g} = 40.$

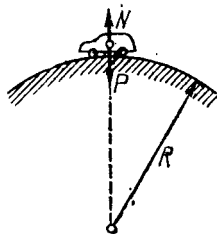
259. Сиртмоқнинг чўққисида самолёт филдираклари юқорига қараган бўлади. Бунда учувчига оғирлик кучи mg ва ўриндиқ томонидан паства йўналган ёки ременлар томонидан юқорига йўналган N куч таъсир қилади (270-а ва 270-б расмлар). Бу кучлар айланма ҳаракат учун зарур бўлган марказга интилма тезланишни беради. Бинобарин, умумий ҳолда $\frac{mv^2}{R} = mg + N.$

Самолётнинг етарлича катта тезликларида $\frac{mv^2}{R} > mg$ ва $N > 0$, яъни N оғирлик кучи томонга йўналган ва бинобарин, учувчи ўриндиққа босилади (270-а расм). $\frac{mv^2}{R} = mg$ бўлганда учувчи ўриндиққа босмайди. Ниҳоят, $\frac{mv^2}{R} < mg$ бўлган кичик тезликларда $N < 0$. Бу ҳолда учувчи ременларга осилади ва N куч юқорига йўналган (270-б расм). Шундай қилиб, тезликнинг талаб қилинаётган қийматлари $v^2/R > g$ тенгсизлик билан аниқланади. Бундан $v > \sqrt{gR} \approx 50 \text{ м/сек} = 180 \text{ км/соат}.$

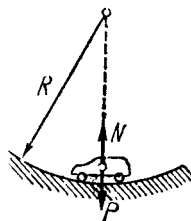
260. $T < 2\pi \sqrt{l/g} = 3,14 \text{ сек.}$

261. $F = (2\pi n)^2 (l_1 m_1 - l_2 m_2).$

262. Кўприк радиуси йўналиши бўйлаб автомобилга таъсир қилувчи кучлар 271-расмда кўрсатилган. $P = mg$ — оғирлик кучи, N — таянч реакцияси. Ньютоннинг учинчи қонунига кўра изланаётган F куч катталиги жиҳатидан таянч реакцияси N га тенг. Ньютоннинг иккинчи қонунига муво-



271- расм.



272- расм.

фиқ автомобилнинг марказга интилма тезланиши унга кўприк айланаси радиуси бўйлаб таъсир қилувчи кучларнинг йиғиндиси билан аниқланади:

$$\frac{mv_1^2}{R} = mg - N. \text{ Бундан}$$

$$N = F = mg - \frac{mv_1^2}{R} = 7800 \text{ Н.}$$

$\frac{mv_2^2}{R} = mg$ шарт бажарилганда кўприкка бўлган босим кучи нолга тенг бўлиб қолади. Бинобарин, $v_2 = \sqrt{gR} \approx 80$ км/соат. $v > v_2$ да ҳам автомобиль кўприкка босмайди.

263. Автомашинга кўприк радиуси бўйлаб таъсир қилувчи кучлар 272-расмда кўрсатилган. 262-масаладан фарқли равишда, бу ерда автомобиль ҳаракати содир бўлаётган айлананинг марказига оғирлик кучи P эмас, балки N куч йўналган. Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ $\frac{mv^2}{R} = N - mg$ Изланаётган куч

$$F = N = mg + \frac{mv^2}{R} \approx 21600 \text{ Н.}$$

264. Кўприк радиуси бўйлаб автомобилга таянч реакцияси N ва оғирлик кучининг проекцияси $mg \cos \alpha$ таъсир қилади (273- расм). Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ изланаётган куч $F = N = mg \cos \alpha - \frac{mv^2}{2}$. Бу катталиқ $\alpha = 0$ да максимал қийматга эришади.

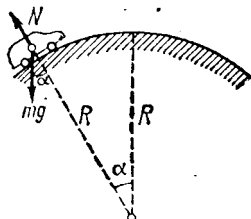
265. Кўприкка энг катта нагрузка (264- масалага қаранг) унинг энг юқори нуқтасида бўлади. Тезлик v нинг йўл қўйиладиган минимал қийматини $mg - F = mv^2/R$ ифодадан аниқлаш мумкин, бунда m — юк машинасининг массаси. Бинобарин, $v > \sqrt{\frac{R(mg - F)}{m}}$ тенгсизлик бажарилиши керак.

Кўприкнинг эгрилик радиуси 274- расмда тасвирланган ACO учбурчакдан аниқланади. Пифагор теоремасига кўра $R^2 = \frac{d^2}{4} + (R - H)^2$. Бундан $R = \frac{4H^2 + d^2}{8H}$.

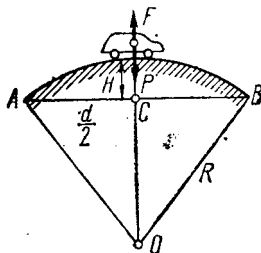
R нинг топилган қийматини тезлик ифодасига қўйиб,

$$v > 40,6 \text{ км/соат}$$

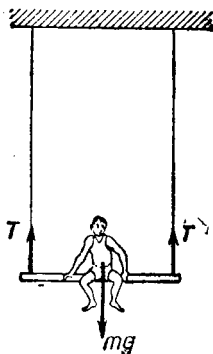
ни оламиз.



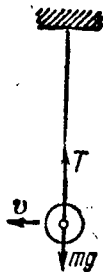
273- расм.



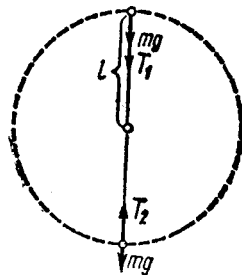
274- расм.



275- расм.



276- расм.



277- расм.

266. Изланаётган тезликни энергиянинг сақланиш қонуни ёрдамида топшиш мумкин. Агар потенциал энергиянинг нолинчи сатҳи деб O нуқтадан ўтган горизонтал текислик қабул қилинса, юкларнинг бошланғич энергияси нолга тенг бўлади. Шунинг учун стержень вертикал вазиятга келган моментда ҳам юкларнинг тўла энергияси нолга тенг бўлади. Ҳар бир кичик юкнинг массасини m билан белгилаб,

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{m(2v)^2}{2} + \frac{2mv^2}{2} - mg \frac{l}{2} - mgl + 2mg \frac{l}{2} = 0$$

га эга бўлаемиз. Бу ерда стержень учигаги кичик юкнинг тезлиги ўртадаги юкнинг тезлигидан икки марта катталиги ҳисобга олинди. Бундан

$$v = \sqrt{gl/7}.$$

267. „Одам — трапеция“ системасига таъсир қилувчи кучлар 275-расмда тасвирланган. Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ $\frac{mv^2}{l} = 2T - mg$, чунки траекториянинг пастки нуқтасида одам юқорига йўналган v^2/l тезланишга эга. Бундан

$$T = \frac{mv^2}{2l} + \frac{mg}{2} \approx 500 \text{ Н.}$$

268. Шарча мувозанат вазиятидан ўтаётган моментда ип энг катта тарангликка эга бўлади. Худди шу нуқтада шарчанинг тезлиги максимал ва таранглик кучи оғирдик кучига тескари йўналган (276-расм). Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $\frac{mv^2}{l} = T - mg$, бунда l — ипнинг узунлиги T — ипнинг таранглиги. Шарчанинг v тезлигини энергиянинг сақланиш қонуни ёрдамида топшиш мумкин $\frac{mv^2}{2} = mgl$. Бу икки тенгламадан v ни йўқотиб, $T = 3mg$ ни ҳосил қилаемиз.

Бинобарин, ип шарчанинг учланган оғирлигига бардош бера олиши керак.

269. Траекториянинг юқори ва қуйи нуқталарида юкка таъсир қилувчи кучлар 277-расмда тасвирланган. Юкнинг шу вазиятлари учун ҳаракат тенгламалари қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$m\omega^2 l = mg + T_1, \quad m\omega^2 l = T_2 - mg,$$

бу ерда $\omega = 2\pi n$ — айланишнинг бурчак тезлиги. Бундан

$$T_1 = m\omega^2 l - mg \approx 31,35 \text{ Н}, \quad T_2 = m\omega^2 l + mg \approx 31,75 \text{ Н}.$$

270. а) $T_{\kappa} - T_{\text{ю}} = 2mg$. б) $T_{\kappa} - T_{\text{ю}} = 6mg$. Бу ерда T_{κ} — юкнинг қуйи вазиятидаги, $T_{\text{ю}}$ — юкнинг юқори вазиятидаги штанга таранглиги.

271. Шарча мувозанат вазиятдан ўтаётган моментда Ньютоннинг иккинчи қонунини қуйидаги шаклда ёзиш мумкин: $\frac{mv^2}{l} = T - mg$ (278-расм). Траекториянинг қуйи нуқтасида шарчанинг тезлигини энергиянинг сақланиш қонунидан топиш мумкин: $\frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos\alpha)$. Агар $T > 2mg$ бўлса, ип узилади. Бинобарин, $\cos\alpha < 1/2$, $\alpha > 60^\circ$.

$$272. \cos\alpha = 1 - \frac{(l-a)(T_0 - mg)}{2mgl}.$$

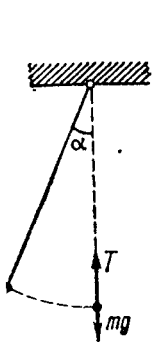
273. $m_1/m_2 = 3$, чунки ўқ системанинг оғирлик марказидан ўтиши керак.

$$274. \omega = \sqrt{g/(R-h)}.$$

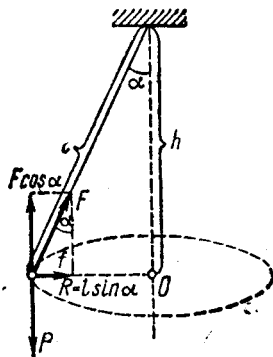
275. m_1 массали юк айланиш ўқидан $x_1 = m_2 l / (m_1 + m_2)$ масофада туриши керак: $T = m_1 m_2 l \omega^2 / (m_1 + m_2)$.

276. Бола горизонтал текисликда ётувчи радиуси $R = l \sin\alpha$ бўлган айлана бўйлаб ҳаракат қилади, бу ерда α — арқон билан вертикал йўналиш орасидаги бурчак (279-расм). Унга таъсир қилувчи марказга интилма куч арқон таранглик кучининг радиус йўналишига проекцияси $f = F \sin\alpha$ (болага таъсир қилувчи бошқа куч — оғирлик кучининг бу йўналишга проекцияси нолга тенг). Боланинг бурчак тезлиги $\omega = 2\pi n$ эканини ҳисобга олиб, (бу ерда n — вақт бирлигидаги айланишлар сони) айлана бўйлаб ҳаракат учун Ньютоннинг иккинчи қонунини ёзамиз:

$$m\omega^2 R = f \quad \text{ёки} \quad 4\pi^2 n^2 m l \sin\alpha = F \sin\alpha.$$



278-расм.



279-расм.

Бундан

$$F = 4\pi^2 n^2 m l \approx 355 \text{ Н}$$

ни топамиз.

277. Тошга таъсир қилувчи марказга интилма куч арқоннинг таранглик кучи F нинг радиус йўналишига проекцияси $f = F \sin \alpha$ дир (279-расм). Бу ерда α — арқон билан вертикал йўналиш орасидаги бурчак. Тошнинг R радиусли айлана бўйлаб ҳаракати учун Ньютоннинг иккинчи қонуни қуйидаги кўринишга эга:

$$m\omega^2 R = F \sin \alpha, \quad (1)$$

бунда $\omega = 2\pi/T$ — тошнинг бурчак тезлиги, m — унинг массаси. Вертикал йўналишда тош тезланишга эга эмаслиги учун, унга таъсир қилувчи кучларнинг бу йўналишга проекциялари катталиги жиҳатидан тенг ва қарама-қарши йўналган, яъни

$$F \cos \alpha = P = mg. \quad (2)$$

(1) ни (2) га бўлиб $\operatorname{tg} \alpha = \omega^2 R/g$ ни оламиз. Чизмадан $R = h \operatorname{tg} \alpha$ ни топамиз ва бинобарин, $\omega^2 h/g = 1$. Бундан $\omega = \sqrt{g/h}$ ва

$$T = 2\pi \sqrt{h/g} \approx 2,25 \text{ сек}$$

ни оламиз.

278. $F = mg \sqrt{5}$ (276 ва 277-масалаларга қаранг).

279. Шарчага оғирлик кучи mg ва ипнинг таранглик кучи F таъсир қилади (280-расм). Унинг Ерга нисбатан ҳаракати лифт билан биргаликда вертикал бўйлаб ҳаракат ва AO ўқ атрофида айланма ҳаракат йиғиндисидан иборат. Вертикал йўналишга проекциялар учун Ньютоннинг иккинчи қонуни

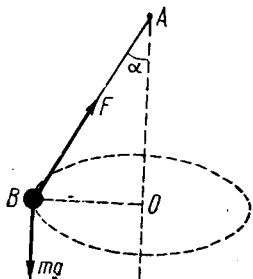
$$ma = mg - F \cos \alpha,$$

Шарча ҳаракат қиладиган айлананинг OB радиуси йўналишига проекциялар учун Ньютоннинг иккинчи қонуни

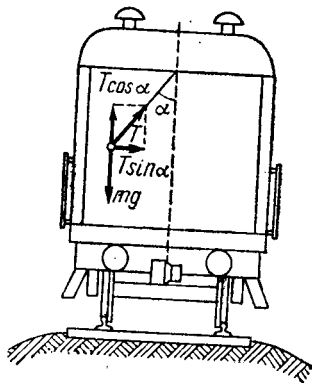
$$m\omega^2 l \sin \alpha = F \sin \alpha,$$

бунда ω — шарчанинг бурчак тезлиги, m — унинг массаси. Бу тенгламалардан F ни йўқотиб, $\omega^2 l = (g - a)/\cos \alpha$ ни оламиз. Бундан

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g - a}}$$



280-расм.



281-расм.

$$280. l_0 = \frac{(2\pi n)^2 m l_1 - F}{(2\pi n)^2 (mg - F \cos \alpha)} g.$$

281. Шарга 281-расмда тасвирланган кучлар таъсир қилади: T — ипнинг таранглиги, $P = mg$ — оғирлик кучи. (Расмда вагон ҳаракат қиладиган айлананинг маркази вагондан ўнг томонда.) Таранглик кучининг радиус йўналишига проекцияси шар учун марказга интилма кучдир (оғирлик кучининг бу йўналишга проекцияси нолга тенг). Бу ҳолда айланма ҳаракат учун Ньютоннинг иккинчи қонунини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин: $\frac{mv^2}{R} = T \sin \alpha$.

Вертикал йўналишда шар тезланишга эга эмас, шунинг учун шарчага таъсир қилувчи кучларнинг бу йўналишга проекциялари катталик жиҳатидан тенг ва йўналиши бўйича қарама-қарши, яъни $mg = T \cos \alpha$. Биринчи тенгламани иккинчисига бўлиб,

$$\frac{v^2}{Rg} = \operatorname{tg} \alpha \text{ ва } v = \sqrt{Rg \operatorname{tg} \alpha} \approx 112 \text{ км/соат}$$

ни одамиз. Ипнинг таранглиги $T = mg / \cos \alpha \approx 137 \text{ Н}$.

282. Жисм ҳали ярим сфера сиртида бўлганда, унга оғирлик кучи mg дан ташқари яна N таянч реакцияси таъсир қилади (282- расм). Ярм сфера бўйлаб ҳаракат учун Ньютоннинг иккинчи қонуни қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cos \alpha - N.$$

яъни жисм массасининг марказга интилма тезланишга кўпайтмаси жисмга таъсир қилувчи кучларнинг ярим сфера радиусига проекциялари йиғиндисига тенг. α бурчак жисмнинг ярим сферадаги вазиятини аниқлайди.

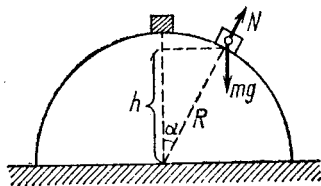
N нолга тенг бўлиб қолган моментда жисм ярим сферадан ажралади. Шу моментга мос келган бурчак α нинг қиймати $mv^2/R = mg \cos \alpha$ тенгламадан аниқланади. Энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб

$$mgR = \frac{mv^2}{2} + mg \cos \alpha$$

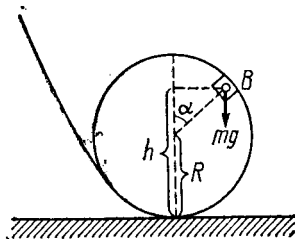
ни ёзиш мумкин. Бинобарин, $2(1 - \cos \alpha) = \cos \alpha$. Бундан $\cos \alpha = 2/3$. Изланаётган баландлик $h = R \cos \alpha = 2R/3$.

283. $N = mg \left(1 - 3 \frac{h}{R}\right)$. $h < R/3$ да ҳалқачанинг босим кучи катта ҳалқа марказига йўналган. $h > R/3$ да эса марказдан ҳалқага йўналган.

284. Жисм сиртмоқ сиртидан B нуқтада ажралади (283- расм). Бунда сиртмоқ сирти томонидан жисмга таъсир қилувчи реакция кучи нолга тенг бўлиб қолади ва марказга интилма куч оғирлик кучининг радиусга проекцияси $mg \cos \alpha$ дан иборат бўлади. Бинобарин, 282- масаладагидек, бу ерда ҳам



282- расм.



283- расм.

Ньютоннинг иккинчи қонуни ва энергиянинг сақланиш қонуни тенгламалари ўринли бўлиши керак:

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cos \alpha, \quad mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

$h = R(1 + \cos \alpha)$ ни ҳисобга олиб (283-расм) бу тенгламалардан $\cos \alpha = 2/3$ ва $h = \frac{5}{3}R$ ни топамиз.

Жисм сиртмоқнинг $\alpha = 0$ ва $h = 2R$ бўлган юқори нуқтасида ундан ажралмаслиги учун тенгламалар қуйидаги кўринишга эга бўлиши керак:

$$\frac{mv^2}{R} = mg \text{ ва } mgH_1 = \frac{mv^2}{2} + 2mgR.$$

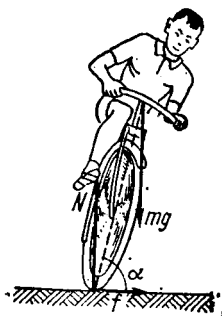
Бу тенгламалардан $H_1 = \frac{5}{2}R$ ни топамиз.

285. Велосипедчи ва велосипедга учта куч таъсир қилади: оғирлик кучи mg , таянч реакцияси N ва ишқаланиш кучи f (284-расм). Оғирлик маркази вертикал бўйича қўмагани учун $N - mg = 0$. Айлана бўйлаб ҳаракат учун зарур бўлган марказга интилма тезланишни ишқаланиш кучи беради: $\frac{mv^2}{R} = f$. Натижавий куч $N + f$ нинг йўналиши велосипед бўйлаб „велосипедчи — велосипед“ системасининг оғирлик марказига бўлган йўналиш билан мос келади. Шунинг учун $f = N \operatorname{ctg} \alpha = mg \operatorname{ctg} \alpha$, f нинг бу қийматини ҳаракат тенгласига қўйиб, $v = \sqrt{gR \operatorname{ctg} \alpha}$ ни топамиз.

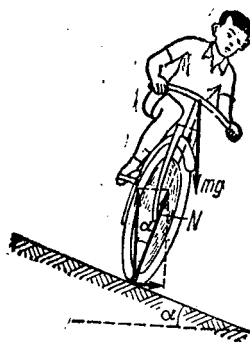
286. Велосипед ва велосипедчининг оғирлик марказига нисбатан куч моментлари нолга тенг деб ҳисоблаш мумкин бўлгани учун ишқаланиш кучи мавжуд эмас (285-расмда системага таъсир қилувчи кучлар тасвирланган). Кучларнинг вертикал йўналишга проекциялари йиғиндиси нолга тенглиги $N \cos \alpha = mg$ тенгламани беради, шунинг учун $N = mg / \cos \alpha$. Худди шундай куч билан велосипед йўлга босим кўрсатади N кучининг горизонтал йўналишга проекцияси марказга интилма тезланишни беради: $\frac{mv^2}{R} = N \sin \alpha =$

$= mg \operatorname{tg} \alpha$. Бундан $v = \sqrt{Rg \operatorname{tg} \alpha}$.

287. $\alpha = \operatorname{arctg}(Rg/v^2)$



284- расм.



285- расм.

9-§. Бутун олам тортишиш қонуни

288. $F = 2 \cdot 10^{20}$ Н.

289. Ойда одам Ердагидан олти марта узоққа ва бандга сакрайди.

290. $v = \sqrt{Rg/6} \approx 1,7$ км/сек.

291. $\Delta P = P/4$, бу ерда P — ракета корпусининг Ердаги оғирлик кучи.

292. $g' = g \frac{M'}{M} \left(\frac{R}{R'} \right)^2 = 1,65$ м/сек², бунда M' ва R' —

Ойнинг массаси ва радиуси, M ва R — Ернинг массаси ва радиуси.

293. $g' = g \frac{R' \rho'}{R \rho} \approx 270$ м/сек².

294. $A = \frac{mv^2}{2} = \frac{mgR}{2} \approx 1,6 \cdot 10^{10}$ Ж.

295. $T = \sqrt{2\pi^2 D^3 / \gamma M} = 1,57 \cdot 10^3$ сек.

296. $\rho = 3v^2 R / 4\pi \gamma r^3 \approx 500$ кг/м³.

297. $T = 2\pi \sqrt{\frac{R_0^3}{\gamma M} \left(1 + \frac{H}{R_0} \right)^3}$. $g = \frac{\gamma M}{R_0^2}$ ни ҳисобга олиб ва $\frac{H}{R_0}$ нис-

батнинг квадрати ва кубларини ҳисобга олмаган ҳолда $T \approx 2\pi \sqrt{\frac{R_0}{g} + \frac{3H}{g}}$ ни топамиз.

298. $T = 4\pi \sqrt{2R_0/g} \approx 3$ соат 58 мин.

299. $R = \sqrt[3]{gR_0^2 T^2 / 4\pi^2} \approx 42400$ км.

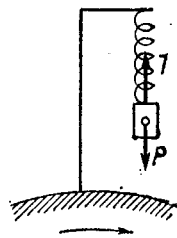
300. $T = 2\pi \sqrt{R^3 / g r^3} \approx 27$ сутка.

301. Жисм тортилаётганда унга иккита куч таъсир қилади (286-расм): тортиш кучи P ва пружинанинг таранглик кучи T . Ҳар иккала куч планета радиуси бўйлаб йўналган. Экваторда жисм айлана бўйлаб $v = \frac{2\pi}{t} R$ тезлик билан ҳаракат қилади бунда R — планета радиуси. Кучларнинг айирмаси $P - T$ жисмга марказга интилма тезланиш беради. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{4\pi^2 mR}{t^2} = P - T.$$

Масаланинг шартига кўра $T = 0,9 P$. Планета сиртида бутун олам тортишиш кучи $P = \gamma \frac{mM}{R^2}$, бунда M — планетанинг массаси. Изланаётган зичлик $\rho = \frac{M}{(4/3)\pi R^3}$ ни ҳаракат тенгласига P ва T кучларнинг ифодаларини қўйиб топish мумкин:

$$\rho = \frac{3\pi}{0,1\gamma t^2} \approx 3,03 \text{ г/см}^3.$$



286- расм.

10-§. Гидро-ва аэрoмеханика

Бу параграфнинг ҳамма жавоблари ва ечимларида $\rho_0 = 10^3 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ г/см}^3$ — сувнинг зичлиги, $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ — эркин тушиш тезланиши.

302. Ўзгармайди.

$$303. p = \rho_0 g \left(\frac{4V}{\pi d^2} - h \right) \approx 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ атм} \approx 1,2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2.$$

$$304. H = R.$$

305. Босим мм сим. уст. ҳисобида қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$p = p_0 - \frac{\rho_0}{\rho_1} l, \text{ бунда } \rho_0 = 1 \text{ г/см}^3 \text{ — сувнинг зичлиги, } \rho_1 = 13,6 \text{ г/см}^3 \text{ — симобнинг зичлиги, } l \text{ эса миллиметр ҳисобида олинган. Изланаётган босим } p = 752, 6 \text{ мм. сим. уст.}$$

306. Суюқликли идишнинг ҳар қандай нуқтасидаги босим Паскаль қонунига кўра фақат чуқурликка боғлиқ. Идишнинг очиқ томонида ёғ ва сув чегарасида сувнинг босими $p' = p_0 + \rho_0 gH$. Иккинчи томондан, идиш ичидаги ёғнинг A нуқтадаги ва ёғ билан сув чегарасидаги босимлари фарқи ёғ устунининг баландлиги билан аниқланади: $p' - p = \rho g h$. Бундан $p = p_0 + g(\rho_0 H - \rho h) = 1,206 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 1,18 \text{ атм.}$

$$307. h = \rho H / \rho_0 = 18 \text{ см.}$$

$$308. h = 2\rho_0 l / (3\rho - \rho_0).$$

$$309. h = (m + \rho_0 V) / 2\rho S.$$

$$310. F = fh / H = 10^4 \text{ Н.}$$

$$311. \frac{S}{s} = \frac{mghn}{A} = 490; s \text{ — кичик поршеннинг юзи, } S \text{ — катта поршеннинг юзи.}$$

312. Изланаётган босим $p = \rho_0 g h_1 + \rho g h_2$, бунда h_1 ва h_2 сув ва симоб устуларининг баландлиги (287-расм). Масаланинг шартига мувофиқ $H = h_1 + h_2$ ва $\rho_0 h_1 S = \rho h_2 S$, бунда S — идиш кўндаланг кесимининг юзи. Олинган тенгламалар системасини ечиб,

$$p = \frac{2\rho_0 \rho g H}{\rho_0 + \rho} \approx 26 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$$

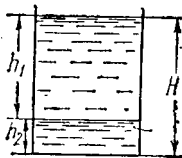
ни топамиз.

$$313. P = \rho_0 \rho g h S / (\rho_0 - \rho) \approx 45,1 \text{ Н, бунда } \rho_0 \text{ — сувнинг зичлиги.}$$

$$314. V_1 < \frac{\rho_2 - \rho_0}{\rho_0 - \rho_1} V_2 = 1,7 \text{ м}^3, \text{ бунда } \rho_0 \text{ — сувнинг зичлиги.}$$

$$315. h = \frac{m}{S} \cdot \frac{\rho - \rho_0}{\rho \rho_0} = -2,5 \text{ см (сатҳ пасаяди); } \rho_0 \text{ — сувнинг зичлиги.}$$

$$316. \rho = (\rho_2 - \rho_1) \frac{R^3}{r^3} + \rho_1.$$



287-расм.

$$317. M = \frac{\pi D^2 L}{4} (\rho_0 - \rho) \approx 74 \text{ кг.}$$

$$318. P_0 = P \left(1 + \frac{\rho_1}{\rho} \right) \approx 150,24 \text{ кг-куч.}$$

$$319. \rho = \rho_0 P_0 / (P_0 - P_1) \approx 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3, \text{ бунда } \rho_0 \text{ — сувнинг зичлиги.}$$

$$320. \rho_1 = \frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_3} \rho_3 = 700 \text{ кг/м}^3, \rho_2 = \frac{P_2}{P_2 - P_3} \rho_3 = 9000 \text{ кг/м}^3.$$

$$321. T = gS[\rho l - \rho_0(l - l_1)] \approx 440 \text{ Н.}$$

$$322. V = \frac{P_2(\rho_1 - \rho_0) - P_1(\rho_1 - \rho_2)}{g\rho_0(\rho_0 - \rho_2)} = 10 \text{ см}^3, \text{ бунда } \rho_0 \text{ — сувнинг зичлиги.}$$

$$323. P = P_0 \left(1 - \frac{d_2}{d_1}\right) + V d_2 \approx 881,16 \text{ г-куч.}$$

$$324. M_1 = 59,2 \text{ г}; M_2 = 240,8 \text{ г.}$$

325. Мувозанат сақланади.

326. $\rho = 2\rho_0 k \left(1 - \frac{1}{2}k\right) = 0,36 \text{ г/см}^3$. Бу ерда $k = 1/5$ — таёқчанинг сувда турган қисми узунлигининг унинг ҳамма узунлигига нисбати.

$$327. \frac{l_2}{l_1} = 1 + \frac{4\pi r^3}{3m} (2\rho - \rho_0) \approx 1,58.$$

328. 288-расмда тасвирланган кучларнинг ричаг ўқи (O нуқта) га нисбатан моментларининг тенглиги қуйидаги тенгламани ёзишга имкон беради: $P_0 l_1 - F l_1 = P l_2$, бунда $P_0 = \rho g l^3$ — кубнинг оғирлиги, $F = \rho_0 g \frac{2l^3}{3}$ — кубга таъсир қилувчи итариб чиқарувчи куч, ρ — куб моддасининг зичлиги ва ρ_0 — сувнинг зичлиги. Эркин сузиб юрган куб ҳажмининг $3/4$ қисми сув ичига ботгани учун $\rho = 0,75 \rho_0$. Кучларнинг ифодаларини дастлабки тенгламага қўйиб,

$$l = \sqrt[3]{4 P l_2 / \rho_0 g l_1} \approx 4 \text{ см}$$

ни оламиз.

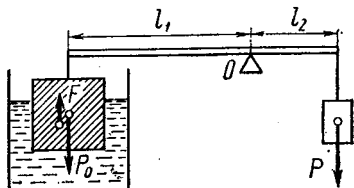
329. Қутича банкадаги сувда сузиб юрганда банканинг сув сатҳи тагидаги ҳажми қутичанинг сув ичидаги қисми ҳажмини қўшганда Sl га кўпайди, бунда S — банка кўндаланг кесимининг юзи. Банкадаги сув ҳажми ўзгармагани учун ҳажмининг кўпайиши қутичанинг сув ичидаги қисми ҳажмига тенг, яъни қутича томонидан сиқиб чиқарилган сув ҳажмига тенг.

Қутича деворларининг V_1 ҳажмини қутича оғирлигининг итариш кучига тенглигидан топиш мумкин: $V_1 \rho g = Sl \rho_0 g$, бунда ρ_0 — сувнинг зичлиги. Қутича тезда чўкиб кетганида эди, банкадаги сув сатҳи x катталikka кўтарилар эди. Уни $Sx = V_1 = \rho_0 Sl / \rho$ тенгликдан аниқлаш мумкин. Қутича чўққанда сув сатҳи

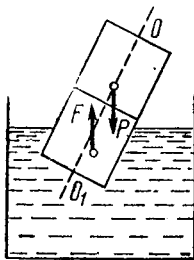
$$l - x = l \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \approx 1,74 \text{ см}$$

га пасаяди.

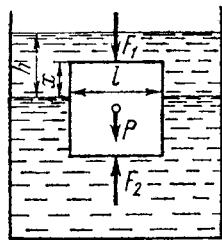
330. Биринчи кубнинг устига иккинчиси қўйилгандан кейин биринчи куб ҳажмининг $0,3$ қисми симобга ботади. Бинобарин, иккинчи куб материалнинг зичлиги $\rho_2 = 0,3\rho_1 \approx 4,1 \text{ г/см}^3$. Мувозанат турғун бўлмайди, чунки кублар мувозанат вазиятдан оғганда, системани яна ҳам оғдирувчи куч моментлари ҳосил бўлади (289-расмга қаранг, бу ерда F — итарувчи куч, унинг қўйилиш нуқтаси OO_1 ўққа нисбатан силжиган).



288-расм.



289- расм.



290- расм.

331. Кубга вертикал бўйлаб учта куч таъсир қилади (290- расм); оғирлик кучи $P = \rho g l^3$, юқори ёққа босим кучи $F_1 = \rho_1 g(h-x)l^2$ ва пастки ёққа босим кучи $F_2 = [\rho_1 g h + \rho_2 g(l-x)]l^2$. Мувозанат ҳолатида $F_1 + P - F_2 = 0$, бундан $\rho l - \rho_1 x = \rho_2 l - \rho_2 x$. Кубнинг юқоридаги суюқликда жойлашган қисми ҳажми $V' = l^2 x$. Бинобарин, юқоридаги суюқликда ҳажмининг $\frac{V'}{l^3} = \frac{x}{l}$ га тенг қисми жойлашади. Олинган тенгламадан

$$\frac{x}{l} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}$$

келиб чиқади.

332. Куб ҳажмининг симобга ботган қисми $1 - \frac{3}{4} \frac{\rho}{\rho - \rho_0} = 0,19$ га тенг,

бу ерда ρ_0 — сувнинг зичлиги.

333. $t = \rho_0 V g = 0,0098 \text{ Н} = 980$ дина.

334. $a = g/2 = 4,9 \text{ м/сек}^2$.

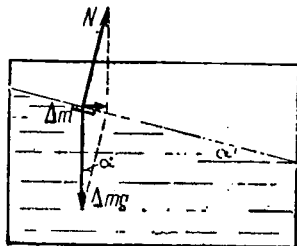
335. $V_2 = \frac{\rho_1 g - \rho(a+g)}{(\rho_1 - \rho)(a+g)} V_1 = \frac{1}{3} V_1$.

336. $A = g(\rho - \rho_0) H V \approx 73500 \text{ Ж}$; бу ерда ρ_0 — сувнинг зичлиги.

337. $\Delta U = mgH \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} - 1 \right) = -0,49 \text{ Ж}$; потенциал энергия камайган.

338. Тўпнинг потенциал энергияси $\Delta U = \left(\frac{1}{6} \pi d^3 \rho_0 - m \right) gh \approx 265 \text{ Ж}$ га кўпаяди.

339. $h = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} H = 9 \text{ см}$; бу ерда ρ_0 — сувнинг зичлиги.

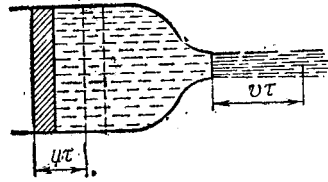


291- расм.

340. Суюқлик сиртида жойлашган Δm мас-сали суюқликнинг ҳар қандай кичик элементи-га: 1) уни ўраб олган суюқлик томонидан сиртга перпендикуляр йўналган босим кучи N ва 2) вертикал пастга йўналган оғирлик кучи Δmg таъсир қилади (291- расм). Бу кучларнинг йиғиндиси горизонтал бўлиши керак, чунки элемент идиш билан бирга горизонтал йўналишда a тезланиш билан ҳаракат қилмоқда. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра $\Delta ma = \Delta mg \operatorname{tg} \alpha$. Бундан $\operatorname{tg} \alpha = a/g$.

$$341. h = Q_1^2 / 2gS^2 = 5 \text{ м.}$$

342. Деворга таъсир қилувчи кучнинг импульси $F \Delta t$ катталиги жиҳатидан сув ҳаракат миқдорининг Δt вақт ичидаги ўзгаришига тенг, чунки Ньютоннинг учинчи қонунига кўра девор ва оқимнинг ўзаро таъсир кучлари тенг. Δt вақт ичида труба кўндаланг кесимидан $m = \rho_0 S v \Delta t$ массали сув оқади. Масаланинг шартига мувофиқ сувнинг охиригги тезлиги горизонтал йўналишда нолга тенг. Шунинг учун Δt вақт ичида оқимнинг ҳаракат миқдори $\Delta p = m v = \rho_0 S v^2 \Delta t$ га ўзгаради, бу ерда ρ_0 — сувнинг зичлиги. Бинобарин, $F = \rho_0 S v^2 = 40 \text{ Н}$.



292- расм.

343. Масалани ечишда катерни қўзғалмас, сувни эса унга нисбатан v тезлик билан ҳаракат қилаяпти деб ҳисоблаш қулайроқдир. Бунда сув труба-нинг пастки учига кираётган суюқликнинг кинетик энергияси ҳисобига бирор потенциал энергия олган ҳолда трубадан юқорига кўтарилади. Суюқ-ликнинг бирлик ҳажмига тўғри келган энергиянинг сақланиш қонуни $\frac{\rho v^3}{2} =$

$$= \rho g h, \text{ бунда } \rho \text{ — сувнинг зичлиги. Бундан } h = \frac{v^2}{2g} = 1,3 \text{ м.}$$

344 $v \approx \sqrt{2gh} \approx 4,4 \text{ м/сек}$ (343- масаланинг ечимига қаранг).

345. $F = 2 \rho g h S = 2pS$, бундан p — идиш туби яқинидаги босим. Сув идишнинг тешикли деворига қарама-қарши деворга таъсир қиладиганидан $2pS$ миқдор кам куч билан таъсир қилади (биринчи қарашда pS миқдор кам куч билан таъсир қилиши керакдек туюлиши мумкин). Бу тешикли девор яқинида сув оқими тезлигининг каттароқ эканлиги туфайли деворга босимнинг камайиши билан боғланган.

346. τ вақт ичида поршень $u\tau$ масофага силжиган бўлсин (292-расм). бунда u — поршеннинг тезлиги. Унда F куч бу вақт ичида $A = F u \tau$ иш бажаради. τ вақт ичида оқиб чиққан суюқликнинг массаси $\rho S u \tau$ га тенг. Шунинг учун суюқликнинг кинетик энергияси ўзгариши $\rho S u \tau \left(\frac{v^2}{2} - \frac{u^2}{2} \right)$ га тенг. Бу ўзгариш ташқи куч F нинг иши ҳисобига содир бўлади. Бинобарин,

$$\rho S u \tau \left(\frac{v^2}{2} - \frac{u^2}{2} \right) = F u \tau.$$

Суюқликнинг оқиш тезлиги v тезлик u билан $Su = sv$ муносабат ор-қали боғланган. Кейинги икки тенгламадан u ни йўқотиб,

$$v = \sqrt{\frac{2F}{S\rho} \cdot \frac{1}{1 - (s^2/S^2)}}$$

ни топамиз. Агар, одатдагидек $s \ll S$ бўлса, $v = \sqrt{2F/S\rho}$.

11-§. Тебранишлар ва тўлқинлар

$$347. l_1 = \frac{n_2^2 \Delta l}{n_1^2 - n_2^2} = 9 \text{ см}, \quad l_2 = \frac{n_1^2 \Delta l}{n_1^2 - n_2^2} = 25 \text{ см,}$$

$$348. T = \pi \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$349. T = \pi \sqrt{g} \left(\frac{1}{\sqrt{l}} + \frac{1}{\sqrt{l_1}} \right) = \pi \sqrt{\frac{g}{l}} \left(1 + \frac{\sqrt{l}}{2} \right).$$

350. 5 марта.

351. Маятникнинг тебраниш даври 1,0000093 марта ортади.

352. Ойда маятникнинг тебраниш даври тахминан 24 марта ортади (292-масаланинг ечимига қаранг).

353. Ер сиртида l узунликдаги маятник t вақтда $N = t/T_1$ марта тебранади, шу билан бирга $T_1 = 2\pi \sqrt{l/g_1}$, бунда g_1 —Ер сиртида эркин тушиш тезланиши. Ердан h баландликда соатлар $\Delta t = N(T_2 - T_1)$ вақтга орқада қолади, бунда $T_2 = 2\pi \sqrt{l/g_2}$ —маятникнинг h баландликдаги тебраниш даври, g_2 —шу баландликда эркин тушиш тезланиши. h баландликдаги оғирлик кучи $P_2 = mg_2$ ни Ер сиртидаги оғирлик кучи $P_1 = mg_1$ билан боғлайдиган формула (291-масаланинг ечимидан олинган) $P_2 = \frac{P_1}{[1 + (h/R)]^2}$ дан фойдаланиб,

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{R^2}{(R + h)^2}$$

ни топамиз (R —Ернинг радиуси). Бинобарин, даврлар нисбати

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} = \frac{R}{R + h}.$$

Бундан

$$T_2 = T_1 \frac{R + h}{R}, \quad T_2 - T_1 = \frac{T_1 h}{R}.$$

Шундай қилиб, t вақт ичида соатлар $\Delta t = \frac{T_1 N h}{R} = \frac{t h}{R}$ га орқада қолади.

$t = 1$ сутка $= 86400$ сек да соатлар $\Delta t = 2,7$ сек га орқада қолади.

$$354. U = \frac{mg^2}{4\pi^2 v^2} (1 - \cos \alpha) \approx 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ Ж}.$$

355. Ерга нисбатан тинч турган жисмлар a тезланиш билан ҳаракат қилаётган лифтнинг деворларига нисбатан лифт тезланишига тескари йўналган тезланишга эга бўлади. Бу эркин тушиш тезланишининг ўзгарishiга эквивалентдир. Эркин тушиш тезланиши g га эмас, балки лифт тезланишининг йўналишига боғлиқ ҳолда $g \pm a$ га тенг бўлади. 95, 96, 98 — 100-масалаларни ечишда олинган натижаларни худди шундай изоҳлаш мумкин. Шундай қилиб, a тезланиш билан ҳаракат қилаётган лифтда узунлиги l бўлган маятникнинг даври $T = 2\pi \sqrt{l/(g \pm a)}$ га тенг, бунда илдиэ остидаги плюс ишора юқорига йўналган тезланишга, минус ишора эса пастга йўналган тезланишга тегишли. Лифтнинг ҳаракат йўналиши (унинг тезлиги йўналиши) эса тебраниш даврига ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди.

Масаланинг шартига кўра лифтдаги маятникнинг тебраниш даври ортан: маятник 100 сек да эмас, балки $t = 2$ мин 30 сек $= 150$ сек да $N = 100$ марта тебранган. Бинобарин, жисмнинг лифтда унинг деворларига нисбатан эркин тушиш тезланиши $g - a$ га тенг, лифтнинг ўзи эса пастга йўналган тезланишга эга. Ҳаракатланаётган лифтдаги маятникнинг тебраниш даври

$T = 2\pi\sqrt{l/(g-a)} = t/N$. Лифт ерга нисбатан қўзғалмас бўлган ҳолда эса унинг тебраниш даври $T_0 = 2\pi\sqrt{l/g} = 1$ сек. Даврлар нисбати

$$\frac{T}{T_0} = \frac{t}{NT_0} = \sqrt{\frac{g}{g-a}}$$

га тенг. Бундан

$$a = g \left(1 - \frac{N^2 T_0^2}{t^2} \right) = 5,4 \text{ м/сек}^2$$

ни топамиз.

356. Вагонга нисбатан эркин тушиш тезланиши ерга нисбатан эркин тушиш тезланиши g (вертикал йўналган) билан ерга нисбатан қўзғалмас жисмларнинг вагон деворларига нисбатан қўшимча тезланиши a (горизонтал йўналган) нинг геометрик йиғиндисидан иборат (355-масаланинг ечимига қаранг). Шунинг учун вагондаги маятник

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{a^2 + g^2}}}$$

даврга эга бўлади.

357. $T = 2\pi\sqrt{3R/2g}$ (355-масаланинг ечимига қаранг).

358. Тўсиқ $s = vt/2 = 660$ м масофада жойлашган.

359. $v_1 = sv/(s - v\tau) = 5100$ м/сек.

360. $v_0 = v + \frac{gH}{2v} = 349,8$ м/сек.

361. Биринчи тажрибада тўлқин узунлиги $\lambda_1 = l/n$, бунда $n-l$ масофага жойлашадиган тўлқин узунлиги сони. Иккинчи тажрибада $\lambda_2 = l/(n-2)$. Температура кўтарилмасдан олдин товуш тезлиги $v_1 = v\lambda_1 = vl/n$, кўтарилгандан кейин $v_2 = v\lambda_2 = vl/(n-2)$. Ёки $n = vl/v_1$ бўлгани учун, $v_2 = vl/v_1(1 - 2v_1/v)$.

Товуш тезлиги чизикли қонун бўйича ўсади: $v_2 = v_1(1 + \alpha\Delta t)$, бунда $\alpha = (0,5/330) \text{ К}^{-1}$. Шу ифодага v_2 нинг қийматини қўйиб,

$$l = \frac{2v_1(1 + \alpha\Delta t)}{\alpha\Delta t} \approx 450 \text{ м}$$

ни оламиз.

362. Изланаётган тезлик $v = \lambda/T = 1435$ м/сек.

363. $v = v/\lambda = 812$ Гц.

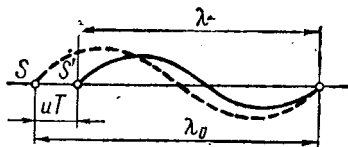
364. $\varphi = 2\pi/2 = 180^\circ$.

365. $v = v/\lambda \approx 425$ Гц.

366. Тўлқин тарқалаётганда бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтишда тебраниш частотаси ўзгармайди. $v = v\lambda$ бўлгани учун $v_1 = 2v_2$

367. Бир муҳитдан иккинчисига ўтишда тўлқин частотаси ўзгармагани учун $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = 4,35$.

368. Резонанс қутичаси бўлган камертон қутичали камертонга нисбатан жуда заиф товуш чиқаради ва бинобарин, товуш тўлқинларини тарқатишда вақт бирлигида камроқ энергия йўқотади. Шунинг учун тискида сиқилган камертон кўпроқ вақт давомида товуш чиқаради.



293- расм.

369. Идишдаги ҳаво устунининг хусусий тебранишлари частотаси камертон тебранишлари частотаси билан мос келган моментда камертоннинг товуш чиқариши кучаяди. Бир учи берк трубадаги ҳаво устунининг хусусий тебранишлари унда шундай λ тўлқин узунлигидаги турғун тўлқинларнинг қарор топишига мос келадиги, бунда трубанинг ёпиқ учида ҳаво зарралари кўчишининг тугуни, очиқ учида эса дўнглиги ҳосил бўлади. Шундай қилиб, трубанинг бўш қисми h да $\frac{1}{4}\lambda$, $\frac{3}{4}\lambda$, $\frac{5}{4}\lambda$ ва ҳоказо, яъни умумий ҳолда $\frac{2k+1}{4}\lambda = h$ жойлашади, бунда k — бутун сон. Турғун тўлқинда икки тугун орасида ярим тўлқин узунлиги жойлашишини эслатиб ўтамыз.

Товуш тўлқинларида тебраниш частотаси $\nu = \nu/\lambda$ бўлгани учун, k нинг бирор қийматига мос келган камертон частотаси $\nu = \frac{2k+1}{4h} \cdot \nu$. Масаланинг шартига кўра частота аниқ қийматга эга. Шунинг учун ҳаво устунининг ҳар хил баландликлари h_1 ва h_2 га k нинг бирга фарқ қилувчи иккита қиймати мос келиши керак: $k_1 = n$ ва $k_2 = n + 1$ ва шу билан бирга

$$\frac{2k_1+1}{4h_1} \nu = \frac{2k_2+1}{4h_2} \nu$$

шарт бажарилиши керак. Бундан $n = 0$ деб фараз қилиб, $k_1 = 0$ ва $k_2 = 1$ ни топамиз. Бинобарин,

$$\nu = \frac{\nu}{4h_1} = \frac{3\nu}{4h_2} = 340 \text{ Гц.}$$

370. $\nu_1 = \nu/4l = 85$ Гц; $\nu_2 = \nu_3 = \nu/2l = 170$ Гц.

371. Товуш частотаси манбанинг тезлигига боғлиқ (Доплер эффекти). Манба қўзғалмас бўлганда (293-расмдаги S нуқта) T тебраниш даврига тенг вақтда тебраниш $\lambda_0 = \nu T$ тўлқин узунлигига тенг масофага тарқалади. Агар манба (293-расмдаги S' нуқта) u тезлик билан ҳаракатланаётган бўлса, у T вақтда тўлқиннинг тарқалиш йўналишида uT йўлни ўтади ва бу вақт ичида тебранишлар $\lambda = \lambda_0 - uT = (\nu - u) T$ масофага тарқалади. Манба узоқлашаётган бўлса, $\lambda = (\nu + u) T$. Шундай қилиб, тиш турган одамнинг ҳаракатдаги товуш манбаидан қабул қилаётган тебраниш частотаси

$$\nu = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{\nu \nu_0}{\nu \mp u}$$

$u \ll \nu$ бўлганда бу ифодани соддалаштириш мумкин. Бунинг учун сурат ва махражни $(\nu \pm u)$ га кўпайтирамиз ва u^2 ҳадни ҳисобга олмаймиз (ν^2 ҳадга нисбатан кичик бўлгани учун). Унда

$$\nu = \nu_0 \left(1 \pm \frac{u}{\nu} \right).$$

Плюс ишора манбанинг яқинлашувига, минус ишора узоқлашувига мос келади. Масаланинг шартига кўра $\nu < \nu_0$ ва бинобарин, теплоход қирғоқдан узоқлашмоқда. Изланаётган тезлик $u = \nu \left(1 - \frac{\nu}{\nu_0} \right) = 4,25$ м/сек.

ИССИҚЛИК ВА МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА

12-§. Қаттиқ жисм ва суюқликларнинг иссиқликдан кенгайиши

372. Стерженларни Δt га қиздирилганда уларнинг узунлиги

$$l'_1 = l_1 + l_1 \beta_1 \Delta t \quad \text{ва} \quad l'_2 = l_2 + l_2 \beta_2 \Delta t$$

бўлади. Шартга кўра $l'_2 - l'_1 = l_2 - l_1$. Бинобарин,

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\beta_2}{\beta_1}.$$

Кенгайиш коэффициентлари температурага боғлиқ бўлгани сабабли, тозилган шарт берилган температуралар интервали учун (бу интервалда $\beta_1/\beta_2 = \text{const}$ деб ҳисоблаш мумкин) қўйилган талабни қаноатлантиради.

373. Температура нолдан пасайганда зазор (оралиқ) ортади. Демак, зазор катталиги нолдан юқори максимал температура билан белгиланиши керак. Жанубдаги кўприк учун $L_{50} - L_0 = L_0 \beta_1 = 50$ мм, шимолдаги кўприк учун эса $L_{20} - L_0 = L_0 \beta_2 = 20$ мм бўлади.

374. $\Delta t = n/300 \beta = 100^\circ\text{C}$.

$$375. t_1 = \frac{l_{02} - l_{01}}{l_{01}\beta_1 - l_{02}\beta_2} = 83,4^\circ\text{C}; \quad t_2 = \frac{l_{02} - l_{01}}{3(l_{01}\beta_1 - l_{02}\beta_2)} = 27,8^\circ\text{C}.$$

376. $V_{15} = V_1(1 + \alpha_1 \Delta t_1 + \alpha_2 \Delta t_2 + \alpha_3 \Delta t_3) = 1001$ см³, бунда $\Delta t_1 = 3^\circ\text{C}$, $\Delta t_2 = 6^\circ\text{C}$, $\Delta t_3 = 15^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$.

377. $t_1 < t < t_2$ учун ўртача ҳажмий кенгайиш коэффициенти

$$\alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t_2 - h_2 t_1}.$$

378. Агар V_0 – шарча ва симобнинг t_0 температурадаги ҳажми бўлса у ҳолда $t = 100^\circ\text{C}$ температурада шарча ва 100°C бўлимгача бўлган канал $(V_0 + V)(1 + 3:t)$ ҳажмга эга бўлади. Бу ҳажм симобнинг худди ўша температурадаги $V_0(1 + \alpha t)$ ҳажмига тенгдир. Бундан

$$V_0 = \frac{V(1 + 3\beta t)}{(\alpha - 3\beta)t} \approx \frac{V}{(\alpha - 3\beta)t} \approx 191 \text{ мм}^3.$$

379. Идиш ва шарнинг кўрсатилган ўлчамларида ва қўйилган сувнинг кўрсатилган $V_0 = 500$ см³ ҳажмида шар сувга бутунлай чўккан бўлади:

$$\Delta h = \frac{4(\alpha V_0 + 3V)(t_2 - t_1)}{\pi d^2} \approx 0,37 \text{ см}$$

380. Қиздирилганда идишнинг ҳажми $\Delta V_1 = V_1 \beta_1 \Delta t$ га ортган, жез цилиндрнинг $V_2 = m/\rho$ ҳажми $\Delta V_2 = \frac{m}{\rho} \cdot 3\beta_2 \Delta t$ га ортган ва сувнинг $V_3 = V_1 - V_2$ ҳажми $\Delta V_3 = (V_1 - V_2) \alpha \Delta t$ га ўзгарган. Идишдаги сувнинг сатҳи ўзгармагани сабабли $\Delta V_1 - \Delta V_2 = \Delta V_3$ бўлади Бундан

$$\alpha = \frac{3(\beta_1 V_1 \rho - \beta_2 m)}{V_1 \rho - m} = -3,79 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

ни топамиз.

α катталиқ манфий бўлиб чиққани сабабли, иситиш 0 ва 4°C интервалдаги температурада содир бўлган деймиз.

$$381. \Delta p = \frac{\rho_0 g \alpha \Delta t (V - hS)}{S(1 + \alpha \Delta t)} = 2240 \text{ H/m}^2 = 2240 \text{ Па} \approx 16,8 \text{ мм с.м. уст.}$$

13-§. Иссиқлик, калориметрия, фойдали иш коэффициентлари

$$382. c_x = \frac{m_k c (\theta - t_2)}{m_2 (t - \theta) - m_1 (\theta - t_0)} = 2 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{°C)}.$$

$$383. \theta = \frac{(\mu \rho c V + c_1 M R T_1) T}{\mu \rho c V + c_1 M R T}, \text{ бунда } R = 8,31 \text{ Ж/(моль} \cdot \text{K)} - \text{универсал}$$

газ доимийси.

384. Аралашманинг температураси $\theta = -19^\circ\text{C}$; иситиш учун керак бўлган иссиқлик миқдори $q = 1300 \text{ кЖ} = 1,3 \text{ МЖ}$ га тенг.

$$385. c = \frac{c_0 [m_2 (t_2 - t) - m_1 (t_1 - t)]}{t_1 - t_2} \approx 140 \text{ Ж/}^\circ\text{C}, \text{ бу ерда } c_0 \approx 4,2 \text{ кЖ/(кг} \times$$

$\times \text{°C)}$ — сувнинг солиштирма иссиқлик сифими.

386. Сувга ботирилганда термометр $q = c(t_1 - t_2)$ иссиқлик миқдори олган. Бу иссиқлик миқдорини унга сув берган, демак, $q = m_1 c_1 (t_x - t_1)$ бунда $c_1 \approx 4,2 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{°C)}$ — сувнинг солиштирма иссиқлик сифими. Бундан

$$t_x = \frac{c(t_1 - t_2)}{m_1 c_1} + t_1 = 32,5^\circ\text{C}.$$

387. $q = 161,3 \text{ Ж/сек}$ иссиқлик миқдори йўқотилган.

388. Тўртта ҳолни тасаввур қилиш мумкин: 1) музнинг ҳаммаси эриб кетади ва аралашманинг температураси $t_0 = 0^\circ\text{C}$ дан юқори бўлади; 2) ҳамма сув музлайди ва аралашманинг температураси t_0 дан паст бўлади; 3) аралашманинг температураси t_0 га тенг бўлади ва сувнинг бир қисми музлайди ва 4) аралашманинг температураси t_0 га тенг бўлади ва музнинг бир қисми эриydi.

t_0 температурагача совитилганда сув $q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t_0) = 42 \text{ кЖ}$ иссиқлик миқдори беради, ҳолбуки, t_0 гача иситилганда муз $q_2 = c_2 m_2 (t_0 - t_2) = 420 \text{ кЖ}$ иссиқлик миқдори ютади. $q_2 > q_1$ бўлгани туфайли фақат 2-ёки 3-ҳоллар амалга ошиши мумкин. Агар ҳамма сув музласа, у ҳолда сув яна $q_3 = m_3 r = 660 \text{ кЖ}$ иссиқлик миқдори беради $q_3 + q_1 > q_2$ бўлгани сабабли фақат 3-ҳол бўлиши мумкин. Бинобарин, аралашманинг температураси $\theta = t_0 = 0^\circ\text{C}$ бўлади.

Бу ҳол учун иссиқлик баланси тенгламасини тузиб:

$$c_1 m_1 (t_1 - \theta) + m_x r = m_2 c_2 (\theta - t_2),$$

ундан музлаган сувнинг массасини топамиз:

$$m_x = \frac{m_2 c_2 (\theta - t_2) - m_1 c_1 (t_1 - \theta)}{r} = 1,145 \text{ кг.}$$

Шундай қилиб, калориметрда $\theta = 0^\circ\text{C}$ температурада турган сув ва музнинг массалари мос ҳолда $m_1 - m_x$ ва $m_2 + m_x$ га тенг. Уларнинг ҳажмлари:

$$V_1 = \frac{m_1 - m_x}{\rho_1} \text{ ва } V_2 = \frac{m_2 + m_x}{\rho_2},$$

умумий ҳажм эса

$$V = V_1 + V_2 = \frac{m_1 - m_x}{\rho_1} + \frac{m_2 + m_x}{\rho_2} = 7,54 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

бўлади.

389. t_2 дан 0°C гача иситилганда музнинг олган иссиқлиги $m c_2 t_2$ га тенг. Музнинг эриши учун талаб қилинадиган иссиқлик $m r$ га тенг. Муздан ҳосил бўлган сувнинг олган иссиқлиги (0°C дан θ температурагача иситилганда) $m c_1 \theta$ га тенг. t_1 температурадан θ температурагача совиганда илик сувнинг берган иссиқлик миқдори $(\rho V - m) c_1 (t_1 - \theta)$ га тенг, бунда $(\rho V - m)$ — илик сувнинг массаси, $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ — сувнинг зичлиги.

Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$m c_2 t_2 + m r + m c_1 \theta = (\rho V - m) c_1 (t_1 - \theta).$$

Бундан

$$m = \frac{\rho V c_1 (t_1 - \theta)}{r + c_2 t_2 + c_1 t_1} \approx 30 \text{ кг.}$$

390. $m_2 = \frac{m_1 c_1 (t_1 - t_0) + m_1 r + m_1 c_2 (t_0 - \theta)}{c_2 (\theta - t_2)} \approx 40 \text{ кг;}$ бунда $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

391. $T_0 = T_1 - \frac{2q - m r}{2m c} = 273 \text{ К.}$

392. $c = \frac{r \tau_1}{(t_2 - t_1) \tau_2 - (t_3 - t_2) \tau_1} \approx 0,23 \text{ кЖ/(кг} \cdot ^\circ\text{C).}$

393. Музни $t_0 = 0^\circ\text{C}$ гача иситиш учун керак бўлган иссиқлик миқдори:

$$q_1 = \frac{P_1}{g} c_2 (t_0 - t_1) = 0,21 \text{ МЖ.}$$

Музни эритиш учун:

$$q_2 = \frac{P_1}{g} r = 34 \text{ МЖ,}$$

сувни $t_2 = 100^\circ\text{C}$ қайнаш температурасигача иситиш учун:

$$q_3 = \frac{P_1}{g} c_1 (t_2 - t_1) = 4,2 \text{ МЖ}$$

ва сувни буғлатиш учун:

$$q_4 = \frac{P_1}{g} \lambda = 23 \text{ МЖ.}$$

(бу ерда P_1/g — музнинг массаси). Бу иссиқликларни q иссиқлик миқдори билан таққослаб,

$$q_1 + q_2 + q_3 < q < q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

эканлигини кўрамиз, яъни музнинг ҳаммаси $t_2 = 100^\circ\text{C}$ температурали сувга айланади ва сувнинг $P_1 - P$ оғирликдаги бир қисми бугга айланади. Бундай миқдордаги сувни бугга айлантириш учун

$$q_5 = \frac{P_1 - P}{g} \lambda$$

иссиқлик миқдори талаб қилинади. Шундай қилиб, идиш ичидаги нарсаларга берилган иссиқлик

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + q_5$$

га тенг. Бунга иссиқлик миқдорлари учун олинган ифодаларни қўйиб ва ҳосил қилинган тенгламани P га нисбатан ечиб, қуйидагини топамиз:

$$P = \frac{P_1}{\lambda} [\lambda + c_2(t_0 - t_1) + r + c_1(t_2 - t_0)] - \frac{qg}{\lambda} = 46 \text{ Н.}$$

391. $h = \frac{1/2(\lambda + c_1 t_2)m - \rho V c t_1}{\rho_1 a b r} \approx 0,4 \text{ см.}$ Бу ерда $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ — сувнинг

зичлиги, $c = 4,2 \text{ кЖ/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ — сувнинг солиштирма иссиқлик сифми.

395. Идишда бугнинг конденсацияланиши ҳисобига q_1 иссиқликнинг ажралиши ва шу бугдан ҳосил бўлган сувни $t_2 = 100^\circ\text{C}$ температурадан аралашманинг температураси ϑ гача совитилганда q_2 иссиқликнинг ажралиши содир бўлади. Худди шу вақтнинг ўзида муз эриганда q_3 иссиқликнинг ҳамда дастлаб идишда бор бўлган ва муз эриганда ҳосил бўлган сувни $t_1 = 0^\circ\text{C}$ дан аралашманинг температурасигача иситилганда q_4 иссиқликнинг ютилиши содир бўлади. Ажраладиган иссиқликнинг максимал миқдори (бугнинг ҳаммаси конденсацияланиб бўлганда, бунда ҳосил бўлган сув эса 0°C гача совиганда)

$$q_1 + q_2 = m_3 \lambda + m_3 c (t_2 - t_1) = 18 \text{ кЖ}$$

ҳамма муз эриб бўлгунча ютган $q_3 = m_2 r \approx 18 \text{ кЖ}$ иссиқликка роппа-расо тенг бўлади. Шундай қилиб, $q_4 = 0$ ва идишда фақат

$$\vartheta = t_1 = 0^\circ\text{C}$$

температурадаги сув бўлади.

396. Бугланган сувнинг массаси $m_1 - m$ га тенг. Унинг бугланиши учун $q = (m_1 - m)\lambda$ иссиқлик миқдори талаб қилинади. Жуда тез сўрилганда атрофдаги жисмларнинг иссиқлиги сувга ўтишга улгурмайди. Шунинг учун бу иссиқлик миқдорининг ҳаммаси муз ҳосил бўлиши ҳисобига олинади, яъни $q = m r$. Демак,

$$(m_1 - m)\lambda = m r \quad \text{ва} \quad m = \frac{m_1 \lambda}{\lambda + r} = 35 \text{ г.}$$

397. $m = m_1 \frac{r + \lambda}{r} = 22,7 \text{ г}$ (396- масаланинг ечимига қаранг).

398. Эфирнинг бугланиши учун керак бўлган иссиқлик миқдорини сув ва эфир $t_2 = 0^\circ\text{C}$ гача совитилаётганда ва сув музлаётганда беради. Шундай қилиб,

$$M\lambda = M c_2 (t_1 - t_2) + m c_1 (t_1 - t_2) + m r.$$

Бундан

$$m = \frac{M[\lambda - c_2(t_1 - t_2)]}{r + c_1(t_1 - t_2)} = 0,082 \text{ кг.}$$

399 Сувни иситиш учун керак бўлган иссиқлик сувдан, у музга айла-наётганда олинади, яъни $Mc(t - t_1) = mr$. Бундан

$$m = \frac{Mc(t - t_1)}{r} = 0,124 \text{ кг.}$$

400. Колбанинг ичидаги сув ва симобни қиздирилганда уларнинг темпе-ратураси ΔT га ортди деб фараз қилайлик. Иситилгунга қадар сувнинг ҳажми $V_1 = m_1/\rho_1$, симобники эса $V_2 = m_2/\rho_2$ бўлган. Қиздирилгандан кейин сувнинг зичлиги $\rho_3 = \rho_1(1 + \alpha_1\Delta T)$ га етди. Тошиб тушган сувнинг ҳажми

$$\Delta V_3 = \frac{m_3}{\rho_3} = \frac{m_3(1 + \alpha_1\Delta T)}{\rho_1}.$$

Иситилганда сувнинг ҳажми $\Delta V_1 = \alpha_1 V_1 \Delta T$ миқдор ортган, симобнинг ҳаж-ми эса $\Delta V_2 = \alpha_2 V_2 \Delta T$ га ортган. Колба лиммо-лим тўлдирилган бўлгани са-бабли $\Delta V_1 + \Delta V_2 = \Delta V_3$. Температура ортиши ΔT ни $q = m_1 c_1 \Delta T + m_2 c_2 \Delta T$ тенгламадан топиш мумкин. Бу тенгламаларни ечиб, қуйидагини оламиз:

$$\alpha_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1 m_2 q} [m_3 (m_1 c_1 + m_2 c_2) - \alpha_1 q (m_1 - m_3)] \approx 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}.$$

401. Жезнинг массаси $m_1 = V_0 \rho_0 = V\rho$, бунда $\rho = \rho_0/(1 + 3\beta t)$ — жезнинг калориметрга тушмасдан олдинги зичлиги, бу пайтда жез бўлаги t темпе-ратурага эга эди. Бундан $V = \frac{m_1}{\rho} (1 + 3\beta t)$. Жезнинг t бошланғич темпе-ратурасини аниқлаш учун иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз: музни эритиш учун сарф қилинган иссиқлик жезнинг совниши ҳисобига олинган, яъни $m_2 r = m_1 c(t - t_0)$, бундан $t_0 = 0^\circ\text{C}$ эканлигини назарга олиб, қуйи-лагига эга бўламиз: $t = m_2 r / m_1 c$. Демак,

$$V = \frac{m_1}{\rho_0} \left(1 + \frac{3\beta m_2 r}{m_1 c} \right) = 0,0000512 \text{ м}^3 = 51,2 \text{ см}^3.$$

402. Ёнилғи ёнганда бирлик вақтда ажралган иссиқлик миқдори $q = mQ$ га тенг. Бу иссиқлик миқдорининг шунча вақт ичида фақат $N = q\eta$ қисми-гина фойдали ишга айланади, бунда $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$ — двигателнинг энг юқори фойдали иш коэффициентини ($T_1 = t_1 + 273^\circ$ ва $T_2 = t_2 + 273^\circ$). Бир-лик вақтда бажарилган иш миқдори эса қувватдир. Бинобарин, бу двига-тель эришган фойдали қувват $N = mQ \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 263 \text{ кВт}$ дан ошмайди.

403. Назарий жиҳатдан мумкин бўлган максимал фойдали иш коэффи-циенти (ф. н. к) двигател учун $\eta_1 = (T_2 - T_3)/T_2$ ва буғ машина учун $\eta_2 = (T_1 - T_3)/T_1$ бўлади (бу ерда $T_1 = t_1 + 273^\circ$ ва T_2 ҳамда T_3 лар учун ҳам худди шунга ўхшаш). Двигатель ва буғ машинанинг фойдали иш коэф-фициентлари нисбати:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{(T_2 - T_3)T_1}{(T_1 - T_3)T_2} \approx 2.$$

404. Ёнилғи сарфи $m = N/Q\eta v = 5 \text{ кг/км}$.

405. $Q = Ns/mv\eta \approx 46 \text{ МЖ/кг}$.

406 Сунъий йўлдошининг R радиусли орбита бўйича ҳаракатланиш шarti (Ньютон қонуни) $m_1 v^2 / R = m_1 g$ йўлдошга $W = m_1 v^2 / 2$ кинетик энергия берилган бўлсагина бажарилиши мумкин. Бу энергия керосин ёнганда ажралган $q = Qm$ иссиқлик энергиясини механикавий энергияга айлантириш йўли билан ҳосил қилинади, яъни $W = q$. Бу тенгламаларни биргаликда ечилса, $m = \frac{m_1 g R}{2Q} \approx 670$ кг ҳосил бўлади.

$$407. \eta = (Ns / \rho V Q v) \cdot 100\% = 32\%.$$

$$408. \eta = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{N \tau} \cdot 100\% = 52\%.$$

409. Атроф фазога τ вақт ичида сув совийтганда ва музга айланаётганда олинган $q_1 = mc(t_2 - t_1) + m r$ иссиқлик миқдори ва шунингдек, холодильникнинг ишлаш процессида иссиқликка айлантирилган, электр тармоғидан олинган W энергия берилади, τ вақт ичида ҳаммаси бўлиб $q \tau = q_1 + W$ иссиқлик берилади. Холодильник истеъмол қиладиган қувват:

$$N = \frac{W}{\tau} = q - \frac{q_1}{\tau} = q - \frac{m}{\tau} [c(t_2 - t_1) + r] = 416 \text{ Вт.}$$

$$410. q = ma^2 t / 2 = 225 \text{ МЖ.}$$

$$411. v = \sqrt{4 \zeta (T_2 - T_1) + 4r - 2gh} = 388 \text{ м/сек.}$$

412. Текис ҳаракат бўлгани учун арқоннинг F таранглик кучи оғирлик кучининг ва ишқаланиш кучининг қия текислик йўналишига туширилган проекциялари йиғиндисига тенг:

$$F = mg(\sin \alpha + k \cos \alpha).$$

Жисми h баландликка кўтарилганда у қия текислик бўйича $l = h / \sin \alpha$ масофа босиб ўтади. F куч $A = Fl$ иш бажаради. Бу иш жисмининг потенциал энергиясининг (кинетик энергия ўзгармайди) ортишига ва тахта билан брусонинг қизишига сарф бўлади, яъни $A = mgh + W$. Бундан $W = mgh k \cos \alpha$ экаплигини топиш осон.

$$413. q = mgl \sin \alpha - \frac{mv^2}{2} = 100 \text{ Ж} = 24 \text{ кал.}$$

$$414. n = \frac{N}{\rho S l} = 2 \text{ айл/сек} = 120 \text{ айл/мин.}$$

415. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунидан кубнинг уни ўқ тешиб ўтгандан кейинги тезлигини топамиз: $v = \frac{m}{M} (v_1 - v_2)$. Иссиқликка айланган энергия миқдори ўқнинг кубга тегмасдан олдинги $mv_1^2 / 2$ кинетик энергияси билан ўқ кубни тешиб ўтгандан кейинги куб ва ўқ $\frac{Mv^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$ кинетик энергиясининг фарқига тенг. Демак,

$$W = \frac{mv_1^2}{2} - \left(\frac{Mv^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \right) = \frac{m}{2} \left[v_1^2 - v_2^2 - \frac{m}{M} (v_1 - v_2)^2 \right].$$

416. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига кўра шарларнинг абсолют ноэластик тўқнашишдан кейинги биргаликдаги тезлиги $v = (m_1 v_1 - m_2 v_2) / (m_1 + m_2)$ га тенг. Кейин энергиянинг сақланиш қонунидан:

$$q = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} = \frac{m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} = 15 \text{ Ж}$$

келиб чиқади.

14-§. Идеал газ қонунлари ва ҳолат тенгламалари

417. 294-, 295-, ва 296- расмларга қаранг.

418. Бойль – Мариотт қонунига мувофиқ $p_0 V_0 = p_1 V_1$, бундан $V_1 = p_0 V_0 / p_1 = 0,02 \text{ м}^3$.

419. $p_1 = V_2 \Delta p / (V_1 - V_2) = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 = 12 \text{ кПа} = 90 \text{ мм сим. уст.}$

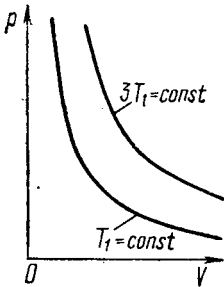
420. $p = \frac{F \cos \alpha}{S} + p_0 = 110 \text{ кПа.}$

421. $\Delta h = \frac{|mRT - \mu V p_0|}{\mu V \rho_0 g} \approx 2,9 \text{ см.}$ Бунда $\rho_0 = 10^3 \text{ кг/м}^3$ — сувнинг зичлиги, $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$, $\mu = 0,032 \text{ кг/моль}$ — кислороднинг моляр массаси, $R = 8,31 \text{ Ж/(моль} \cdot \text{К)}$ — универсал газ доимийси.

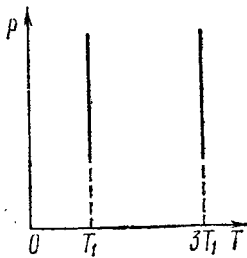
422. $P_1 = p_0 S_0 + P = 260 \text{ Н}$ (297-расм).

423. $F = \rho_0 l \pi r^2 (l - d) \approx 46 \text{ Н.}$

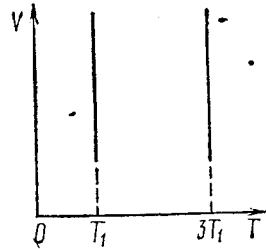
424. Очiq учи юқорига қараган най ичидаги ҳавонинг босими p_1 атмосфера босими p_0 билан симоб устунчаси босими $\rho g h$ нинг йиғиндисига тенг, яъни $p_1 = p_0 + \rho g h$. Най ичидаги ҳавонинг ҳажми $V_1 = lS$, бу ерда S — найнинг кўидаланг кесим юзи (298- расм). Найнинг очiq учи пастга қаратилганда p_0 атмосфера босими най ичидаги p_2 ҳаво босими ва унда қолган $\rho g h/2$ симоб устунчаси босими билан мувозанатлашади, яъни $p_0 = p_2 +$



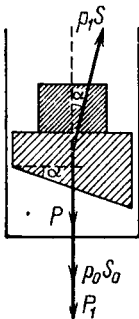
294- расм.



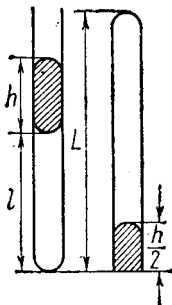
295- расм.



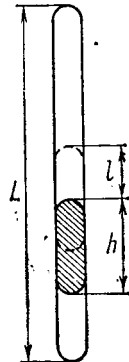
296- расм.



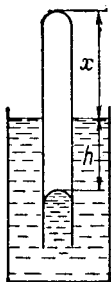
297- расм.



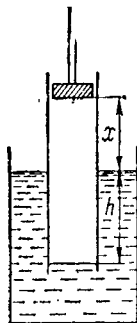
298- расм.



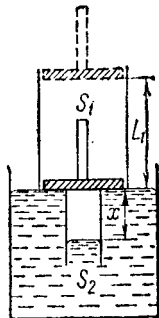
299- расм.



300- расм.



301- расм.



302- расм.

$+ \rho g \frac{h}{2}$ ёки $p_2 = p_0 - \rho g \frac{h}{2}$. Бу холда ҳавонинг ҳажми $V_2 = \left(L - \frac{h}{2}\right) S$ га тенг. Бойль – Мариотт қонуни учун ёзилган $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ифодага босимлар ва ҳажмларнинг қийматларини қўйиб, қуйидагини топамиз:

$$l = \frac{[p_0 - (\rho g h / 2)] [L - (h/2)]}{p_0 + \rho g h}$$

425. Найнинг ҳар иккала учида ҳаво дастлаб $V_1 = \frac{L-h}{2} S$ ҳажмини эгаллаган (бунда S —найнинг кўидаланг кесим юзи) ва p_1 босимга эга бўлган. Найни вертикал қўйилганда юқориги қисмда ҳавонинг ҳажми $V_2 = \left(\frac{L-h}{2} + l\right) S$ (299-расм), босими p_2 бўлган. Найнинг пастки қисмида эса ҳажми $V_3 = \left(\frac{L-h}{2} - l\right) S$, босими p_3 бўлган. Бойль–Мариотт қонунига кўра найнинг юқориги қисми учун $p_1 V_1 = p_2 V_2$, бундан

$$(L-h)p_1 = (L-h+2l)p_2, \quad (1)$$

пастки қисми учун $p_1 V_1 = p_3 V_3$, бундан

$$(L-h)p_1 = (L-h-2l)p_3. \quad (2)$$

Бошқа томондан найнинг пастки қисмидаги ҳаво босими найнинг юқориги қисмидаги ҳаво босими билан симоб устунчасининг босими йнғиндисига тенг бўлганда симоб устунчаси мувозанатда бўлади, яъни

$$p_3 = p_2 + \rho g h. \quad (3)$$

(1), (2) ва (3) дан p_2 ва p_3 ларни йўқотиб, қуйидагини топамиз:

$$p_1 = \frac{\rho g h [(L-h)^2 - 4l^2]}{4l(L-h)} = 50 \text{ кПа.}$$

426. Найни симобга ботирмасдан аввал ундаги ҳаво босими p_0 , ҳажми эса $V_0 = LS$ бўлган, бунда S — найнинг кўидаланг кесим юзи. Найни симобга ботирилгандан кейин ундаги ҳавонинг босими $p_1 = p_0 + \rho h$ га тенг бўлган, унинг ҳажми эса $V_1 = (h+x)S$ (300-расм). Бойль – Мариотт қонуни

бўйича $p_0 V_0 = p_1 V_1$ ёки босим ва ҳажмларнинг қийматини ўрнига қўйсақ.
 $p_0 L S = (p_0 + \rho g h)(h + x) S$. Бундан

$$x = \frac{p_0 L}{p_0 + \rho g h} - h = -0,38 \text{ м},$$

яъни найнинг кавшарланган учи идишдаги симоб сатҳидан 38 см пастда бўлади.

427. $x = \frac{L p_0}{2(p_0 + \rho g h)} - h = -0,57 \text{ м}$ (301-расм), яъни поршень симоб сатҳидан 57 см пастда бўлиши керак.

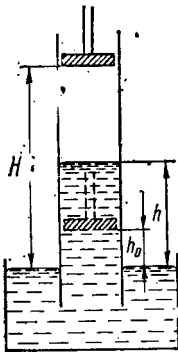
428. Поршень киритилмасдан олдин цилиндрдаги ҳаво ҳажми $V_0 = S_1 L_1$, унинг босими эса p_0 эди. Поршень киритилгандан сўнг най ичидаги ҳавонинг ҳажми $V_1 = S_2 x$, унинг босими эса $p_1 = p_0 + \rho g x$ (302-расм) бўлди. Бойль – Мариотт қонунига кўра $p_0 V_0 = p_1 V_1$ ёки $p_0 S_1 L_1 = (p_0 + \rho g x) S_2 x$. Бу квадрат тенгламани x га нисбатан ечиб, қуйидагини топамиз:

$$x = \frac{p_0}{2\rho g} \pm \sqrt{\left(\frac{p_0}{2\rho g}\right)^2 + \frac{p_0 S_1 L_1}{\rho g S_2}}.$$

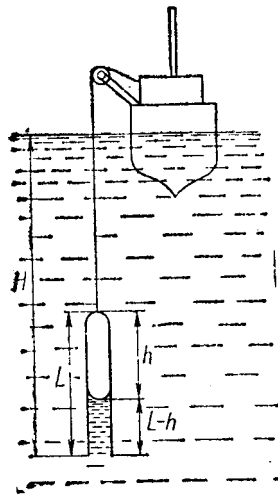
Квадрат илдиз олдида мусбат ишора олиш керак, чунки биз x ни мусбат катталик деб ҳисобладик (x нинг ортиши билан p_1 босим орта боради). Ўша формуланинг ўзига $x = L_2$ ни қўйиб ва уни S_1 га нисбатан ечиб, цилиндрнинг минимал кўндаланг кесим юзини топамиз:

$$S_{1\text{мин}} = \frac{(p_0 + \rho g L_2) S_2 L_2}{p_0 L_1}.$$

429. Поршень кўтарилгунга қадар най ичидаги ҳавонинг ҳажми $V_0 = S h_0$ (бунда S —найнинг кўндаланг кесим юзи), босими эса p_0 бўлган. Поршень H баландликка кўтарилгандан кейин найдаги симоб идишдаги симоб сатҳига нисбатан h баландликка кўтарилади (303-расм). Найдаги ҳавонинг ҳажми $V_1 = S(H - h)$, унинг босими эса $p_1 = p_0 - \rho h d$. Бундан $h = (p_0 - p_1) / d$. Бойль – Мариотт қонунига биноан $p_0 V_0 = p_1 V_1$ ёки $p_0 S h_0 = p_1 S (H - h)$.



303-расм.



304-расм.

Бу тенгламага h нинг қийматини қўйиб, $p_0 h_0 d = p_1(Hd - p_0 + p_1)$ ни оламыз. Бу тенгламани ечиб, қуйидагини топамиз:

$$p_1 = \frac{p_0 - Hd}{2} \pm \sqrt{\frac{(p_0 - Hd)^2}{4} + p_0 h_0 d}.$$

Най ичидаги ҳавонинг босими манфий бўлиши мумкин эмас, шунинг учун квадрат илдиз олдидаги мусбат ишорани олиш керак. Ҳисоблашлардан сўнг $p_1 = 1,15 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ни оламыз.

430. Денгизга туширилмасдан олдин найдаги ҳавонинг ҳажми $V_0 = LS$, бунда S — найнинг қўндаланг кесим юзи. Найдаги ҳавонинг босими эса p га тенг бўлган. Агар найнинг пастки учи H чуқурликкача ботирилган бўлса (304-расм), у ҳолда унинг ичидаги ҳавонинг ҳажми $V_1 = hS$ бўлиб, най ичидаги сувнинг сатҳи эса денгиз сатҳидан $H - (L - h)$ чуқурликда бўлади. Бунда найдаги ҳавонинг босими $p_1 = p_0 + \rho g(H - L + h)$ га тенг бўлади. Бойль—Мариотт қонунига кўра $p_0 V_0 = p_1 V_1$, яъни $p_0 LS = [p_0 + \rho g(H - L + h)]hS$. Бундан

$$H = \frac{(p_0 + \rho g h)(L - h)}{\rho g h} \approx 41,6 \text{ м}.$$

431. Сув ҳавзасининг тубидаги ҳаво босими $p_1 = p_0 + \rho g H$ га тенг. h чуқурликдаги ҳаво босими эса $p_2 = p_0 + \rho g h$ бўлади. Худди шу h чуқурликда ҳаво пуфакчасининг ҳажми $v = \frac{4}{3} \pi r^3$ га тенг. Бойль—Мариотт қонунига кўра

$$p_1 V_0 = p_2 v \text{ ёки } (p_0 + \rho g H) V_0 = (p_0 + \rho g h) \frac{4}{3} \pi r^3.$$

Бундан

$$r = \sqrt[3]{\frac{3(p_0 + \rho g H)V_0}{4\pi(p_0 + \rho g h)}}.$$

$$432. a_2 = a_1 \sqrt{\frac{p_0 T_2}{(p_0 + \rho_0 g h) T_1}} \approx 1,37 \text{ см (431-масаланинг ечимига қ.)}$$

433. $k = \frac{V_1}{V} = \frac{p_0}{p_0 + \rho g h} = 0,19$. Бунда V — кеманинг ҳажми, V_1 — сувсиз кеманинг ҳажми.

$$434. H = \frac{p_0(V_1 - V_2) \Delta h}{V_1 \Delta p} = 1380 \text{ м}.$$

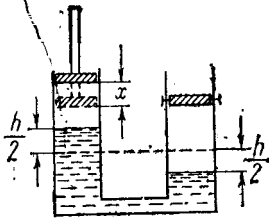
435. Поршенлар остидаги ҳавонинг бошланғич ҳажми $V_1 = Sh$, бунда S — идишларнинг қўндаланг кесим юзлари. Маҳкамланган поршень остидаги ҳавонинг охирги ҳажми

$$V_2 = S \left(h + \frac{h}{2} \right) = \frac{3}{2} Sh,$$

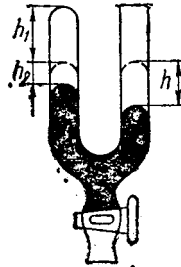
кўзгалувчан поршень остидаги ҳаво ҳажми эса

$$V_3 = S \left(h + x - \frac{h}{2} \right) = S \left(x + \frac{h}{2} \right)$$

(305-расм). Поршенлар остидаги охирги босимлар эса мос равишда p_2 ва p_3 га тенг. Бу босимлар орасидаги фарқ идишлардаги суюқликларнинг сатҳ-



305- расм.



306- расм.

лари орасидаги фарқ билан аниқланади: $p_2 - p_3 = \rho g h$. Бойль – Мариотт қонунига мувофиқ поршени маҳкамланган идиш учун

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{ ёки } p_1 S h = p_2 \frac{3}{2} S h, \text{ бундан } p_2 = \frac{3}{2} p_1.$$

Демак,

$$p_3 = p_2 - \rho g h = \frac{3}{2} p_1 - \rho g h.$$

Бойль – Мариотт қонунига мувофиқ қўзғалувчан поршенли цилиндр учун $p_1 V_1 = p_3 V_3$ ёки $p_1 S h = p_3 S \left(x + \frac{h}{2} \right) = \left(\frac{2}{3} p_1 - \rho g h \right) S \left(x + \frac{h}{2} \right)$. Бундан қуйидагини топамиз:

$$x = \frac{(4p_1 + 3\rho g h) h}{2(2p_1 - 3\rho g h)}.$$

436. Найнинг кавшарланган тирсагидаги бошланғич ҳажм $V_1 = S h_1$, бунда S — шу тирсақнинг кўндаланг кесим юзи; ундаги ҳавонинг бошланғич босими p_0 га тенг. Симобнинг бир қисми чиқариб юборилгандан кейин бу тирсақдаги ҳавонинг ҳажми $V_2 = S (h_1 + h_2)$ бўлган (306- расм), босим эса $p_1 = p_0 - \rho g (h - h_2)$ га тенг бўлган. Бойль – Мариотт қонунига мувофиқ

$$p_0 V_1 = p_1 V_2 \text{ ёки } p_0 S h_1 = [p_0 - \rho g (h - h_2)] S (h_1 + h_2).$$

Бундан

$$h = h_2 \frac{p_0 + \rho g (h_1 + h_2)}{\rho g (h_1 + h_2)} = 0.53 \text{ м.}$$

437. Ҳавоси сўриб олинмасдан олдин баллондаги ҳаво унинг V ҳажмини эгаллаган ва p босимга эга бўлган. Сўриш охирида ҳаво эгаллаган V_1 ҳажм балоннинг ҳажми ва сўрувчи камеранинг ҳажмидан иборат бўлади: $V_1 = V + v$. Бунда босим p_1 га тенг бўлади. Бойль – Мариотт қонунига кўра $pV = p_1 V_1$ ёки $\frac{p}{p_1} = \frac{V + v}{V}$. Масаланинг шартига кўра $p/p_1 = n$. Бинобарин, $v = V(n - 1) = 0.8 \text{ л.}$

438. Сўришдан олдин ҳавонинг ҳажми балоннинг V ҳажмига ва босими эса p_0 га тенг бўлган. Биринчи сўришнинг охирида ҳавонинг ҳажми балоннинг V ҳажми билан сўрувчи камеранинг v ҳажмлари йиғиндисига тенг,

босимн эса p_1 га тенг бўлади. Бойль—Мариотт қонунига кўра $p_0V = p_1(V + v)$, бундан

$$p_1 = p_0 \frac{V}{V + v}.$$

Иккинчи циклда бошланғич босим сифатида p_1 хизмат қилади. Шунинг учун

$$p_2 = p_1 \frac{V}{V + v} = p_0 \left(\frac{V}{V + v} \right)^2.$$

Учинчи циклда бошланғич босим p_2 бўлади. Бинобарин,

$$p_3 = p_2 \frac{V}{V + v} = p_0 \left(\frac{V}{V + v} \right)^3.$$

ва ҳ. к. Равшанки, n цикдан сўнг босим $p_n = p_0 \left(\frac{V}{V + v} \right)^n$ бўлади; бундан $\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V}{V + v} \right)^n$. Бу ифодани логарифмлаб, қуйидагини топамиз: $\lg(p_n/p_0) = n \lg[V/(V + v)]$. Пировардида ушбуга эга бўламиз:

$$n = \frac{\lg(p_n/p_0)}{\lg\left(\frac{V}{V + v}\right)}.$$

439. Босим p бўлганда n та болганинг иши учун зарур бўлган ҳаво ҳажми $V_1 = nv$ га тенг. Бойль—Мариотт қонунига кўра $p_0V = p_1V_1$. Бундан $n = p_0V/pv = 20$ та.

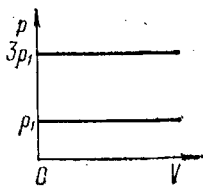
440. Ҳар бир сўриш охирида p_0 атмосфера босимидаги ҳаво насос сўрувчи камерасининг v ҳажмини эгаллайди. Футбол тўпида ҳавонинг шунча миқдори V ҳажмини олади ва p парциал босимга эга бўлади, бу босимни Бойль—Мариотт қонуни ёрдамида топиш мумкин: $p = \frac{v}{V} p_0$. Поршень n марта юрганда тўп ичидаги p_1 босим парциал босимлар йиғиндисига тенг бўлади:

$$p_1 = np = \frac{npv p_0}{V} = 0,2 \text{ МПа.}$$

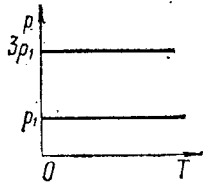
441. Ҳар бир порция ҳавонинг парциал босимини Бойль—Мариотт қонуни ёрдамида топиш мумкин (440-масаланинг ечилишига қаранг): $p = \frac{v}{V} p_0$

бунда $v = \pi d^2 h / 4$ — насоснинг ҳар бир юришида сўриладиган ҳавонинг ҳажми. Насос n та юришида камерага киритган барча ҳаво порцияларининг парциал босимлари йиғиндиси $np = \pi d^2 h n p_0 / 4V$ га тенг бўлади. Бу катталикни камерадаги p_0 бошланғич босимга қўшиб, қуйидагини топамиз: $p_1 = \frac{\pi d^2 h n p_0}{4V} + p_0$. Бундан камерада p_1 босим ҳосил қилиш учун зарур бўлган насос юришлари сони $n = \frac{4V(p_1 - p_0)}{\pi d^2 h p_0}$ га тенг. Камерани дамлаш учун кетадиган вақт:

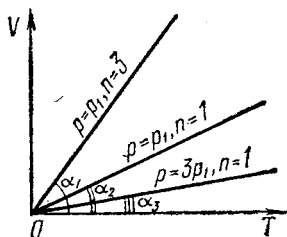
$$t = n\tau = \frac{4V(p_1 - p_0)\tau}{\pi d^2 h p_0} \approx 46 \text{ сек.}$$



307- расм.



308- расм.



309- расм.

442. Идишлар туташтирилгандан кейин ҳар бир идишдаги ҳаво $V_1 + V_2$ ҳажм бўйича тақсимланади. Биринчи идишдаги ҳаво учун Бойль—Мариотт қонунига кўра: $p_1 V_1 = p'_1 (V_1 + V_2)$, иккинчи идишдаги ҳаво учун эса $p_2 V_2 = p'_2 (V_1 + V_2)$, бунда p'_1 ва p'_2 — парциал босимлар. Бу тенгламаларни қўшиб, қуйидагини ҳосил қиламиз: $p_1 V_1 + p_2 V_2 = (p'_1 + p'_2) (V_1 + V_2)$. Бироқ Дальтон қонуни бўйича қарор топган босим $p = p'_1 + p'_2$. Шундай қилиб,

$$p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} = 6,75 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2.$$

443. $p_1 = \frac{p (V_1 + V_2) - p_2 V_2}{V_1} = 1,8 \text{ МПа}$ (442-масаланинг ечилишига қаранг).

$$444. p = 4p_1 m_1 / (2m_1 + m_2).$$

445. Изобарик процесслар графиклари 307- ва 308-расмда p, V ва p, T координаталарда, 309-расмда V, T координаталарда кўрсатилган.

446. Бошланғич температура $T_1 = \frac{\Delta T}{(V_2/V_1) - 1} = 1 \text{ К}$, охириги темпера-

тура $T_2 = \frac{\frac{V_2}{V_1} \cdot \Delta T}{(V_2/V_1) - 1} = 2 \text{ К}$. Бу ерда $V_2 = 2V_1$.

$$447. \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = 0,04 \text{ ёки } 4\%.$$

448. Иситилмаган баллон учун Бойль — Мариотт қонунига кўра $pV = p'(V - S\Delta l)$. Иситилган баллон учун бирлашган газ қонунига биноан $\frac{pV}{T_0} = \frac{p'(V + S\Delta l)}{T_0 + \Delta T}$, бунда p — баллонлардаги бошланғич босим, p' — баллонлардаги улар иситилгандан кейинги босим. Бу тенгламалардаги p/p' ни йўқотиб, қуйидагини топамиз:

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{2S\Delta l}{V - S\Delta l} \approx \frac{2S\Delta l}{V}.$$

Бу ерда баллонлар ҳажмига нисбатан капилляр ҳажми ҳисобга олинмайди.

$$449. T_1 = \frac{TV}{V + n\Delta V} = 267 \text{ К} \text{ дан } T_2 = \frac{T(V + n\Delta V)}{V + n\Delta V} = 321 \text{ К} \text{ гача.}$$

$$450. V_1 = \frac{VT_1}{T_1 + T_2} = 200 \text{ см}^3 \text{ ва } V_2 = \frac{VT_2}{T_1 + T_2} = 300 \text{ см}^3.$$

451. Цилиндрнинг ҳар иккала ярмидаги ΔV ҳажм ўзгариши бирдай. Цилиндрнинг иситилмаган қисми учун $p_0V = p_1(V - \Delta V)$, иситилган қисми учун эса $\frac{p_0V_0}{T} = \frac{p_1(V + \Delta V)}{T_1}$, бунда V — цилиндрнинг ҳар иккала ярми-

нинг бошланғич ҳажми. Бундаги $\Delta V/V$ ни йўқотиб, $p_1 = p_0 \frac{T + T_1}{2T} =$

$$= 105 \text{ кПа ни топамиз.}$$

452. Цилиндр горизонтал турганда ҳар иккала ярмининг ҳажми V бўлсин. Уни вертикал ҳолатга ўтказилганда юқориги ярмининг ҳажми $V + \Delta V$ ва босими p_1 га тенг бўлади, пастки ярмининг ҳажми $V - \Delta V$ ва босими $p_1 + (mg/S)$ га тенг бўлади. Бойль—Мариотт қонунига мувофиқ цилиндрнинг юқориги ва пастки ярми учун:

$$pV = p_1(V + \Delta V), \quad pV = \left(p_1 + \frac{mg}{S}\right)(V - \Delta V).$$

Тенгламаларни V га бўлсак,

$$p = p_1 \left(1 + \frac{\Delta V}{V}\right) \text{ ва } p = \left(p_1 + \frac{mg}{S}\right) \left(1 - \frac{\Delta V}{V}\right)$$

ни оламиз. Бу тенгламалардан $\Delta V/V$ номаълум катталиқни йўқотиб, ушбу квадрат тенгламани оламиз:

$$p_1^2 = \left(p - \frac{mg}{S}\right)p_1 - \frac{mgp}{2S} = 0,$$

бу тенгламадан

$$p_1 = \frac{1}{2} \left[p - \frac{mg}{S} + \sqrt{p^2 + \left(\frac{mg}{S}\right)^2} \right]$$

ни топамиз (иккинчи илдиш ташлаб юборилади, чунки у p_1 учун манфий қийматлар беради).

453. $x = \frac{\rho g l(L-l)}{2(2p + \rho g l)} = 17 \text{ см}$. Бу ерда ρ — симобнинг зичлиги, $\rho g l = 30 \text{ мм сим. уст.} = 4 \text{ кПа}$ — узунлиги $l = 30 \text{ мм}$ га тенг бўлган симоб устунининг босими.

$$454. T_2 = \frac{p_1 T_1}{p_2} = \frac{m T_1}{V_1 p_2} = 225 \text{ К ёки } t_2 = -48^\circ \text{С.}$$

455. Колба сувга ботирилмасдан олдин ва охириги ҳолатида ундаги босим бирдай (атмосфера босими га тенг) бўлгани сабабли, газнинг бу ҳолатлари учун $V_1/V_2 = T_1/T_2$, бунда

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi a^3 + \frac{1}{4} \pi d^2 l \text{ ва } V_2 = \frac{4}{3} \pi a^3 + \frac{1}{8} \pi d^2 l$$

колбадаги ҳавонинг бошланғич ва охириги ҳажмлари. Бинобарин,

$$T_1 = \frac{V_1}{V_2} T_2 = 2T_2 \frac{16a^3 + 3ld^2}{32a^3 + 3ld^2} = 316 \text{ К ёки } t_1 = 43^\circ \text{С.}$$

$$456. p_2 = p_0 T_0/T_2 = 0,41 \text{ кг/м}^3.$$

457. Ҳолат тенгламаси цилиндр қиздирилгунга қадар $pV = \frac{m}{\mu} RT$, қиз-

дирилгандан кейин эса $p(V + Sh) = \frac{m}{\mu} R(T + \Delta T)$ кўринишда бўлади, бунда p , V ва T — газнинг қиздирилгунга қадар босими, ҳажми ва температураси. Иккинчи тенгламани биринчи тенгламадан айириб ва $p = p_0 + (F/S)$ эканлигини назарда тутган ҳолда қуйидагини оламиз:

$$P = \frac{\eta R \Delta T}{\mu h} - p_0 S \approx 8,5 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Бу ерда $\mu = 32$ кг/кмоль — кислороднинг моляр массаси, R — универсал газ доимийси.

458. $V/T = \text{const}$ шарт шуни англатадики, қиздириш ва совитиш процесслари изобарик равишда боради. Бошланғич ҳажмлар нисбати $V_1/V_2 = = 1/2$ бўлганда бу ҳажмлар V_0 труба ҳажмининг $V_1 = \frac{1}{3} V_0$ ва $V_2 = \frac{2}{3} V_0$ қисмини ташкил этади. Иккала қисмнинг охириги ҳажмлари бирдай: $V_3 = = \frac{1}{2} V_0$. Гей-Люссак қонунига биноан цилиндрик трубанинг кичик қисми учун $V_1 V_3 = T_0/T_1$, катта қисми учун эса $V_2/V_3 = T_0/T_2$, бунда $T_0 = 273$ К — бошланғич шартларга мос температура. Бундан

$$T_1 = \frac{T_0 V_3}{V_1} = \frac{3}{2} T_0 \approx 410 \text{ К ёки } t_1 = 137^\circ\text{C};$$

$$T_2 = \frac{T_0 V_3}{V_2} = \frac{3}{4} T_0 \approx 205 \text{ К ёки } t_2 = -68^\circ\text{C}.$$

459. $x = LT_2/(T_1 + T_2) = 42$ см.

460. $T_1 = \frac{p_1}{p_2} T_2 = 404$ К.

461. $P = Sp_1(T_2 - T_1)/T_1 = 46$ Н.

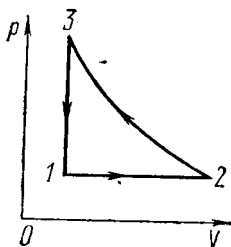
462. Одатда манометрлар шундай даражаланган бўладики, улар баллон ичидаги босим билан атмосфера босими орасидаги фарқни кўрсатади. Шунинг учун баллон хонада турганда ундаги босим $p_1 = p + p_0$ га тенг ва баллон кўчада бўлганда ундаги босим $p_2 = p + p_0 - \Delta p$ га тенг бўлади. Газ ҳажми доимий бўлгани сабабли Шарль қонунига кўра $p_1/T_1 = p_2/T_2$ бўлади, бунда $T_2 = t + 273^\circ$ — ташқи ҳаво температураси. Бундан

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{p + p_0 - \Delta p}{p + p_0} T_1 = 256 \text{ К ёки } t_2 = -17^\circ\text{C}.$$

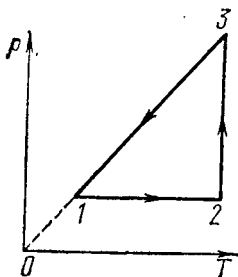
463. Лампаларни газ билан тўлдиришда босим Шарль қонунини қаноатлантириши керак: $p/T_1 = p_0/T_2$. Бундан $p = \frac{T_1}{T_2} p_0 = 74$ кПа.

464. Цилиндр ичидаги поршень остида $t = 0^\circ\text{C}$ температурада босими p_0 ва ҳажми V_0 бўлган бирор миқдор газ бўлсин.

1. Газни p_0 ўзгармас босимда t_1 температурагача қиздирамиз. У ҳолда газ Гей-Люссак қонунига кўра $V_1 = V_0(1 + \alpha t_1)$ ҳажми эгаллайди.



310- расм.



311- расм.

2 Газни t_1 ўзгармас температурада V_1 ҳажмдан V_0 ҳажмгача сиқамиз. Натижада газ p_1 босимга эга бўлади, бунда Бойль—Мариотт қонунига кўра: $p_0 V_1 = p_1 V_0$.

3. Газни V_0 ўзгармас ҳажмда t_0 температурагача совицамиз. Бунда газ бошланғич ҳолатига қайтади, унинг босими p_1 дан p_0 гача камаяди. Шарль қонунига мувофиқ p_1 ва p_0 босимлар қуйидагича муносабатда боғланган: $p_1 = p_0 (1 + \beta t)$.

Биринчи пунктда аниқланган V_1 нинг ифодасини ва учинчи пунктда топилган p_1 нинг ифодасини иккинчи пунктдаги Бойль—Мариотт қонуни ифодасига қўйиб, ушбу тенгламани ҳосил қиламиз:

$$p_0 V_0 (1 + \alpha t_1) = p_0 V_0 (1 + \beta t_1). \quad \text{Бундан } \alpha = \beta.$$

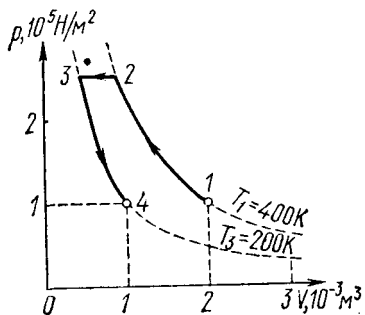
465. Процесснинг p , V ва p , T координаталардаги графиклари 310- ва 311- расмларда келтирилган.

466. 3 ва 1 ҳолатлар орасидаги ўтиш учун (бошқа ҳар қандай ўтишлардаги каби) қуйидаги муносабат бажарилиши керак: $p_3 V_3 / T_3 = p_1 V_1 / T_1$ (а). Бошқа томондан, 63- расмдан кўриниб турибдики, бу ҳолда $V = k p$, яъни $V_3 / p_3 = V_1 / p_1$ (б). 1 ва 2 ҳолатлар орасидаги ўтиш изохорик ўтишдир. Бинобарин, $p_1 / p_2 = T_1 / T_2$ (в). Ниҳоят, 2—3 процесс изобарик ўтишдир, яъни $p_2 = p_3$ (г). (а) — (г) муносабатлардан ушбунни топамиз: $T_3 = T_2^2 / T_1$.

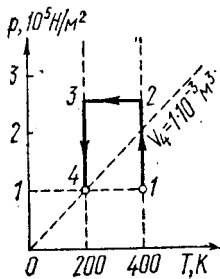
$$467. p_4 = \frac{p_1 V_1 T_3}{V_4 T_1} = 10^5 \text{ Н/м}^2 = 100 \text{ кПа} = 0,1 \text{ МПа}.$$

468. Берилган газ миқдори учун ҳар қандай процессда бирлашган газ қонунини $\frac{pV}{T} = B = \text{const}$ кўринишида татбиқ этиш мумкин. Бундаги B доимий катталикни тенгламага бошланғич ҳолат учун p_1 , V_1 , T_1 маълум қийматларни қўйиб топиш мумкин: $B = \frac{p_1 V_1}{T_1} = 0,5 \text{ Ж/К}$. Процесслар графикларини чизиб, масаланинг график ечимини топиш мумкин. p , V ва T лар учун масштаб ташлаб, 312- ва 314- расмлардан $p_4 = 100 \text{ кПа}$ эканлигини топамиз.

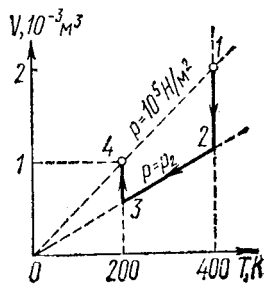
469. $p_0 = \rho g H_0 = 101,3 \text{ кПа}$ босим (бунда $\rho = 1,36 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$ — симобнинг зичлиги, $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ — эркин тушиш тезланиши ва $H_0 = 760 \text{ мм}$ сим. уст.) ва $T_0 = 273 \text{ К}$ температурада (нормал шароитда) исталган газнинг



312- расм.



313- расм.



314- расм.

бир моль миқдори Авогадро қонунига мувофиқ: $V_{0\mu} = 22,41 \text{ л} = 0,02241 \text{ м}^3$ ҳажми эгаллайди. Бундан

$$R = \frac{pV}{T} = \frac{p_0 V_{0\mu}}{T_0} = 8,31 \text{ Ж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

470. Газ ҳолатининг бирлашган қонуни тенгласидан. водороднинг моляр массаси $\mu = 0,002 \text{ кг/моль}$ ва газ донийси $R = 8,31 \text{ Ж/(моль} \cdot \text{К)}$ эканини ҳисобга олиб, қуйидагини топамиз: $m = \frac{\mu p V}{RT} = 0,138 \text{ кг}$.

471. $\mu_1 = \frac{m_1 \mu_2 p_2 T_1}{m_2 p_1 T_2} = 0,028 \text{ кг/моль}$, бунда $\mu_2 = 0,002 \text{ кг/моль}$ — водороднинг моляр массаси, $T_1 = t_1 + 273^\circ$, $T_2 = t_2 + 273^\circ$. Номазлум газ — азот.

472. V ҳажми идишдаги ҳавонинг ҳолат тенгласи p атмосфера босимида қиздирилгунга қадар: $pV = \frac{m_1}{\mu} RT_1$; қиздирилгандан сўнг: $pV = \frac{m_2}{\mu} RT$. Бу ерда m_1 — идишдаги ҳавонинг қиздирилмасдан олдинги массаси m_2 — унинг қиздирилгандан кейинги массаси ва μ — ҳавонинг моляр массаси Иккинчи тенгламани биринчисига бўлиб, қуйидагини оламиз:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{T_1}{T_2} = 0,415 \text{ ёки } 41,5\%.$$

$$473. \frac{m_1 - m_2}{m_1} = \frac{p_1 - p_2}{p_1} = 0,2 \text{ ёки } 20\%.$$

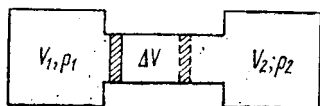
$$474. m_2 - m_1 = \frac{\mu V}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) = 5,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг}.$$

$$475. \mu = mRT/pV = 0,032 \text{ кг/моль (кислород)}.$$

476. Ҳолат тенгласидан газнинг зичлигини топиш мумкин: $\rho = m/V = \mu p/RT$, бунда $\mu = 0,028 \text{ кг/моль}$ — азотнинг моляр массаси. Бундан $\rho = 1,12 \text{ кг/м}^3$.

$$477. \rho = 0,49 \text{ кг/м}^3 \text{ (476- масаланинг ечилишига қараи)}.$$

$$478. p = 0,4RT/p_0/\mu = 24 \text{ МПа (476- масаланинг ечилишига қараи)}.$$



315- расм.

479. *Биринчи усул.* 442- масаланинг ечимига кўра қарор топган босим $p = (p_1 V_1 + p_2 V_2) / (V_1 + V_2)$ формула орқали ифодаланади. Бундан $p_1 = \frac{p(V_1 + V_2) - p_2 V_2}{V_1} = 5 \cdot 10^5$ Па.

Иккинчи усул. Биринчи баллондаги ҳавонинг ҳолат тенгламаси $p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} R T$, иккинчи баллондаги ҳаво учун $p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} R T$ ва баллонлар туташтирилгандан сўнг $p(V_1 + V_2) = \frac{m_1 + m_2}{\mu} R T$ бўлади, бунда m_1 ва m_2 — ҳавонинг мос равишда биринчи ва иккинчи баллонлардаги массалари. Бу тенгламалардан m_1 ва m_2 ни йўқотиб, яна $p_1 = \frac{p(V_1 + V_2) - p_2 V_2}{V_1}$ ни ҳосил қиламиз.

Учинчи усул. Баллонларни туташтирувчи трубада поршень ўрнатилган деб фараз қиламиз (315- расм). Поршени шундай сурамызки, баллонлардаги босим бирдай ва p га тенг бўлсин. Биринчи баллондаги ҳавонинг ҳажми ΔV катталikka ортади ва $V_1 + \Delta V$ га тенг бўлади, иккинчи баллондаги ҳавонинг ҳажми эса худди шунча катталikka камаяди ва $V_2 - \Delta V$ га тенг бўлади. Энди газ мувозанатини бузмасдан поршени олиб ташлаш мумкин. Бойль — Мариотт қонуни бўйича $p_1 V_1 = p(V_1 + \Delta V)$ ва $p_2 V_2 = p(V_2 - \Delta V)$. Бу тенгламаларни қўшиб, $p_1 V_1 + p_2 V_2 = p(V_1 + V_2)$ ни ҳосил қиламиз. Бундан p_1 учун аввалги тенглама келиб чиқади.

$$480. p = \frac{T}{2} \left(\frac{p_1}{T_1} + \frac{p_2}{T_2} \right).$$

481. Цилиндрнинг иккала қисмидаги газнинг ҳолат тенгламаси уни қиздирмасдан олдин

$$pLS = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

бўлади, бунда $LS = V$ — цилиндр ярмининг ҳажми, S — унинг кўндаланг кесим юзи. Қиздирилган ярмининг ҳажми $V_1 = (L + l)S$ га тенг бўлиб қолади ва ундаги газнинг ҳолат тенгламаси:

$$p_1(L + l)S = \frac{m}{\mu} R(T + \Delta T), \quad (2)$$

иккинчи ярмининг ҳажми эса $V_2 = (L - l)S$ ва ундаги газ учун ҳолат тенгламаси

$$p_1(L - l)S = \frac{m}{\mu} RT \quad (3)$$

бўлади, бундан p_1 — поршень силжигандан кейинги газ босими, бу босим поршень мувозанатда бўлганлигидан цилиндрнинг иккала ярмида бирдай, $T + \Delta T$ — қиздирилган ярмидаги температура. Охирги икки тенгламани бир-бирига бўлиб, қуйидагини оламиз:

$$T + \Delta T = T \frac{L + l}{L - l}; \text{ бундан } \Delta T = \frac{2Tl}{L - l} = 404 \text{ К.}$$

(1) ва (3) тенгламаларнинг ўнг томонлари ўзаро тенг, шунинг учун $p_1(L-l)S = pLS$ (бу тенглама цилиндрнинг температураси ўзгармаган қисми учун Бойль—Мариотт қонунини ифодалайди). Бу тенгламадан:

$$p_1 = Lp/(L-l) = 167 \text{ кПа.}$$

482. $h = L(1 - \sqrt{T_2/T_1}) \approx 10$ см. (Масалани ечишда $\rho g = p_0/L$ эканлигини назарда тутиш керак.)

483. Водород тўсиқ орқали эркин ўта олганлигидан, идишнинг бутун V ҳажми бўйича тарқалади ва унинг учун ҳолат тенгламаси $p_1V = \frac{m_1}{\mu_1}RT$ бўлади, бунда $\mu_1 = 0,002$ кг/моль — водороднинг моляр массаси. Идишнинг фақат водороднинг ўзи бўлган қисмида бундан кейин ҳам фақат водород қолади, шу сабабли идишнинг бу қисмида босим $p_1 = \frac{m_1RT}{\mu_1V} = 33$ кПа бўлади. Азот учун ҳолат тенгламаси $p_2 \frac{V}{2} = \frac{m_2}{\mu_2}RT$, бунда $m_2 = 2,8 \cdot 10^{-2}$ кг — азотнинг массаси ва $\mu_2 = 0,028$ кг/моль — унинг моляр массаси. Идишнинг бу қисмида ҳам водород, ҳам азот бўлгани учун тўла босим p_1 ва p_2 парциал босимлар йиғиндисидан иборат бўлади. Шундай қилиб,

$$p = p_1 + p_2 = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{2m_2}{\mu_2} \right) \frac{RT}{V} = 0,1 \text{ МПа.}$$

484. Цилиндрнинг водород турган қисмида поршень цилиндр четидан

$$x = \frac{\mu_1 L T_2}{\mu_1 T_2 + \mu_2 T_1} = 60 \text{ см}$$

масофада бўлади; бу ерда $\mu_1 = 0,032$ кг/моль — кислороднинг моляр массаси, $\mu_2 = 0,002$ кг/моль — водороднинг моляр массаси.

485. Идишнинг биринчи ва иккинчи қисмлари учун ҳолат тенгламалари температуралар тенглашмасдан олдин: $pV_1 = \frac{m_1}{\mu}RT_1$ ва $pV_2 = \frac{m_2}{\mu}RT_2$. Бу тенгламаларни бир-бирига бўлиб, $\frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} = \frac{m_1}{m_2}$ ни топамиз. Идишнинг биринчи ва иккинчи қисмлари учун температура тенглашгандан кейинги ҳолат тенгламаси: $p'V'_1 = \frac{m_1}{\mu}RT$ ва $p'V'_2 = \frac{m_2}{\mu}RT$ бўлади, бунда V'_1 — биринчи қисмининг охириги ҳажми, V'_2 — иккинчи қисмининг охириги ҳажми, T — умумий температура ва p' — босим, у тўсиқ мувозанатда бўлганидан, идишнинг иккала қисмида бирдай. Бу икки тенгламани бир-бирига бўлиб, $V'_1/V'_2 = m_1/m_2$ ни топамиз. Шундай қилиб, $\frac{V'_1}{V'_2} = \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1} = \frac{4}{5}$.

486. Идишнинг кислород тўлдирилган қисмининг узунлиги x га тенг бўлсин, у ҳолда идишнинг $L - x$ узунликдаги қисми водород билан тўлдирилган бўлади. Уларнинг ҳажмлари мос равишда $V_1 = xS$ ва $V_2 = (L - x)S$

га тенг, бунда S — идишнинг кўндаланг кесим юзи. Кислород ва водороднинг ҳолат тенгламаси:

$$p x S = \frac{m}{\mu_1} R T, \quad p (L - x) S = \frac{m}{\mu_2} R T,$$

бунда m ва p — кислород ва водороднинг массаси ва босими; улар масаланинг шартига кўра бирдай. Бир тенгламани иккинчисига бўлиб, $\frac{x}{L - x} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$; бундан $x = \frac{L \mu_2}{\mu_1 + \mu_2} = 5$ см эканлигини топамиз, яъни поршень цилиндрининг кислородли қисми четидан $x = 5$ см масофада жойлашган.

487. 486-масаланинг ечимида келтирилган ҳолат тенгламаларида $x = L/2$ кислород учун $T = T_1$ ва водород учун $T = T_2$ деб олиб, бу тенгламаларнинг чап қисмлари тенг эканлигини кўриш мумкин Шунинг учун ўнг қисмларини тенглаб, $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} = 16$ ни оламиз. Шу шарт бажариладиган ҳар қандай температураларда поршень идишни тенг икки қисмга бўлади.

$$488. T = \frac{\mu p V}{m R} = 280 \text{ К, яъни } t = 7^\circ \text{С.}$$

489. Шар кўтарилгандан сўнг унинг ҳажми $V_2 = V_1 + n V_1$ бўлган, бунда $n = 5\% = 0,05$, идишдаги газ босими эса $p_2 = p_0 + \Delta p$. Бирлашган газ қонунига кўра $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$. Бундан $T_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1} = \frac{(p_0 + \Delta p) (1 + n) T_1}{p_1} = 255 \text{ К}$ ёки $t_2 = -18^\circ \text{С}$.

490. n та баллондаги водород ҳажми $V = n v$. Бирлашган газ қонунини $\frac{p V}{T} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$ га кўра қуйидагини топамиз:

$$n = \frac{p_1 V_1 T}{p v T} \approx 536 \text{ та баллон.}$$

491. Горизонтал текисликда турган автомобилга таъсир этувчи пастга йўналган P оғирлик кучи ердан шиналарга бўлган юқорига йўналган тўртта босим кучи билан мувозанатлашади. Тўртала босим кучи бирдай ва $f = P/4$ га тенг деб ҳисоблаймиз. Шинанинг ерга тегиб турувчи ясси қисмига юқори томондан (ичкаридан) шинага қамалган ҳавонинг $p S$ босим кучи, паст томондан эса ердан f кучлар таъсир қилади. Бу кучлар мувозанатлашади.

Шундай қилиб, t_2 температурада шина ичидаги ҳавонинг босими $p = \frac{f}{S} = \frac{P}{4S}$ бўлади. Бирлашган газ қонунига кўра $\frac{p V_2}{T_2} = \frac{p_0 V_1}{T_1}$ ёки p нинг қийматини ҳисобга олсак, $\frac{P V_2}{4 S T_2} = \frac{p_0 V_1}{T_1}$ ни оламиз. Бундан $P = \frac{4 S T_2 p_0 V_1}{V_2 T_1} = 4 \times 10^4 \text{ Н}$.

492. Цистернадаги сувни сиқиб чиқариш учун ҳавонинг босими камида шу чуқурликдаги сувнинг босимига тенг бўлиши керак: $p_2 = p_0 + dh$. Кенгайдан кейин ҳаво $V_2 = V + V_1$ ҳажми олади. Бирлашган газ қонунига кўра

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ ёки } \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{(p_0 + dh) (V + V_1)}{T_2}.$$

Бундан

$$V = \frac{p_1 V_1 T_2}{(p_0 + dh) T_1} - V_1 = 1,85 \text{ м}^3.$$

493. $T_1 > \frac{F + p_0 S}{p_0 S} T = 390 \text{ К}$, яъни $t > 117^\circ\text{С}$.

494. Цилиндрлардаги ҳавонинг босим кучлари иккала поршенга бирдай таъсир қилганда, яъни $p_1 S_1 = p_2 S_2$ шартдагина мувозанат ҳолат юзага келади. Биринчи цилиндрдаги ҳаво учун бирлашган газ қонунини қўлаймиз:

$\frac{p_0 V_1}{T_1} = \frac{p_1 V_1'}{T_2}$ ва иккинчи цилиндрдаги ҳаво учун Бойль—Мариотт қонунини қўлаймиз: $p_0 V_2 = p_2 V_2'$. Қиздирилгандан сўнг поршенлар бирдай масофага силжийди ва цилиндрлардаги ҳаво ҳажмларининг ўзгариши поршенлар юзига пропорционал бўлади, яъни $\frac{V_1' - V_1}{V_2 - V_2'} = \frac{S_1}{S_2}$. Бу p_1 , p_2 , V_1' , V_2' тўрт номаълумли тўртта тенглама системасини ечиб, хусусан, қуйидагини топамиз:

$$p_2 = \frac{S_1 p_0 (T_2 V_1 + T_1 V_2)}{T_1 (S_2 V_1 + S_1 V_2)}, \text{ бундан } F = p_2 S = \frac{S_1 S_2 p_0 (T_2 V_1 + T_1 V_2)}{T_1 (S_2 V_1 + S_1 V_2)}.$$

495. Ҳолат тенгламасидан шардаги водороднинг m_1 массасини ва шар сиқиб чиқарган ҳавонинг m_2 массасини топамиз:

$$m_1 = \frac{p V}{p_0 V_0} \mu_1 \text{ ва } m_2 = \frac{V}{V_0} \mu,$$

бунда $\mu_1 = 0,002 \text{ кг/моль}$ —водороднинг моляр массаси, $V_0 = 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль}$ —бир моль идеал газнинг нормал шаронтдаги ҳажми Архимед қонунига кўра шар ҳавода учаётганда водородли шар массаси $M + m_1$ сиқиб чиқарилган ҳаво массаси m_2 га тенг бўлади. Бундан

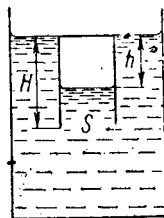
$$p = \frac{p_0}{\mu_1} \left(\mu - \frac{V_0}{V} M \right) \approx 0,15 \text{ МПа}$$

ни осон ҳосил қиламиз.

496. Стакандаги сувнинг сатҳи стакан тубидан h масофада бўлсин (316-расм). Стакандаги ҳаво босими $p_0 + \rho g h$ га тенг бўлади. p_0 босим тахминан ўн метрли сув устунининг босимига мос келиши, h эса $H = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ дан кичик бўлиши сабабли, $\rho g h$ атмосфера босимининг 1% идан кам бўлади ва $\rho g h$ катталикини p_0 га нисбатан ҳисобга олмаслик мумкин, яъни стакандаги ҳаво босими доимий деб ҳисоблаш мумкин. У ҳолда Гей-Люссак қонуни бўйича $V_1/T_1 = V_2/T_2$. бунда $V_1 = HS$ ва $V_2 = hS$ —стакандаги ҳавонинг бошланғич ва охириги босимлари. Бундан $h = H(T_2/T_1)$ ва стаканга кирган сувнинг ҳажми

$$V = (H - h) S = \frac{HS (T_1 - T_2)}{T_1} = 49 \text{ см}^3$$

бўлади.



316- расм.

Агар стакандаги сув босимининг h га боғлиқ ҳолда ўзгаришини ҳисобга олсак ва бунда бирлашган газ қонунини татбиқ этсак, $\frac{p_0 HS}{T_1} = \frac{(p_0 + \rho g h) h S}{T_2}$, у ҳолда h учун мураккаброқ формулани оламиз:

$$h = \frac{p_0}{2\rho g} \left(\sqrt{1 + \frac{4HT_2\rho g}{p_0 T_1}} - 1 \right).$$

Бу формула бўйича ҳисоблаганда $V = 50 \text{ см}^3$ қиймат оламиз. Яна таъкидлаб ўтамизки, агар бу ифодадаги илдишни Ньютон биноми формуласи бўйича ёйиб чиқилса ва унинг $1 + \frac{2HT_2\rho g}{p_0 T_1}$ икки ҳади билан чегараланилса, у ҳолда h учун аввал Гей-Люссак қонуни бўйича олган ифодамиз келиб чиқади.

497. Архимед қонунига кўра стакан ва унга қуйилган сувнинг ($\rho g V_1$) биргалликдаги P оғирлиги улар сиқиб чиқарган сувнинг $\rho g V$ оғирлигига тенг бўлгандагина стакан четларигача botган ҳолда сузади, бунда $V = HS$ — стаканнынг ҳажми, $V_1 = \frac{2}{3} HS$ — унга қуйилган сувнинг ҳажми ва S — унинг кўндаланг кесим юзи. Шундай қилиб, $P + \frac{2}{3} HS\rho g = HS\rho g$, бундан $P = \frac{1}{3} HS\rho g$.

Агар стакан сиқиб чиқарган сувнинг $\rho g V_2$ оғирлиги стаканнынг P оғирлигига тенг бўлса, тўнкарилган ҳолда x чуқурликка чўктирилган стакан мувозанатда бўлади, бунда V_2 — ундаги сиқилган ҳавонинг ҳажми. P учун ёзилган ифодани ҳисобга олиб, $V_2 = \frac{1}{3} HS$ ни топамиз. x чуқурликда стакандаги ҳаво босими $p = p_0 + \left(x - \frac{2}{3} H\right) \rho g$. Бирлашган газ қонунини қўллаб:

$$\frac{p_0 HS}{T_1} = \frac{\left[p_0 + \left(x - \frac{2}{3} H\right) \rho g \right] \frac{1}{3} HS}{T_2},$$

қуйидагини оламиз:

$$x = \frac{p_0(3T_2 - T_1)}{T_1 \rho g} + \frac{2}{3} H = 15,4 \text{ м.}$$

15-§. Молекуляр физика элементлари

498. Водород молекуласининг массаси $m_1 = 3,3 \cdot 10^{-27}$ кг, кислород молекуласининг массаси $m_2 = 5,3 \cdot 10^{-26}$ кг.

499. $m = \frac{p_0 \rho T}{n_0 p T_0} \approx 3,33 \cdot 10^{-26}$ кг, бунда $T_0 = 273$ К.

500. $n_0 = N_A / V_{0\mu} = 2,7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ (Лощмидт сонн).

501. $n = \frac{N_A T_0}{k V_{0\mu} T} = 1,83 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$, бунда $V_{0\mu} = 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль}$ — нормал шароитда ($T_0 = 273$ К) бир моль газ эгаллайдиган ҳажм.

502. Нормал шароитда $V_0 = 22,41 \text{ м}^3$ ҳажмда $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ молекула бўлади. Бирдай шароитда идишдаги n_0 молекулалар сони унинг ҳажмига пропорционал бўлгани сабабли, $n_0/v = N/V_0$. Бунда $n_0 = vN/V_0$ $n = 10^8 \text{сек}^{-1}$ бирлик вақтда тешикдан учиб чиқувчи молекулалар сони бўлсин, у ҳолда изланаётган вақт: $t = n_0/n = vN/V_0 n = 2,7 \cdot 10^{11} \text{ сек} \approx 8500 \text{ йил}$.

503. $p_2 = p_1 - \frac{3np_0T}{4\pi n_0 a^3 T_0}$, бунда $T_0 = 273 \text{ К}$ ва $p_0 = 10^5 \text{ Н/м}^2$ — нормал шароитга мос қийматлар.

504. Бир киломоль азот олайлик, у нормал шароитда ($t_0 = 0^\circ\text{C}$ ва $p_0 = 10^5 \text{ Н/м}^2$) $V_0 = 22,41 \text{ м}^3$ ҳажми эгаллайди ва p_1 босимда ва ўша температуранинг ўзида Бойль–Мариотт қонунига мувофиқ $V_1 = V_0 p_0/p_1$ ҳажми эгаллайди. Бир киломоль газда $N = 6,02 \cdot 10^{26}$ молекула бор. Улардан ҳар бирининг ҳажми $v = \pi d^3/6$ ва уларнинг йиғинди ҳажми $V = \pi d^3 N/6$ га тенг. Шундай қилиб, молекулаларнинг ўзлари учун p_0 босимда бутун ҳажмнинг

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\pi d^3 N}{6 V_0} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ ёки } 0,038\%$$

га тенг қисми тўғри келади, p_1 босимда эса

$$\frac{V}{V_1} = \frac{\pi d^3 N p_1}{6 V_0 p_0} = 0,19 \text{ ёки } 19\%$$

қисми тўғри келади

505. Ҳар бир молекула деворга урилмасдан олдин деворга перпендикуляр йўналган mv ҳаракат миқдорига эга. Эластик урилгандан сўнг молекула тезлигининг йўналиши тескарисига ўзгаради. Шунинг учун урилгандан сўнг молекуланинг ҳаракат миқдори — mv бўлиб қолади. Ҳар, бир молекуланинг ҳаракат миқдори ўзгариши $mv - (-mv) = 2mv$ га тенг. τ вақт оралиғида асос юзи девор юзи S га тенг ва узунлиги $l = v\tau$ бўлган параллелепипед ичида деворга қараб йўналган молекулаларнинг ҳаммаси деворга урилади (317-расм). Бу параллелепипеднинг ҳажми $V = Sv\tau$ ва унда $n = n_0 Sv\tau$ та деворга қараб ҳаракатланувчи молекула бўлади. τ вақт оралиғида n та молекула ҳаракат миқдорининг ўзгариши $2mv \cdot n_0 Sv\tau$ га тенг. Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича $2mv \cdot n_0 Sv\tau = F\tau$, бунда F — молекулага девор томондан таъсир қилувчи куч. Ньютоннинг учинчи қонунига мувофиқ деворга ҳам худди шундай куч таъсир этади.

Шундай қилиб, $F = 2 n_0 mv^2 S$ ва босим $p = F/S = 2 n_0 mv^2$.

506. 505-масала ечимида деворга таъсир этувчи босим кучи $p = 2 n_0 mv^2$ га тенг эканлиги топилган эди, бунда n_0 — деворга томон ҳаракатланаётган молекулаларнинг бирлик ҳажмдаги сони. Кубнинг ҳар бир ёнига томон ҳаракатланувчи молекулалар сони $n_0 = 1/6 kN_A$ га тенг (бунда N_A — Авогадро сони). Бундан

$$p = \frac{1}{3} kN_A mv^2 = 1,5 \text{ Н/м}^2 = 1,5 \text{ Па.}$$

507. Бир моль газдаги молекулалар сони N_A Авогадро сонига тенг. Ҳолат тенгламасига кўра моллар сони $k = pV/RT$ га тенг. Бундан

$$n_0 = \frac{kN_A}{V} = \frac{pN_A}{RT} = 2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$



317-расм.

$$508. T = \frac{pVN_A}{nR} = 301 \text{ К, яъни } t = 28^\circ\text{С. Бу ерда } N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Авогадро сони, $R = 8,3 \text{ Ж}/(\text{моль К})$ — универсал газ доимийси (507-масаланинг ечимига қаранг).

$$509. p = \frac{np_0T}{n_0kV_1T_0} = 20 \text{ кПа, бунда } p_0 = 1 \text{ атм} \approx 101,3 \text{ кПа} \text{ — нормал атмосфера босими, } T_0 = 273 \text{ К, } T = t + 273 \text{ К.}$$

$$510. 507\text{-масаланинг ечимига кўра } n_0 = \frac{pV_A}{RT} = 3 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3} = 3 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$$

511. Газнинг массаси $m = m_0n$ ва унинг моляр массаси $\mu = m_0N_A$, бунда m_0 — битта молекуланинг массаси, n — берилган ҳажмдаги молекулалар сони ва N_A — бир мольдаги молекулалар сони (Авогадро сони). m ва μ ларнинг бу қийматларини $pV = \frac{m}{\mu} RT$ ҳолат тенгламасига қўйиб $p = \frac{n}{N_A} \cdot \frac{RT}{V}$ ни топамиз, яъни бошқа барча шароитлар бирдай бўлганда босим p зарралар сонига пропорционалдор. Бизнинг ҳолда, агар молекулалар сочылмаса, Шарль қонунига мувофиқ T_2 температурада босим $p'_2 = p_1T_2/T_1$ бўлар эди. Ҳар бир водород молекуласи икки атомга бўлиниб кетиши туфайли зарралар сони икки баробар ортади. Шу сабабли T_2 температурада босим

$$p_2 = 2p'_2 = \frac{2p_1T_2}{T_1} = 40 \text{ кПа}$$

бўлади.

16-§. Газларнинг ички энергияси, иссиқлик сиғими ва кенгайишда бажарган иши

512. Поршенга учта куч таъсир этади: оғирлик кучи, ташқаридан атмосфера босим кучи ва ичкаридан кислороднинг босим кучи. Биринчи икки куч ҳамма вақт доимийлигича қолади. Поршень вақтнинг исталган моментида муъозанатда бўлади, шунинг учун кислород қиздириляётганда унинг p босими ҳам ўзгармайди. Шундай қилиб, бу ерда кислороднинг ўзгармас босимдаги иссиқлик сиғимини топиш мумкин:

$$c_p = \frac{q}{m\Delta T} = 916 \text{ Ж}/(\text{кг. К}).$$

Ўзгармас босимда кенгайиш иши $A = p(V_2 - V_1)$, бунда V_1 ва V_2 — газнинг бошланғич ва охириги ҳажмлари. Газнинг ҳолат тенгламаси: қиздирилмасдан аввал $pV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1$, қиздирилгандан сўнг $pV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2$. Иккинчи тенгламадан биринчи тенгламани айириб, қуйидагини оламиз: $p(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1)$, бунда $T_2 - T_1 = \Delta T$ — охириги ва бошланғич температуралар фарқи. Бундан $A = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1) = 2590 \text{ Ж}$.

Газга берилган иссиқлик унинг ички энергиясининг ΔU катталика ортишига ва A иш бажаришга кетади, яъни $q = \Delta U + A$. Бундан $\Delta U = q - A = 6570 \text{ Ж}$.

$$513. V = \frac{m p_0}{(p_1 - p_2) \rho_0} \approx 29,2 \text{ л.}$$

514. Баллондан газни чиқариб юбормасдан олдин газнинг ҳолат тенгламаси $p_1 V = \frac{m_1}{\mu} R T$, газ чиқарилгандан сўнг $p_2 V = \frac{m_2}{\mu} R T$. Бу ерда m_1 ва m_2 баллондаги газнинг массалари, p_1 ва p_2 —баллондаги газнинг у чиқарилмасдан олдинги ва кейинги босимлари. Бу ифодалар фарқини $\Delta P = (m_1 - m_2) g$ ва $\Delta p = p_1 - p_2$ эканлигини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шаклда ёзиш мумкин:

$$V \Delta p = \frac{\Delta P}{\mu g} R T, \text{ бундан } \frac{\mu}{R T} = \frac{\Delta P}{g V \Delta p}.$$

Бошқа томондан, газнинг p_0 босимдаги ρ_0 зичлигини ҳолат тенгламасидан топиш мумкин:

$$\rho_0 = p_0 \frac{\mu}{R T} = \frac{p_0 \Delta P}{g V \Delta p} \approx 3,7 \text{ кг/м}^3.$$

$$515. \Delta p = \frac{p_0(P_2 - P_1)}{g V \rho_0} = 68 \text{ кПа.}$$

516. Агар газ ўзгармас босимда қиздирилатган бўлса, у ҳолда газ иш бажармайди. Шунинг учун газга берилатган q иссиқлик унинг ички энергиясининг ΔU катталиқка ортишига сарф бўлади. 512-масаланинг ечи-мида олинган натижаларни ҳисобга олиб, $q = \Delta U = 6570 \text{ Ж}$ га эътибор бўлаемиз.

Бу ҳолда кислороднинг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сифими топиш мумкин:

$$c_V = \frac{q}{m \Delta t} = \frac{\Delta U}{m \Delta t} = 657 \text{ Ж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

517. Ҳолат тенгламасидан кислороднинг массасини топамиз:

$$m = \frac{\mu p V}{R T_1} = \frac{4 \pi a^3 \mu p}{3 R T_1}; \quad (1)$$

бу ерда $V = 4/3 \pi a^3$ — шар ҳажми, $T_1 = 300 \text{ К}$ —кислороднинг бошланғич температураси, $R = 8,3 \text{ Ж/(моль} \cdot \text{К)}$ —универсал газ доимийси. Бўш шар ва кислородли шарлар учун иссиқлик баланси тенгламасини ёзамиз:

$$C_0(T - T_1) = \lambda m_1, \quad (\pi c + C_0)(T - T_1) = \lambda m_2; \quad (2)$$

бу ерда C_0 —бўш шарнинг иссиқлик сифими. (2) тенгламалардан C_0 катталикни йўқотиб ва (1) муносабатни ҳисобга олиб қуйидагини топамиз:

$$c = \frac{3 \lambda (m_2 - m_1) R T_1}{4 \pi a^3 p (T - T_1) \mu} \approx 670 \text{ Ж/(кг} \cdot \text{К)}$$

518. $c = \frac{q R T_1}{(t_2 - t_1) \mu p V} \approx 660 \text{ Ж/(кг} \cdot \text{К)}$; бунда $\mu = 0,032 \text{ кг/моль}$ —кисло-роднинг моляр массаси, $R = 8,3 \text{ Ж/(моль} \cdot \text{К)}$ —универсал газ доимийси.

519. Газга бериладиган q иссиқлик унинг ички энергиясининг ΔU ор-тишига ва газнинг A иш бажаришига кетади, яъни $q = \Delta U + A$. Биринчи ҳолда p ўзгармас босимда газнинг кенгайишда бажарган иши $A = p(V_2 -$

— V_1), бунда V_2 ва V_1 — газнинг охириги ва бошланғич ҳажмлари. Қиздирилмасдан олдин ва қиздирилгандан кейин газнинг ҳолат тенгламалари:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1, \quad pV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2.$$

Иккинчи тенгламадан биринчисини айтириб, $p(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R\Delta T$ ни топамиз; бунда $\Delta T = T_2 - T_1$ — газнинг охириги ва бошланғич температуралари фарқи. Шундай қилиб, биринчи ҳолда $q_p = \Delta U + \frac{m}{\mu} R\Delta T$. Иккинчи ҳолда (ўзгармас ҳажмда) $A = 0$ ва $q_V = \Delta U$. Демак,

$$q_p - q_V = \frac{m}{\mu} R\Delta T.$$

Биринчи ва иккинчи ҳолларда солиштирма иссиқлик сифими:

$$c_p = \frac{q_p}{m\Delta T}, \quad c_V = \frac{q_V}{m\Delta T}.$$

Иссиқликлар айирмаси $q_p - q_V$ ни $m\Delta T$ га бўлиб, қуйидагини олаемиз:

$$c_p - c_V = R/\mu.$$

Шундай қилиб, газлар учун ўзгармас босимдаги ва ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифимлари орасида сезиларли фарқ бор экан. Қаттиқ ва суюқ жисмлар учун уларнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентлари жуда кичик бўлгани сабабли, кўп ҳолларда бу фарқни ҳисобга олмаслик мумкин.

520. Идеал газнинг ички энергияси унинг молекулаларининг кинетик энергиясидан иборат бўлиб, молекулаларнинг бу кинетик энергияси (яъни идеал газнинг ички энергияси) фақат газ температурасига боғлиқдир, лекин молекулалар орасидаги масофага, демак, газнинг ҳажмига боғлиқ эмас.

Изотермик процессда температура ўзгармайди, шунинг учун газнинг ички энергияси ўзгармайди. Винобарин, газга бериладиган иссиқлик газ бажарадиган ишга тенг бўлиши керак, яъни $q = A = 20$ Ж.

521. Газ цилиндрда, ташқи иссиқлик оқимидан изоляцияланган ҳолатда бўлгани сабабли у фақат ўз ички энергиясининг ΔU камайиши ҳисобига иш бажаради. Шунинг учун $\Delta U = A = 4470$ Ж. Бошқа томондан, 519-масаланинг ечилишида кўрсатилганидек, газ худди ўшандай охириги температурали ҳолатига қайтиши учун ундан ўзгармас ҳажмда $q_V = n c_V(t_1 - t_2)$ иссиқлик миқдори олиб, газнинг ички энергиясини худди аввалгидек ΔU катталиқка камайтириш керак. Шундай қилиб, $\Delta U = m c_V(t_1 - t_2)$. Бундан $t_2 = t_1 - \frac{\Delta U}{m c_V} = -10^\circ\text{C}$.

522. 519-масаланинг ечилишида аниқланган эдики, газ температурасини ўзгармас ҳажмда ва ўзгармас босимда бирдай ΔT катталиқка ўзгартиришда олинган иссиқликлар фарқи $q_p - q_V = \frac{m}{\mu} R\Delta T$ бўлар экан. Бундан

$$q_V = q_p - \frac{m}{\mu} R\Delta T = 2 \cdot 10^5 \text{ Ж.}$$

523. Сувни иситиш учун берилган $q = \sigma \Delta T$ иссиқлик сувнинг ички энергиясини ΔU га ўзгартиришга ва атмосфера босими кучларига қарши бажарилган $A = p_0 \Delta V = p_0 \alpha V_0 \Delta T$ кенгайиш ишига сарф бўлади. Бу ерда $p_0 \approx 0,1$ МПа — атмосфера босими, $V_0 \approx 10^{-3} \text{ м}^3$ — сувнинг бошланғич ҳажми ва $\alpha \approx 2 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$ — сувнинг иссиқликдан кенгайиш коэффициентини (20°C атрофидаги температурада). Шу берилганларда $A = 2 \cdot 10^{-2}$ Ж, ҳолбуки, $q = 4,2 \cdot 10^3$ Ж, яъни одатдаги шароитларда $q \gg A$. Шунинг учун $q = \Delta U$ деб ҳисоблаш мумкин.

Бир моль суықликда N_A молекула бор ($N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹). m массали сув эса $n = \frac{m}{\mu} N_A$ молекулани ўз ичига олади. Шундай қилиб, битта молекулага $\Delta U_0 = \Delta U / n = 1,26 \cdot 10^{-22}$ Ж ички энергия ортиши тўғри келади.

$$524. q = 2\mu c_V T_1 = 1,15 \cdot 10^7 \text{ Ж.}$$

$$525. q = m c_p \Delta T = m c_p T_2 = 1,49 \cdot 10^8 \text{ Ж.}$$

526. Қиздирилмасдан олдин ва қиздирилгандан кейин газ ҳолат тенгламалари:

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1, \quad p_2 V = \frac{m}{\mu} R T_2,$$

бунда p_1 ва p_2 — бошланғич ва охириги босимлар, T_1 ва T_2 — бошланғич ва охириги температуралар, m — газнинг массаси. Иккинчи тенгламадан биринчи тенгламани айириб,

$$V \Delta p = V(p_2 - p_1) = \frac{m}{\mu} R (T_2 - T_1)$$

ни топамиз, бундан

$$T_2 - T_1 = \frac{\mu V \Delta p}{m R}.$$

Газга ўзгармас ҳажмда берилган иссиқлик миқдори:

$$q = m c_V (T_2 - T_1) = \frac{\mu c_V V \Delta p}{R} = 1,65 \cdot 10^4 \text{ Ж.}$$

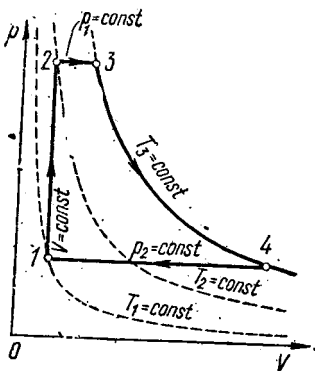
527. $A = \frac{m p_0 \Delta T}{p_0 T_0} = 84,5$ кЖ, бунда $p_0 = 0,1$ МПа ва $T_0 = 273$ К — нормал босим ва нормал температура.

528. Цилиндрдаги босим ўзгармас ва $p = p_0 + \frac{P}{S}$ га тенг. Ўзгармас босимда газнинг кенгайишда бажарган иши $A = p(V_2 - V_1)$, бунда V_2 — газнинг охириги ҳажми. Гей-Люссак қонунига кўра

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}; \text{ бундан } V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} \text{ ва } V_2 - V_1 = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{\Delta T}{T_1} V_1.$$

Шундай қилиб,

$$A = \left(p_0 + \frac{P}{S} \right) \frac{\Delta T}{T_1} V_1 = 20 \text{ Ж.}$$



318- расм.

529. p , V координаталарда ҳолат ўзгариши графиги 318-расмда келтирилган. (1—2) процесс—ўзгармас ҳажмда қизишни билдиради; температура ортади, газ иссиқлик ютади, газ иш бажармайди. (2—3) процесс—изобарик кенгайиш; температура ортади (3 нукта 2 нукта ётган изотермага нисбатан катта температурага мос изотермада ётади), иссиқлик ютилади, газ иш бажаради. (3—4) процесс изотермик кенгайиш; температура ўзгармайди, иссиқлик ютилади, газ иш бажаради. (4—1) процесс—изобарик сиқилиш; температура камаяди (4 нукта ётган изотерма 1 нукта ётган изотермага нисбатан юқорироқ температурага мос келади), газ иссиқлик аж-

ратади (у атрофдаги жисмларга берилади), газни сиқийиши иши ташқи жисмлар томонидан бажарилади (иш манфий).

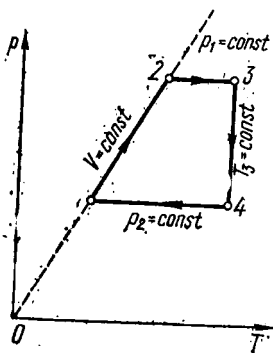
Ҳолат ўзгариши графиклари 319- ва 320-расмларда p , T ва V , T координаталарда берилган.

530. Газ 1 ва 2 ҳолатлар орасидаги ўтишларда иш бажармайди, чунки унинг ҳажми ўзгармайди (поршень кўзгалмас). 2 ва 3 ҳолатлар орасидаги ўтишларда газ бажарган иш $A = p_2(V_3 - V_2)$ га тенг. Бунда p_2 босим ўзгармас, ҳажм эса V_2 дан V_3 гача ўзгаради. p_2 , V_2 ва V_3 катталиклар қуйидаги процесслар тенгламаларидан аниқланади: (1—2) изохорик процесс $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ва $V_1 = V_2$ ҳамда (2—3) изобарик процесс $\frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$. Бундан

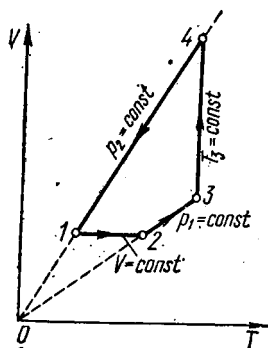
$$A = p_1 V_1 \frac{T_3 - T_2}{T_1} = 100 \text{ Ж}$$

ни топамиз.

531. $A = p_0(V - V_1) = p_0 \left(V - \frac{m}{\mu} \right) = 167 \text{ Ж}$, бунда $p_0 = 100 \text{ кПа}$ —тўйинган сув бугининг $t = 100^\circ\text{C}$ температурада нормал атмосфера босимига тенг бўлган босими, V_1 —конденсацияланган сувнинг ҳажми.



319- расм.



320- расм.

532. Идеал газнинг ички энергияси унинг молекулаларининг кинетик энергиясидан иборат. У газнинг абсолют температурасига ва молекула-лари миқдорига пропорционал. Шундай қилиб, биринчи цилиндрда газнинг ички энергияси $U_1 = kn_1T_1$ га тенг, иккинчи цилиндрдаги газнинг ички энергияси $U_2 = kn_2T_2$ ва цилиндрлардаги газларнинг аралаштирилгандан кейинги ички энергияси $U = k(n_1 + n_2)\vartheta$. Бунда k —газнинг табиатига боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффициенти, n_1 — биринчи цилиндрдаги газнинг киломольлари сони ва n_2 — иккинчи цилиндрдаги газнинг киломольлари сони. Энергиянинг сақланиш қонунига кўра $U_1 + U_2 = U$, демак, $n_1T_1 + n_2T_2 = (n_1 + n_2)\vartheta$. Газлар аралашмасдан олдинги ҳолат тенгламаларидан $n_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1}$, $n_2 = \frac{p_2V_2}{RT_2}$ ни топамиз. Олдинги тенгламага n_1 ва n_2 ларнинг қийматини қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$\frac{p_1V_1}{R} + \frac{p_2V_2}{R} = \left(\frac{p_1V_1}{RT_1} + \frac{p_2V_2}{RT_2} \right) \vartheta.$$

Шундай қилиб,

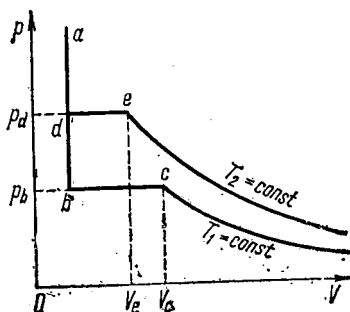
$$\vartheta = \frac{T_1T_2(p_1V_1 + p_2V_2)}{p_1V_1T_2 + p_2V_2T_1} = 366 \text{ К ёки } 93^\circ\text{C}.$$

Аралашма учун $p(V_1 + V_2) = (n_1 + n_2)R\vartheta$ ҳолат тенгласидан ҳамда аввал топилган n_1, n_2 ва ϑ лар қийматидан фойдаланиб, $p = \frac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2} = 525 \text{ кПа}$ ни оламиз (442- масаланинг ечимига қаранг).

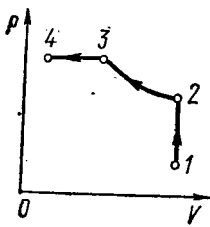
17-§. Бугларнинг хоссалари

533. Изотермалар 321- расмда кўрсатилган. $T_1 = \text{const}$ изотерманинг бориши қараб чиқамиз. Поршень кўтарилаётганда суюқликка таъсир этувчи босим камай боради. Суюқликнинг ҳажми эса босимга деярли боғлиқ эмас (суюқлик амалда сиқилмайди). Шунинг учун поршень остида фақат суюқлик бўлганда изотерманинг ab қисми изохора билан мос тушади. Цилиндрдаги босим T_1 температурали тўйинган буглар босимига тенглашганда (p_b босим) цилиндрда суюқликдан ташқари тўйинган буг ҳам ҳосил бўлади. Тўйинган буг босими унинг ҳажмига боғлиқ бўлмайди. Шунинг учун ҳажмининг бундан кейинги ортишида изотерма цилиндрдаги ҳамма суюқлик бугга айлангунга қадар (V_c ҳажмда) изобара билан мос тушади (bc қисм). Ҳажмининг кейинги ортишида буг тўйинмаган бўлиб қолади, унинг босимининг ҳажмга боғлиқлиги Бойль — Мариотт қонунига бўйсунди.

T_2 температурада ҳам изотерманинг бориши худди шундай бўлади, бироқ, бу температурада тўйинган буг босими ва зичлиги каттароқ бўлгани сабабли суюқликнинг тўла бугланиши V_c дан кичикроқ бўлган V_e ҳажмда рўй беради.



321- расм.



322- расм.

534. Бўғнинг идиш деворларига бўлган босими молекулаларнинг деворларга урилиши туфайли юзага келади. 505—506- масалаларнинг ечимларида кўрсатилганидек, босим молекулаларнинг кинетик энергиясига ва бирлик ҳажмдаги молекулалар сонига пропорционалдир. Газ молекулаларининг (ёки буғ молекулаларининг) ўртача кинетик энергияси абсолют температурага пропорционал (16- § нинг киришига қаранг), ҳолбуки, бирлик ҳажмдаги тўйинган буғ молекулаларининг сони температура кўтарилиши билан ортади.

57- расмдаги abd чизиқнинг ab қисми тўйинган буғ босимининг температурага боғланиш чизиғи билан мос тушади, bd қисми эса координата бошидан ўтган тўғри чизиқдан иборатдир. Бунга сабаб шуки, T_b температурада идишдаги тўйинган буғ билан бирга ҳамма суюқлик бугга айланган. Бундан кейин эса Шарль қонунига мувофиқ босим изохорик ортади.

$abce$ чизиқ ҳам худди шундай процесс бўлиб, бироқ бунда идишдаги суюқлик ва буғларнинг умумий массаси каттадир.

T_k температура—критик температура. Критик температурадан юқори температурада буғлар ҳақида гапириш маъносиздир. Шунинг учун бу температурада ҳамма чизиқлар узилишга эга.

535. График 322-расмда келтирилган. 1—2 қисм—қиздирилганда босимнинг изохорик ортиши. 2—3 қисм—тўйинмаган буғнинг изотермик сиқилиши, бу процесс буғ тўйингунча (унинг суюлиши бошлангунга қадар) Бойль—Мариотт қонунига мувофиқ содир бўлади. 3—4 қисм—тўйинган буғнинг изотермик сиқилиши (суюлиш содир бўлади, босим эса ўзгармайди).

536. Агар химиявий реакция содир бўлмаса, у ҳолда берилган модда массасидаги молекулалар сони ҳолатга боғлиқ бўлмайди. Массаси m бўлган моддадаги мольлар сони m/μ га тенг, бунда μ —модданинг моляр массаси. Бир моль моддадаги молекулалар сони N_A га тенг. Биобарин, масса m

бўлганда молекулалар сони $n = \frac{m}{\mu} N_A$ га тенг.

$m=1$ кг бўлганда симоб буғлари молекулаларининг сони $n_1 = \frac{m}{\mu_1} N_A = 3 \cdot 10^{24}$, сув буғи молекулалари сони $n_2 = \frac{m}{\mu_2} N_A = 3,3 \cdot 10^{25}$

537. $t=4^\circ\text{C}$ температурада сувнинг зичлиги $\rho_1 = 10^3$ кг/м³. Бўғнинг зичлигини ҳолат тенгламаси ёрдамида топиш мумкин: $\rho_2 = \mu p / RT$. Бундан

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\rho_1 RT}{\mu p} = 1,6 \cdot 10^5.$$

Бир моль моддадаги молекулалар сони $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. Бирлик ҳажмда ρ_1/μ моль бор, демак, $(\rho_1/\mu)N_A$ молекула бор. Сувнинг ҳар бир молекуласи учун

$$V_1 = \frac{\mu}{\rho_1 N_A} = 3 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3$$

ҳажм тўғри келади. Бугнинг ҳар бир молекуласига

$$V_2 = \frac{\mu}{\rho_2 N_A} = \frac{RT}{\rho N_A} = 4,8 \cdot 10^{-24} \text{ м}^3$$

ҳажм тўғри келади.

538. Ҳолат тенгламаси $pV = \frac{m}{\mu} RT$ га мувофиқ газ ва буғларнинг зичликлари ўзгармас температурада уларнинг босимларига пропорционал. Шунинг учун

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{p_1}{p_2} \approx 0,45.$$

539. Қозоннинг бутун ҳажмини $t = 180^\circ\text{C}$ температурада тўйинтириш учун зарур бўлган буғлар массаси $m = V\rho = 25,25$ кг га тенг. $m > m_1$ бўлгани сабабли ҳамма сув тўйинмаган буғга айланган. Демак, $m_2 = m_1 = 20$ кг. Ҳолат тенгламасидан босимни топамиз:

$$p = \frac{m_2 RT}{\mu V} = 0,84 \text{ МПа.}$$

540. Идишнинг ҳажми ортмасдан аввал унда $m_1 = \rho V = 8 \cdot 10^{-3}$ кг массали буғ бўлган (сув эгаллаган ҳажми ҳисобга олмастик мумкин). Сув ва буғ массаси $m + m_1 = 2 \cdot 10^{-2}$ кг бўлган. kV ҳажми тўйинтириш учун $m_2 = \rho kV = 4 \cdot 10^{-2}$ кг массали буғ керак. $m + m_1 < m_2$ бўлгани сабабли ҳажм ортгандан сўнг буғ тўйинмаган бўлади. Унинг зичлиги $\rho_1 = (m + m_1)/kV$. Берилган температурада босим зичликка пропорционалдир. Шунинг учун

$$p_1 = \frac{p}{\rho} \quad \rho_1 = \frac{p(m + m_1)}{\rho kV} = 0,55 \text{ кПа.}$$

541. Ҳаво насоси қалпоғи остида тўйинган сув буғлари (зичлиги $\rho = \mu p/RT$) бўлган пайтда босим ўзгармаган. τ вақт ичида $V = v\tau$ ҳажмдан ҳаво сўриб олинган, бу ҳажмда $m = V\rho = \frac{\mu p v \tau}{RT} = 0,279$ кг массали буғ бўлган.

542. m массали тўйинган буғ p босимда ҳолат тенгламасига мувофиқ $V = mRT/\mu p$ ҳажми эгаллаши керак. Бинобарин,

$$V_2 = V - V_1 = \frac{mRT}{\mu p} - V_1 = 0,29 \text{ м}^3$$

(минус ишора ҳажм камайиши кераклигини билдиради).

$$543. p_1 = \frac{4FT}{\pi d^2 [T + (q/mc)]} \approx 1 \text{ МПа.}$$

544. Трубкадаги гелий ва сув буғлари аралашмаси $p = p_0 - \rho g x$ босимга эга. Дальтоннинг парциал босимлар қонунига кўра бу босим сув буғлари босими p_1 ва гелий босими p_2 нинг йиғиндисидан иборат бўлади. Бундан $p_2 = p_0 - p_1 - \rho g x$. Ҳолат тенгламасидан гелий массаси m_1 ва сув буғлари массаси m_2 ни топамиз:

$$m_1 = \frac{\mu_1 p_2 V}{RT} = \frac{\mu_1 (p_0 - p_1 - \rho g x) V}{RT} = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ кг, } m_2 = \frac{\mu_2 p_1 V}{RT} = 4,3 \cdot 10^{-7} \text{ кг.}$$

545. Агар цилиндрда фақат m_0 массали сув буғлари бўлиб, уларнинг ҳаммаси конденсацияланган бўлганда эди, у ҳолда ҳосил бўлган сувнинг ҳажми $(0,3 \text{ л} \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ атрофида})$ сиқилгандан кейин поршень остида қолган $V_2 = V_1/n = 0,33 \text{ м}^3$ ҳажмдан анча кичик бўлар эди. Шунинг учун сиқишдан кейин цилиндрнинг ҳамма ҳажми азот ва сув буғлари аралашмаси билан банд этилган деб ҳисоблаш мумкин, бунда сиқиш вақтида буғларнинг p_1 парциал босими ўзгармаган. Ҳолат тенгламасидан тўйинган буғларнинг сиқишдан олдинги m_1 массасини ва уларнинг сиқишдан кейинги m_2 массасини топамиз:

$$m_1 = \frac{p_1 V_1 \mu_1}{RT}, \quad m_2 = \frac{p_1 V_2 \mu_1}{RT} = \frac{p_1 V_1 \mu_1}{nRT}.$$

Бундан конденсацияланган буғлар массаси:

$$m = m_1 - m_2 = \frac{p_1 V_1 \mu_1 (n-1)}{nRT} = 0,020 \text{ кг.}$$

Цилиндрдаги азотнинг массаси:

$$m_3 = m_0 - m_1 = \frac{m_0 RT - p_1 V_1 \mu_1}{RT}.$$

Ҳолат тенгламасидан азотнинг сиқишдан олдинги парциал босимини топамиз:

$$p_2 = \frac{m_3 RT}{\mu_2 V_1} = \frac{m_0 RT - p_1 \mu_1 V_1}{\mu_2 V_1}.$$

Аралашманинг сиқишдан олдинги босими парциал босимлар йиғиндисидан иборат:

$$p = p_1 + p_2 = \frac{p_1 V_1 (\mu_2 - \mu_1) + m_0 RT}{\mu_2 V_1} = 27,2 \text{ кПа.}$$

546. m_1 массали нам буғ: 1) унинг таркибидаги сувни конденсация температурасигача совитишда $q_1 = c_1 m_1 n (t_0 - t_2)$; 2) қуруқ буғни (сув томчиларини ҳисобга олмаганда) ўшандай температурагача совитилганда $q_2 = c_2 m_1 (1-n) (t_0 - t_2)$; 3) буғ конденсацияланганда $q_3 = \lambda m_1 (1-n)$; 4) буғлардан ҳосил бўлган сувни (ундаги сув томчиларини ҳам ҳисобга олганда) конденсация температурасидан аралашманинг температурасигача совитишда $q_4 = m_1 c_1 (t_2 - \vartheta)$ иссиқлик беради. m_2 массали совуқ сув $q_5 = c_1 m_2 (\vartheta - t_1)$ иссиқлик миқдори олади. Иссиқлик баланси тенгламасига мувофиқ $q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = q_5$. Бундан буғнинг бирлик массасига тўғри келувчи совуқ сув массаси:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{[c_1 n + c_2 (1-n)](t_0 - t_2) + \lambda (1-n) + c_1 (t_2 - \vartheta)}{c_1 (\vartheta - t_1)} = 24.$$

547. $m = \frac{m_1 c (t_1 - t_2)}{\lambda} = 0,37 \text{ кг}$; бунда $t_2 = 100^\circ\text{C}$ — қайнаш температураси.

548. Муз эгаллаган ҳажми ҳисобга олмаслик мумкин. Ҳолат тенгламасидан, буғлар массаси t_1 температурада $m_1 = V p_1 \mu / RT_1$ ва t_2 температурада $m_2 = V p_2 \mu / RT_2$ бўлишини топамиз. Буғланган муз массаси

$$m_3 = m_2 - m_1 = \frac{V \mu}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right).$$

Қолган музнинг массаси

$$m_4 = m - m_2 = \frac{mRT_2 - V\rho_2\mu}{RT_2}$$

- 1) музни буглатиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори $q_1 = m_3(r + \lambda)$;
 - 2) буғни иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори $q_2 = m_2c_2(t_2 - t_1)$;
 - 3) қолган музни иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори $q_3 = m_4c_1(t_2 - t_1)$.
- Тўла иссиқлик миқдори

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = \frac{\mu V(r + \lambda)}{R} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) + \left[\frac{\mu V\rho_2(c_2 - c_1)}{RT_2} + mc_1 \right] (t_2 - t_1) = 3920 \text{ Ж.}$$

549. Ўзгармас температурада тўйинган буғлар босими ҳажмга боғлиқ бўлмайди. $t = 100^\circ\text{C}$ температурада у $p_0 = 100$ кПа нормал атмосфера босимига тенг. Ўзгармас босим остида сиқилганда бажарилган иш. $A = p_0(V_1 - V_2) = 1$ кЖ бўлади.

550. Поршень силжиганда цилиндрнинг ҳажми $V_2 - V_1 = Sl$ катталikka ўзгарган. Босим текис камайганда босимнинг $p = (p_1 + p_2)/2$ ўртача қийматини олиш ва ишни ўзгармас босимдаги каби ҳисоблаш мумкин:

$$A = p(V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) Sl = 14,4 \text{ кЖ.}$$

Босим p_1 дан p_2 гача текис камайганда босимнинг ҳажмга боғланиш графиги (323-расм) ab тўғри чизиқ кесмаси орқали тасвирланади. Асослари $aV_1 = p_1$ ва $bV_2 = p_2$ ҳамда баландлиги $V_2 - V_1 = Sl$ бўлган abV_2V_1 трапециянинг юзи сон қиймати жиҳатдан A ишга тенг.

551. $h = (p - p_1)/\rho g \approx 12,5$ м.

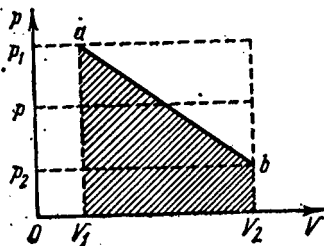
552. $\rho = \mu p/RT = 0,091$ кг/м³.

553. $t_2 = 20^\circ\text{C}$ температурада тўйинган буғлар зичлиги $\rho = \mu p_2/RT = 0,0173$ кг/м³ га тенг. Бу катталик ρ_1 дан катта. Шунинг учун t_2 температурагача совитилганда тўйиниш содир бўлмайди ва конденсация бошланмайди ҳамда ҳавонинг бирлик ҳажмидаги сув буғлари аввалгидек қолади, яъни $\rho_2 = \rho_1 = 0,005$ кг/м³.

554. $t_2 = 10^\circ\text{C}$ температурада тўйинган буғ зичлиги $\rho = \mu p_2/RT_2 = 0,0094$ кг/м³ га тенг. Бу катталик ρ_1 дан кичик. Шунинг учун t_2 температурагача совитилганда буғнинг бир қисми конденсацияланади ва абсолют намлик тўйинган буғ зичлигига қараб аниқланади: $\rho_2 = \rho = 0,0094$ кг/м³.

555. t_1 температурада абсолют намлик (сиқишга қадар) $\rho_1 = f_1\rho$. Сиқишдан кейин идишнинг бирлик ҳажмидаги намлик массаси (агар конденсация учун шаронт вужудга келган бўлса, фақат буғ шаклидаги эмас, балки конденсацияланган суюқлик шаклидаги ҳам) $\rho_2 = nf_1\rho = 1,69 \cdot 10^{-2}$ кг/м³. $t_2 = 100^\circ\text{C}$ температурада тўйинган буғларнинг босими $p_0 = 100$ кПа нормал атмосфера босимига тенг ва уларнинг зичлиги $\rho_3 = \mu p_0/RT_2 = 0,58$ кг/м³. $\rho_3 > \rho_2$ бўлгани сабабли идишда тўйинмаган буғ бўлиб, уларнинг нисбий намлиги:

$$f_2 = \frac{\rho_2}{\rho_3} = \frac{nf_1\rho RT_2}{\mu p_0} = 2,9 \cdot 10^{-2} = 2,9\%.$$



323-расм.

$$556. \rho_1 = \frac{(\mu_2 p - \rho R T) \mu_1}{R T (\mu_2 - \mu_1)} \approx 0,0131 \text{ кг/м}^3; f_1 = \frac{p_1}{p_0} \approx 0,485 = 48,5\%.$$

$$557. m = (f_2 - f_1) \rho V = 0,208 \text{ кг сув массасини буғлатиш керак.}$$

$$558. \rho = \frac{m f_2}{(f_2 - f_1) V} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

559. Қуруқ ҳавонинг зичлиги $\rho_1 = \mu_1 p_0 / R T$. Нисбий намлик f бўлганда сув буғларининг зичлиги $\rho' = f \rho_0 = \mu_2 p_2 / R T$ га тенг, бу ерда p_2 — буғларнинг парциал босими. Бундан $p_2 = f \rho_0 R T / \mu_2$. Нам ҳавонинг p_0 босими буғнинг p_2 ва ҳавонинг p_1 парциал босимлари йиғиндисидан иборат бўлгани сабабли,

$$p_1 = p_0 - p_2 = p_0 - \frac{f \rho_0 R T}{\mu_2}.$$

Ҳавонинг зичлиги (буғларсиз) шундай парциал босимда:

$$\rho'' = \frac{\mu_1 p_1}{R T} = \frac{\mu_1 p_0}{R T} - \frac{\mu_1 f \rho_0}{\mu_2}.$$

Нам ҳавонинг зичлиги:

$$\rho_2 = \rho' + \rho'' = \frac{\mu_1 p_0}{R T} - \left(\frac{\mu_1}{\mu_2} - 1 \right) f \rho_0.$$

Нам ва қуруқ ҳаво зичликларининг нисбати:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = 1 - \frac{(\mu_1 - \mu_2) f \rho_0 R T}{\mu_1 \mu_2 p_0} \approx 0,987.$$

ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ

18-§. Кулон қонуни. Электр зарядларнинг сирт зичлиги

560. Кулон қонуни бўйича $q = r \sqrt{F} = 600 \sqrt{10^4} = 6 \cdot 10^4$ СГСЭ заряд бирл. ёки

$$q = r \sqrt{4\pi\epsilon_0\epsilon F} = 6 \sqrt{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 0,1} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

561. 1 СГСЭ заряд бирл. = $\frac{1}{3 \cdot 10^9}$ Кл. Демак,

$$N = \frac{1}{3 \cdot 10^9} : e = 2,08 \cdot 10^9 \text{ электрон.}$$

562. $l = x(2 + \sqrt{2}) \approx 171$ см.

563. $r = \sqrt{\frac{|q_1 q_2|}{T - mg}} = 1,8$ см.

564. Мусбат q зарядлар манфий Q заряднинг иккала томонида ҳам, унинг бир томонида ҳам жойлашган бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда кучлар нисбати

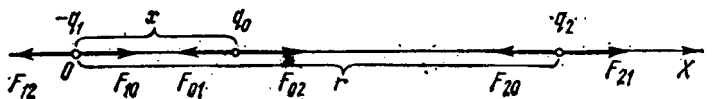
$$F_1' : F = \frac{17}{16} \cdot \frac{qQ}{r^2} : \frac{8qQ}{9r^2} \approx 1,2.$$

Иккинчи ҳолда

$$F_2' : F = \frac{3}{4} \cdot \frac{qQ}{r^2} : \left(\frac{10}{9} \cdot \frac{qQ}{r^2} \right) = 0,675.$$

Бунда r — заряд Q дан энг яқин мусбат q зарядгача бўлган масофа.

565. Кучни икки индексли F ҳарфи билан белгилаймиз, индекслардан биринчиси куч қайси зарядга таъсир қилаётганини, иккинчиси эса бу куч қайси заряд томонидан таъсир қилувчи куч) кўрсатади. OX координата ўқи сифатида q_1 ва q_2 зарядлар орқали ўтувчи тўғри чизиқни оламиз. Саноқ боши (O) қилиб, q_1 заряд турган нуқтани, мусбат йўналиши учун эса q_1 заряддан q_2 зарядга бўлган йўналишни танлаймиз (324-расм). Кулон қонуни (бизнинг



324- расм.

ёзувда) кучнинг йўналишини танлашга имкон бермайди. Масалан, q_1 ва q_2 зарядлар ишорасини ҳисобга олган ҳолда Кулон қонунидан топилган иккала F_{12} ва F_{21} куч мусбат ишорага эга, ҳолбуки, Ньютоннинг учинчи қонунига мувофиқ уларнинг йўналишлари қарама-қаршидир. Шунинг учун Кулон қонуни бўйича кучнинг фақат абсолют катталигини аниқлаб, уларнинг ишорасини, агар куч OX ўқининг мусбат йўналишида бўлса, мусбат акс ҳолда манфий деб ҳисоблаймиз.

Учала заряднинг ҳар бирига қолган икки заряд томонидан иккитадан куч таъсир қилади. Мувозанат учун бу икки куч йўналиш бўйича қарама-қарши бўлиши керак. Бу шарт бажарилиши учун q_0 заряд OX ўқда q_1 ва q_2 зарядлар орасида жойлашган бўлиши ва q_1 ҳамда q_2 зарядлар билан қарама-қарши ишорада бўлиши кераклигини кўриш осон. q_1 ва q_0 зарядлар орасидаги масофа x га тенг ($0 < x < r$) бўлсин. У ҳолда (324-расмга қ.):

$$1) q_0 \text{ га таъсир этувчи кучлар } F_{01} = - \left| \frac{q_0 q_1}{x^2} \right| \text{ ва } F_{02} = \left| \frac{q_0 q_2}{(r-x)^2} \right|;$$

$$2) q_1 \text{ га таъсир этувчи кучлар } F_{10} = \left| \frac{q_1 q_0}{x^2} \right| \text{ ва } F_{12} = - \left| \frac{q_1 q_2}{r^2} \right|;$$

$$3) q_2 \text{ га таъсир этувчи кучлар } F_{20} = - \left| \frac{q_2 q_0}{(r-x)^2} \right| \text{ ва } F_{21} = \left| \frac{q_2 q_1}{r^2} \right|.$$

Учала заряд мувозанатда бўлганда

$$F_{01} + F_{02} = 0, \quad (1)$$

$$F_{12} + F_{10} = 0, \quad (2)$$

$$F_{21} + F_{20} = 0. \quad (3)$$

(1) шарт x га нисбатан квадрат тенгламага олиб келади:

$$x^2 + \frac{2r|q_1|}{|q_2| - |q_1|} x - \frac{r^2|q_1|}{|q_2| - |q_1|} = 0.$$

Бу тенгламанинг

$$x_{1,2} = \frac{-|q_1| \pm \sqrt{|q_1| \cdot |q_2|}}{|q_2| - |q_1|}$$

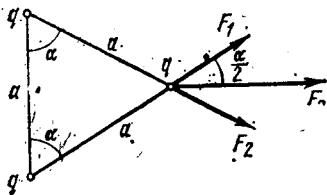
илдизлари учун қўйидаги шарт бажарилади: ҳар қандай ҳолда $0 < x_1 < r$, $|q_2| > |q_1|$ бўлганда $x_2 < 0$ ва $|q_2| < |q_1|$ бўлганда $x_2 > r$. Иккинчи илдизни ташлаб юбориш керак, чунки у мувозанат шартини қаноатлантирмайди. Шундай қилиб,

$$x = x_1 = \frac{\sqrt{|q_1| \cdot |q_2|} - |q_1|}{|q_2| - |q_1|} \quad r = 1 \text{ м.}$$

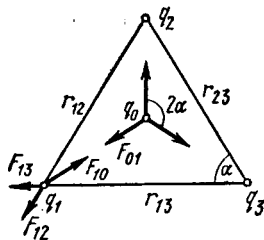
(2) шартдан: $\frac{|q_0 q_1|}{x^2} = \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$. Бундан

$$|q_0| = \frac{|q_2| x^2}{r^2} = \frac{|q_2| (|\sqrt{|q_1| \cdot |q_2|} - |q_1|)^2}{(|q_2| - |q_1|)^2} = 4 \text{ СГСЭ заряд бирл.}$$

566. F_1 ва F_2 кучларнинг тенг таъсир этувчиси (325-расм) $F_0 = \frac{2q^2}{a^2} \cos \frac{\alpha}{2}$, бундан $a = 0,83$ см.



325- расм.



326- расм.

567. 326- расмда q_2 ва q_3 зарядлар ҳамда q_0 заряд томонидан q_1 зарядга таъсир этувчи кучлар кўрсатилган. Зарядлар тенглиги $q_1 = q_2 = q_3 = q$ туфайли қуйидагини оламиз: $q_0 = \frac{\sqrt{3}}{3} q = 5,2$ СГСЭ заряд бирл. q_0 зарядга тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлган, катталиги бирдай учта куч таъсир этади.

568. Ҳар бир заряд бошқа учта q зарядлар билан ўзаро таъсирлашади, улардан икkitаси қаралаётган заряддан a масофада, биттаси эса $R = a/\cos \alpha = a/\sqrt{2}$ масофада жойлашган (327- расм). Шунинг учун исталган бир зарядга учта куч таъсир этади: $F_1 = F_3 = q^2/a^2$ ва $F_2 = q^2/(\sqrt{2}a)^2$, уларнинг вектор йиғиндиси

$$F = 2F_1 \cos \alpha + F_2 = \frac{\sqrt{2} q^2}{a^2} + \frac{q^2}{2a^2} = 1,91 \text{ дина}$$

катталикка эга ва квадрат диагонали бўйича унинг марказидан йўналган.

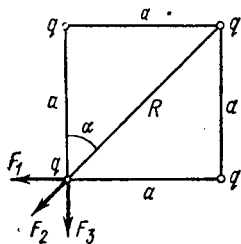
569. q_1 зарядга тўртта куч таъсир этади, улар 328- расмда кўрсатилганидек квадрат диагоналлари бўйлаб жуфт-жуфт бўлиб йўналган ва катталиклари жиҳатидан $F_1 = q_1 q / r^2$ га тенг, бунда $r = a/\sqrt{2}$ — квадрат диагонаlining ярми. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси:

$$F = 4F_1 \cos \alpha = 4\sqrt{2} \text{ дина} = 5,65 \cdot 10^{-5} \text{ Н;}$$

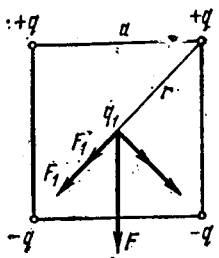
бунда $\alpha = 45^\circ$ — диагональ билан тенг таъсир этувчи орасидаги бурчак.

570. В шарча А шарчага теккандан кейин В шарча юқорига кўтарила бошлайди, бу кўтарилиш оғирлик кучи Кулон кучига тенглашгунча давом этади: $(0,5 q)^2/h^2 = mg$. Бундан $h = 3$ см.

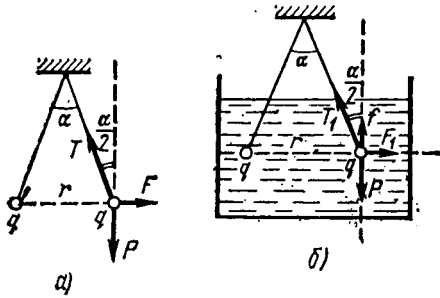
571. $\frac{q}{m} = \frac{\omega^2 R^3}{q_0} = 40$ СГСЭ заряд бирл./1 г = $1,33 \cdot 10^{-5}$ Кл/кг.



327- расм.



328- расм.



329- расм.

Йилган кучлар катталиги жиҳатидан тенг ва йўналиши бўйича қарама-қаршидир. Имтиҳонларда катта зарядга кўпроқ куч таъсир қилади деб, кўпинча янглиш фикрни айтишади. Бу фақат Кулон қонунига эмас, балки Ньютоннинг учинчи қонунига ҳам зиддир.

$$574. \epsilon = F_1 r_1^2 / F_2 r_2^2 = 2.$$

$$575. r_1 = r_2 / \sqrt{\epsilon} = 17,3 \text{ см.}$$

576. 329-а расмда шарчалар керосинга ботирилмасдан олдин уларга таъсир этувчи кучлар белгилаб кўрсатилган; оғирлик кучи $P = mg$, ипнинг тарағлик кучи T , Кулон кучи $F = q^2/r^2$ (бу ерда m — шарчанинг массаси, q — унинг заряди ва r — шарчалар орасидаги масофа). Кучлар мувозанатда бўлганда (6-§ нинг кириш қисмига қаранг):

$$T \cos \frac{\alpha}{2} - P = 0 \text{ ва } F - T \sin \frac{\alpha}{2} = 0 \quad (1)$$

бўлади. Шарчалар керосинга ботирилганда Кулон кучи $F_1 = q^2/\epsilon r^2$ бўлади. Архимед кучи эса $f = mg\rho_1/\rho$ га тенг (юқорига йўналган, 329-б расмга қаранг). Кучларнинг мувозанат шarti:

$$T_1 \cos \frac{\alpha}{2} + f - P = 0 \text{ ва } F_1 - T_1 \sin \frac{\alpha}{2} = 0 \quad (2)$$

(1) ва (2) тенгламалардан қуйидагини оламиз:

$$\rho = \frac{\epsilon \rho_1}{\epsilon - 1} = 1,6 \text{ г/см}^3.$$

$$577. \epsilon = \frac{\rho}{\rho - \rho_1} \text{ (576- масаланинг ечимига қаранг).}$$

578. Кулон қонунининг турли birlikлар системасидаги ёзилиши ҳақида

18-§ нинг кириш қисмидан қаранг. Электр доимийси $\epsilon_0 = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon r^2 F}$ ни аниқлаш учун бу формулага куч $F = 1$ дина, масофа $r = 1$ см ва зарралар $q_1 = q_2 = 1$ СГСЭ заряд бирл. ларнинг $\epsilon = 1$ (вакуум) да СИ birlikлар системасида ифодаланган қийматларини қўйиб ҳисоблаймиз. Бунда 1 дина = 10^{-5} Н, 1 см = 10^{-2} м, 1 СГСЭ заряд бирл. = $\frac{1}{3 \cdot 10^9}$ Кл эканлигини собга олган ҳолда қуйидагини оламиз: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н · м²).

572. $q = m \sqrt{\gamma} = 2,58 \cdot 10^{-9}$ СГСЭ заряд бирл. СИ системادا $q = 2m \sqrt{\pi \epsilon_0 \gamma} = 8,6 \cdot 10^{-13}$ Кл, бунда $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

573. Зарядларнинг ўзаро таъсир кучи бўшлиқда $F = \frac{q_1 q_2}{r^2} = 16$ дина = $1,6 \cdot 10^{-4}$ Н, керосинда $F_1 = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} = \frac{F}{\epsilon} = 8$ дина = $8 \cdot 10^{-5}$ Н.

Зарядлар ўзаро итаришади.

Таъкидлаб ўтиш керакки, турли катталикдаги зарядларга қўйилган

Бир қатор ўзгартишлардан сўнг ϵ_0 нинг бирлигини СИ да қабул қилинган кўринишда ифодалаш мумкин:

$$1 \text{ Кл}^2/(\text{Н} \cdot \text{м}^2) = 1 \text{ Кл}^2/(\text{Ж} \cdot \text{м}) = 1 \text{ Кл}^2/(\text{Кл} \cdot \text{В} \cdot \text{м}) = \\ = 1 \text{ Кл}/(\text{В} \cdot \text{м}) = 1 \text{ Ф}/\text{м}.$$

Бу ерда $1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1 \text{ Ж} = 1 \text{ Кл} \cdot \text{В}$ ва $1 \text{ Кл}/\text{В} = 1 \text{ Ф}$ эканлиги ҳисобга олинган. Шундай қилиб, ниҳоят

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}/\text{м}.$$

579. q_1 , q_2 ва q_3 — зарядларнинг катталиклари бўлсин, у ҳолда Кулон қонунига кўра

$$F_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2}; \quad F_{13} = \frac{q_1 q_3}{4\pi\epsilon_0 r_{13}^2} \quad \text{ва} \quad F_{23} = \frac{q_2 q_3}{4\pi\epsilon_0 r_{23}^2}.$$

Бу тенгламалардан q_1 ва q_2 ни йўқотиб, қуйидагини оламиз:

$$q_3 = \frac{r_{13} r_{23}}{r_{12}} \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 F_{13} F_{23}}{F_{12}}}.$$

580. СИ бирликлар системасида 1 Кл зарядли нуқтавий зарядларнинг ўзаро таъсир кучи $F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 3,6 \cdot 10^4 \text{ Н}$. Бу куч катта кучдир: у тақрибан 3500 кг массали жисмнинг Ерга тортилиш кучига тенг.

581. Ҳар бир зарядга қуйидаги кучлар таъсир этади: ипнинг T таранглик кучи P оғирлик ва $F = q^2/4\pi\epsilon_0 r^2$ Кулон итариш кучи, бунда $r = 2l \sin \alpha$ (330-расм). Шарча мувозанатда бўлганда кучларнинг вертикал ва горизонтал йўналишларга проекцияларининг йиғиндиси нолга тенг (576-масаланинг ечими билан таққосланг):

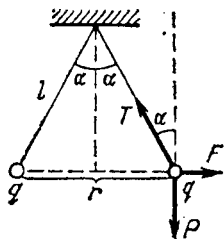
$$T \cos \alpha - P = 0, \quad F - T \sin \alpha = 0.$$

Бу тенгламалардан T ни йўқотиб ва F ҳамда r лар ифодасини ҳисобга олган ҳолда, қуйидагини ҳосил қиламиз:

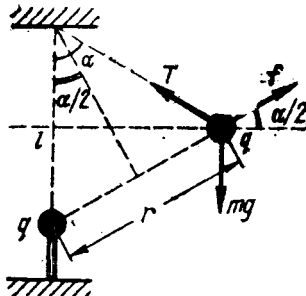
$$P = \frac{q^2 \cos \alpha}{16\pi\epsilon_0 l^2 \sin^3 \alpha} = 6,2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}.$$

582. Олган шарчага қуйидаги кучлар таъсир этади: mg оғирлик кучи, f Кулон кучи, ипнинг T таранглиги (331-расм). Мувозанат пайтида кучларнинг вертикал ва горизонтал йўналишларга проекцияларининг йиғиндиси нолга тенг, яъни:

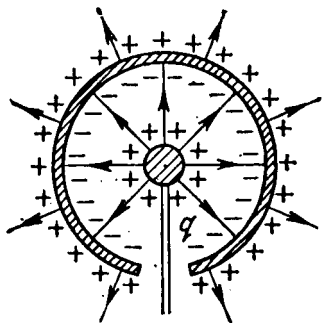
$$f \cos \frac{\alpha}{2} - T \sin \alpha = 0 \quad \text{ва} \quad f \sin \frac{\alpha}{2} + T \cos \alpha - mg = 0.$$



330-расм.



331-расм.



332- расм.

Бу тенгламалардан T ни йўқотиб, қуйидагини оламиз:

$$f = \frac{mg \operatorname{tg} \alpha}{\cos(\alpha/2) + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin(\alpha/2)}$$

Бизга маълум тригонометрик формула $\operatorname{ctg}(\alpha/2) = \sin \alpha (1 - \cos \alpha)$ дан фойдаланиб,

$$f = \frac{mg(1 - \cos \alpha)}{\sin(\alpha/2)}$$

ни ҳосил қиламиз. Расмдан кўришиб турибдики, шарчалар орасидаги масофа $r = 2l(\sin \alpha/2)$ га тенг. Бинобарин, $f =$

$$= \frac{q^2}{r^2} = \frac{q^2}{4l^2 \sin^2(\alpha/2)}; \text{ Бундан}$$

$$q = 2l \sqrt{mg(1 - \cos \alpha) \sin(\alpha/2)} = l \sqrt{mg} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ СГСЭ заряд бирл.}$$

583. Шарчанинг q заряди катта шарнинг ташқи сиртига тўла ўтади ва унда текис тақсимланади. Шунинг учун шардаги заряднинг сирт зичлиги

$$\sigma = \frac{q}{S} = \frac{q}{4\pi R^2} = 1,01 \cdot 10^{-2} \text{ СГСЭ заряд бирл./см}^2 = 3,35 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}^2.$$

584. q зарядли шарчани ичи ҳавол ўтказувчи шарга киритилганда шарнинг ташқи сиртида худди ўша q заряд билан бир хил ишорадаги индукцияланган зарядлар, ички сиртида эса қарама-қарши ишорадаги зарядлар ҳосил бўлади (332-расм). Заряднинг сирт зичлиги

$$\sigma = \frac{q}{S} = \frac{q}{4\pi R^2} = 1,01 \cdot 10^{-2} \text{ СГСЭ заряд бирл./см}^2.$$

Шарча силжитилганда бўшлиқ ичидаги электр майдон ўзгаради, бироқ бу шарнинг ташқи сиртидаги индукцияланган зарядлар тақсимотига таъсир этмайди ва уларнинг зичлиги аввалгича қолади.

19- §. Электр майдон

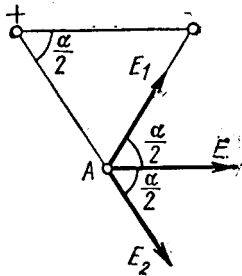
Электр майдон кучланганлиги

585. Нуқтавий заряднинг электр майдон кучланганлиги

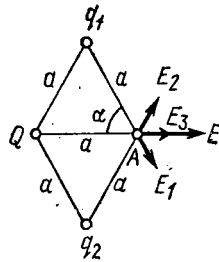
$$F = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}; \text{ бундан } r = \sqrt{\frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon E}} = 2,1 \text{ м.}$$

586. Марказдаги q заряд бўшлиқнинг ички сиртида — q йиғинди зарядни индукциялайди, ташқи сиртида эса $+q$ зарядни индукциялайди (584-масаланинг ечимига қаранг). Индукцияланган зарядлар симметрия туфайли текис тақсимланган. Шардан ташқарида электр майдон нуқтавий заряднинг электр майдони сингари бўлади, унинг катталиги ҳамма зарядлар: марказда жойлашган ва индукцияланган зарядлар йиғиндисига тенг, яъни q нуқтавий заряднинг майдони сингари бўлади. Бинобарин,

$$E_2 = q/R^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ кучланганлик бирл.} = 750 \text{ В/м.}$$



333- расм.



334- расм.

Сфера бўйича текис тақсимланган зарядлар сфера ичида электр майдонни вужудга келтирмайди. Шунинг учун сфера ичидаги майдонни фақат марказига жойлаштирилган зарядгина ҳосил қилади. Бинобарин,

$$E_1 = q/r^2 = 0,1 \text{ ГСЭ кучланганлик бирл.} = 3\,000 \text{ В/м.}$$

587. Тенг томонли учбурчак учида ҳосил қилинаётган \vec{E} электр майдон кучланганлиги E_1 ва E_2 векторлар—шу нуқтада мусбат ва манфий зарядлар ҳосил қилган кучланганликлар йиғиндисидан иборат. Бу кучланганликлар абсолют катталиги жиҳатидан тенг: $E_1 = E_2 = q/4\pi\epsilon_0 a^2$ ва бир-бирига нисбатан $\alpha = 120^\circ$ бурчак остида йўналган. 333- расмдан кўриниб турибдики, бу кучланганликларнинг геометрик йиғиндиси катталиги жиҳатидан

$$E = \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \cos \frac{\alpha}{2} = 40,5 \text{ В/м}$$

га тенг ва зарядларни туташтирувчи тўғри чизик бўйича манфий заряд томонга йўналган.

588. 334- расмда q_1 , q_2 ва Q зарядлар ($q_1 = q_2 = q$) A нуқтада ҳосил қилган электр майдон кучланганликларни векторларининг йўналиши кўрсатилган. A нуқтадаги умумий E кучланганлик ҳамма кучланганликларнинг геометрик йиғиндисига тенг, яъни $E = E_1 + E_2 + E_3$. Кучланганликларнинг абсолют катталиклари $E_3 = Q/a^2$ ва $E_1 = E_2 = q/a^2$, E_1 ва E_2 кучланганликларнинг йўналишлари эса E_3 кучланганлик билан бирдай $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилади. Изланаётган кучланганлик ромбнинг кичик диагонали бўйича Q заряддан йўналган ва катталиги жиҳатидан

$$E = \frac{Q}{a^2} + \frac{2q}{a^2} \cos \alpha = \frac{q+Q}{a^2}$$

га тенг.

589. q_1 , q_2 ва Q зарядларнинг берилган нуқтада ҳосил қилган E_1 , E_2 ва E_3 кучланганликлари 588- масаланинг ечимида топилган қийматларга эга, бироқ E_3 вектор қарама-қарши йўналган, яъни Q зарядга қараб йўналган. Шундай қилиб, E_1 , E_2 ва E_3 кучланганликлар йўналишлари ўзаро 120° дан бурчак ташкил этади. $|Q| < q$ бўлганда ($|Q|$ — заряд Q нинг абсолют катталиги) изланаётган кучланганлик катталиги жиҳатидан $E = \frac{q-|Q|}{a^2}$ га тенг

ва Q заряддан ромбнинг кичик диагонали бўйича йўналган. $|Q| = q$ бўлганда кучланганлик $E = 0$. $|Q| > q$ бўлганда кучланганлик катталиги $E = \frac{|Q| - q}{a^2}$ ва у ромбнинг кичик диагонали бўйича Q зарядга қараб йўналган.

590. Ромбнинг марказида q_1, q_2, q_3 ва q_4 зарядлар томонидан ҳосил қилинган майдон кучланганликлари мос равишда қуйидагига тенг:

$$E_1 = 4q_1/a_1^2; \quad E_2 = 4q_2/a_2^2; \quad E_3 = 4q_3/a_3^2 \quad \text{ва} \quad E_4 = 4q_4/a_4^2.$$

Ромбнинг марказидаги кучланганлик катталиги:

$$E = \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (E_4 - E_3)^2} = \frac{4\sqrt{(q_2 - q_1)^2 a_2^4 + (q_4 - q_3)^2 a_4^4}}{a_1^2 a_2^2} = \frac{\sqrt{2}}{8} = 0,177 \text{ СГСЭ кучланганлик бирл.}$$

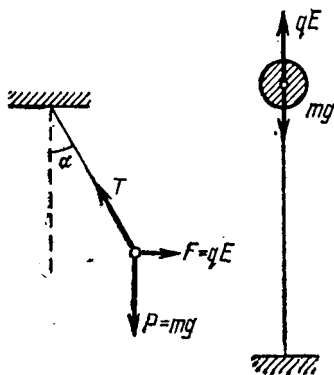
Ромб марказидаги кучланганлик йўналиши ва кичик диагональ орасидаги α бурчак қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E_2 - E_1}{E_4 - E_3} = \frac{(q_2 - q_1) a_2^2}{(q_4 - q_3) a_1^2} = 1, \quad \text{яъни} \quad \alpha = 45^\circ.$$

591. Шарчага $F = mg$ оғирлик кучи, электр майдоннинг $F = qE$ таъсир кучи ва ипнинг T таранглик кучи таъсир қилади (335-расм). Шарча мувозанатда бўлганда кучларнинг вертикал ва горизонтал йўналишларга проекциялари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак, яъни $T \cos \alpha - mg = 0$ ва $-T \sin \alpha + qE = 0$. Бундан:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{qE}{mg} \approx 1, \quad \text{яъни} \quad \alpha \approx 45^\circ.$$

592. Шарчага электр майдон томонидан юқорига вертикал йўналган $f = qE$ куч таъсир этади. Масала шартига кўра шарчанинг $P = mg$ оғирлиги f кучга нисбатан кичик бўлгани сабабли мувозанат ҳолатда шарча вертикал тортилган ипнинг юқориги учидан жойлашган бўлади (336-расм). Агар шарча эркин бўлса, f ва P кучларнинг тенг таъсир этувчиси $a = \frac{qE}{m} - g$ тез-



335- расм.



336- расм.

ланишни вужудга келтирар эди, бу тезланиш катталиги g тезланиш сингари, шарчанинг ҳолатига боғлиқ эмас. Шунинг учун шарчанинг табиати электр майдон бўлмаганда (бошқа барча шароитлар бирдай) оғирлик кучи таъсирндаги шарчанинг табиати тасвирланган формулалар орқали ифодаланади, фақат бунда формулалардаги g ни a га алмаш-

тириш керак. Хусусан, математик маятникдан иборат бўлган бундай шарчанинг тебраниш даври:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{qE - mg}}$$

$T = T_0$ бўлганда $a = g$ шарт бажарилиши керак. Демак, $E = 2mg/q = = 19,6$ СГСЭ кучланганлик бирл.

593. E кучланганликли бир жинсли электр майдон бўлганда маятникнинг тебраниш даври (592- масаланинг

ечимиغا қаранг) $T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{mg \mp qE}}$.

Электр майдон бўлмаганда $T = T_0 = = 2\pi \sqrt{l/g} = 1,20$ сек. Манфий q за-

ряд учун давр $T = T_1 = 1,10$ сек, мусбат заряд учун эса $T = T_2 = 1,35$ сек. Шундай қилиб, биринчи ҳолда давр ўзгариши $T_1 - T_0 = -0,10$ сек, иккинчи ҳолда $T_2 - T_0 = 0,15$ сек.

594. Шарчага mg оғирлик кучи, электр майдоннинг qE таъсир кучи ва ипнинг T таранглик кучи таъсир қилади (337- расм). Икки ҳол бўлиши мумкин: а) майдон пастга йўналган ва б) майдон юқорига йўналган. Мувозанат шартидан қуйидагига эга бўламиз:

$$T \cos \beta = mg \pm qE \cos \alpha$$

ва

$$T \sin \beta = qE \sin \alpha.$$

Бу ерда плюс ишора (а) ҳолга, минус ишора (б) ҳолга тегишли; β — ип йўналиши ва вертикаль орасидаги бурчак. Бу тенгламалардан β ни йўқотиб қуйидагини оламиз:

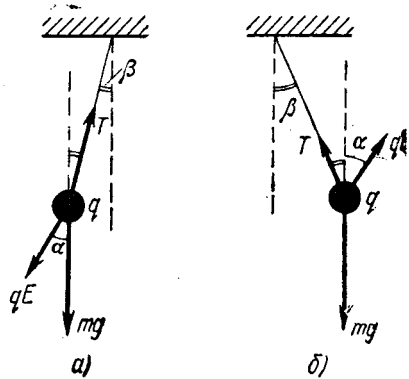
$$l = \sqrt{(mg)^2 \pm 2qmgE \cos \alpha + (qE)^2}.$$

(а) ҳолда $T = 2,87 \cdot 10^3$ дина, (б) ҳолда $T = 1,20 \cdot 10^3$ дина.

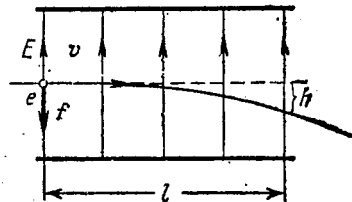
595. Электрон текис секинланувчан ҳаракатланмоқда. Ўтилган йўл s ва шу йўлни ўтиш учун кетган вақт қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$s = \frac{v_0^2}{2(e/m)E} = 0,0237 \text{ м}, \quad t = \frac{v_0}{(e/m)E} = 4,7 \cdot 10^{-8} \text{ сек.}$$

596. Конденсатор пластинкалари орасида ҳаракатланаётганда электронга электр майдон томонидан $f = eE$ куч таъсир қилади. Бу куч пластинкаларга перпендикуляр ҳолда кучланганлик йўналишига қарама-қарши томонга йўналган, чунки электроннинг заряди манфий (338- расм). Электронга таъсир этувчи оғирлик кучини f кучга нисбатан ҳисобга олмаслик мумкин. Шундай қилиб,



337- расм.



338- расм.

электрон пластинкалар бўйича йўналишда v тезлик билан текис ҳаракатланади (электрон бу тезликка конденсаторга кирмасдан аввал эга эди) ва l масофани $t = l/v$ вақтда учиб ўтади. Пластинкаларга перпендикуляр йўналишда эса электрон f куч таъсирида ҳаракатланади ва демак,

$$a = \frac{f}{m} = \frac{e}{m} E$$
 тезланишга эга бўлади. t вақт ичида электрон бу йўналишда

$$h = \frac{at^2}{2} = \frac{e}{m} \cdot \frac{E^2}{2v^2}$$
 масофага силжийди. Бундан катод нуридаги электроннинг бошланғич тезлиги

$$v = l \sqrt{\frac{e}{m} \cdot \frac{E}{2h}} = 3,98 \cdot 10^7 \text{ м/сек.}$$

Электроннинг кинетик энергияси

$$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{eEl^2}{4h} = 7,2 \cdot 10^{-16} \text{ Ж.}$$

Потенциал. Электр кучларининг иши

597. Шардан ташқаридаги майдон шар марказида жойлашган q нуқтавий заряднинг майдони билан мос келади. Шунинг учун шар марказидан $R + L$ масофада турган нуқтадаги потенциал $\varphi = q/(R + L)$ бўлади. Бундан $q = (R + L) \varphi$. Шарнинг сиртидаги потенциал

$$\varphi_1 = \frac{q}{R} = \frac{(R + L) \varphi}{R} = 2020 \text{ В} = 2,02 \text{ кВ.}$$

598. Ҳар бир томчининг заряди q , унинг радиуси эса r бўлсин. У ҳолда унинг потенциали $\varphi_1 = q/r$ бўлади. Катта томчининг заряди Nq га тенг, агар унинг радиуси R бўлса, у ҳолда томчининг потенциали:

$$\varphi = \frac{Nq}{R} = \frac{N\varphi_1 r}{R}$$

бўлади. Кичик ва катта томчининг ҳажмлари $v = \frac{4}{3} \pi r^3$ ва $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ ўзаро $V = Nv$ муносабатда боғланган. Демак,

$$\frac{r}{R} = \frac{1}{\sqrt[3]{N}} \text{ ва } \varphi = \frac{N\varphi_1}{\sqrt[3]{N}} = N^{2/3} \cdot \varphi_1.$$

599. Электростатик индукция натижасида шарнинг ташқи ва ички сиртларида қарама-қарши ишорали тенг зарядлар пайдо бўлади (584- масаланинг ечимига ва 332- расмга қаранг). Шардан ташқаридаги исталган нуқтада шу зарядлар ҳосил қилаётган электр майдонлар катталиқ жиҳатдан тенг ва йўналиши бўйича қарама-қаршидир. Шунинг учун индукцияланган зарядларнинг йиғинди майдони нолга тенг. Шундай қилиб, фақат шардан ташқарида унинг сиртидаги q_1 заряд ҳосил қилган ва шарчанин q заряди ҳосил қилган майдонлар қолади. Биринчи майдоннинг шар марказидан r масофага узоқлаштирилган нуқтадаги потенциали $\varphi_1 = \frac{q_1}{r} = \frac{q_1}{10R}$ га ва иккинчи май-

доннинг шу нуқтадаги потенциали $\varphi_2 = \frac{q}{r} = \frac{q}{10R}$ га тенг. Ҳула потенциал:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{q_1 + q_2}{10R}.$$

$q = +20$ СГСЭ заряд бирл. бўлганда $\varphi = 3 \cdot 10^{-2}$ СГСЭ потенциал бирл. = 9 В.

$q = -20$ СГСЭ заряд бирл. бўлганда $\varphi = -10^{-2}$ СГСЭ потенциал бирл. = -3 В.

600. Электр майдон шар сирти яқинида энг катта кучланганликка эга:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}, \text{ Шарнинг потенциали } \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}. \text{ Бундан } \varphi = ER = 9 \cdot 10^4 \text{ В.}$$

601. Кулон қонунидан шарчаларнинг зарядларини аниқлаймиз: $q_1 = q_2 = q = r\sqrt{F}$. $R = D/2$ радиусли шарчадаги q заряд ҳосил қиладиган потенциал шу шарчанинг сиртида $\varphi_1 = \frac{q}{R} = \frac{2r\sqrt{F}}{D}$ га тенг. Бу шарча турган жойда бошқа шарчанинг заряди $\varphi_2 = q/r = \sqrt{F}$ потенциални ҳосил қилади. Шундай қилиб, шарчанинг потенциаллари

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{2r\sqrt{F}}{D} \left(1 + \frac{D}{2r} \right) = 16,1 \text{ СГСЭ потенциал бирл.} = 4,84 \text{ кВ.}$$

602. Квадрат марказидаги потенциал барча зарядларнинг шу нуқтада ҳосил қилган потенциалларининг алгебраик йиғиндисига тенг:

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 = \frac{q_1}{a} + \frac{q_2}{a} + \frac{q_3}{a} + \frac{q_4}{a} = \\ &= -0,2 \text{ СГСЭ потенциал бирл.} = -60 \text{ В.} \end{aligned}$$

Квадрат марказидаги майдон кучланганлиги ҳар бир заряднинг шу нуқтада ҳосил қилган кучланганликларининг геометрик йиғиндисига тенг:

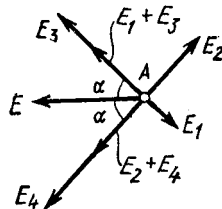
$$\vec{E} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4.$$

Бу кучланганликларнинг абсолют катталиги:

$$E_1 = \frac{q_1}{a^2}, \quad E_2 = \frac{q_2}{a^2},$$

$$E_3 = \frac{q_3}{a^2} \quad \text{ва} \quad E_4 = \frac{q_4}{a^2}.$$

Векторларни аввал 339-расмда кўрсатилгандек, битта диагональ бўйича қарама-қарши томонларга йўналганларини жуфтлаб қўшиш қулайдир: $E_1 + E_3$ ва $E_2 + E_4$. Зарядларнинг берилган катталикларида $E_1 + E_3$ абсолют катталиги жиҳатидан $E_2 + E_4$ йиғиндига тенг. Шунинг учун ҳамма кучланганликлар йиғиндисига E диагональ орасидаги бурчак биссектрисаси бўйича йўналган ва бу диагональлар билан



339- расм.

$\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилади. Бунда E нинг катталиги $E = 2,83 \cdot 10^{-2}$ СГСЭ кучланганлик бирл. = 849 В/м.

603. B ва C нуқталарда электр майдон кучланганлиги:

$$E_B = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1^2} = 6 \cdot 10^5 \text{ В/м}; \quad E_C = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_2^2} = 3,75 \cdot 10^4 \text{ В/м}$$

Бу нуқталардаги потенциаллар эса:

$$\varphi_B = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1} = 3 \cdot 10^4 \text{ В}; \quad \varphi_C = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_2} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ В.}$$

B нуқтадан C нуқтага электр кучларнинг заряд кўчиришда бажарган иш

$$A = q_1(\varphi_B - \varphi_C) = \frac{q_1 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ Ж.}$$

604. a ва b нуқталардаги электр майдон кучланганликлари мос ҳолда $E_a = Q/r_a^2$ ва $E_b = Q/r_b^2$ га тенг, бунда r_a ва r_b — Q ва b нуқталардан c нуқтагача бўлган масофа. a ва b нуқталардаги потенциаллар қуйидагига тенг:

$$\varphi_a = Q/r_a = \sqrt{QE_a} \quad \text{ва} \quad \varphi_b = Q/r_b = \sqrt{QE_b}.$$

Бунда

$$A = q(\varphi_a - \varphi_b) = q\sqrt{Q}(\sqrt{E_a} - \sqrt{E_b}).$$

605. Электрон $U = 1 \text{ В} = \frac{1}{300}$ СГСЭ потенциал бирл. га тенг потенциаллар фарқини ўтганда электр майдон электрон устида $A = eU = 1,6 \cdot 10^{-12}$ эрг иш бажаради. Бу иш электрон эришган кинетик энергияга тенг. Бинобарин, $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-12}$ эрг. $eU = mv^2/2$ бўлгани сабабли

$$v = \sqrt{2eU/m} = 5,9 \cdot 10^7 \text{ см/сек} = 590 \text{ км/сек.}$$

606. Электр майдон бажарган иш электроннинг кинетик энергияси ўзгаришига тенг: $eU = mv^2/2$. Бундан

$$v = \sqrt{2Ue/m} = 5,93 \cdot 10^6 \text{ м/сек} = 5930 \text{ км/сек.}$$

607. Шар сиртининг потенциали $\varphi_0 = q_1/R$. Бундан унинг заряди $q_1 = \varphi_0 R$. Шар марказидан $R + L$ масофадаги потенциал $\varphi = \frac{q}{R+L} = \frac{\varphi_0 R}{R+L} \cdot q$ зарядни φ потенциалли нуқтадан чексизликка кўчиришда электр кучлар бажарган иш:

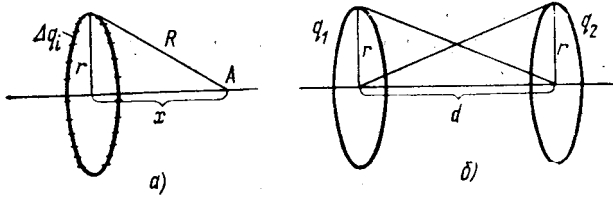
$$A = q\varphi = \frac{q\varphi_0 R}{R+L} = 2,2 \text{ эрг} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ж.}$$

q зарядни чексизликдан шар сиртидан L масофада жойлашган нуқтага кўчиришда электр кучларга қарши худди шундай иш бажариш керак.

608. $\varphi = A(R+L)/qR = 900 \text{ В.}$

$$609. A = q_2(\varphi_2 - \varphi_1) = q_1 q_2 \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) = 25 \text{ эрг.}$$

$$610. A = q(q_2 - q_1) \left(\frac{1}{d} \right) - \left(\frac{1}{\sqrt{l^2 + d^2}} \right) = -3600 \text{ эрг.}$$



340- расм.

611. Ҳалқадаги q заряднинг ҳалқа ўқида унинг марказидан x масофада жойлашган A нуқтада, демак, айланадаги нуқталардан $R = \sqrt{r^2 + x^2}$ масофада ҳосил қилган потенциални топамиз (340-а расм). Ҳалқани R га нисбатан кичик бўлган кесмаларга ажратамиз. Унда ҳар бир кесмада жойлашган Δq_i зарядни (i — кесма номери) нуқтавий заряд деб қараш мумкин. У A нуқтада $\Phi_i = \Delta q_i / R$ потенциални ҳосил қилади. A нуқтада ҳалқанинг барча кесмалари ҳосил қилган потенциал (бунда ҳамма кесма бу нуқтадан бирдай R масофада жойлашган деб ҳисобланади):

$$\varphi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \dots = \frac{\Delta q_1}{R} + \frac{\Delta q_2}{R} + \frac{\Delta q_3}{R} + \dots = \frac{(\Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_3 + \dots)}{R}.$$

Қавс ичида ҳамма кесмалар зарядларининг йиғиндиси, яъни бутун ҳалқанинг заряди q турибди. Шунинг учун

$$\varphi = \frac{q}{R} = \frac{q}{\sqrt{r^2 + x^2}}.$$

Биринчи ҳалқа марказидаги φ_1 майдон потенциали шу биринчи ҳалқада жойлашган заряд (унинг учун $q = q_1$, $x = 0$) ҳосил қилаётган потенциал билан иккинчи ҳалқадаги заряд (унинг учун $q = q_2$, $x = d$) ҳосил қилаётган потенциалнинг йиғиндисидан иборат (340-б расм). Шундай қилиб, $\varphi_1 = \frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{\sqrt{r^2 + d^2}}$. Худди шунга ўхшаш йўл билан иккинчи ҳалқанинг марказидаги потенциални топамиз: $\varphi_2 = \frac{q_2}{r} + \frac{q_1}{\sqrt{r^2 + d^2}}$. Ниҳоят, иш учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) = Q(q_1 - q_2) \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + d^2}} \right).$$

612. Агар q ва Q зарядлар бир хил ишорали бўлса, у ҳолда шарчага чексиз кичик тезлик бериб уни ҳалқадан узоқлаштириш мумкин. Агар зарядлар ишораси турлича бўлса, шарчанинг кинетик ва потенциал энергиялари йиғиндиси ҳалқа марказида нолга тенг бўлиши керак, чунки у чексизликда нолга тенг, $\frac{mv^2}{2} - q\varphi = 0$, бунда $\varphi = Q/r$ — ҳалқа марказининг потенциали (аввалги масаланинг ечимига қаранг). Бундан

$$v = \sqrt{\frac{2|qQ|}{mr}}.$$

613. $v = \sqrt{2 \cdot e / r m} = 800$ км/сек.

614. Конденсатор ичида вертикал йўналган $E = \mathcal{E} / d$ кучланганликли бир жинсли электр майдон бор. Тўқнашгандан сўнг шарча пастки пластинка зарядининг ишораси билан бир хил бўлган зарядга эга бўлади. Шунинг учун унга электр майдон томонидан юқорига йўналган $f = qE = q \mathcal{E} / d$ куч таъсир қилади. Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ энергия ўзгариши ташқи кучлар (бу ҳолда электр кучлар) бажарган ишга тенг. Тўқнашиш эластик эканлигини ва бошланғич ҳамда охириги моментларда шарча оғирлик кучи майдонида фақат потенциал энергияга эга бўлишини ҳисобга олиб, куйидагини оламиз:

$$A = fH = \frac{q \mathcal{E} H}{d} = mgH - mg; \quad \text{бундан}$$

$$H = \frac{mghd}{mgd - q \mathcal{E}}.$$

615. Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ $mgh - \left(\frac{mv^2}{2} + mgH \right) = -qU$, бунда qU — электр кучлар бажарган иш, $U = \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0 H} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 h} -$ шарчанинг бошланғич ва охириги ҳолат нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи. Бундан h ни аниқлаш учун квадрат тенглама оламиз.

$$h^2 - \left(\frac{v^2}{2g} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH} + H \right) h + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mg} = 0.$$

Унинг ечими:

$$h = \frac{1}{2} \left(\frac{v^2}{2g} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH} + H \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{v^2}{2g} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH} + H \right)^2 - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mg}}.$$

(илдиз олдидаги плюс ишора, агар шарча юқорига йўналган ўшандай бошланғич тезлик олганда эди, максимал баландликка мос келган бўлар эди).

$$616. \quad h = \frac{1}{2} \left(\frac{v^2}{2g} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH} + H \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{v^2}{2g} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH} + H \right)^2 + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mg}}.$$

617. Электр майдоннинг электрон устида бажарган иши электроннинг кинетик энергиясининг ортишига сарф бўлади. Демак, $e(\varphi_a - \varphi_b) = \frac{mv_a^2}{2} - \frac{mv_b^2}{2}$. Бундан $\varphi_a - \varphi_b = \frac{v_a^2 - v_b^2}{2(e/m)}$.

Потенциаллар фарқи манфий. Электрон манфий зарядга эга бўлгани сабабли электроннинг тезлиги у потенциал ортиши йўналишида ҳаракатланган сари орта боради.

618. Электрон $t = l/v$ ҳаракат вақтида (596-масаланинг ечимига қаранг) кучнинг таъсир йўналишида

$$h = \frac{at^2}{2} = \left(\frac{e}{m} \right) \frac{Ul^2}{2v^2d} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

масофага силжийди

619. Чанг заррасига $P = mg$ оғирлик кучи ва электр майдон томондан $f = q_1 E_1$ куч таъсир қилади, бунда q_1 — чанг заррасининг бошланғич заряди ва $E_1 = U_1/d$ — конденсатордаги электр майдон кучланганлиги. Чанг зарраси мувозанатда бўла олиши учун конденсаторнинг юқориги пластинкаси манфий зарядланган бўлиши керак. Мувозанат пайтида $P = f$ ёки $mg = q_1 U_1/d$. Бундан $q_1 = mgd/U_1$. Чанг заррасидаги заряднинг $q_0 = 1000 e$ катталикка камайиши мусбат заряднинг q_0 катталикка ортиши билан тенг кучли бўлгани сабабли, чанг заррасининг янги заряди $q_2 = q_1 + q_0$ бўлади. Бу ҳолда, мувозанат шarti $mg = q_2 U_2/d$ бўлади, бунда U_2 — пластинкалар орасидаги янги потенциаллар фарқи. Энди q_2 , q_1 ва q_0 лар учун ёзилган ифодаларни ҳисобга олиб, қуйидагини оламиз:

$$U_2 = \frac{mgd}{q_2} = \frac{mgU_1d}{mgd + 1000e U_1} = 5020 \text{ В.}$$

Шундай қилиб, потенциаллар фарқини $U_2 - U_1 = -980$ В катталикка ўзгартириш керак (минус ишора уни камайитириш кераклигини кўрсатади чунки чанг заряди ортган).

620. Конденсаторнинг юқориги пластинкаси мусбат зарядланган бўлиши керак. Чанг заррасининг янги заряди $q_2 = q_1 - q_0$. бунда q_0 — минг электроннинг заряди. Шунинг учун (619-масала ечимига қаранг):

$$U_2 = \frac{mgd}{q_2} = \frac{mgU_1d}{mgd - 1000e U_1} = 7460 \text{ В.}$$

Пластинкалар орасидаги кучланишни $U_2 - U_1 = 1460$ В ортириш керак.

621. Мувозанат пайтида $\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = \frac{eU}{d}$, бундан

$$r = \sqrt[3]{\frac{3eU}{4\pi \rho g d}} = 7,6 \cdot 10^{-5} \text{ см.}$$

622. Конденсатор ичидаги электр майдон кучланганлиги $E = \mathcal{E}/d$. Таёқча учларида жойлашган зарядлар турган нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = El = \mathcal{E}l/d$. Бунда φ_a — заряд $-q$ жойлашган нуқтадаги потенциал, φ_b — заряд $+q$ жойлашган нуқтадаги потенциал, бунда $\varphi_a > \varphi_b$. Таёқча бурилганда электр кучлар $-q$ зарядни a нуқтадан b нуқтага кўчириш ва $+q$ зарядни b нуқтадан a нуқтага кўчириш ишини бажаради; бу иш қуйидагига тенг:

$$A = -q(\varphi_a - \varphi_b) + q(\varphi_b - \varphi_a) = -2q(\varphi_a - \varphi_b) = -2ql \mathcal{E}/d = -6 \cdot 10^{-10} \text{ Ж.}$$

Олинган натижа олдидаги минус ишора ташқи кучлар иш бажариши кераклигини билдиради.

623. $M = qUl/d = 7,5 \cdot 10^{-3}$ дина·см.

624. $U = \frac{d}{q} \left(F + \frac{q^2}{l^2} \right) = 1,4 \cdot 10^3$ СГСЭ потенциал бирл. = 420 кВ.

625. Туташтирилмасдан аввал иккинчи шарча Q зарядга эга бўлсин. Шарчалар туташтирилгандан сўнг уларнинг йиғинди заряди $q_1 + q_2 = Q$. Туташтирилгандан кейин уларнинг потенциаллари бирдай: $\varphi = q_1/r_1 = q_2/r_2$.

Демак, $q_2 = q_1 \frac{r_2}{r_1}$. 2 шарча 1 шарчага туташтирилгандан сўнг $F = \frac{q_1 q_2}{h^2} = \frac{q_1^2 r_2}{h^2 r_1}$

куч билан таъсир қилади. Бундан $q_1 = h \sqrt{\frac{F r_1}{r_2}}$. Иккинчи шарчанинг бошланғич потенциали

$$\varphi = \frac{Q}{r_2} = \frac{q_1 + q_2}{r_2} = \frac{q_1 [1 + (r_2/r_1)]}{r_2} = h \sqrt{\frac{P r_1}{r_2}} \frac{r_1 + r_2}{r_1 r_2} =$$

= 42 СГСЭ потенциал бирл. = $1,26 \cdot 10^4$ В.

Электр сиғими

626. Ўтказувчи шарнинг сиғими керосинда $C_1 = 4\pi \epsilon_0 \epsilon_1 R$, глицеринда $C_2 = 4\pi \epsilon_0 \epsilon_2 R$ га тенг. Уларнинг қисбати $\frac{C_2}{C_1} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = 28,1$.

627. Пластинкалардаги зарядлар $q = CU = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл.

628. $v = \sqrt{2 \left(\frac{e}{m}\right) \frac{\sigma S}{C}} = 1,03 \cdot 10^7$ м/сек.

629. 77- расмда кўрсатилгандек уланган уч пластинкали конденсаторни ўзаро параллел уланган, сиғимлари $C = \epsilon_0 S/d$ га тенг бўлган икки ясси конденсатор деб қараш мумкин. Шунинг учун умумий сиғим (диэлектрик-сиз) $C_0 = 2\epsilon_0 S/d = 35,4$ пФ. Конденсатор глицеринга ботирилганда унинг сиғими $C = \epsilon C_0 = 2000$ пФ бўлади.

630. $C = \frac{C_1}{n-1} = \frac{\epsilon S}{4\pi(n-1)d} = 27,8$ см = 30,9 пФ.

631. $P = qE = 4Qq/R^2 = 392$ дина = 0,4 г·куч.

632. Ясси конденсатор ичидаги электр майдон кучланганлиги унинг пластинкаларидаги Q заряд билан $E = 4\pi Q/S$ муносабат орқали боғланган. Конденсатор ичидаги шарчага P оғирлик кучи, ипнинг T таранглик кучи ва электр майдоннинг $F = qE$ кучи таъсир қилади (335-расм). Шарчанинг мувозанат шартидан (591-масаланинг ечимига қаранг): $qE = P \operatorname{tg} \alpha$ ёки $4\pi Qq/S = P \operatorname{tg} \alpha$. Бундан

$$Q = \frac{S P \operatorname{tg} \alpha}{4\pi q} = 9800 \text{ СГСЭ заряд бирл.}$$

633. Пластинкалардаги дастлабки заряд q_1 , конденсатор керосинга ботирилгандан кейин унинг пластинкаларидаги заряд q_2 ,

$$\Delta q = q_2 - q_1 = (\epsilon - 1) C_0 U = \frac{(\epsilon - 1) S \mathcal{E}}{4\pi d} =$$

$$= 0,75 \text{ СГСЭ заряд бирл.} = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл.}$$

634. Пластинкалардаги заряд ўзгармайди. $U_1 = d_1 U/d\epsilon = 100$ В.

635. Пластинка ҳаракатланганда конденсатор сиғими берилган вақт моментда пластинкалар юзларининг ўзаро бир-бирини қопловчи қисмларига боғлиқ. t_1 вақт моментда бу юз қисми $S_1 = S_0 - vlt_1$ га тенг, t_2 вақт моментда эса $S_2 = S_0 - vlt_2$ га тенг, бунда $l = 10$ см — пластинка томонининг

узунлиги. Бу вақт моментларида конденсатор $C_1 = S_1/4\pi d$ ва $C_2 = S_2/4\pi d$ сифимга эга бўлади, унинг пластинкаларидаги зарядлар эса

$$q_1 = C_1 U = \frac{S_1 U}{4\pi d} \quad \text{ва} \quad q_2 = C_2 U = \frac{S_2 U}{4\pi d}.$$

Ўтказгичлар бўйича $\Delta t = t_2 - t_1$ вақт давомида ўтган заряд миқдори

$$\Delta q = q_1 - q_2 = \frac{U(S_1 - S_2)}{4\pi d} = \frac{vIU(t_2 - t_1)}{4\pi d}.$$

Бунда ток катталиги

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{vIU}{4\pi d} = 95,5 \text{ СГСЭ ток бирл.} = 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ А} \quad \text{бўлади.}$$

636. Параллел уланган конденсаторлардаги умумий заряд $q = (C_1 + C_2)U = 6 \cdot 10^{-5}$ Кл.

$$637. U_1 = \frac{2}{3} U_0 = 4 \text{ В.}$$

$$638. U = (C_1 U_1 + C_2 U_2) / (C_1 + C_2) = 40 \text{ В.}$$

$$639. C_2 = C_1(U_1 - U) / (U - U_2) = 10 \text{ мкФ.}$$

640. Конденсаторлар уланмасдан олдин улардаги заряд $q_1 = C_1 U_1$ ва $q_2 = C_2 U_2$. Турли исмли зарядланган қопламалари улангандан кейин конденсаторлардаги умумий заряд $q_0 = |q_2 - q_1| = (C_1 + C_2) U_0$ ва биринчи конденсаторнинг заряди $q_3 = C_1 U_0$, бунда U_0 —улангандан кейинги конденсаторлар қопламаларидаги потенциаллар фарқи. Бундан қуйидагини топамиз:

$$q_3 = \frac{C_1 |C_2 U_2 - C_1 U_1|}{C_1 + C_2} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

641. Турли исмли зарядланган қопламалари билан уланганда $q = CU$ умумий заряд ҳар бир конденсаторнинг $q_1 = C_1 U_1$ ва $q_2 = C_2 U_2$ зарядлари фарқига тенг. Бунда $C = C_1 + C_2$ —улангандан кейинги умумий сифим. Шундай қилиб, агар $q_1 > q_2$ бўлса, $(C_1 + C_2)U = C_1 U_1 - C_2 U_2$ ва агар $q_1 < q_2$ бўлса, $(C_1 + C_2)U = C_2 U_2 - C_1 U_1$ бўлади. Бу тенгламаларни ечиб, биринчи ҳолда $C_1 = \frac{U_2 + U}{U_1 - U}$ $C_2 = 11$ мкФ, иккинчи ҳолда $C_1 = \frac{U_2 - U}{U_1 + U}$ $C_2 = 3$ мкФ ни оламиз.

642. Уланмасдан аввал биринчи конденсатор заряди $q_1 = |C_1 U_1|$, иккинчи конденсатор заряди $q_2 = |C_2 U_2|$. Конденсаторлар турли исмли зарядланган қопламалари билан улангандан кейинги умумий заряд:

$$q_2 - q_1 = |C_2 U_2| - |C_1 U_1| = \pm (C_1 + C_2) U.$$

Биз бу ерда q_2 ва q_1 зарядларнинг қайси бири катта эканлиги олдиндан маълум бўлмагани сабабли, қўш ишора ишлатдик. Бундан

$$|U_2| = \frac{|C_1 U_1| \pm |(C_1 + C_2) U|}{C_2}.$$

Минус ишора билан олинган ечим пластинкалар улангандан кейин биринчи конденсаторнинг пластинкаларидаги зарядлар ишораси ўзгармайдиган ҳолга, мусбат ишорали ечим эса улангандан кейин биринчи конденсатор пластинкаларидаги зарядлар ишораси тескарисига ўзгаридиган ҳолга мос келади

Бизнинг ҳолда $|C_1 U_1| < |(C_1 + C_2)U|$, $|U_2|$ нинг катталиги эса ҳамма вақт мусбат бўлиши керак, шу сабабли фақат мусбат ишорали ечимгина мавжуддир. Натижада қуйидагини оламиз: $|U_2| = 350$ В.

$$643. Q_1 = \frac{R_1 Q}{R_1 + R_2} \quad \text{ва} \quad Q_2 = \frac{R_2 Q}{R_1 + R_2}.$$

644. Шарларни ингичка сим билан улаш конденсаторларни параллел улаш билан эквивалентдир. Улангандан кейин:

$$q_1 = \frac{C_1(q_{10} + q_{20})}{C_1 + C_2} = \frac{R_1(q_{10} + q_{20})}{R_1 + R_2} = 5,7 \text{ СГСЭ заряд бирл.},$$

$$q_2 = \frac{C_2(q_{10} + q_{20})}{C_1 + C_2} = \frac{R_2(q_{10} + q_{20})}{R_1 + R_2} = 14,3 \text{ СГСЭ заряд бирл.}$$

645. Шарларнинг дастлабки зарядлари $q_1 = r_1 \varphi_1$ ва $q_2 = r_2 \varphi_2$. Улангандан кейин шарлардаги зарядлар $q'_1 = r_1 \varphi$ ва $q'_2 = r_2 \varphi$. Шарларнинг улар улангандан кейинги умумий потенциални заряднинг сақланиш қонунидан аниқлаймиз: $\varphi = \frac{r_1 \varphi_1 + r_2 \varphi_2}{r_1 + r_2}$. Шарларнинг заряди:

$$q'_1 = \frac{r_1(r_1 \varphi_1 + r_2 \varphi_2)}{r_1 + r_2}, \quad q'_2 = \frac{r_2(r_1 \varphi_1 + r_2 \varphi_2)}{r_1 + r_2}.$$

Шарлардаги заряднинг сирт зичлиги:

$$\sigma_1 = \frac{q'_1}{4\pi r_1^2} = \frac{r_1 \varphi_1 + r_2 \varphi_2}{4\pi r_1(r_1 + r_2)} = 4,42 \cdot 10^{-4} \text{ СГСЭ заряд бирл./см}^2 = 1,475 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$$

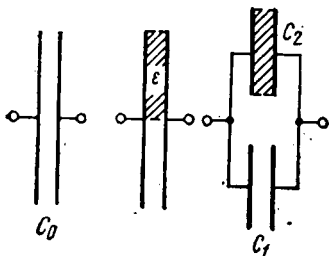
$$\sigma_2 = \frac{q'_2}{4\pi r_2^2} = \frac{r_1 \varphi_1 + r_2 \varphi_2}{4\pi r_2(r_1 + r_2)} = 8,85 \cdot 10^{-4} \text{ СГСЭ заряд бирл./см}^2 = 2,95 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2.$$

$$646. \varepsilon = (U_1 - U)/U = T.$$

647. Конденсаторларнинг диэлектриксиз умумий сифими $C_1 = 3C_0 = = 3S/4\pi d = 750$ см. Иккала конденсатор диэлектрик билан тўлдирилганда умумий сифим:

$$C_2 = \varepsilon_1 C_0 + \varepsilon_2 C_0 + C_0 = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + 1)S}{4\pi d} = 2500 \text{ см.}$$

648. Пластикалари орасидаги масофа d ва сифим C_0 бўлган ясси конденсатор ҳолида пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи (диэлектрик-сиз) $U = E_0 d$ ва пластинкалардаги заряд $q = C_0 U_0 = C_0 E_0 d$ бўлади. Ярмагача диэлектрик тўлдирилган конденсаторни (341-расм) бири диэлектриксиз ва $C_1 = C_0/2$ сифимли, иккинчиси эса пластинкалари орасидаги бутун фазо диэлектрик билан тўлдирилган ва шунинг учун сифими $C_2 = \varepsilon C_0/2$ га тенг бўлган параллел уланган икки конденсатор деб қараш мумкин (341-расм). Шундай қилиб, ярмагача диэлектрик тўлдирилган конденсаторнинг



841-расм.

тўла сифими $C = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon + 1}{2} C_0$ га тенг бўлади. Манба узилганда пластинкалардаги заряд сақланади. Шунинг учун энди

пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи $U = q/C$, конденсатор ичидаги электр майдон кучланганлиги

$$E = \frac{U}{d} = \frac{q}{Cd} = \frac{2E_0}{\epsilon + 1}$$

бўлади.

649. U_1 — биринчи конденсатор қопламалари орасидаги кучланиш, U_2 — иккинчи конденсатор қопламалари орасидаги кучланиш бўлсин. У ҳолда $U = U_1 + U_2$, конденсатор пластинкаларидаги зарядлар эса бирдай ва $q = C_1 U_1 = C_2 U_2$ га тенг. Бундан

$$U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} U = 165 \text{ В} \quad \text{ва} \quad U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U = 55 \text{ В.}$$

Конденсаторлар кетма-кет уланганда кичик сизимли конденсатордаги кучланиш катта сизимли конденсатордаги кучланишга нисбатан катта бўлади.

650. 649- масаланинг ечимига мувофиқ биринчи конденсатор пластинкалари орасидаги кучланиш $U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} U = 600 \text{ В}$, иккинчи конденсатор пластинкалари орасидаги кучланиш $U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U = 300 \text{ В}$. Тешилиш кучланишининг масала шартида кўрсатилган қийматларида ишлаш мумкин эмас, акс ҳолда аввал биринчи конденсатор тешилади, сўнгра иккинчи конденсатор ҳам тешилади.

651. 649- масаланинг ечимига мувофиқ конденсатор сизими C_2 дан C_{02} га ча ўзгарганда унинг қопламалари орасидаги кучланиш

$$U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U = 100 \text{ В} \quad \text{дан} \quad U_{02} = \frac{C_1}{C_1 + C_{02}} U = 182 \text{ В} \quad \text{гача ўзгаради.}$$

$$652. C_{2,3} = \frac{C - C_1}{2} \pm \sqrt{\frac{(C - C_1)^2}{4} - \frac{(C - C_1) C_0 C_1}{C_1 - C_0}}; \quad C_2 = 6 \text{ мкФ} \quad \text{ва}$$

$C_3 = 3 \text{ мкФ}$.

653. Конденсаторларни параллел улаганда $C - C_1 = C_2 + C_3$, кетма-кет улаганда эса $\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$. Бу тенгламалардан: $C_2 C_3 = \frac{C_0 C_1}{C_1 - C_0} (C - C_1)$. Виета теоремасига кўра C_2 ва C_3 ушбу

$$x^2 + (C_1 - C)x + \frac{C_0 C_1 (C - C_1)}{C_1 - C_0} = 0$$

квадрат тенгламанинг илдизлари бўлиши керак. Бу тенгламани ечиб, $x_{1,2} = C_2 = C_3 = 2 \text{ мкФ}$ ни олаемиз.

Кетма-кет улаганда ҳамма конденсаторларнинг зарядлари ўзаро тенг: $q = C_1 U_1 = C_2 U_2 = C_3 U_3$. Бундан

$$U_2 = C_1 U_1 / C_2 = 30 \text{ В}, \quad U_3 = C_1 U_1 / C_3 = 30 \text{ В.}$$

654. Конденсаторларни кетма-кет улаганда ҳар бир конденсаторнинг заряди бирдай ва q га тенг. Шунинг учун

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = 30 \text{ В}, \quad U_2 = \frac{q}{C_2} = 15 \text{ В} \quad \text{ва} \quad U_3 = \frac{q}{C_3} = 6 \text{ В.}$$

Аккумуляторнинг э. ю. к. конденсаторлар батареясининг тўла кучланишига тенг, яъни $\mathcal{E} = U = U_1 + U_2 + U_3 = 51$ В.

Кетма-кет улаганда $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$, шу сабабли

$$C_0 = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} = 59 \text{ см} = 65 \text{ пФ.}$$

$$655. U_1 = \frac{C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} U = 20 \text{ В, } U_2 = \frac{C_1 C_2}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} = 8 \text{ В,}$$

$$U_3 = \frac{C_1 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} U = 4 \text{ В.}$$

656. Конденсаторлар кетма-кет уланганда уларнинг зарядлари ўзaro тенг. Конденсатор диэлектрикка ботирилмасдан аввал ҳар бир конденсатордаги заряд $q = CU = C \mathcal{E} / 2$. Конденсаторлардан бири диэлектрикка ботирилгандан кейин конденсаторларнинг зарядлари $q_1 = CU_1 = \epsilon CU_2$ бўлади.

Бундан ташқари, $U_1 + U_2 = \mathcal{E}$. Демак, $q_1 = \frac{\epsilon C \mathcal{E}}{1 + \epsilon}$. Конденсаторлардаги заряд ўзгариши

$$q_1 - q = \frac{C(\epsilon - 1)\mathcal{E}}{2(1 + \epsilon)} = 1,85 \cdot 10^{-10} \text{ Кл.}$$

657. Конденсаторлардаги дастлабки электр майдон кучланганлиги $F_1 = U/2d$, бунда d — конденсатор пластинкалари орасидаги масофа. Иккинчи конденсаторга диэлектрик тўлдирилгандан кейин ундаги электр майдон кучланганлиги $E_2 = \frac{U}{(\epsilon + 1)d}$ ва $\frac{E_2}{E_1} = \frac{2}{\epsilon + 1} = 0,2$.

658. Конденсатор э. ю. к манбандан узилгандан кейин ва у диэлектрик билан тўлдирилгандан сўнг унинг заряди ўзгармайди, $q = CU/2 = \epsilon CU_2$. Диэлектрик тўлдирилган конденсатордаги электр майдон кучланганлиги энди $E_2 = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{2\epsilon d}$ ва $\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{9}$ бўлади.

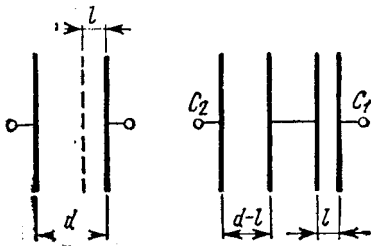
$$659. \text{ Батарея сифимининг ўзгариши } \Delta C = \frac{(\epsilon - 1)C}{2(\epsilon + 1)} = 1,7 \text{ пФ.}$$

660. Пластинка киритилгандан кейин $C_1 = \frac{S}{4\pi l}$ ва $C_2 = \frac{S}{4\pi(d-l)}$ сифимли кетма-кет уланган икки конденсатор ҳосил бўлгани яққол кўришиб турибди (342-расм). Уларнинг умумий сифими қуйидаги муносабатдан аниқланади:

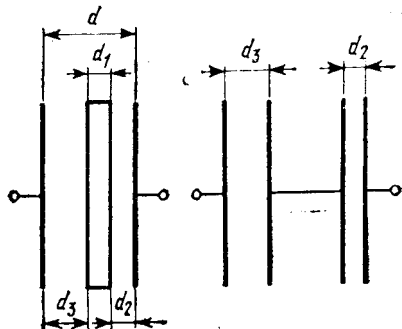
$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{4\pi l}{S} + \frac{4\pi(d-l)}{S} = \frac{4\pi d}{S} = \frac{1}{C},$$

бунда C — конденсаторнинг дастлабки сифими. Шундай қилиб, пластинка киритилганда, у қандай вазиятда бўлмасин, $C_0 = C$ бўлади.

661. Конденсатор қопламалари орасига ўтказувчи пластинканинг киритилиши қопламалари орасидаги масофа d_2 ва d_3 , сифимлари $C_1 = S/4\pi d_2$ ва $C_2 = S/4\pi d_3$ бўлган кетма-кет уланган икки конденсатор ҳосил бўлишига



342- расм.



343- расм.

олиб келади, бунда $d_2 + d_3 = d - d_1$ (343- расм). Уларнинг умумий сифими қуйидаги муносабатдан топилади:

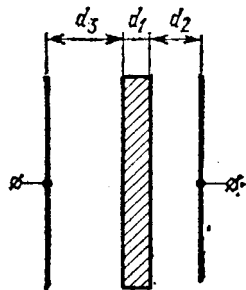
$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{4\pi(d_2 + d_3)}{S} = \frac{4\pi(d - d_1)}{S}.$$

Бундан $C_0 = \frac{S}{4\pi(d - d_1)}$. $d_1 = d/3$ бўлганда $C_0 = \frac{3}{2}C$, бунда $C = S/4\pi d$ — дастлабки сифим.

662. Ясси ҳаво конденсаторининг сифими $C = S/4\pi d$. Унинг қопламалари орасига d қалинликдаги ўтказувчи пластинка киритилгандан кейин 661-масаланинг ечимига мувофиқ конденсатор сифими $C_1 = S/4\pi(d - d_1)$ бўлади. Ток манбаидан узилган конденсаторнинг q заряди ўзгармайди. Шунинг учун $q = CU = C_1U_1$. Бундан конденсатордаги U_1 потенциаллар фарқи металл пластинка киритилгандан кейин:

$$U_1 = \frac{C}{C_1}U = \frac{d - d_1}{d}U = 40 \text{ В.}$$

663. Агар ясси конденсаторга унинг пластинкаларига параллел қилиб юпқа ўтказувчи пластинка киритилса, у ҳолда унинг сиртларида тенг катталиклдаги қарама-қарши ишорали заряд пайдо бўлади. Бунда конденсатордаги электр майдон ўзгармайди ва конденсаторнинг сифими аввалгича қолади (660-масаланинг ечими билан таққосланг). Шунинг учун диэлектрик пластинкали конденсатор сифимини бу пластинка сиртларига юпқа ўтказувчи қатламлар суртилган деб фараз қилиб аниқлаш мумкин. Бу ҳолда кетма-кет уланган учта конденсатор ҳосил бўлади, уларнинг сифимлари (СИ системада) $C_1 = \epsilon_0 S/d_1$, $C_2 = \epsilon_0 S/d_2$ ва $C_3 = \epsilon_0 S/d_3$, бунда d_2 ва d_3 — диэлектрик пластинка сиртлари билан қопламалар орасидаги масофалар, $d_2 + d_3 =$



344- расм.

$= d - d_1$ (344-расм). Конденсаторнинг C_0 умумий сифими ушбу формула бўйича аниқланади:

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{\epsilon_0 S} \left(\frac{d_1}{\epsilon} + d_2 + d_3 \right); \text{ бундан } C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon d + d_1(1-\epsilon)}.$$

664. $C_0 = \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 S}{4\pi (\epsilon_1 \epsilon_2 + \epsilon_1 \epsilon_3 + \epsilon_2 \epsilon_3) d} = 100 \text{ см}$ (663-масаланинг ечимига қаранг).

665. Диэлектрик пластинкали конденсаторни ўзаро параллел уланган икки конденсатордан иборат деб тасаввур қиламиз. Улардан бири диэлектриксиз ва $C_1 = C/2$ сифимга эга ($C = S/4\pi d$ — конденсаторнинг дастлабки сифими), иккинчи конденсаторда эса пластинкалар юзи диэлектрик пластинка юзига тенг (345-а расм). Сўнгра иккинчи конденсаторни бири диэлектриксиз ва $C_2 = C$ сифимга эга, бошқаси эса диэлектрик тўлдирилган ва $C_3 = \epsilon C$ сифимга эга бўлган кетма-кет уланган икки конденсатордан иборат деб тасаввур қиламиз (345-б расм). Бу охириги икки конденсаторнинг умумий сифими $C_4 = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = \frac{\epsilon C}{1 + \epsilon}$. Учала конденсаторнинг умумий сифими

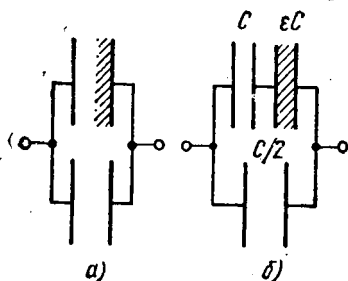
$$\text{эса } C_0 = C_1 + C_4 = \frac{(1 + 3\epsilon) C}{2(1 + \epsilon)}. \text{ Сифимлар нисбати } \frac{C_0}{C} = \frac{1 + 3\epsilon}{2(1 + \epsilon)} = \frac{7}{6}$$

Бу ерда биз конденсаторлар пластинкаларининг ўлчамлари улар орасидаги масофага нисбатан анча катта деб ҳисоблаймиз ва шу сабабли чекка эффектларни, яъни қопламалар ва диэлектрик пластинка чеккаларидаги электр майдоннинг бир жинсликдан фарқини ҳисобга олмаймиз. Акс ҳолда дастлабки конденсатор сифими 345-б расмда тасвирланган учта конденсаторнинг умумий сифимига тенг бўлмайди.

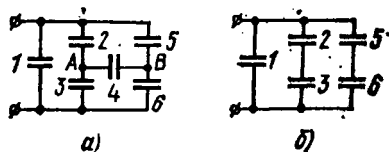
666. Конденсаторлар батареясининг умумий сифими $C_0 = \frac{C_1 C_3}{C_1 + C_3} + \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4} = 4,5 \text{ мкФ}$.

667. Бу улаш схемаси 346-а расмда тасвирланган схемага эквивалентдир. Ҳамма конденсаторларнинг сифими бирдай бўлгани туфайли A ва B нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи нолга тенг, C_4 конденсатор ҳамма вақт зарядланмаган бўлади ва схема анча соддалашади (346-б расм). Системанинг умумий сифими:

$$C_0 = C_1 + \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} + \frac{C_5 C_6}{C_5 + C_6} = 2C.$$



345- расм.



346- расм.

$$668. U_{ab} = (C_1 \mathcal{E}_1 - C_2 \mathcal{E}_2) / (C_1 + C_2) = -1,3 \text{ В.}$$

$$659. Q = \frac{\mathcal{E} C_1^2 C_2 (\epsilon - 1)}{(C_1 + C_2) (C_1 + \epsilon C_2)} = 20 \text{ СГСЭ заряд бирл.}$$

670. Аввал ҳар бир конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи $U_1 = \mathcal{E}/2$, бунда \mathcal{E} — манбанинг э. ю. к. Конденсаторга диэлектрик киритилгандан кейин $\mathcal{E} = \frac{q}{C} + \frac{q}{\epsilon C} = \frac{q(\epsilon + 1)}{\epsilon C}$, бунда q — ҳар бир пластинкадаги заряд катталиги, $q/\epsilon C$ — диэлектрик киритилган конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи, $\frac{q}{C} = \mathcal{E} \frac{\epsilon}{\epsilon + 1} = U_2$ — диэлектрик киритилмаган конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқи. Конденсатордаги электр майдон кучланганлиги унинг пластинкалари орасидаги потенциаллар фарқига пропорционал бўлгани сабабли, диэлектрик киритилмасдан олдинги ва диэлектрик киритилгандан кейинги кучланганликлар нисбати:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\epsilon + 1}{2\epsilon} = \frac{5}{8} = 0,625.$$

$$671. \Delta F = FIt/Q_0.$$

672. Манба улангандан кейин AMN занжирга кетма-кет уланган ҳар бир конденсатор зарядлари $q' = C' \mathcal{E}$ га тенг бўлади, бунда $C' = C_1 C_3 / (C_1 + C_3)$ — шу занжирнинг сифими, AN' занжирга кетма-кет уланган ҳар бир конденсатор заряди эса $q'' = C'' \mathcal{E}$ га тенг, бунда $C'' = C_2 C_4 / (C_2 + C_4)$. A ва M нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи $U' = q'/C_1 = C_3 \mathcal{E} / (C_1 + C_3)$ га тенг; A ва N нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи $U'' = q''/C_2 = C_4 \mathcal{E} / (C_2 + C_4)$. Манба узилгандан кейин схемани

$$U = U'' - U' = \left(\frac{C_4}{C_2 + C_4} - \frac{C_3}{C_1 + C_3} \right) \mathcal{E}$$

потенциаллар фарқигача зарядланган, кетма-кет уланган конденсаторлардан тузилган параллел занжир (C_1 ва C_2 ли MAN дан, C_3 ва C_4 ли MBN дан иборат) деб қараш мумкин.

Калит уланганда M ва N нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи нолга тенглашади. MAN занжир зарядсизланади ва A ўтказгич бўйлаб $q = CU$ заряд ўтади, бунда $C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$ — шу занжирнинг сифими. Шундай қилиб,

$$q = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \left(\frac{C_4}{C_2 + C_4} - \frac{C_3}{C_1 + C_3} \right) \mathcal{E} = \frac{1}{8} C_0 \mathcal{E} = 10^{-3} \text{ Кл.}$$

$$673. C_x = C_2 = 5 \text{ мкФ ва } C_y = C_1 = 2 \text{ мкФ.}$$

674. A пластинка ерга нисбатан $\varphi_A = -\mathcal{E}$ потенциалга эга, B пластинка эса $\varphi_B = \mathcal{E}$ потенциалга эга. Улар орасидаги потенциаллар фарқи $\varphi_B - \varphi_A = 2\mathcal{E}$ ва электр майдон кучланганлиги

$$E = \frac{\varphi_B - \varphi_A}{d} = \frac{2\mathcal{E}}{d} = 4 \cdot 10^4 \text{ В/м.}$$

$$675. \sigma = \frac{v^2}{8 \cdot e/m) \pi d} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ СГСЭ заряд бирл./см}^2.$$

676. Энергиянинг сақланиш қонунига кўра конденсатор зарядсизланганда ажралган иссиқлик миқдори конденсаторда тўпланган $W = q^2/2C = 0.25$ Ж электр энергияга тенг. Зарядсизланмасдан олдинги потенциаллар фарқи $U = q/C = 500$ В.

677. Конденсаторлар батареясининг энергияси $W = nCU^2/2$. Бундан потенциаллар фарқи $U = \sqrt{2W/nC} = 500$ В.

678. Шарнинг сизими $C = 4\pi\epsilon_0 R$ (СИ системада). Зарядланган шарнинг ҳамма $W = C\varphi^2/2 = 2\pi\epsilon_0 R\varphi^2 = 2.5 \cdot 10^{-5}$ Ж электр энергияси иссиқликка айланади.

679. $W = q\varphi/2$ формуладан зарядни аниқлаймиз: $q = 2W/\varphi = 4 \cdot 10^{-4}$ Кл.

680. Конденсаторлар уланмасдан олдин уларнинг заряди $q_1 = C_1 U_1$ ва $q_2 = C_2 U_2$, умумий энергия эса

$$W_1 = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2}.$$

Конденсаторлар улангандан кейин уларнинг тўла заряди $q = q_1 + q_2 = (C_1 + C_2) U$, бунда U — юқориги пластинкалари билан ер орасидаги потенциаллар фарқи. Бундан $U = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{C_1 + C_2}$. Юқориги пластинкалари улангандан кейин конденсаторларнинг умумий энергияси

$$W_2 = \frac{(C_1 + C_2) U^2}{2} = \frac{(C_1 U_1 + C_2 U_2)^2}{2(C_1 + C_2)}.$$

Конденсаторлар уланганда уларнинг бошланғич ва охириги энергиялари фарқига тенг иссиқлик миқдори ажралади:

$$Q = W_1 - W_2 = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} - \frac{(C_1 U_1 + C_2 U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{C_1 C_2 (U_1 - U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = 4.5 \cdot 10^{-3} \text{ Ж}$$

$U_1 = U_2$ бўлганда зарядлар ўтиши тўхтайдди, шунинг учун иссиқлик ажралмайди. Агар U_1 ва U_2 потенциаллар бир хил ишорали бўлса, у ҳолда потенциаллар ишораси ҳар хил бўлган ҳолдагига нисбатан камроқ иссиқлик ажралади.

681. Ажраладиган иссиқлик миқдори конденсаторларнинг улар уланмасдан олдинги ва улангандан кейинги энергиялари фарқига тенг (680-масаланинг ечимига қаранг):

$$Q = W_1 - W_2 = \frac{C_1 C_2 (U_1 - U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Ж.}$$

20-§. Ўзгармас электр токи

Заңжирнинг бир қисми учун Ом қонуни.

Ўтказгичларнинг қаршилиги

682. Ўтказгичдаги ток $I = q/t$. Токнинг зичлиги $j = I/S$. Бундан $j = q/tS = 2 \cdot 10^6$ А/м².

683. Асбоб шкаласининг бўлим қиймати миллиамперметрникига ўхшаш бир бўлимга $\alpha = I/n = 0,1$ мА.

684. Асбобнинг қаршилиги $R = U/I = 2$ кОм.

685. Вольтметрнинг ички қаршилигини стрелка шкала охиригача оғса, асбоб клеммаларидаги кучланиш U_1 га, асбобдан ўтувчи ток эса I_1 га тенг бўлиш шартидан топамиз: $R = U_1/I_1 = 2$ кОм.

Вольтметр U кучланишни кўрсатганда эса ундан $I = \frac{U}{R} = \frac{I_1 U}{U_1} = 2,5$ мА катталиқдаги ток ўтади.

686. $I = I_1(R + R_1)/R = 27,5$ мА.

687. $U = qR/t = 4$ В.

688. Занжир қисмларидаги кучланиш тушиши: плиткада $U_1 = IR_1 = 200$ В, реостатда $U_2 = IR_2 = 120$ В ва амперметрда $U_3 = IR_3 = 0,4$ В.

689. $\rho = \pi R D^2 / 4l = 1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

690. $R = \rho l / \rho_0 S^2 = 197$ Ом.

691. $I = \pi U d^2 / 4 \rho l = 0,236$ А.

692. $\rho = \frac{US}{\Pi} = \frac{U \pi d^2}{4 \Pi} = 5$ Ом·мм²/м.

693. $U_1 = IR_1 = \frac{S_2 S_3 U'}{S_1 S_2 + S_1 S_3 + S_2 S_3} = 6$ В, $U_2 = IR_2 = \frac{S_1 S_3 U}{S_1 S_2 + S_1 S_3 + S_2 S_3} = 3$ В. $U_3 = IR_3 = \frac{S_1 S_2 U}{S_1 S_2 + S_1 S_3 + S_2 S_3} = 2$ В.

694. $t = 10^\circ\text{C}$ температурада симнинг қаршилиги $R = R_0(1 + \alpha t)$, t_1 температурада у $R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$ бўлади, бунда R_0 — симнинг 0°C температурадаги қаршилиги. Изланаётган температура

$$t_1 = \frac{R_1(1 + \alpha t) - R}{\alpha R} = 48,3^\circ\text{C}.$$

695. $t_1 = \frac{U(1 + \alpha t) - IR}{IR\alpha} \approx 1910^\circ\text{C}.$

Ўтказгичларни кетма-кет ва параллел улаш.

Қўшимча қаршиликлар ва шунтлар

696. $R = (U - U_1)/I_1 = 25$ Ом

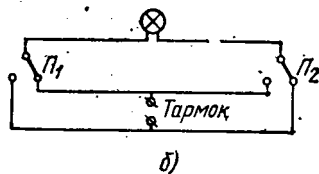
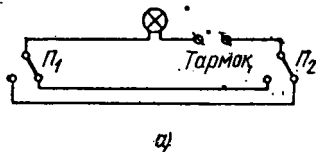
697. Қўшимча қаршиликдаги кучланиш тушиши $U_2 = U - 2U_1$. Ом қонуни бўйича $U_2 = IR$. Эундан $R = (U - 2U_1)/I = 2,5$ Ом.

698. Вольтметрлардан аини бир I ток ўтади. Вольтметр ўзининг хусусий ички қаршилигидаги кучланишни кўрсатади, шунинг учун $I = U_1/R_1$. Иккинчи вольтметрнинг қаршилиги $R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{U_2}{U_1} R_1 = 2$ кОм.

699. $I = \frac{I_0(R_0 + r)}{R_0(1 + \alpha t) + r} = 23,6$ мА.

700. t температурада кетма-кет уланган R_1 ва R_2 қаршиликли ўтказгичларнинг умумий қаршилиги

$R = R_1 + R_2 = R_{01}(1 + \alpha_1 t) + R_{02}(1 + \alpha_2 t) = R_{01} + R_{02} + (\alpha_1 R_{01} + \alpha_2 R_{02}) t$ бўлади, бунда R_{01} — қўмир стерженнинг қаршилиги, R_{02} — симнинг 0°C температурадаги қаршилиги. Агар $\alpha_1 R_{01} + \alpha_2 R_{02} = 0$ бўлса, умумий қаршилик



347-расм.

температурага боғлиқ бўлмайди. Бу ҳолда исталган температурада $R = R_{01} + R_{02}$. Охириги икки тенгламадан қуйидагини топамиз:

$$R_{01} = \frac{\alpha_2 R}{\alpha_2 - \alpha_1} = \frac{R}{6} = 333 \text{ Ом}, \quad R_{02} = \frac{\alpha_1 R}{\alpha_2 - \alpha_1} = \frac{5R}{6} = 1667 \text{ Ом}.$$

701. Лампочкани коридорнинг исталган томонидан туриб ўчириб-ёқишга имкон берадиган электр улаш схемаси 347-расмда кўрсатилган. Коридорнинг икки бошига иккита Π_1 ва Π_2 переключатель ўрнатилади, уларнинг ҳар бирида икки вазиятга эга бўлган контактлар бўлиши керак. Тармоққа уланиш жойи коридорнинг қаерида жойлашганлигига қараб, а ёки б вариантлар симларни тежаш жиҳатдан қулайдир.

702. $I_1 = U/R = 0,6$ А (параллел уланганда), $I_2 = U/2R = 0,3$ А.

703. Реостатнинг a қўзғалувчан контакти берилган вазиятда турганда унинг Oa қисмининг қаршилиги r_x га тенг бўлсин (89-расм). У ҳолда бу қисм ва вольтметрнинг (улар параллел уланган) умумий қаршилиги $R_x = r_x R_1 / (r_x + R_1)$, реостатнинг қолган ab қисмининг қаршилиги $R - r_x$ бўлади.

Шундай қилиб, O ва b нуқталар орасидаги тўла қаршилик

$$R_0 = R - r_x + R_x = R - r_x + \frac{r_x R_1}{r_x + R_1} = \frac{r_x (R - r_x) - R R_1}{r_x + R_1}$$

бўлади. Занжирдан ўтувчи ток $I = U/R_0$ га тенг. Oa қисмдаги кучланиш тушиши

$$U_x = I R_x = \frac{R_x}{R_0} U = \frac{r_x R_1 U}{r_x (R - r_x) + R R_1}$$

Шартга кўра $R \ll R_1$ ва бундан ташқари, $r_x \ll R$ бўлгани сабабли маҳраждаги биринчи ҳадни иккинчи ҳадга нисбатан ҳисобга олмай, ташлаб юбориш мумкин (биринчи ҳад иккита кичик r_x ва $R - r_x$ ҳадлар кўпайтмасидан иборат, ҳолбуки иккинчи ҳад кичик R катталикнинг катта R_1 катталикка кўпайтмасидир). Бинобарин,

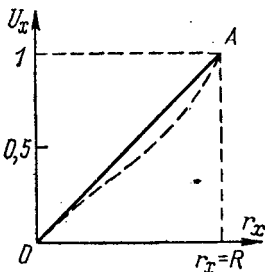
$$U_x \approx r_x U/R,$$

яъни U_x кучланиш r_x қаршиликка пропорционалдор. Ўз навбатида қаршилик реостатнинг Oa қисми узунлигига (сирпанувчан контактли реостат ҳолида) пропорционалдор.

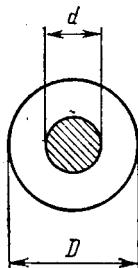
348-расмда OA тўғри чизиқ U_x нинг r_x га боғланишини кўрсатади. Худди шу расмдаги пунктир чизиқ $R = R_1$ бўлгандаги, яъни U_x ифодасида ҳеч нарсани ташлаб юбориш мумкин бўлмаган ҳолдаги U_x нинг r_x га боғ-

ланишини кўрсатади. Бу боғланиш чизикли эмас, бироқ бу ҳолда ҳам U_x кучланиш нолдан U гача ўзгаради.

704. Симнинг темир қисмининг қўидаланг кесим юзи (349- расм) $S_1 = \pi d^2/4$, мис қисмининг кесим юзи $S_2 = \pi(D^2 - d^2)/4$. Симнинг марказий (темир) қисмининг қаршилиги $R_1 = \rho_1 l/S_1$, мис қобикқининг қаршилиги $R_2 = \rho_2 l/S_2$. Биметалл ўтказгичнинг R умумий қаршилигини ўтказгичларни параллел улаш формуласидан топилади:



348- расм.



349- расм.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4l\rho_1\rho_2}{\pi[\rho_1 D^2 + (\rho_2 - \rho_1)d^2]} = 0,10 \text{ Ом.}$$

Диаметри D га тенг бўлган темир ва мис симларнинг қаршиликлари мос равишда

$$R_3 = \frac{4l\rho_1}{\pi D^2} = 0,61 \text{ Ом ва } R_4 = \frac{4l\rho_2}{\pi D^2} = 0,087 \text{ Ом.}$$

$$705. R = \frac{(r_1 + r_6)(r_2 + r_3 + r_4 + r_5) + (r_2 + r_4 + r_5)r_3}{r_2 + r_3 + r_4 + r_5} = 7 \text{ Ом.}$$

706. r_1 ва r_2 қаршиликли икки ўтказгични кетма-кет улаганда умумий қаршилик $R = r_1 + r_2$ бўлади, уларни параллел улаганда умумий қаршилик $R_0 = r_1 r_2 / (r_1 + r_2)$ бўлади. Бундан $R_0 R = r_1 r_2$. Келтирилган квадрат тенгламанинг хоссаларига кўра (Виет теоремаси) квадрат тенглама илдизларининг йиғиндиси унинг тескари ишора билан олинган иккинчи коэффицентига, илдизларининг кўпайтмаси эса озод ҳадига тенг, яъни r_1 ва r_2 катталиклар $r^2 + pr + q = 0$ (бунда $p = -R$ ва $q = R_0 R$) квадрат тенгламанинг илдизлари бўлиши керак. Бундан

$$r_{1,2} = \frac{1}{2} (R \pm \sqrt{R^2 - 4R_0 R}).$$

R_0 ва R дарнинг қийматларини қўйиб, $r_1 = 3$ Ом ва $r_2 = 2$ Ом (ёки $r_1 = 2$ Ом ва $r_2 = 3$ Ом) ни оламиз.

707. Уловчи симларнинг уланиш нуқталари ҳалқа айланаси узунлигини 1:2 нисбатда бўлади, яъни бир-бирдан 120° ли ёй бўйича орқада туради.

$$708. R = UR_1 / (IR_1 - U) = 1 \text{ кОм.}$$

709. Умумий занжирдаги ток. $I = I_1 + I_2$, бунда I_1 — лампочка орқали ўтувчи ток, I_2 — вольтметр орқали ўтувчи ток. $U = I_1 R_1 = I_2 R_2$ бўлгани учун $I_2 = U/R_2$ ва

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{U}{I - I_2} = \frac{R_2 U}{IR_2 - U} = 100 \text{ Ом.}$$

$I_2 = 1,25 \cdot 10^{-3}$ А, шунинг учун I_2 нинг қийматини $I = 0,5$ А катталиқка нисбатан ҳисобга олмай, $R_1 \approx U/I$ тақрибий формуладан аввалги қийматни оламиз: $R_1 = 100$ Ом.

710. Вольтметрнинг кўрсатиши $U = I_1 R_1 = I_2 R_2$, бунда I_1 — қаршилик R_1 орқали ўтувчи ток, I_2 — вольтметр орқали ўтувчи ток. Умумий ток $I = I_1 + I_2$. Бундан

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{U}{I - I_2} = \frac{U R_2}{I R_2 - U} = 20,16 \text{ Ом.}$$

Агар I_2 токни I га нисбатан ҳисобга олмасак, у ҳолда изланаётган қаршилик $R'_1 = U/I = 20,00$ Ом бўлади. R'_1 ни аниқлашдаги хатолик:

$$\Delta R_1 = R_1 - R'_1 = \frac{U}{I - I_2} - \frac{U}{I} = \frac{I_2 U}{I(I - I_2)} = \frac{I_2 U}{I I'}$$

$U/I = R'_1$ ва $I_2/I = R_1/R_2$ эканлигини назарга олиб, нисбий хатони топамиз:

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{R'_1}{R_2} = 0,008 \text{ ёки } 0,8\%.$$

711. Ички қаршиликлари R ва $10R$ бўлган иккита вольтметр мос равишда $U_1 = \mathcal{E}/3$ ва $U_2 = 10 \mathcal{E}/21$ ни кўрсатади, шунинг учун вольтметрлар кўрсатишларидаги фарқ $U_2 - U_1 = \mathcal{E}/7$ бўлади.

712. Биринчи ва иккинчи лампочкалардаги кучланиш тушишлари:

$$U_1 = \frac{UR(2r+R)}{4r^2+6rR+R^2} = 10,34 \text{ В, } U_2 = \frac{UR^2}{4r^2+6rR+R^2} = 9,54 \text{ В.}$$

$$713. U_1 = \frac{R_1 R_2 \mathcal{E}}{R_3(R_1 + R_2) + R_1 R_2} = 80 \text{ В.}$$

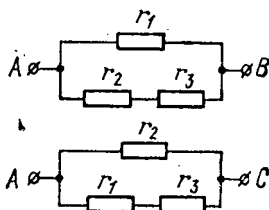
$$714. U_1 = \frac{r_1(2r_2 + R) \mathcal{E}}{4r_1 r_2 + (r_1 + r_2)R} = 96 \text{ В ва } U_2 = \frac{r_2(2r_1 + R) \mathcal{E}}{4r_1 r_2 + (r_1 + r_2)R} = 84 \text{ В.}$$

715. Эквивалент схемалари 350-расмда кўрсатилган.

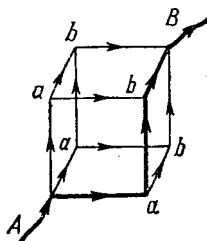
$$r_2 = \frac{4R_2 - R_1}{2} = 20 \text{ Ом, } r_3 = \frac{(R_1 - R_2)(4R_2 - R_1)}{2R_2 - R_1} = 20 \text{ Ом}$$

$$\text{ва } r_1 = 2r_2 = 40 \text{ Ом.}$$

716. Ҳамма ўтказгичнинг қаршилиги $R = nr$, бунда r — n қисмга бўлинган ўтказгичнинг ҳар бир қисмининг қаршилиги. n та бир хил ўтказгич параллел уланганда умумий қаршилик $R_0 = r/n$ бўлади. Булардан r ни йўқотиб, қуйидагини оламиз: $R/R_0 = n^2$; n бирдан катта фақат бутун мусбат сон



350-расм.



351-расм.

бўлиши мумкин. Шунинг учун фақат $R/R_0 = 4, 9, 16, 25, 36, \dots$ бўлган ҳоллардагина ечим мавжуд бўлиши мумкин. Бизнинг ҳолда $n = \sqrt{36/1} = 6$.

717. Куб қирраларининг қаршилиги бирдай ва улар бир хилда уланганлиги сабабли Aa ва bB қисмларда (351-расм) I ток учта тармоққа тенг бўлинади ва шунинг учун ҳар бир тармоқдаги ток $I/3$ га тенг бўлади. ab қисмида ток $I/6$ га тенг, чунки ҳамма a нуқталарда ток яна бирдай қаршиликли ва бирдай уланган икки қирра бўйлаб тармоқланади.

A ва B нуқталар орасидаги $U_{AB} = IR$ кучланиш тушиши қуйидагиларнинг йиғиндисидан иборат: Aa қисмдаги $U_{Aa} = (I/3)r$ кучланиш тушиши. ab қисмдаги $U_{ab} = (I/6)r$ кучланиш тушиши ва bB қисмдаги $U_{bB} = (I/3)r$ кучланиш тушиши, яъни:

$$IR = \frac{Ir}{3} + \frac{Ir}{6} + \frac{Ir}{3} = \frac{5Ir}{6}; \quad \text{бундан } R = \frac{5}{6}r.$$

718. Агар C ва D нуқталарга ток манбаи уланган бўлса, у ҳолда DA ва DB қисмлардаги кучланиш тушиши тенг бўлади, чунки сим бир жинслидир. Демак, A ва B нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи нолга тенг. Бу қисмда ток йўқ. Шунинг учун AB ва CD ўтказгичларнинг қесишиш нуқтасида, контакт бўлиш ёки бўлмаслиги фарқсиздир. Шундай қилиб, x қаршилиқ параллел уланган учта ўтказгичдан иборат: $2R\rho$ қаршиликли CD ўтказгич; $\pi R\rho$ қаршиликли CAD ва CBD ўтказгичлар. Ушбу $\frac{1}{x} = \frac{1}{2R\rho} +$

$$+ \frac{1}{\pi R\rho} + \frac{1}{\pi R\rho} \text{ муносабатдан: } x = \frac{2\pi R\rho}{\pi + 4} \text{ ни топамиз.}$$

$$719. \Delta I = \frac{3UI}{\rho L(2L + l)} = 0,136 \text{ А.}$$

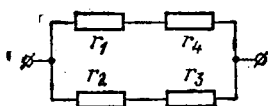
$$720. n = 5.$$

721. Ўтказгичлар 352-расмда тасвирланган аралаш улаш схемаси бўйича уланганда $R = 2,5$ Ом қаршилиққа эришилади.

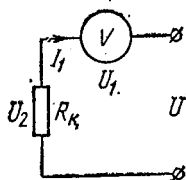
$$722. k_0 = 4kk'/(2k + k') = 0,4 \text{ см.}$$

723. Вольтметр билан унинг шкаласида кўрсатилган кучланишдан юқориқ кучланишларни ўлчаш учун вольтметрга R_K қўшимча қаршилиқни кетма-кет улаш керак (353-расм). Максимал U кучланишни ўлчаётганда қўшимча қаршилиқда $U_2 = U - U_1$ кучланиш тушиши лозим, шунинг учун қўшимча қаршилиқ $R_K = (U - U_1)/I_1 = 12$ кОм га тенг бўлиши керак.

724. Асбоб ёрдамида U дан ортиқ бўлмаган кучланишларни ўлчаш учун унга шундай қўшимча қаршилиқ улаш керакки, бунда $U = I(R + R_K)$ бўлсин, бунда I — асбоб орқали ўтувчи максимал ток. Бундан $R_K = \frac{U}{I} - R = 29995$ Ом.



352-расм.



353-расм.

$$725. R_2 = \frac{R_1 U_1 (U - U_2)}{U_2 (U - U_1)} = 46,7 \text{ кОм.}$$

726: Шаҳар ёритиш тармоғи ички қаршилиги вольтметр қаршилиги R дан анча кичик бўлган манбадир. Шунинг учун тармоққа тўғридан-тўғри уланган вольтметр кўрсатган $U = 125$ В кучланиш манбанинг э ю.к. га тенг. Бу, кучланиш вольтметри қаршилик орқали улаганда ҳам ўзгармайди, деган сўздир. Шунинг учун $U = I_1 R_1 + I_1 R$, бунда $I_1 = U_1 / R$ — вольтметр орқали ўтувчи ток. Бундан номаълум қаршиликни топамиз: $R_1 = \frac{U - U_1}{U_1} R = 261 \text{ Ом.}$

727. Вольтметр ва қўшимча қаршилик орқали ўтувчи ток $I = U_1 / R_1$ га тенг. Манба клеммаларидаги кучланиш

$$U_2 = I(R_1 + R_2) = \frac{R_1 + R_2}{R_1} U_1 = 340 \text{ В.}$$

$$728. U_1 = IRr_1 / (r_1 + 2r_2 + R).$$

729. Токни ўлчаш учун асбобга параллел қилиб

$$R_{ш} = \frac{i_0 N R_a}{I - i_0 N} = 50,5 \text{ Ом}$$

қаршиликли шунт уланади, кучланишни ўлчаш учун эса асбобга кетма-кет қилиб

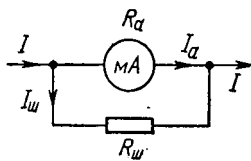
$$R_k = \frac{U - i_0 N R_a}{i_0 N} = 199 \text{ Ом}$$

қўшимча қаршилик уланади, бунда $i_0 N = I_a$ — стрелка максимал оғанда асбобдан ўтувчи ток, $i_0 N R_a = U_a$ — худди шу ҳолда унинг клеммаларидаги кучланиш (723- ва 730- масалаларнинг ечимига қаранг).

730. $R_{ш}$ қаршиликли шунтни улаш схемаси 354- расмда кўрсатилган. I ток шундай бўлиши керакки, миллиамперметр орқали I_a ток ўтадиган бўлсин. Бунда шунт орқали $I_{ш}$ ток ўтади, яъни $I = I_a + I_{ш}$. Шунтдаги ва миллиамперметрдаги кучланиш тушишлари бир-бирига тенг, яъни $I_a R_a = I_{ш} R_{ш}$. Бундан:

$$R_{ш} = \frac{I_a R_a}{I - I_a} \approx 0,05 \text{ Ом.}$$

Асбобнинг сезгирлиги камаяди, асбоб шкаласининг бўлим қиймати эса $n = I_a / I_a = 200$ марта ортади.



354- расм.

$$731. I_a = \frac{\mathcal{E} R_{ш} I}{\mathcal{E} (R_{ш} + r) - I r^2} = 3 \text{ А.}$$

732. Шунтлар гальванометрга параллел уланади, шунинг учун гальванометр ва шунтлардаги кучланишлар тенглигидан:

$$0,11R = 0,9I r_1; \quad 0,011R = 0,99I r_2 \text{ ва } 0,0011R = 0,999I r_3.$$

Бундан

$$r_1 = \frac{R}{9} = 3 \text{ Ом}, r_2 = \frac{R}{99} = 0,273 \text{ Ом} \text{ ва } r_3 = \frac{R}{999} = 0,0271 \text{ Ом}.$$

733. Асбоб орқали ўтувчи энг катта ток $I_a = Nx$, бунда N – шкала бўлимли сони I_a дан анча юқори тоқларни ўлчаш учун асбобга параллел қилиб миллиамперметрнинг R_a қаршилигидан анча кичик бўлган $R_{ш}$ қаршиликли шунт улаш керак 730- масала ечимига мувофиқ шунт қаршилиги

$$R_{ш} = \frac{I_a R_a}{I - I_a} = \frac{Nx R_a}{I - Nx} = 5,125 \text{ Ом}$$

734. Шунт орқали ўтувчи ток $I_{ш} = I - I_a$. Шунт ва амперметрдаги кучланиш тушини бирдай, яъни $I_{ш} R_{ш} = I_a R_a$. Бундан $I_a = \frac{I R_{ш}}{(R_a + R_{ш})} = 2,7 \text{ А}$.

$$735. I = I_a \left(1 + \frac{\pi d^2 R_0}{4 \rho l} \right) = 12,9 \text{ А}.$$

Бутун занжир учун Ом қонуни

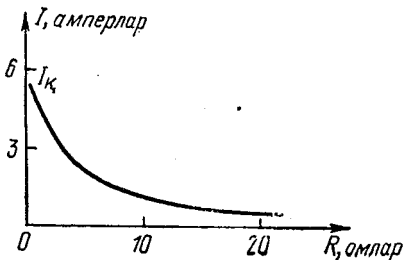
736. Ташқи занжир қаршилигидаги кучланиш тушини $U = IR$. Бутун занжир учун Ом қонунига кўра $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$. Бундан

$$R = \frac{U}{I} = 6 \text{ Ом} \text{ ва } r = \frac{\mathcal{E} - U}{I} = 4 \text{ Ом}.$$

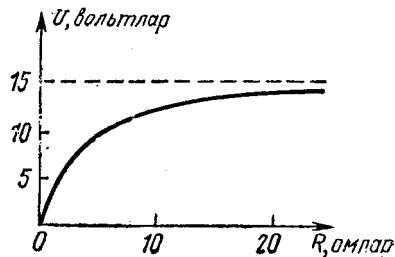
$$737. \text{ Бутун занжир учун Ом қонунига кўра } I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \text{ ва } I_1 = \frac{\mathcal{E}}{(R/3) + r}.$$

Бу тенгламалардаги R ни йўқотиб, қуйидагиларни топамиз: $I_1 = \frac{3I \mathcal{E}}{\mathcal{E} + 2Ir} = 1,125 \text{ А}$.

738. Занжирдаги ток $I = \mathcal{E}/(R + r)$. Манбаининг клеммаларидаги кучланиш $U = IR = \mathcal{E}R/(R + r)$. I токнинг R қаршиликка боғлиниш графиги 355-а расмда келтирилган. $R = 0$ бўлганда манбадан қисқа туташув тоқи ўтади: $I_{к.т.} = 6 \text{ А}$. R қаршилиқ ортиши билан ток гиперболик қонуни бўйича камайиб, нолга интилади. Кучланишнинг R га боғлиниш графиги 355-б расмда кўрсатилган. R қаршилиқ ортиши билан кучланиш \mathcal{E} га интилади.



а)
355- расм.



б)
356- расм.

739. Чўғланиш занжирида ток $I = \mathcal{E} / (R_1 + R_2 + r) = 65$ мА.

740. Чўғланиш толасининг қаршилиги $R_2 = U/I$. Занжирда R_1 қўшимча қаршилик бўлганда чўғлантириш токи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r}; \quad \text{бундан } R_1 = \frac{\mathcal{E} - U - Ir}{I} = 7,4 \text{ Ом.}$$

$$741. R_2 = \frac{Ur}{\mathcal{E} - U} - \frac{4\rho l}{\pi d^2} = 3,82 \text{ Ом.}$$

$$742. R = Ur / (\mathcal{E} - U) = 2,95 \text{ кОм.}$$

743. Батарея клеммаларидаги потенциаллар фарқи ташқи занжирдаги кучланиш тушишига тенг: $U = IR$, бунда $I = \mathcal{E} / (R + r)$. Бундан $r = R (\mathcal{E} - U) / U = 4$ Ом.

744. Занжирдаги ток катталиги $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r}$. Лампочкадаги кучланиш тушиши $U_2 = IR_2$, ток келтирувчи симлардаги кучланиш тушиши $U_1 = IR_1$. Бу тенгламалардан қуйидагини топамиз:

$$R_1 = \frac{\mathcal{E} R_2 - U_2 (R_2 + r)}{U_2} = 2,1 \text{ Ом. } U_1 = \frac{\mathcal{E} R_2 - U_2 (R_2 + r)}{R_2} = 0,21 \text{ В.}$$

745. Лампаларни улаш схемаси 356-расмда кўрсатилган. Ҳар қайси лампадан $I_0 = U_0/R$ ток ўтади. Линиядаги умумий ток $I = nI_0 = nU_0/R$. Линия қаршилигидаги кучланиш тушиши $U_1 = IR_1 = nU_0R_1/R$. Машина клеммаларидаги кучланиш

$$U = U_0 + U_1 = U_0 \left(1 + \frac{nR_1}{R} \right) = 293 \text{ В.}$$

Машинанинг э. ю. к.

$$\mathcal{E} = U + Ir = U_0 \left[1 + \frac{n(R_1 + r)}{R} \right] = 308 \text{ В.}$$

$$746. \mathcal{E} = (R + r) Ed/R = 5 \text{ В.}$$

$$747. q = C \mathcal{E} R / (R + r) = 10^{-5} \text{ Кл.}$$

748. Биринчи ва иккинчи ҳоллардаги вольтметр кўрсатишлари нисбати

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{2} R \left(\frac{10}{11} R + R \right)}{\frac{10}{11} R \left(\frac{1}{2} R + R \right)} = \frac{7}{10}.$$

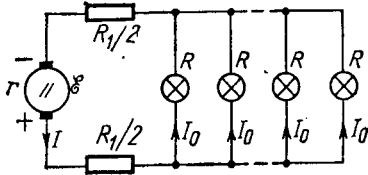
$$749. U_1 = \mathcal{E} Ur / (\mathcal{E} r - UR_2) = 4,4 \text{ В.}$$

750. Схемани бошқача кўринишда тасвирлаймиз (357-расм). R_1, R_2 ва R_3 қаршиликларни $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$ қаршилик билан алмаштирамиз. У ҳолда умумий қаршилик

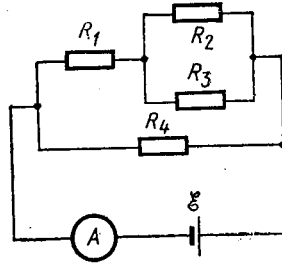
$$R_0 = \frac{RR_4}{R + R_4} = \frac{(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3) R_4}{R_2 R_3 + (R_1 + R_4) (R_2 + R_3)} = \frac{56}{36} \text{ Ом.}$$

Демак амперметр $I = \mathcal{E} / R_0 = 1,8$ А токни кўрсатади.

$$751. I = 34 \mathcal{E} / 73R = 0,1 \text{ А.}$$



356-расм.



357- расм

732. R_1 ва R_2 қаршиликлардаги кучланиш тушиши ҳамда $2R_1$ ва $2R_2$ қаршиликлардаги кучланиш тушишлари қаршиликларга пропорционалдир. Шунинг учун R қаршиликдаги кучланиш тушиши нолга тенг ва ундан ток ўтмайди. R_2 қаршиликдан эса $I = \mathcal{E} / (R_1 + R_2)$ ток ўтади.

753. Занжирнинг умумий қаршилиги $R = R_c + R_{\text{қоб}} + r_0$, бунда R_c ва $R_{\text{қоб}}$ — сим ва қобиқнинг қисқа туташув жойингача қаршиликлари:

$$R_c = \rho_1 \frac{l}{S} = \rho_1 \frac{4l}{\pi d^2}, \quad R_{\text{қоб}} = \rho_2 \frac{l}{S_2} = \rho_2 \frac{4l}{\pi (D_1^2 - D_2^2)}.$$

Занжирдан ўтувчи ток $I = \mathcal{E} / R$, бундан

$$l = \frac{\pi (\mathcal{E} - I r_0)}{4I \left[\frac{\rho_1}{d^2} + \frac{\rho_2}{(D_1^2 - D_2^2)} \right]} = 2,18 \text{ км.}$$

754. Конденсатор $U = \mathcal{E}$ кучланишгача зарядланган. Калит уланган биринчи моментда R қаршиликда худди шунча кучланиш тушади. Шунинг учун ундан шу моментда ўтувчи ток $I = \mathcal{E} / R$ бўлади.

755. Э. ю. к. улангандан сўнг конденсаторлар зарядланади, ток тўхтаганда конденсаторларнинг R қаршиликка туташган ҳамма пластинкалари бирдай потенциалга эга бўлади. $C + C_1$ ва $C + C_2$ сифимлар манбага кетмакет уланган. Улардаги умумий кучланиш тушуви $U_1 + U_2 = \mathcal{E}$, уларнинг пластинкаларидаги заряд эса $q = (C + C_1) U_1 = (C + C_2) U_2$ бўлади. Бундан

$$U_1 = \frac{(C + C_2) \mathcal{E}}{2C + C_1 + C_2}, \quad U_2 = \frac{(C + C_1) \mathcal{E}}{2C + C_1 + C_2}.$$

756. C_1 конденсаторнинг пластинкалари R_1 ва R_2 қаршиликларга туташтирилган. Шунинг учун бу конденсаторнинг заряди $q_1 = 0$ (C_2 ва C_3 конденсаторларни зарядлаш тугатилгандан кейин) Конденсаторларни зарядлаб бўлгандан сўнг схемада ток бўлмайди. Шу сабабли C_2 ва C_3 конденсаторлардаги кучланишлар \mathcal{E} га тенг. Бинобарин, $q_2 = C_2 \mathcal{E}$ ва $q_3 = C_3 \mathcal{E}$.

757. R_3 қаршиликдаги кучланиш тушиши $U = q / C = I R_3$ га тенг. Бундан, шу қаршилик орқали ўтувчи ток: $I = q / C R_3$. Занжирнинг тўла қаршилиги

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + r_0,$$

Элементнинг э. ю. к.

$$\mathcal{E} = IR = \frac{q}{CR_3} \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + r_0 \right) = 1,2 \text{ В.}$$

758. $\mathcal{E} = \frac{q}{C} \left(1 + \frac{2R}{r} \right) = 110 \text{ В.}$

759. Конденсаторнинг ўзгармас токка қаршилиги чексиз катта. Шунинг учун конденсатор зарядлангандан сўнг R_3 қаршилик бўйича ток ўтмайди. Бу қаршиликда кучланиш тушиши ҳам бўлмайди. Бинобарин A нуқта ва конденсаторнинг юқориги пластинкаси бирдай потенциалга эга бўлади. B нуқтадаги потенциал эса конденсаторнинг пастки пластинкасидаги потенциалга тенг бўлади. Шундай қилиб, конденсатор қопламалари орасидаги кучланиш R_2 қаршиликдаги U кучланишга тенг. Занжирдаги ток $I = \mathcal{E} / (R_1 + R_2)$ ва $U = IR_2 = \mathcal{E} R_2 / (R_1 + R_2)$. Бундан, конденсаторнинг заряди $q = CU = \frac{C \mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2}$.

760. $U = \frac{\mathcal{E} R_2 R_3 R_4}{R_1 R_2 R_3 + R_1 R_3 R_4 + R_1 R_2 R_4 + R_2 R_3 R_4}$ (759- масаланинг ечилишига қаранг).

761. Биринчи ва иккинчи ҳолларда батарея клеммаларидаги кучланиш мос равишда $U_1 = I_1 R$ ва $U_2 = I_2 R / 2$ га тенг. Бу ҳолларда умумий занжирдаги тоқлар $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ ва $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{(R/2) + r}$ бўлади. Бундан

$$R = \frac{r(2U_2 - U_1)}{U_2 - U_1} = 2 \text{ Ом}$$

762. R_2 қаршиликдаги (ва вольтметрдаги) кучланиш тушиши $U = IR_0$, умумий занжирдаги ток (358-расм) $I = \mathcal{E} / (R_1 + R_0 + r)$, бунда $R_0 = R_2 R / (R_2 + R)$ — ўзаро параллел уланган вольтметр ва R_2 қаршиликларнинг умумий қаршилиги. Бу тенгламаларни биргаликда ечиб, қуйидагини олаемиз:

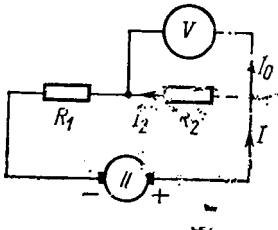
$$R = \frac{U(R_1 + r)R_2}{\mathcal{E} R_2 - U(R_1 + R_2 + r)} = 2050 \text{ Ом}$$

Ушбу

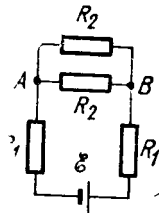
$$I = I_0 + I_2; \quad U = I_0 R; \quad U = I_2 R_2; \quad \mathcal{E} = U + IR_1 + Ir$$

тенгламалар системасини ечиб ҳам худди шу натижани олаемиз.

763. 359- расмда эквивалент схемаси кўрсатилган, бунда R_1 қаршилик элементни ҳалқа билан туташтирувчи симларнинг қаршилигига мос келади;



358- расм.



359 расм.

R_2 қаршилик эса ҳалқанинг икки ярмининг қаршилигига мос келади. Ташқи занжирнинг умумий қаршилиги $R = 2R_1 + (R_2/2)$, бунда $R_1 = \rho \frac{L}{S}$ ва $R_2 = \rho \frac{\pi a}{S}$. Умумий занжирдаги ток $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$. А ва В нукталар орасидаги кучланиш

$$U = \frac{IR_2}{2} = \frac{\mathcal{E} R_2}{4R_1 + R_2 + 2r} = \frac{\mathcal{E} \pi}{4 + \pi + (2rS/\rho a)} = 0,64 \text{ В.}$$

$$764. \frac{I_1}{I_1'} = \frac{(R_1 + r)R_2}{R_1R_2 + r(R_1 + R_2)} = \frac{11}{16} = 0,69.$$

$$765. U = \frac{U_0[R_1R_3 + (R_2 + r)(2R_1 + R_3)]}{R_1R_3 + (R_2 + r)(R_1 + R_3)} = 16 \text{ В.}$$

766. Ҳар бир жуфтнинг қаршилиги $r/2$ га тенг. Ташқи занжирнинг қаршиликлардан бири олиб ташланмасдан олдинги тўла қаршилиги $R = 3r/2$ га тенг. Бутун занжир учун Ом қонунига кўра $2I = \mathcal{E}/(R + r)$. Бундан манбанинг э. ю. к $\mathcal{E} = 2I(R + r) = I(3r + 2r)$. Қаршиликлардан бири олиб ташланганда кейин ташқи занжирнинг тўла қаршилиги $R_1 = (2r/2) + r = 2r$ га тенг. Умумий занжирдаги ток $I_1 = \mathcal{E}/(R_1 + r)$. Бир ўзи қолган қаршилик орқали

$$I_1 = \frac{I(3r + 2r)}{2r + r} = 4A$$

ток ўтади, қолган қаршиликлардан эса $I_2 = I_1/2 = 2A$ ток ўтади.

$$767. I_1 = \frac{\mathcal{E} R_2}{(R_3 + r)(R_1 + R_2) + R_1R_2} = 1,98 \text{ А; } I_2 = \frac{\mathcal{E} R_1}{(R_3 + r)(R_1 + R_2) + R_1R_2} = 2,97 \text{ А.}$$

768. Лампочкаларнинг улаиш схемаси 360- расмда тасвирланган. Иккинчи лампочка ва биринчи лампочкадан бошлаб улаб келинган ўтказгичлар кетма-кет уланган занжирни ташкил қилади, бу занжирнинг умумий қаршилиги $R_2 = R_1 + R$ га тенг. Ўз навбатида бу занжир биринчи лампочкага уланган ва у билан бирга

$$R_3 = \frac{R_2R_1}{R_2 + R_1} = \frac{(R_1 + R)R_1}{2R_1 + R}$$

қаршиликни ҳосил қилади.

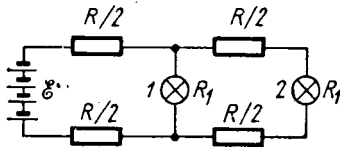
Ташқи занжирнинг тўла қаршилиги:

$$R_0 = R + R_3 = \frac{R(R + 2R_1) + R_1(R + R_1)}{R + 2R_1}$$

Батарея орқали ўтувчи ток:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0} = \frac{\mathcal{E}(R + 2R_1)}{(R + r)(R + 2R_1) + R_1(R + R_1)} = 0,87 \text{ А.}$$

769. Манбанинг э. ю. к. \mathcal{E} ва унинг қаршилиги r бўлсин. У ҳолда $I_1 = \mathcal{E}/(R_1 + r)$ ва $I_2 = \mathcal{E}/(R_2 + r)$. Бу тенгламалардан $r = \frac{I_1R_1 - I_2R_2}{I_2 - I_1} = 3 \text{ Ом}$ ва $\mathcal{E} = \frac{I_1I_2(R_1 - R_2)}{I_2 - I_1} = 40 \text{ В}$ ни топамиз.



360- расм.

$$770. r = \frac{R_1 R_2 (U_2 - U_1)}{U_1 R_2 - U_2 R_1} = 1 \text{ Ом.}$$

771. Батареяга амперметр уланганда ундан $I_1 = \mathcal{E} / (R_1 + r)$ ток ўтади, бунда \mathcal{E} — батареянинг э. ю. к., r — унинг ички қаршилиги. Батареяга вольтметр уланганда ундан $I_2 = \mathcal{E} / (R_2 + r)$ ток ўтади. ва вольтметр $U = I_2 R_2 = \mathcal{E} R_2 / (R_2 + r)$ кучланишни кўрсатади. Бундан

$$r = \frac{R_2(U - I_1 R_1)}{I_1 R_2 - U} \text{ ва } \mathcal{E} = \frac{I_1 U (R_2 - R_1)}{I_1 R_2 - U}.$$

Қисқа туташув токи (ташқи қаршилик нолга тенг бўлганда)

$$I_{\text{к}} = \frac{\mathcal{E}}{r} = \frac{I_1 U (R_2 - R_1)}{R_2 (U - I_1 R_1)} = 29,6 \text{ А.}$$

$$772. r = \frac{\mathcal{E} (R_1 + R_2) - I R_1 R_2}{I (R_1 + R_2)} = 2 \text{ Ом; } I_{\text{к}} = \frac{\mathcal{E}}{r} = 5 \text{ А.}$$

773. Зарядлашда аккумулятор манбага бир хил қутблари билан (қарши) уланади. Аккумулятор зарядланаётганда унинг ичида ток мусбат қутбдан манфий қутбга қараб оқади. Тармоқ кучланиши $U = I(R + r) + \mathcal{E}$, бунда I — зарядлаш токи (шу бўлимнинг кириш қисмига қаранг). Бундан $I = (U - \mathcal{E}) / (R + r)$. Аккумулятор клеммаларидаги кучланиш

$$U_1 = Ir + \mathcal{E} = \frac{Ur + \mathcal{E}R}{R + r} = 27,5 \text{ В.}$$

Э. ю. к. манбаларини кетма-кет ва параллел улаш

774. $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$, шунинг учун I ток 118-расмда кўрсатилган йўналишда оқади:

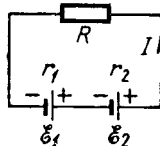
$$U = \mathcal{E}_1 + Ir_1 = \mathcal{E}_2 - Ir_2 = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2} = 1,2 \text{ В.}$$

775. $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$ бўлгани учун I ток йўналишини 119-расмда кўрсатилгандек танлаймиз. Вольтметрнинг қаршилиги элементларнинг ички қаршиликларидан кўп марта катта бўлгани сабабли вольтметр орқали ўтувчи токни ҳисобга олмаймиз. Элементларнинг ички қаршиликларидаги кучланиш тушишлари элементлар э. ю. к. ларининг айирмасига тенг бўлиши керак, чунки улар қарши (бир хил қутблари билан) уланган: $I(r_1 + r_2) = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1$. Бундан $I = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2}$. *a* ва *b* нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи (вольтметрларнинг кўрсатиши):

$$U = \mathcal{E}_1 + Ir_1 = \frac{\mathcal{E}_1 r_2 + \mathcal{E}_2 r_1}{r_1 + r_2} = 1,8 \text{ В.}$$

$$776. U = \frac{\mathcal{E}_1 r_2 - \mathcal{E}_2 r_1}{r_1 - r_2} = -0,1 \text{ В. } \mathcal{E}_1 r_2 = \mathcal{E}_2 r_1 \text{ бўлган шароитда } U = 0.$$

777. Улаш схемаси 361-расмда кўрсатилган. Занжирдаги ток $I = \frac{2 \mathcal{E}}{R + r_1 + r_2}$. Манбаларнинг клеммаларидаги кучлаишлари $U_1 = \mathcal{E} - Ir_1$ ва $U_2 = \mathcal{E} - Ir_2$. Биринчи икки тенгламани $U_1 = 0$ шартда ечиб, $R = r_1 - r_2 = 0,02$ Ом ни оламиз, $U_2 = 0$ шартни амалга ошириб бўлмайди, чунки биринчи ва учинчи тенгламаларни биргаликда ечиш $R < 0$ қийматга олиб келади



361-расм.

778. Умумий занжирдаги ток $I = \frac{2 \mathcal{E}}{R + r_1 + r_2}$, бунда $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ — ташқи занжирнинг умумий қаршилиги. Масаланинг шартига кўра биринчи элемент клеммаларидаги кучлаиш $U = \mathcal{E} - Ir_1 = 0$ га тенг. Бундан

$$r_1 = \frac{R_1 R_2 + r_2 (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2} = 2,4 \text{ Ом.}$$

779. $R = r_1 - r_2$ (778-масаланинг ечимига қаранг).

780. Умумий занжирдаги ток $I = \frac{2 \mathcal{E}}{R + r_1 + r_2}$, бунда $R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$ — ташқи занжир қаршилиги. Биринчи ва иккинчи генераторлардаги кучлаиш тушишлари:

$$U_1 = \mathcal{E} - Ir_1 = \frac{\mathcal{E} [R_1 R_2 R_3 + (r_2 - r_1)(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)]}{R_1 R_2 R_3 + (r_2 + r_1)(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)} = 3 \text{ В;}$$

$$U_2 = \mathcal{E} - Ir_2 = \frac{\mathcal{E} [R_1 R_2 R_3 + (r_1 - r_2)(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)]}{R_1 R_2 R_3 + (r_1 + r_2)(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)} = 3,72 \text{ В.}$$

781. Бутун занжир учун Ом қонунига кўра ундаги ток $I = \mathcal{E} / (R + r)$ бунда $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3$ ва $r = r_1 + r_2 + r_3$. Ҳар бир элементдаги кучлаиш э. ю. к. ва элементнинг ички қаршилигидаги кучлаиш тушиши орасидаги фарққа тенг:

$$U_1 = \mathcal{E}_1 - Ir_1 = \frac{\mathcal{E}_1 [R + r_2 + r_3] - (\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3) r_1}{R + r_1 + r_2 + r_3} = 1,8 \text{ В;}$$

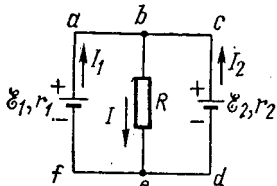
$$U_2 = \mathcal{E}_2 - Ir_2 = \frac{\mathcal{E}_2 [R + r_1 + r_3] - (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_3) r_2}{R + r_1 + r_2 + r_3} = 0,3 \text{ В;}$$

$$U_3 = \mathcal{E}_3 - Ir_3 = \frac{\mathcal{E}_3 [R + r_1 + r_2] - (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2) r_3}{R + r_1 + r_2 + r_3} = -0,1 \text{ В.}$$

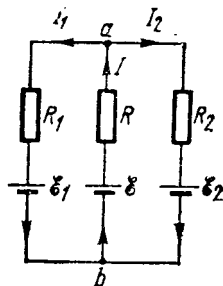
Батарея клеммаларидаги кучлаиш ташқи занжирдаги кучлаиш тушишига тенг: $U = U_1 + U_2 + U_3 = 2 \text{ В}$. Учунчи элемент клеммаларидаги кучлаиш манфий бўлиб қиқди, чунки ток занжирдаги ҳамма қаршилик ва йиғинди э. ю. к. га боғлиқ, r_3 қаршиликдаги кучлаиш тушиши эса \mathcal{E}_3 га қараганда катта.

$$782. U = IR = \frac{4 \mathcal{E} R_1 R_2}{R_1 R_2 + 4r(R_1 + R_2)} = 4,95 \text{ В,}$$

783. Батарея клеммаларидаги кучлаиш $U = n \mathcal{E} - Inr$. Демак, $n = \frac{U}{\mathcal{E} - Ir} = 100$.



362-расм.



363- расм.

$$784. I = \frac{U - n \mathcal{E}}{R + nr} = 2,7 \text{ A.}$$

785. Агар тоқлар 124- расмда кўрсатилган стрелкалар йўналишида оқса, ташқи занжирдаги кучланиш тушиши $U = IR = \mathcal{E}_1 - I_1 r = \mathcal{E}_2 - I_2 r$ бўлади. Энди $I = I_1 + I_2$ эканлигини ҳисобга олиб, қуйидагини топамиз:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{2R + r} = 0,1 \text{ A. } I_1 = \frac{(R + r) \mathcal{E}_1 - R \mathcal{E}_2}{r(2R + r)} = -0,25 \text{ A,}$$

$$I_2 = \frac{(R + r) \mathcal{E}_2 - R \mathcal{E}_1}{r(2R + r)} = 0,35 \text{ A.}$$

Эслатиб ўтаемизки, $I_1 < 0$. Демак, I_1 токнинг йўналиши 124-расмдаги стрелка йўналишига тесқари.

786. Ток ва унинг йўналишларини 362- расмда кўрсатилгандек белгилаб, Кирхгоф тенгламасини тузамиз. b тугун учун: $I_1 + I_2 - I = 0$; $abef$ контур учун (соат стрелкаси йўналиши бўйича айланилади) $I_1 r_1 + IR = \mathcal{E}_1$ ва $bcde$ контур учун (соат стрелкасига тесқари йўналишида айланилади) $I_2 r_2 + IR = \mathcal{E}_2$. Бу тенгламалардан:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 r_2 + \mathcal{E}_2 r_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} = 0,53 \text{ A.}$$

787. Манбаларнинг ички қаршилиги $r_0 = r + 1/2 r = 3/2 r$. Параллел уланган резисторларнинг қаршилиги $R_0 = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$. Манбаларнинг умумий э. ю. к. $\mathcal{E}_0 = 2 \mathcal{E}$. Бутун занжир учун Ом қонунига кўра

$$U = \mathcal{E}_0 - I(R_0 + r_0) = 2 \mathcal{E} - I \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{3}{2} r \right) = 2,48 \text{ B.}$$

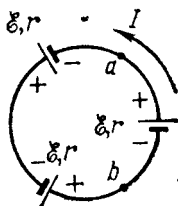
788. R_1, R_2 ва R қаршилиқлар орқали ўтаётган I_1, I_2 ва I тоқлар 363-расмда кўрсатилган йўналишга эга бўлсин. У ҳолда $I = I_1 + I_2$. a ва b нукталар орасидаги кучланиш тушиши $\mathcal{E}_1 + I_1 R_1 = \mathcal{E} - IR = \mathcal{E}_2 + I_2 R_2$ бўлади. Агар $I = 0$ бўлса, у ҳолда $I_1 = -I_2$, $\mathcal{E}_1 + I_1 R_1 = \mathcal{E}$ ва $\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 - I_2 R_2$. Бундан I_1 ни йўқотиб, қуйидагини оламиз:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_1 R_2 + \mathcal{E}_2 R_1}{R_1 + R_2}.$$

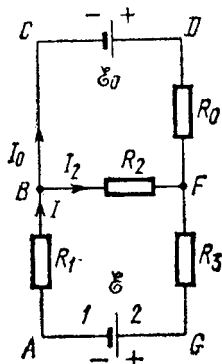
789. Худди ўша схемани вольтметрсиз қараймиз (364-расм) Бутун занжир учун Ом қонунидан ундаги токни топамиз: $I = 3 \mathcal{E} / 3r = \mathcal{E} / r$. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонунидан занжирнинг a ва b нукталар ора-

сидаги қисми учун $U_{ab} = -ir + \mathcal{E} = 0$ ни оламир. Потенциаллар фарқи нолга тенг бўлган икки нуқтага ҳар қандай вольтметрнинг улиниши занжирда ҳеч нимани ўзгартира олмайди. Шунинг учун вольтметр ноль кучланишни кўрсатади.

790. Кирхгоф қондасини татбиқ этамир. Э. ю. к. манбани 1 ва 2 нуқталарга улаймиз ва тоқлар катталиги ҳамда уларнинг йўналишини 365-расмда кўрсатилгандек белгилаймиз. В тугун учун: $I = I_0 + I_2$. $ABFG$ ва $BCDF$ контурларни соат стрелкаси йўналишида айланганда ушбу тенгламаларни оламир:



364- расм.



365- расм.

$$I(R_1 + R_3) + I_2 R_2 = -\mathcal{E} \text{ ва } I_0 R_0 - I_2 R_2 = \mathcal{E}.$$

$I_2 = 0$ шартдан фойдаланиб, қуйидагини топамиз:

$$\mathcal{E} = -\frac{\mathcal{E}_0(R_1 + R_3)}{R_0}.$$

Минус ишора манба кутбларини (365- расм) алмаштириш кераклигини кўрсатади.

$$791. r_1 = \frac{2}{5} R = 2 \text{ Ом}, r_2 = \frac{1}{5} R = 1 \text{ Ом}.$$

792. Икки элемент параллел уланганда уларнинг ички қаршилиги $r/2$, э. ю. к. эса \mathcal{E} бўлади; кетма-кет уланганда эса ички қаршилиги $2r$, э. ю. к. $2\mathcal{E}$ бўлади. Шунинг учун нағрузка қаршилиги R га тенг бўлганда параллел ва кетма-кет уланган ҳолларда тоқлар мос равишда

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R + (r/2)} \text{ ва } I_2 = \frac{2\mathcal{E}}{R + 2r} = \frac{\mathcal{E}}{(R/2) + r}$$

га тенг. Бундан кўринадики, агар $(R/2) + r < R + (r/2)$, яъни $r < R$ бўлса, $I_2 > I_1$ бўлади. Масаланинг шартига кўра биринчи ҳолда $R_1 = r$, демак, элементларни параллел ва кетма-кет улаганда тоқлар бирдай бўлади. Иккинчи ҳолда $R_2 > r$. Шунинг учун элементларни кетма-кет улаганда ток кўл бўлади.

$$793. q = C \frac{\mathcal{E}_1(R_2 + r_2) + \mathcal{E}_2(R_1 + r_1)}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

794. Тоқлар йўналишини 366- расмда кўрсатилгандек танлаймиз ва Кирхгоф тенгламасини тузамиз: b тугун учун $I - I_1 - I_2 = 0$, $abef$ контур учун $I_2 r_2 + IR = \mathcal{E}_2$ ва tcd контур учун $I_1 r_1 - I_2 r_2 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$ (иккала ҳол-

да соат стрелкаси йўналиши бўйича айланилади). Бу тенгламалардан қуйидагини оламиз:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 r_2 + \mathcal{E}_2 r_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}, \quad I_1 = \frac{\mathcal{E}_1 (R + r_2) - \mathcal{E}_2 R}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2},$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_2 (R + r_1) - \mathcal{E}_1 R}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}.$$

Элементлардан бирининг қутблари алмашганда ва бундан ташқари $\mathcal{E}_1 r_2 = \mathcal{E}_2 r_1$ шарт бажарилганда I ток нолга тенг бўлади. Равшанки, $\mathcal{E}_1 = R \mathcal{E}_2 / (R + r_2)$ бўлганда $I_1 = 0$, $\mathcal{E}_2 = R \mathcal{E}_1 / (R + r_1)$ да эса $I_2 = 0$ бўлади.

Агар

$$\frac{R \mathcal{E}_2}{R + r_2} < \mathcal{E}_1 < \frac{(R + r_1) \mathcal{E}_2}{R}$$

бўлса, I_1 ва I_2 тоқлар 366-расмда кўрсатилган йўналишларга эга бўлади. Агар

$$\mathcal{E}_1 < \frac{R \mathcal{E}_2}{R + r_2} \text{ ёки } \mathcal{E}_2 < \frac{R \mathcal{E}_1}{R + r_1}$$

бўлса, улар ўз йўналишини ўзгартиради.

795. $n(R - r) = R - r$. Агар $R = r$ бўлса, у ҳолда элементлар сони n ихтиёрдир. $R \neq r$ да масала ечимга эга эмас ($n = 1$).

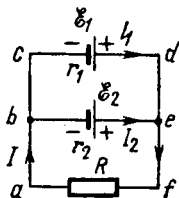
796. $\frac{U_1}{U_2} = \frac{nR + r}{R + nr} = 2,33$; бунда U_1 —элементлар кетма-кет улангандаги кучланиш тушиши, U_2 —элементлар параллел улангандаги кучланиш тушиши.

$$797. \Delta I = \frac{n(n-1)(R-r)\mathcal{E}}{(R+nr)(nR+r)} = 4 \text{ A}.$$

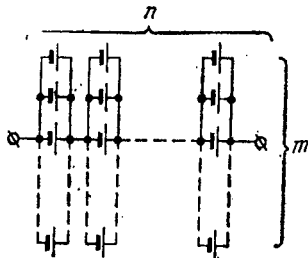
798. 367-расмда элементларни аралаш (комбинацион) улаш схемаси тасвирланган. Элементларнинг умумий сони $N = nm$. Ташқи занжирдаги ток $I = \frac{n\mathcal{E}}{R + n(r/m)}$, бунда r/m —параллел уланган m элемент группасининг ички қаршилиги, $n(r/m)$ —кетма-кет уланган n элемент группасининг ички қаршилиги.

Ташқи қаршилик манбанинг ички қаршилигига тенг бўлганда, яъни

$$R = n \frac{r}{m} = n^2 \frac{r}{N}$$



366- расм.



367- расм.

бўлганда ташқи занжирга максимал қувват узатилади (848-масаланинг ечимига қаранг). Бундан

$$n = \sqrt{RN/r} = 20; m = N/n = 30.$$

Бу ҳолда занжирда $I = 46$ А ток оқади.

799. Аккумулятор сифими деб, зарядланган аккумуляторнинг зарядсизланиш вақтида занжирдан ўтувчи Q заряд миқдорига айтилади. Зарядсизланиш токи I ва зарядсизланиш вақти t бўлган ҳолда аккумуляторнинг сифими $Q = It$ бўлади.

1) Кетма-кет уланганда аккумуляторлар батареясининг ҳамма банккалари орқали бир хил ток ўтади, шунинг учун улар ҳаммаси бирдай вақт ичида зарядсизланади. Бинобарин, батареянинг сифими ҳар бир аккумуляторнинг алоҳида сифимига ($Q_0 = 80$ ампер-соат) тенг бўлади.

2) n та аккумулятор параллел уланган вақтда ҳар бир аккумулятор орқали умумий токнинг $1/n$ қисмигина ўтади, шунинг учун умумий занжирдаги зарядлаш токининг аввалгидек қийматида батарея битта аккумуляторга қараганда n марта узоқроқ вақтда зарядсизланади, яъни батареянинг сифими битта аккумулятор сифимидан n марта катта: $Q = nQ_0 = 240$ А · соат.

Эслатиб ўтамизки, батареянинг занжирга берадиган $W = I \mathcal{E} t = \mathcal{E} Q$ энергияси n та аккумулятор кетма-кет уланганда ҳам, параллел уланганда ҳам битта аккумулятор берадиган энергиядан n марта катта бўлади. Кетма-кет уланганда бунга сабаб шуки, батареянинг э. ю. к. битта аккумуляторнинг э. ю. к. дан n марта каттадир, параллел уланганда эса батареянинг э. ю. к. битта аккумуляторнинг э. ю. к. га тенг бўлса-да, аммо Q катталики n марта ортади.

800. Кетма-кет уланган бешта аккумулятордан иборат ҳар бир группа $Q = 64$ А · соат сифимга эга (799-масаланинг ечимига қаранг). Параллел уланган учта группа батареянинг $Q_0 = 3Q = 192$ А · соат умумий сифимини беради.

$$801. U = \frac{I_1 R_1}{R_3} (R_3 + R_4) = 2 \text{ В.}$$

802. Токлар ва уларнинг йўналиши 133-расмда кўрсатишган. Кирхгоф тенгламаларини тузамиз: b тугун учун $I_1 + I_2 - I_3 = 0$, h тугун учун $I_3 - I_4 - I_5 = 0$, f тугун учун $I_5 - I_1 - I_6 = 0$. $abfg$ контур учун (соат стрелкаси йўналишида айланганда) $I_1 r_1 + I_5 r_5 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$, $bcdh$ контур учун (соат стрелкаси йўналишига тескари айланганда) $I_2(r_2 + r_3) + I_4 r_4 = -\mathcal{E}_2$ ва $hdef$ контур учун (соат стрелкаси йўналиши бўйича айланганда) $I_4 r_4 - I_6 r_6 - I_5 r_5 = 0$. Бу тенгламалар системасини ечиб (бунда $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = R = 10$ Ом эканлигини ҳисобга олиб), қуйидагини оламиз:

$$I_1 = \frac{8 \mathcal{E}_1 - 7 \mathcal{E}_2}{13 R} = 0,19 \text{ А}; \quad I_2 = -\frac{\mathcal{E}_1 + 4 \mathcal{E}_2}{13 R} = -0,17 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{7 \mathcal{E}_1 - 11 \mathcal{E}_2}{13 R} = 0,02 \text{ А}; \quad I_4 = \frac{2 \mathcal{E}_1 - 5 \mathcal{E}_2}{13 R} = -0,05 \text{ А};$$

$$I_5 = \frac{5 \mathcal{E}_1 - 6 \mathcal{E}_2}{13 R} = 0,07 \text{ А}; \quad I_6 = \frac{\mathcal{E}_2 - 3 \mathcal{E}_1}{13 R} = -0,12 \text{ А}.$$

I_2 , I_4 ва I_6 токларнинг манфий ишораси э. ю. к. ва қаршиликларнинг бу катталикларида бу токлар 133-расмда кўрсатишган йўналишига тескари йўналган бўлишини аниқлатади.

21- §. Токнинг иши ва қуввати. Токнинг иссиқлик таъсири

803. Тўпланган энергия $W = \mathcal{E} It$, аккумуляторнинг сифими $Q = It$. Бундан $W = \mathcal{E} Q = 4,8 \text{ гВт} \cdot \text{соат} = 1,73 \cdot 10^6 \text{ Ж}$.

804. Ҳақиқат орқали ўтган заряд $q = It = \frac{U}{R} t = 24 \text{ кал}$. Бунда бажарилган иш $A = \frac{U^2}{R} t = 288 \text{ Ж}$.

805. Ҳақиқатдан ток ўтганда ажралган энергия сувни иситишга тўла сарф бўлади. Бинобарин, $qU = cm(t_2 - t_1)$, бунда t_1 ва t_2 —сувнинг бошланғич ва охири температураси. Бундан сув температурасининг ўзгариши:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{qU}{cm} = 2,4 \text{ К}.$$

806. Тармоққа икки плиткаи параллел уланганда умумий занжирдаги ток $I_1 = 2N/U = 7,8 \text{ А}$. Камин истеъмол қиладиган $I = 12,5 \text{ А}$ ток I_1 га қараганда катта. Шунинг учун сақлагич камин уланганда куймайди деб қафолат бериш мумкин эмас.

807. Генератордан келувчи симлардаги ток $I = N/U$, ток зичлиги эса $j = I/S$. Бундан симларнинг қўндаланг кесим юзи $S = N/IU = 6,7 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$ га тенг.

808. $N = I(U - IR_1) = 17,4 \text{ кВт}$.

809. Ҳамма электр энергия сувни буғлатишга сарф бўлади деб ҳисоблаб, ушбуни топамиз: $I^2 R = rm/t$. Демак, $I = \sqrt{rm/tR} = 19,4 \text{ А}$.

810. Жоуль—Ленц қонунига кўра $Q = 0,24 \frac{U^2}{R} t$, бунда $R = \rho \frac{l}{S}$ —симнинг қаршилиги, l —унинг узунлиги. Бундан $l = \frac{0,24 U^2 S t}{\rho Q} = 3,24 \text{ м}$.

811. $l = \pi U^2 d^2 t / 4 \rho Q = 10,1 \text{ м}$.

812. Олинган иссиқлик миқдори сувни ва қиздиригичли калориметрни иситишга кетади, шунинг учун $N\tau = cm(t_2 - t_1) + C_0(t_2 - t_1)$, бунда t_1 —бошланғич ва t_2 —охири температура. Температура ўзгариши

$$\Delta t = t_2 - t_1 = N\tau / (cm + C_0) = 24 \text{ К}.$$

813. Сувни иситиш учун кетган электр энергия миқдори $W = \eta N\tau = cm(t_2 - t_1)$, бунда $m = 2 \text{ кг}$ —сувнинг массаси, $t_2 = 100^\circ\text{С}$ —сувнинг охири температураси. Бундан

$$N = cm(t_2 - t_1) / \eta\tau = 800 \text{ Вт}.$$

814. Исиш вақти иссиқликнинг баланс тенгламасидан аниқланади (СИ системада):

$$\tau = \frac{c_1 m(t_0 - t_1) + \lambda m + cm(t_2 - t_0)}{\eta N} = 348 \text{ сек}.$$

815. $l = (U - U_1) U_1 \pi d^2 / 4 \rho N = 19,2 \text{ м}$ (бунда $U_1 = 120 \text{ В}$).

816. Реостатда ажраладиган қувватлар нисбати $N_1/N = 4/3$.

817. Сувни h баландликка чиқариб бериш учун

$$N_1 = \Delta U + \Delta T = \rho Q g h + \frac{\rho Q v^2}{2}$$

қувват керак. Қурилманинг ф. и. к.

$$\eta = \frac{N_1}{N} = \frac{\rho Q}{N} \left(gh + \frac{Q^2}{2S^2} \right) = 0,556 = 55,6\%.$$

818. Поездни ҳаракатлантириш учун керак бўлган қувват $N_1 = Fl/t = Fv$. Масаланинг шартига биноан $N_1 = \eta N$. Бундан $F = \eta N/v = 4,8 \cdot 10^4$ Н.

819. Кетма-кет уланган иккала ўтказгичдан бирдай I ток ўтади. Бунда симларда t вақт давомида $Q_1 = I^2 R_1 t$ ва $Q_2 = I^2 R_2 t$ иссиқлик миқдори ажраллади, бу ерда $R_1 = \rho_1 l/S$ — темир симнинг ва $R_2 = \rho_2 l/S$ — мис симнинг қаршилиги, l — симларнинг узунликлари ва S — уларнинг кўндаланг кесим юзи. Кетма-кет уланганда иссиқлик миқдорлари нисбати:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = 7,06.$$

Параллел уланганда темир ва мис симлар орқали ўтувчи тоқлар $I_1 = U/R_1$ ва $I_2 = U/R_2$ бўлади, бунда U — тармоқ кучланиши. Бу ҳолда t вақт давомида ажралган иссиқлик миқдори $Q_3 = (U^2/R_1)t$ ва $Q_4 = (U^2/R_2)t$. Уларнинг нисбати

$$\frac{Q_3}{Q_4} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 0,14.$$

$$820. \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 0,14.$$

$$821. t_2 = 9t_1 = 6 \text{ мин}, \text{ чунки } Q = \frac{U^2 t_1}{R/3} = \frac{U^2 t_2}{3R}.$$

$$822. R = U^2/N = 72 \text{ Ом}.$$

823. Сувни $t_2 = 100^\circ\text{C}$ қайнаш температурасигача иситиш учун $Q = cm(t_2 - t_1)$ иссиқлик миқдори зарур, бунда $m = 2$ кг — чойнақдаги сувнинг массаси. Иситкичлардан бири уланганда унинг қуввати $N_1 = IU$, бунда I — ундан ўтувчи ток ва U — тармоқ кучланиши. Бу ҳолда иситкичда ажраладиган иссиқлик миқдорининг сувни иситиш учун кетадиган қисми $Q = \eta N_1 \tau_1$, бунда τ_1 — иситиш вақти. Бундан

$$\tau_1 = \frac{Q}{\eta N_1} = \frac{cm(t_2 - t_1)}{\eta N_1} = 3350 \text{ сек} \approx 56 \text{ мин}.$$

Параллел уланганда, иситкичлардан биттаси улангандаги сингари, ҳар бир иситкичда U тармоқ кучланиши бўлади. Бинобарин, уларнинг ҳар бирини худди ўша N_1 қувват ажраллади ва умумий қувват $N_2 = 2N_1$ бўлади. Бундан сувнинг иситиш вақтини топамиз:

$$\tau_2 = \frac{Q}{\eta N_2} = \frac{\tau_1}{2} = 28 \text{ мин}.$$

Иситкичлар кетма-кет уланганда улардаги умумий ток $I_1 = I/2$ бўлади. Шунинг учун уларда ажраладиган умумий қувват $N_3 = I_1 U = IU/2 = N_1/2$. Бинобарин, бунда сувнинг иситиш вақти

$$\tau_3 = \frac{Q}{\eta N_3} = 2\tau_1 = 1 \text{ соат } 52 \text{ мин}.$$

824. Ҳар бир секция кетма-кет уланганда $t_3 = t_1 + t_2 = 50$ мин, секциялар параллел уланганда эса $t_4 = t_1 t_2 / (t_1 + t_2) = 8$ мин.

$$825. \text{ Ушбу } N = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{U_2^2}{R_2} \text{ тенгламалардан } \frac{R_2}{R_1} = \frac{U_2^2}{U_1^2} = 3 \text{ ни топамиз.}$$

826. Лампочканинг қуввати $N = IU = U^2/R$, бунда I — лампочка орқали ўтувчи ток, R — унинг қаршилиги. Бундан биринчи лампочка учун

$$R_1 = U^2/N_1 = 403 \text{ Ом, } I_1 = N_1/U = 0,31 \text{ А.}$$

иккинчи лампочка учун

$$R_2 = U^2/N_2 = 215 \text{ Ом, } I_2 = N_2/U = 0,59 \text{ А.}$$

$$827. N_2 = \frac{U_2^2}{U_1^2} N_1 = 84 \text{ Вт.}$$

828. Лампочка уланган вақтда $N = U^2/R$, бунда $R = R_0(1 + \alpha t)$ — ёниб турган лампочка толасининг қаршилиги ва $R_0 = R/10$ — лампочка толасининг t_0 температурадаги қаршилиги.

$$\text{Бундан } \alpha = \frac{R - R_0}{R_0 t} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1} \text{ ва } R_0 = \frac{U^2}{10N} = 14,4 \text{ Ом.}$$

$$829. R = \frac{U^2(1 + \alpha t)}{N(1 + \alpha t_1)} = 42,8 \text{ Ом.}$$

$$830. \text{ Лампочканинг қаршилиги } R_1 = U^2/N. \text{ Линия қаршилиги } R_2 = \rho \frac{2l}{S}.$$

Линия ва лампа орқали ўтувчи ток $I_1 = \mathcal{E}/(R_1 + R_2)$. Лампочкадаги кучланиш тушиши $U_1 = R_1 \mathcal{E}/(R_1 + R_2)$.

Иккинчи лампа уланганда иккала лампанинг умумий қаршилиги $R_1/2$. Шунинг учун линия бўйича ўтувчи ток ва лампалардаги кучланиш тушиши

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{(R_1/2) + R_2}, \quad U_2 = \frac{(R_1/2) \cdot \mathcal{E}}{(R_1/2) + R_2}.$$

Кучланиш ўзгариши

$$\Delta U = U_2 - U_1 = - \frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{(R_1 + R_2)(R_1 + 2R_2)} = - \frac{2\rho l S N \mathcal{E} U^2}{(2\rho l N + S U^2)(4\rho l N + S U^2)} = -14 \text{ В.}$$

Минус ишора иккинчи лампа улангандан кейин биринчи лампадаги кучланиш тушиши камайишини кўрсатади.

$$831. L = \frac{S(\mathcal{E} \sqrt{R/N} - R)}{2\rho} = 11,4 \text{ км.}$$

$$832. U = 200 \text{ } j\rho l = 120 \text{ кВ.}$$

833. Манба клеммаларидаги кучланиш $U = U_1 + U_2$, бунда U_1 — нагрузкадаги кучланиш тушиши ва U_2 — линия симларидаги кучланиш тушиши. Нагрузкада ажраланиган қувват $N_1 = 2N = IU_1$. Линиядаги қувват йўқолиши $N_2 = 0,1 N_1 = 0,2 N = IU_2$. Бундан

$$U_1 = \frac{2N}{I}, \quad U_2 = \frac{0,2N}{I} \quad \text{ва} \quad U = \frac{2,2N}{I} = 33 \text{ В.}$$

$$834. R = U^2/12,1 \quad N = 9,3 \text{ Ом.}$$

835. Линиядаги ток $I = N/U$. Линиядаги қувват йўқолиши $N_1 = I^2 R = N^2 R / U^2$. Электр печнинг қуввати

$$N_2 = N - N_1 = N - \frac{N^2 R}{U^2} = 5,64 \text{ кВт.}$$

$$836. N = \frac{\mathcal{E}^2 R_1 R_2^2}{[(R_1 + R_2)(R + r) + R_1 R_2]^2} = 267 \text{ Вт.}$$

837. Занжирдаги ток $I = \mathcal{E} / (R + r)$ Ташқи занжирдаги бирлик вақтда ажралувчи иссиқлик миқдори

$$Q = 0,24 I^2 R = \frac{0,24 \mathcal{E}^2 R}{(R + r)^2} = 1,9 \text{ кал/сек.}$$

838. Элементнинг тўла қуввати $N = I^2 (R + r)$, бунда I — занжирдаги ток. Бу ҳолда $I = U/R$ бўлгани сабабли,

$$N = \frac{U^2}{R^2} (R + r) = 13,5 \text{ Вт.}$$

839. Батарея ичида йўқоладиган қувват $N = I_2^2 r$, бунда r — батареянинг ички қаршилиги. Агар батареянинг э. ю. к. \mathcal{E} бўлса, бутун занжир учун Ом қонунига кўра биринчи ҳолда $\mathcal{E} = I_1 (R_1 + r)$, иккинчи ҳолда эса $\mathcal{E} = I_2 (R_2 + r)$. Бундан

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} \quad \text{ва} \quad N = \frac{I_2^2 (I_2 R_2 - I_1 R_1)}{I_1 - I_2} = 12 \text{ Вт.}$$

$$840. r = \frac{N_2 I_1 - N_1 I_2}{I_1 I_2 (I_1 - I_2)} = 0,2 \text{ Ом ва} \quad \mathcal{E} = \frac{N_2 I_1^2 - N_1 I_2^2}{I_1 I_2 (I_1 - I_2)} = 12 \text{ В.}$$

841. Ф. и. к. — фойдали ишнинг (қувватнинг) тўла сарф қилинган ишга (тўла қувватга) нисбатидир. Берилган ҳолда нагрузкада ажраладиган $N_1 = IU$ қувват фойдали қувватдан иборат, бунда I — занжирдаги ток. Таърифга кўра э. ю. к. \mathcal{E} — бирлик зарядни занжир бўйича кўчиришда манба бажарилган тўла иш, вақт бирлиги ичида ўтказигичнинг кўндаланг кесим юзи орқали сон қиймати жиҳатдан I га тенг заряд ўтади, шунинг учун манбанинг тўла қуввати $N_2 = \mathcal{E} I$ бўлади. Шундай қилиб, қурилманинг ф. и. к.

$$\eta = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U}{\mathcal{E}} = 0,8 = 80\%.$$

842. $\eta = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + r(R_1 + R_2)} = 0,74 = 74\%$ (841-масаланинг ечимига қараңг).

843. 841-масаланинг ечимига биноан схеманинг ф. и. к. $\eta = U/\mathcal{E}$. $U = IR$ ва $\mathcal{E} = I(R + r) = U + Ir$ бўлгани учун $\eta = \frac{R}{R + r} = \frac{\mathcal{E} - Ir}{\mathcal{E}} = \frac{U}{\mathcal{E}}$.

844. Электр схеманинг ф. и. к. $\eta = U/\mathcal{E}$ (841-масаланинг ечимига қараңг), бунда $U = IR$ — манба клеммаларидаги кучланиш. Бундан $I = n \mathcal{E} / R = 2,86 \text{ А.}$

$$845. r = R_1 R_2 / (R_2 - 2R_1) = 7 \text{ Ом.}$$

$$846. \eta = \frac{ImR}{\mathcal{E}} = 0,78 = 78\%; \quad r = \frac{n\mathcal{E} - ImR}{nI} = 1,2 \text{ Ом.} \quad \text{Бунда } m = 2 - \text{кетма-кет уланган бир хил қаршиликлар сони.}$$

847. Мотор истеъмол қиладиган тўла қувват $N_1 = IU = 1,8 \text{ кВт}$. Унинг чулғамларнинг қизишига сарф бўладиган қувват $N_2 = I^2 R$. Фойдали қувват $N_3 = N_1 - N_2 = I(U - IR)$. Моторнинг ф. и. к.

$$\eta = \frac{N_3}{N_1} = \frac{U - IR}{U} = 0,875 = 87,5\%.$$

Бу ерда уярманий тоқлар таъсирида якорь ва статор ўзақларининг қизиши ва подшипниклардаги ишқаланиш туфайли юзага келадиган қувват йўқолишлари ҳисобга олинмаган.

848. Занжирдаги ток $I = \mathcal{E} / (R + r)$. Ташқи занжирда ажраладиган қувват

$$N_1 = I^2 R = \mathcal{E}^2 R / (R + r)^2.$$

Манба ичида ажраладиган қувват

$$N_2 = \mathcal{E}^2 r / (R + r)^2.$$

Тўла қувват

$$N = N_1 + N_2 = I \mathcal{E} = \mathcal{E}^2 / (R + r).$$

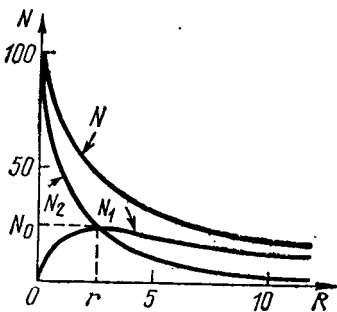
368-расмда N_1 , N_2 ва N нинг ташқи қаршиликка боғланиш графиги чизиб кўрсатилган. N_1 нинг графигидан кўриниб турибдики, R орта бориши билан ташқи қаршиликда ажраладиган қувват аввал ортади, сўнгра камаё боради. Ташқи қаршилик қандай бўлганда энг кўп фойдали қувват ажралишини аниқлаш учун N_1 нинг I тоқка боғланишини қараб чиқамиз:

$$N_1 = N - N_2 = I \mathcal{E} - I^2 r.$$

Бу ифодага $\mathcal{E}^2 / 4r$ катталикини қўшиб ва айириб, N_1 ни ушбу кўринишга келтириш мумкин:

$$N_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{4r} - r \left(I - \frac{\mathcal{E}}{2r} \right)^2.$$

Бундан кўринадики, ток $I = \mathcal{E} / 2r$ бўлганда, яъни $R = r$ бўлганда $N_0 = \mathcal{E}^2 / 4r$ максимал фойдали қувват олинади. Бу ҳолда ф. и. к. $\eta = N_0 / N = 1/2 = 50\%$.



368-расм.

N_2 ва N қувватлар R нағрузка ортиши билан монотон камаёяди. Бунда манба ичида ажраладиган N_2 қувват тез камаёяди. Шунинг учун R ортиши билан ф. и. к. ортади.

N_1 учун чизилган графикдан яна шунини кўриш мумкинки, R нинг икки қийматида (бир қиймати r дан катта, иккинчи қиймати r дан кичик) бир хил фойдали қувват олиш мумкин.

849. Манбанинг э. ю. к. \mathcal{E} , ташқи қаршилик R_1 бўлганда занжирдан

$I_1 = \mathcal{E} / (R_1 + r)$ ток ўтади ва ташқи қаршиликда $N = I_1^2 R_1 = \mathcal{E}^2 R_1 / (R_1 + r)^2$ қувват ажралади. Ташқи қаршилик R_2 бўлганда занжирдан $I_2 = \mathcal{E} / (R_2 + r)$ ток ўтади ва ташқи қаршиликдан ажраладиган қувват $N = I_2^2 R_2 = \mathcal{E}^2 R_2 / (R_2 + r)^2$ бўлади. Бундан R_1 ни аниқлаш учун квадрат тенглама ҳосил қиламиз:

$$R_1^2 - \frac{R_2^2 + r^2}{R_2} R_1 + r^2 = 0.$$

Бу тенгламани ечиб, қуйидагини топамиз: $R_1 = 0,625$ Ом ёки $R_1 = R_2 = 10$ Ом (шунингдек, 848-масаланинг ечимига қаранг).

$$850. \frac{Q_2}{Q_1} = 2 \left(\frac{R + r}{R + 2r} \right)^2 = 1,62.$$

$$851. \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{R + 2r}{2R + r} \right)^2 = 1,56.$$

$$852. n = I_2 r / (\mathcal{E} I - N) = 5.$$

$$853. \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{R + 2r}{2R + r} \right)^2 = \frac{9}{16}; \text{ параллел уланганда каттароқ қувват оли-$$

нади.

854. Огирлик кучининг ҳаракат йўналиши бўйича ташкил этувчиси $F = P \sin \alpha \approx P \operatorname{tg} \alpha = 0,01 P$ қаршилик кучи $f = 0,03 P$ дан кичик. Шунинг учун мотор бу кучларнинг тенг таъсир этувчисига қарши иш бажаради. t вақт давомида бу иш катталиги $A = (f - F)vt = \eta IUt$, бунда I — мотор орқали ўтувчи ток. Бундан

$$I = \frac{0,02 P v}{\eta U} = 245 \text{ A.}$$

855. Манба кучланиши U ва линиядаги ток I бўлганда манба қуввати $IU = I^2 R + N$ бўлади. Бундан линиядаги ток

$$I = \frac{1}{2R} (U \pm \sqrt{U^2 - 4NR}).$$

Токнинг икки хил қиймати нагузканинг унда бирдай қувват ажралиши мумкин бўлган икки қийматига мос келади (848-масаланинг ечимига қаранг). Илдиз олдидаги минус ишора кичик токка, демак, кам қувват йўқолишига мос келади.

Линиядаги кучланиш тушиши:

$$U' = IR = \frac{1}{2} (U \pm \sqrt{U^2 - 4NR}).$$

Линияда қувват йўқолиши:

$$N' = IU' = \frac{1}{2R} (U^2 - 2NR \pm U \sqrt{U^2 - 4NR}).$$

Узатиш η . и. к. (қурилма истеъмол қиладиган қувватнинг манба линияга берадиган қувватга нисбати):

$$\eta = \frac{N'}{IU} = \frac{IU' - N'}{IU} = \frac{U - U'}{U} = \frac{1}{2} \left(1 \pm \frac{\sqrt{U^2 - 4NR}}{U} \right).$$

$U = U_1 = 6200$ В бўлганда линиядаги кучланиш тушиши $U' = 50$ В (ёки 6150 В), $N' = 508$ Вт (ёки 7,6 · 10³ Вт) ва $\eta = 99,8\%$ (ёки 0,8%). Қавслардаги рақамлар токнинг катта қийматиға мос келади.

$U = U_2 = 620$ В бўлганда илдиз остида манфий сон ҳосил бўлади. Бу линия қаршилиги $R = 5$ Ом бўлганда нағрузка қаршилигининг ҳеч қайси қийматида талаб қилинган қувватни олиш мумкин эмаслигини билдиради.

$$856. R = \frac{U_2 - U_1}{N} = 200 \text{ Ом}; \quad l = \frac{RS}{\rho} = \frac{(U_2 - U_1)U_1 S}{N\rho} = 100 \text{ м.}$$

$$857. N = 2 \mathcal{E}^2 / 9r = 16 \text{ Вт.}$$

858. $R_1/R_3 = R_2/R_4$ шартдан R_5 қаршилиқдан ток ўтмаётганлиги келиб чиқади. Шунинг учун занжирнинг тўла R қаршилиги R_1, R_2 ва R_3, R_4 қаршилиқлардан тузилган икки параллел занжир қаршилиги ва элементнинг r ички қаршилиги йиғиндисидан иборат бўлади:

$$R = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} + r.$$

Бу схема

$$N = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)r} = 36 \text{ Вт}$$

қувват истеъмол қилади.

$$859. N = 8 \mathcal{E}^2 / R.$$

860. Лампочкадан $I = N/U$ ток ўтиши керак, бунда U — номинал кучланиш. Шунинг учун тўрт вольтли лампочка 0,5 А токка, саккиз вольтли лампочка эса 0,25 А токка мўлжалланган. Демак, аралаш улаш лозим: ўнча тўрт вольтли лампочкаға кетма-кет қилиб, параллел уланган саккиз вольтли лампочкадан иккита бир хил группасини улаш керак. Қўшимча саккиз вольтли лампочкалар группасида $U = nU_1$ кучланиш тушиши бўлади, иккитала группадаги лампочкалар сони $n_1 = 2 \frac{U_0 - nU_1}{U_2} = 20$ та.

$$861. r_1 = \sqrt{R_1 R_2} = 6 \text{ Ом.}$$

$$862. N_1 = 2N/3 \text{ ва } N_2 = N/3.$$

863. Ток келтирувчи симларда қувват йўқолиши $N_1 = 0,04 N$. Улардаги ток $I = \sqrt{N_1/R}$. Нағрузкадаги кучланиш тушиши $U_1 = N/I = N \sqrt{R/N_1}$. Ток келтирувчи симлардаги кучланиш тушиши $U_2 = IR = \sqrt{RN_1}$. Манба клеммаларидаги кучланиш $U = U_1 + U_2 = (N + N_1) \sqrt{R/N_1} = 208$ В.

864. Уланган пластинкалардаги умумий заряд миқдори $Q = |Q_1 - Q_2|$. Улангандан кейин ҳосил бўлган конденсаторнинг сигими $C_1 + C_2$ га тенг.

Уланмасдан олдин конденсаторлардаги энергия $W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} + \frac{Q_2^2}{2C_2}$ га тенг.

Улангандан кейин ҳосил бўлган конденсатор энергияси $W_2 = \frac{(Q_1 - Q_2)^2}{2(C_1 + C_2)}$.

Ажралган иссиқлик миқдори

$$q = W_1 - W_2 = \frac{(Q_1 C_1 + Q_2 C_2)^2}{2C_1 C_2 (C_1 + C_2)}.$$

865. Калит уланмаган ҳолда C_1 ва C_2 конденсаторлар q зарядга эга, улардаги кучланиш мос равишда $U_1 = q/C$ ва $U_2 = q/2C$, шу билан бирга $U_1 + U_2 = \mathcal{E}$. Бундан $q = 2C \mathcal{E}/3$, $U_1 = 2 \mathcal{E}/3$ ва $U_2 = \mathcal{E}/3$. Худди шунга ўхшаш C_3 ва C_4 конденсаторлардаги $Q = C \mathcal{E}/3$ зарядни ва улардаги $U_3 = 2 \mathcal{E}/3$ ва $U_4 = \mathcal{E}/3$ кучланишни топамиз. Бу ерда $U_1 = U_3$ бўлгани сабабли конденсаторнинг калитга уланган пластинкаларидаги потенциаллар бирдай. Калит уланганда ҳеч нарса ўзгармайди. Конденсаторлар батареясининг тўла энергияси ҳар бир конденсаторда тўпланган энергиялар йиндисиغا тенг, яъни:

$$W = \frac{qU_1}{2} + \frac{qU_2}{2} + \frac{QU_3}{2} + \frac{QU_4}{2} = \frac{C \mathcal{E}^2}{2}.$$

22-§. Электролиз

866. Фарадейнинг иккинчи қонунига мувофиқ $k = C \frac{A}{n} = 2,39 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.

867. $t = m/kI = 2$ соат.

868. Фарадейнинг иккинчи қонунига кўра $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} It = \frac{1}{F} xq$, бунда

$x = A/n$, $q = It$. Бундан

$$F = \frac{xq}{It} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль.}$$

869. Электролит эритмасидаги модда ионлари ўзи билан n валентликка тенг сонда элементар заряд олиб юради. Модданинг химиявий эквиваленти-га сон жиҳатдан тенг модда массаси ажралганда эритма орқали сон жиҳатдан F Фарадей сонига тенг заряд ўтади, яъни $nN_0 = N$ элементар заряд ўтади. Демак, ҳар бир элементар заряд катталиги

$$e = F/N = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ СГСЭ заряд бирл.}$$

870. Фарадейнинг иккинчи қонуни бўйича $k_1 = C \frac{A_1}{n_1}$ ва $k_2 = C \frac{A_2}{n_2}$.

Бундан олтининг электрохимиявий эквиваленти

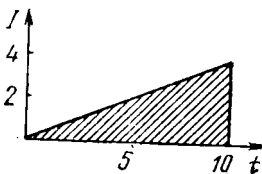
$$k_2 = \frac{k_1 n_1 A_2}{n_2 A_1} = 6,8 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл.}$$

871. Ванналардаги ток $I = jS$. Фарадейнинг биринчи қонуни бўйича электролиз вақтидаги моддалар массаси $m_1 = k_1 jSt = 23,8$ г; $m_2 = k_2 jSt = 21,6$ г; $m_3 = k_3 jSt = 80,5$ г.

872. $i = \rho l/kt = 124$ А/м².

873. Фарадейнинг биринчи қонунига кўра $m = kIt$, бунда I — занжирдаги токнинг ҳақиқий қиймати. Бундан $I = m/kt = 1,6$ А, яъни амперметр кўрсатишига $\Delta I = I - I_0 = +0,1$ А тузатма киритиш керак.

874. Фарадейнинг биринчи қонунига кўра $m = kIt$, бунда I — занжирдаги ток. Қаршиликдаги кучланиш тушишининг аниқлаштирилган қиймати $U = IR = mR/kt = 4,97$ В. Вольметр кўрсатиши билан кучланиш тушишининг аниқлаштирилган қиймати орасидаги фарқ $\Delta U = U - U_0 = -1,03$ В.



369- расм.

875. Қатламнинг қаллиғи

$$d = \frac{Alt}{nF\rho NS} = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 0,058 \text{ мм.}$$

876. Биринчи ваннада темир икки валентли ($n_1 = 2$), иккинчи ваннада эса уч валентлидир ($n_2 = 3$). Шунинг учун эритмалардан бирдай миқдор заряд ўтганда катодларда турли масса темир ажралади: биринчи ваннада $m_1 = A_1 q_1 / n_1 F = 27,93$ кг, иккинчи ваннада $m_2 = A_2 q_2 / n_2 F = 18,62$ кг. Хлор атомларининг валентлиги $n = 1$, шунинг учун ҳар бир ваннадаги анодда $m = Aq/nF = 36,357$ кг масса хлор ажралади.

877. $R = \frac{NA^2 t^2}{m^2 F^2 n^2} = 4$ Ом. Водороднинг атом массаси $A = 0,001$ кг/моль

ва $n = 1$ — унинг валентлиги.

878. $U = Wm/q = kW = 10,8$ В.

879. Қурилманинг ф. и. к. $\eta = \frac{IUt}{W} = \frac{Uq}{W}$, бунда q — ванна орқали ўтган заряд. Ажралган мис массаси $m = kq$. Бундан $m = k\eta W/U = 0,445$ кг.

880. Ўртача ток $I = (I_1 + I_2)/2$. Эритма орқали ўтган заряд $q = It = \frac{I_1 + I_2}{2} t = 20$ Кл. Зарядни график усулда аниқлаш 369- расмда кўрсатилган. Токнинг вақтга боғланиш графигида штрихланган юз сон жиҳатдан зарядга тенгдир.

Катодда ажралган миснинг массаси:

$$m = kq = \frac{k(I_1 + I_2)t}{2} = 6,56 \cdot 10^{-6} = 6,56 \text{ мг.}$$

881. $m = k(U - \mathcal{E})t/R = 9,5 \cdot 10^{-2}$ кг.

882. $T = pV\mu/kRIt = 312$ К.

883. $W = \frac{U_1}{U} W$.

23-§. Токнинг магнит майдони ва электромагнит индукция

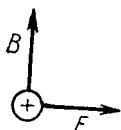
884. Магнит индукцияси $B = 2T = 2 \cdot 10^4$ Гс. СГСМ бирликлар система-сида $B = \mu H$, шунинг учун $\mu = 1$ бўлган муҳитда: $B = H = 2 \cdot 10^4$ Э.

СИ бирликлар системасида $B = \mu_0 H$, бунда $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м — магнит доимийси. Бундан $H = B/\mu_0 = 1,59 \cdot 10^8$ А/м.

885. Магнит индукция $B = \mu_0 H = \mu_0 \frac{In}{l} = 62,8$ Т.

886. СИ бирликлар системасида $\mu = B/\mu_0 H = 5000$.

887. Бир жинсли магнит майдонда индукция чизиқларига перпендикуляр жойлашган токли тўғри ўтгазгичга $F = BI$ куч таъсир қилади, кучнинг йўналиши чап қўл қондаси бўйича аниқланади. 370- расмда ичига плюс ишора ёзилган доирача билан B ва F векторлар жойлашган текисликка перпендикуляр кириб бораётган ток белгилашган.



370- расм

СГСМ бирликлар системасида $B = \mu H$, $I = 1A = 0,1$ СГСМ ток бирл. ва вакуум учун $\mu = 1$. Демак, $F = \mu Hl = 10$ дина.

СИ бирликлар системасида $B = \mu_0 H$, бунда $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м. $1A/m = 4\pi \cdot 10^{-3}$ Э. Шунинг учун $H = 100$ Э $= 10^3/4\pi$ А/м. Шундай қилиб, $F = \mu_0 Hl = 10^{-4}H$.

883. Ўтказгичга ипларнинг иккита бир хил T таранглик кучлари, P оғирлик кучи ва магнит майдон томонидан $F = BI \sin \alpha$ куч таъсир қилади, бунда B — магнит индукцияси, α — ўтказгич йўналиши билан магнит индукция вектори орасидаги бурчак (бизнинг ҳолда $\alpha = 90^\circ$ ва $\sin \alpha = 1$). Ток ва магнит индукция векторининг йўналиши шундай танланганки, F куч пастга йўналган деб фараз қилинади (140-расм). Акс ҳолда, ипларнинг таранглиғи ток ўтганда ортмайди, балки камаяди ва шунинг учун улар узилмайди.

Агар ўтказгич мувозанатда бўлса, у ҳолда $2T - P - F = 0$. Бундан $T = \frac{P + F}{2}$. Иплардан бири узилиши учун қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$T = \frac{P + F}{2} > p \quad \text{ёки} \quad I > \frac{2p - P}{Bl}.$$

СИ бирликлар системасида $1 \text{ Э} = 10^3/4\pi$ А/м, $B = \mu_0 H = 4,9 \cdot 10^{-2}T$ ($\mu = 1$ деб ҳисоблаш мумкин, чунки μ фақат ферромагнетик ичидагина бирдан сезиларлича фарқ қилади), $P = 5\text{г} \cdot \text{куч} = 4,9 \cdot 10^{-2}H$, $p = 4\text{г} \cdot \text{куч} = 3,92 \times 10^{-2}H$, $l = 0,2$ м. Натижада $I > 3A$ ни оламиз.

СГСМ бирликлар системасида $B = H$ бўлганда ($\mu = 1$), $P = 5\text{г} \cdot \text{куч} = 4,9 \cdot 10^3$ дина, $p = 4\text{г} \cdot \text{куч} = 3,92 \cdot 10^3$ дина, $l = 20$ см бўлса, $I > 0,3$ СГСМ ток бирл. ни оламиз.

889. Агар ўтказгич магнит индукция вектори йўналишига перпендикуляр жойлашган бўлса, у ҳолда $F = BI$, бунда I — ўтказгичдаги ток. Бундан $I = F/Bl = 15A$ (СИ системада). СГСМ бирликлар системасида $F = 1,5 \times 10^4$ дина, $B = 200$ Гс, $l = 50$ см. Бу ҳолда $I = 1,5$ СГСМ ток бирл.

890. Ўтказгичга икки ипнинг T таранглик кучи, P оғирлик кучи ва магнит майдон томонидан ўтказгичга перпендикуляр йўналган $F = BI$ куч таъсир қилади (371-расмда расм текислигига перпендикуляр жойлашган A ўтказгичдан ўтувчи ток ўқувчидан расм текислигига томон йўналган). Ўтказгич мувозанатда бўлганда кучларнинг вертикал ва горизонтал йўналишлардаги проекциялари йиғиндиси (уларнинг ишораларини ҳисобга олганда) нолга тенг, яъни: $P - T \cos \alpha = 0$, ва $F - T \sin \alpha = 0$. Бундан

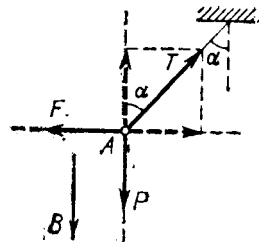
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{P} = \frac{BIl}{P} = \frac{\mu_0 Hl}{P} \approx 1$$

(бунда биз $\mu = 1$ деб олдик). Демак, $\alpha \approx 45^\circ$.

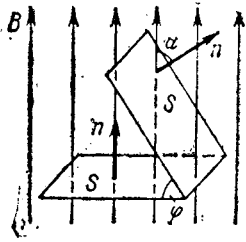
891. СИ бирликлар системасида $H = \frac{I}{2\pi r} = 4$ А/м, $B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 5 \cdot 10^{-6}T$.

СГСМ бирликлар системасида

$$H = \frac{2I}{r} = 0,05 \text{ Э.} \quad B = \mu H = \frac{2\mu I}{r} = 0,5 \text{ Гс.}$$



371-расм.



372- расм.

892. I_1 ток ўтаётган чексиз узун тўғри ўтказгич атрофида магнит майдон ҳосил бўлади, бу майдон кучланганлиги ўтказгичдан r масофада $H = I_1/2\pi r$ га тенг, индукцияси эса $B = \mu_0 H = \mu_0 I_1/2\pi r$. Бунда H ва B векторлар бир хил йўналган ва ўтказгичга перпендикуляр текисликда ётади. Иккинчи I_2 ток ўтаётган ўтказгичнинг l узунликдаги кесмасига магнит майдон $F = BI_2 l \sin \alpha$ куч билан таъсир қилади, бунда α — ўтказгич кесмаси йўналиши билан магнит индукция вектори йўналиши орасидаги бурчак. Иккинчи ўтказгич биринчисига параллел бўлгани

сабабли $\alpha = 90^\circ$ ва $\sin \alpha = 1$. Шундай қилиб, $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$; бундан $\mu_0 = \frac{2\pi Fr}{\mu_0 I_1 I_2 l}$. Бунга $I_1 = I_2 = 1 \text{ A}$, $l = 1 \text{ м}$, $F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$, $\mu = 1$ қийматларни қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м.}$$

893. $f = \frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} = 0,1 \text{ Н}$ (892- масаланинг ечимига қаранг).

894. 372- расмда магнит индукция вектори йўналиши ва иккала ҳолдаги S юзнинг вазияти кўрсатилган. Таърифга кўра магнит индукциянинг оқими $\Phi = BS \cos \alpha$, бунда α — юзга ўтказилган n перпендикуляр билан магнит индукция вектори йўналиши орасидаги бурчак. Биринчи ҳолда $\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$ ва $\Phi = BS = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$. Иккинчи ҳолда $\alpha = \varphi$ (ўзаро перпендикуляр томонлар орасидаги бурчаклар) ва $\Phi = BS \cos \varphi = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$.

895. $\Phi = \mu_0 HS \cos \alpha = \mu_0 HS = 1,256 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$. (СИ бирликлар системасида).

$$\Phi = \mu HS = 1,256 \cdot 10^6 \text{ Мкс (СГСМ бирликлар системасида).}$$

896. $L = n\Delta\Phi/(I_2 - I_1) = 0,125 \text{ Г}$.

897. $\mathcal{E} = -(B_2 - B_1)S/\Delta t = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ В}$.

898. $\Phi_0 = \mathcal{E} \Delta t/n = 10^{-3} \text{ Вб}$.

899. Рамка орқали ўтувчи бошланғич магнит оқими $\Phi_1 = BS \cos \alpha$, бунда $S = a^2 \sqrt{3}/4$ — рамканинг юзи ва $B = \mu_0 H$ — магнит индукцияси (бу орда муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 1$ деб оламиз). Охириги магнит оқими $\Phi_2 = 0$. Магнит оқимининг ўзгариши $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -BS \cos \alpha$. Индукция э. ю. к.

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\sqrt{3}\mu_0 a^2 H \cos \alpha}{4\Delta t}; \quad \text{бундан } a = 2 \sqrt{\frac{\mathcal{E} \Delta t}{\sqrt{3}\mu_0 H \cos \alpha}} = 0,10 \text{ м.}$$

900. $H = \frac{\mathcal{E} \Delta t}{\mu l^2 \cos \alpha \cdot 10^{-8}} = 1000 \text{ Э}$.

901. $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\mu S}{R} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t} \cdot 10^{-8} = 10^{-5} \text{ А} = 10 \text{ мкА}$ (масаланинг шартига кўра $\Delta H/\Delta t = -100 \text{ Э/сек}$).

$$902. q = - \frac{\mathcal{E} \Delta t}{R} = - \frac{\Delta \Phi}{R} =$$

$$= - \frac{\mu_0 H S}{R} = 10^{-4} \text{ Кл.}$$

903. Ўзиндукция э. ю. к. $\mathcal{E} =$

$$= -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \text{ бунда } \Delta I = I_2 - I_1. \text{ Бундан}$$

$$L = - \frac{\mathcal{E} \Delta t}{I_2 - I_1} = 2,5 \text{ Г.}$$

904. Индукция э. ю. к. $\mathcal{E} = - \Delta \Phi / \Delta t$, бунда $\Delta \Phi = B \Delta S = Blv \Delta t -$ ўтказгич Δt вақт ичида „супуриб“ ўтган ΔS юз орқали ўтувчи магнит оқими (373-расм). Минус ишорани тушириб $\mathcal{E} = Blv = 1 \text{ В}$ ни топамиз.

905. Самолёт қанотлари Δt вақт ичида ўтган юз $\Delta S = lv \Delta t$ га тенг. Шу юз орқали ўтувчи магнит оқими $\Delta \Phi = B \Delta S \cos \alpha$, бунда $B \cos \alpha = \mu H_0 -$ ер магнит майдони индукциясининг вертикал ташкил этувчиси (α — вертикал билан магнит индукция йўналиши орасидаги бурчак), $\mu = 1 -$ ҳавонинг магнит сингдирувчанлиги. Самолёт қанотлари учи орасидаги U потенциаллар фарқи самолёт Ернинг магнит майдонида ҳаракатланганда унинг металл қанотларида ва корпусида ҳосил бўладиган индукция э. ю. к. га тенг, яъни:

$$U = \mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot 10^{-8} = \mu H_0 l v \cdot 10^{-8} = 0,15 \text{ В.}$$

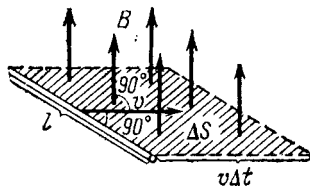
906. Ўтказгич Δt вақт ичида „супуриб“ ўтадиган юз параллелограмм юзидан иборат бўлиб (374-расм) $\Delta S = lv \Delta t \sin \alpha$ га тенг. Ўтказгичнинг v тезлиги ўтказгичнинг ўзи билан α бурчак ҳосил қилиб йўналган. Шу юз орқали ўтувчи магнит оқими $\Delta \Phi = B \Delta S$, бунда $B = \mu_0 H -$ магнит индукцияси ($\mu = 1 -$ муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги). Ўтказгич учлари орасидаги U потенциаллар фарқи шу ўтказгичдаги индукция э. ю. к. га тенг: $U = \mathcal{E} = \Delta \Phi / \Delta t = \mu_0 H l v \sin \alpha$. Бундан

$$v = \frac{U}{\mu_0 H l \sin \alpha} = 1 \text{ м/сек.}$$

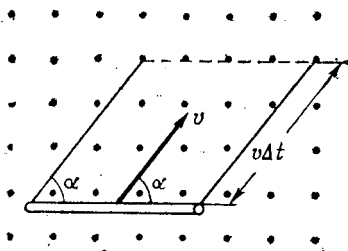
Агар U ва \mathcal{E} дан бошқа ҳамма катталикларни СГСМ бирликлар системасида ўлчасак, у ҳолда $B = \mu H$, $U = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot 10^{-8}$ ва $v = \frac{U}{\mu H l \sin \alpha \cdot 10^{-8}} = 100 \text{ см/сек.}$

$$907. I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mu H \cdot lv \cdot 10^{-8}}{R} = 10^{-5} \text{ А} = 10 \text{ мкА.}$$

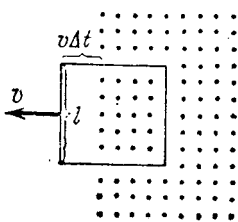
908. Рамка магнит майдон бор жойда турганда рамка билан чегараланган сирт орқали ўтувчи магнит оқими у ҳаракатланганда ўзгармайди. Шунинг учун рамкада индукция э. ю. к. ҳосил бўлмайди. Рамканинг томонларидан бири майдондан чиқа бошлаганда (375-расмга қаранг, бунда чизма



373-расм.



374-расм.



375- расм.

текислигига перпендикуляр бўлган магнит майдон нуқталар билан белгиланган), рамка билан чегараланган сирт орқали ўтувчи магнит оқими ўзгара бошлайди. Рамка Δt вақт ичида $v\Delta t$ масофага силжийди ва унинг магнит майдон кесиб ўтаётган сирт юзи $\Delta S = lv\Delta t$ га камаяди. Шу вақт ичида магнит индукцияси оқими $\Delta\Phi = -B\Delta S = -\mu Hlv\Delta t$ катталиқка ўзгаради. Рамкада

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot 10^{-8} = \mu Hlv \cdot 10^{-8} \text{ В}$$

индукция э. ю. к. ҳосил бўлади ва рамка орқали

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mu Hlv}{R} \cdot 10^{-8} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ А} = 2 \text{ мкА}$$

ток оқади (биз бу ерда $\mu = 1$ деб олдик). Рамка магнит майдондан бутунлай чиқиб кетгандан сўнг индукция э. ю. к. яна нолга тенглашади.

909. $q = S^2 \Delta B^2 / (R \cdot \Delta t^2) = 10^{-9} \text{ Ж} = 2,4 \cdot 10^{-10} \text{ кал.}$

910. $I = vIB; 2\rho (l + vt).$

911. $R = B^2 l^2 v / F = 0,625 \text{ Ом.}$

912. Магнит индукцияси текис ўзгарганда рамкада $\mathcal{E} = \Delta\Phi/\Delta t$ э. ю. к. ҳосил бўлади, бунда $\Delta\Phi$ — магнит оқимининг ўзгариши, Δt — шу ўзгариш юз берган вақт. Рамкадаги ток $I = \mathcal{E}/R = \Delta\Phi/R\Delta t$ доимий бўлади. Δt вақт ичида занжирдан ўтган заряд $q = I\Delta t$ га тенг. Магнит индукциясининг бошланғич оқими $\Phi_1 = BSn$. Магнит майдон йўналиши тескарисига ўзгарганда магнит оқими ишорасини ўзгартиради. Шунинг учун охириги магнит оқими $\Phi_2 = -BSn$. Магнит оқимининг ўзгариши $\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_2 = 2BSn$. Шундай қилиб,

$$q = 2BSn/R = 10^{-6} \text{ Кл} = 1 \text{ мкКл.}$$

913. $q = B S d / 2\rho$ (аввалги масаланинг ечимига қаранг).

914. Манбанинг э. ю. к. ва ток бир текис ўзгарганда занжирда индукцияланадиган э. ю. к. лар йиғиндисини $\mathcal{E} + L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ га тенг. Ток масала шартида берилган қонун бўйича ўзгаради: $I = I_0 - \frac{\Delta I}{\Delta t} t$, бунда $I_0 = \mathcal{E}/R$. Вақтнинг исталган momentiда занжир қаршилиги

$$R_t = \frac{\mathcal{E} + L(\Delta I/\Delta t)}{\frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{\Delta I}{\Delta t} t}$$

$t = 2$ сек вақт momentiда изланаётган қаршилик $R_t = 1,75 \text{ Ом.}$

915. CMD ва CND контурларни қараб чиқайлик, уларнинг юзи $S = \pi d^2/8$ (376- расм). Ҳар бир контурдан t_1 ва t_2 вақт momentларида ўтувчи магнит оқимлари

$$\Phi_1 = B_1 S = kt_1 \pi d^2 / 8 \quad \text{ва} \quad \Phi_2 = B_2 S = kt_2 \pi d^2 / 8.$$

Ҳар бир контурдаги индукция э. ю. к. (магнит майдон текис ўзгаради)

$$\mathcal{E} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = \frac{k\pi d^2}{8}$$

Индукция э. ю. к. ўтказгичларда катталиги ва йўналиши расмда кўрсатилган токии вужудга келтиради дейлик. Контурларни соат стрелкаси йўналишига тескари йўналишда айланиб ва Кирхгоф қондасини татбиқ этиб, қуйидаги тенгламаларни оламиз:

$$I_1 R_1 + I R_2 = \mathcal{E}; \quad I_2 R_2 - I_1 R_1 = \mathcal{E}; \quad I_2 + I_1 = I.$$

Бу ерда $R_1 = \rho d - CD$ ўтказгичнинг қаршилиги, $R_2 = \rho \pi d/2 - CMD$ ва CND ўтказгичларнинг қаршиликлари. Бу тенгламаларни ечиб ушбуни топамиз:

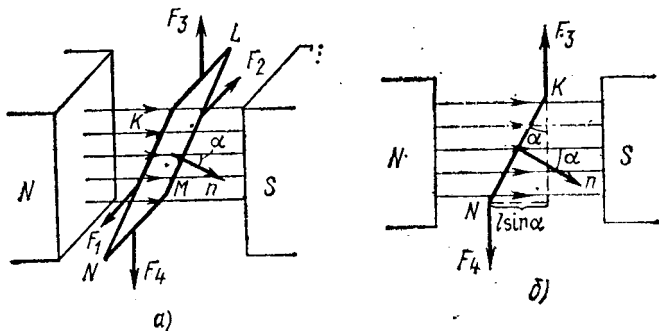
$$I_1 = 0, \quad I = I_2 = -\frac{\mathcal{E}}{R_2} = \frac{kd}{4\rho}$$

916. 377-а расмда магнит майдон томонидан рамкага таъсир қилувчи кучлар кўрсатилган. Уларнинг йўналиши чап қўл қойдаси бўйича аниқланади. Рамканинг KN ва LM томонларига бир тўғри чизиқ бўйича қарама-қарши йўналган F_1 ва F_2 кучлар таъсир қилади. Улар куч моментини юзага келтирмайди. Рамканинг KL ва MN томонларига $F_3 = F_4 = IBl$ кучлар таъсир қилади. Бу кучлар M куч моментини ҳосил қилувчи жуфт кучни ташкил қилади. Куч momenti M кучлардан бирининг улар йўналган чизиқлар орасидаги масофага бўлган кўпайтмасига тенг. 377б- расмда рамканинг KN томонидан кўриниши тасвирланган бўлиб, ундан кўринадики, бу масофа $l \sin \alpha$ га тенг. Шундай қилиб,

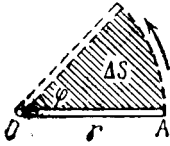
$$M = F_3 l \sin \alpha = IBl^2 \sin \alpha = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

917. Рамка бир жинсли магнит майдонда ҳаракатланганда ҳосил бўладиган умумий э. ю. к. нолга тенг, чунки рамка чегаралаган юз орқали ўтувчи магнит оқимининг ўзгариши нолга тенг. Шунинг учун рамкадаги ток ҳам нолга тенг.

Рамкада ҳосил бўладиган умумий э. ю. к. ни рамканинг ҳар бир томонида ҳосил бўлувчи индукция э. ю. к. лар йиғиндисини деб қараш мумкин.



377- расм.



378- расм.

Агар ўтказгичнинг ҳаракат тезлиги йўналиши ўтказгичнинг ўзи билан φ бурчак ҳосил қилса, ўтказгич ҳаракатланаётган магнит майдон йўналиши ўтказгичнинг ўзига ва унинг тезлик йўналишига перпендикуляр бўлса, у ҳолда ўтказгичда ҳосил бўлувчи индукция, э. ю. к. $\mathcal{E} = Blv \sin \varphi$ га тенг бўлади (906- масаланинг ечимига қаранг). Шунинг учун рамканинг AF ва BC томонларида э. ю. к. ҳосил бўлмайди. AB томонда $\mathcal{E}_0 = Bl_0v$ э. ю. к. ҳосил бўлади. FD ва CD томонларда $\mathcal{E}_1 = Bl_1v \sin \varphi_1$ ва $\mathcal{E}_2 = Bl_2v \sin \varphi_2$ э. ю. к. ҳосил бўлади. $l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 = l_0$ бўлгани учун FD ва CD томонлардаги умумий э. ю. к. $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = Bl_0v$, яъни катталик жиҳатидан AB томондаги э. ю. к. га тенг, бироқ унга қарама-қарши йўналган бўлади (контур бўйича айланганда), шунинг учун рамкада ток ҳосил бўлмайди.

918. Магнит майдон кучланганлиги H ва муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги μ (бунда $\mu = 1$) бўлганда магнит индукцияси $B = \mu_0 H$ бўлади. Δt вақт ичида ўтказгич ω бурчак тезлик билан айланиб, $\varphi = \omega \Delta t$ бурчакка бурилади ва $\Delta S = \frac{\varphi r^2}{2} = \frac{1}{2} \omega r^2 \Delta t$ юзли секторни босиб ўтади (378- расм). Шу юз орқали ўтувчи магнит индукцияси оқими ва ўтказгичда ҳосил бўлади-ган э. ю. к.

$$\Delta \Phi = B \Delta S = \frac{1}{2} \mu_0 H \omega r^2 \Delta t, \quad \mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{1}{2} \mu_0 H \omega r^2$$

га тенг. Бундан

$$\omega = \frac{2 \mathcal{E}}{\mu_0 H r^2} = 75 \text{ рад/сек.}$$

24- §. Ўзгарувчан ток

919. Биринчи ҳолда

$$\Phi = \Phi_0 \sin \omega t = BS \sin 2\pi n t,$$

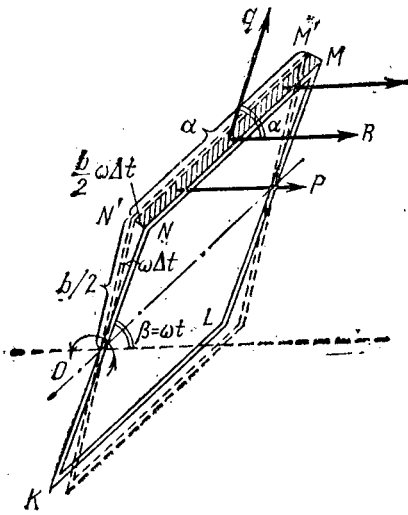
бунда $\Phi_0 = 2 \cdot 13^{-3}$ Вб. Иккинчи ҳолда

$$\Phi = \Phi_0 \sin (\omega t + \varphi) = \Phi_0 \sin (\omega t + 30^\circ).$$

φ бурчакни (бошланғич фазаи) горизонтал йўналишдан бошлаб рамканинг айланиш йўналиши томон ҳисобланади.

920. Бошланғич моментда горизонтал турган рамка $\omega = 2\pi l$ бурчак тезлик билан айланиб, t вақт моментда горизонтал текислик билан $\beta = \omega t = 2\pi n t$ бурчак ташкил қилади (379- расм). Бундан кейинги жуда кичик Δt вақт ораллиғида рамка кичик $\omega \Delta t$ бурчакка бурилади. Рамканинг ўққа параллел томонининг узунлиги a га, ўққа перпендикуляр томонининг узунлиги b га тенг бўлсин. Δt вақт ичида рамканинг MN ўтказгичи $M'N'$ ҳолатга кўчсин ва бунда

$$\Delta S = a \frac{b}{2} \omega \Delta t = \frac{S}{2} \omega \Delta t$$



379- расм.

йўналиши рамканинг KN томони йўналишидан жуда кам фарқ қилади, B вектор эса шаргга кўра горизонтал йўналган. Шундай қилиб,

$$\Delta\Phi = \frac{1}{2} BS \Delta t \cos \omega t.$$

Демак, t вақт моментида MN ўтказгичда

$$\mathcal{E}_1 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{1}{2} BS \omega \cos \omega t$$

катталидаги э. ю. к. ҳосил бўлади.

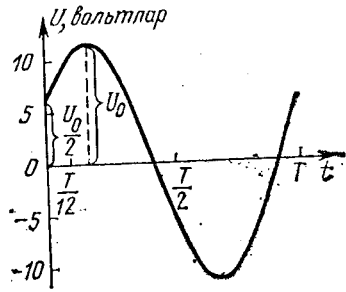
B вектор рамка айланганда KN ва LM ўтказгичлар ҳаракатланадиган текисликка параллелдир. Шунинг учун бу ўтказгичлар босиб ўтган юзлар орқали ўтувчи магнит оқими нолга тенг ва э. ю. к. ҳосил бўлмайди. Кўр-надик, KL ўтказгичда катталиги жиҳатдан \mathcal{E}_1 га тенг э. ю. к. ҳосил бўлиб, шундай йўналганки, рамка контурини айланганда бу э. ю. к. лар қў-шилади. Натижада рамкадаги йиғинди э. ю. к.

$$\mathcal{E} = 2 \mathcal{E}_1 = BS \omega \cos \omega t.$$

Рамкадаги э. ю. к. $\cos \omega t$ максимал бўлган вақт моментида, яъни $\cos \omega t$ бирга тенг бўлганда энг катта қийматга эга. Шунинг учун э. ю. к. амплитудаси

$$\mathcal{E}_0 = BS \omega = 2\pi nBS = 0,614 \text{ В.}$$

Бирлик вақтда айланишлар сони уч марта ортганда амплитуда ҳам уч ба-равар ортади ва $\mathcal{E}'_0 \approx 1,884 \text{ В}$ га тенг бўлади.



380- расм.

юзни босиб ўтсин, бунда $S = ab$ — рамканинг ю.и. Ўтказгич „супу-риб“ ўтган юз орқали магнит оқим ўзгариши $\Delta\Phi = B\Delta S \cos \alpha$, бунда α — $MM'N'N$ текисликка ўтказилган q перпендикуляр билан B магнит индукция вектори орасидаги бурчак. Агар Δt вақт оралиғи жуда кичик бўлса, у ҳолда α бурчак амалда β бурчакка тенг бўлади, чунки q перпендикуляр

921. $\Phi_0 = \mathcal{E}_0 / 2\pi n = 4,8 \cdot 10^{-2}$ Вб (920-масаланинг ечимига қаранг).

922. $n = \mathcal{E}_0 / 2\pi mBS = 8$ айл/сек (920-масаланинг ечимига қаранг).

923. Доиравий частота $\omega = 2\pi/T = 628 \text{ сек}^{-1}$, частота $f = 1/T = 100$ Гц.
 $t = T/12$ вақт momentiда кучланишнинг оний қиймати

$$U = U_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) = U_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi}{6}\right) = U_0 \sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_0.$$

Бундан $U_0 = 2U/\sqrt{3} = 11,6$ В. Кучланиш графиги 380-расмда кўрсатилган.

924. Ғалтакнинг индуктив қаршилиги $X_L = \omega L$, бунда $\omega = 2\pi f$ — токнинг доиравий частотаси. Токнинг амплитудаси $I_0 = U_0/X_L$. Бундан $L = U_0/2\pi f I_0 = 0,051$ Г.

$$925. L = \frac{X_L}{2\pi f} = 0,080 \text{ Г}; \quad I_0 = \frac{U_0}{X_L} = \frac{\sqrt{2} U_0}{X_L} = 0,28 \text{ А.}$$

$$926. N = \frac{U_0^2 R}{2Z^2} = \frac{U_0^2 R}{2\left[R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2\right]} = 0,5 \text{ Вт}; \quad \text{tg } \varphi = \frac{\omega L - (1/\omega C)}{R} =$$

$= 3,02; \varphi = -72^\circ 40'$.

927. Индуктив қаршилик $X_L = \omega L$, сифим қаршилик $X_C = 1/\omega C$ ва тўла қаршилик

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

бунда $\omega = 2\pi f$ — токнинг доиравий частотаси.

$f_1 = 50$ Гц ($\omega = 314 \text{ сек}^{-1}$) частотада:

$$X_L = 157 \text{ Ом}, \quad X_C = 3,18 \text{ кОм}, \quad Z = 3,33 \text{ кОм.}$$

$f_2 = 10$ кГц ($\omega = 6,28 \cdot 10^4 \text{ сек}^{-1}$) частотада:

$$X_L = 31,4 \text{ кОм}, \quad X_C = 15,9 \text{ Ом}, \quad Z = 31,4 \text{ кОм.}$$

$$928. U_0 = I_0 X_C = I_0 T / 2\pi C = 0,7 \text{ кВ.}$$

$$929. I_0 = \frac{U_0}{Z} = \frac{\sqrt{2} U_0}{\sqrt{R^2 + (1/\omega^2 C^2)}} = 1,4 \text{ А.}$$

$$930. f = \sqrt{2U_0^2 - I_0^2 R^2} / 2\pi I_0 L = 61 \text{ Гц.}$$

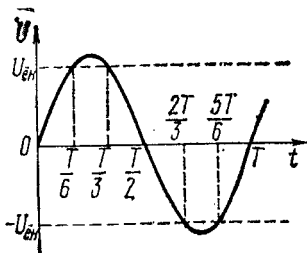
$$931. \text{Тўла реактив қаршилик } X = \left| \omega L - \frac{1}{\omega C} \right| = \left| 2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C} \right|. \text{ Агар } f_0$$

частотада тўла реактив қаршилик нолга тенг бўлса, у ҳолда $2\pi f_0 L = 1/2\pi f_0 C$. Бундан

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = 711 \text{ Гц.}$$

932. $U_0 = Q \mathcal{E}_0 = 420$ В, $Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{R\omega C}$ (931-масаланинг ечимига қаранг).

933. Ҷзгармае ток занжирида $I = U/R = 2\text{А}$. Индуктив қаршидик $X_L = \omega L = 2\pi fL = 5\text{кОм}$. Ҷзгарувчан ток занжирида дросселнинг актив қаршилигини индуктив қаршиликка нисбатан ҳисобга олмаслик мумкин ($R \ll X_L$). Кучланиш амплитудаси $U_0 = \sqrt{2}U_9$. Ҷзгарувчан ток амплитудаси



$$I_0 = \frac{U_0}{X_L} = \frac{1}{2\pi fL} \sqrt{2} U_9 = 3,6\text{ мА.}$$

381- расм.

934. Қувват $N = \frac{I_0 U_0}{2} \cos \varphi$. Бундан $\cos \varphi = \frac{2N}{I_0 U_0} = 0,8$.

935. Токнинг эффе́ктив қиймати $I_9 = I_0 / \sqrt{2}$. Иссиқлик миқдори:

$$Q = I_9^2 R t = \frac{1}{2} I_0^2 R t = 3,96 \cdot 10^6 \text{ Ж.}$$

936. $m = \frac{U^2 \tau (1 + \alpha t)}{r R (1 + \alpha t_1)} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 5 \text{ г.}$

937. Эффе́ктив кучланиши U_9 га тенг бўлган тармоқдаги кучланиш амплитудаси $U_0 = \sqrt{2} U_9$ бўлади. Кучланишнинг бошланғич фазаси нолга тенг деб, кучланишнинг вақт ўтиши билан Ҷзгариш қонунини ёзмай:

$$U_9 = U_0 \sin \omega t = U_0 \sin \frac{2\pi}{T} t$$

(кучланишнинг вақтга боғланиш графиги 381-расмда кўрсатилган). Лампанинг ёниши ва ўчиши тармоқ кучланиши ёниш кучланишига тенг бўлган t_m вақт моментларига содир бўлади, яъни

$$U_{\text{ен}} = \left| U_0 \sin \frac{2\pi}{T} t_m \right|; \text{ бундан } \left| \sin \frac{2\pi}{T} t_m \right| = \frac{U_{\text{ен}}}{U_0} = \frac{U_{\text{ен}}}{\sqrt{2} U_9} = 0,867.$$

Синус белгиси олдида турган $(2\pi/T) t_m$ катталикининг энг кичик мусбат қиймати $60^\circ = \pi/3$ ни ташкил этади. Умумий ҳолда

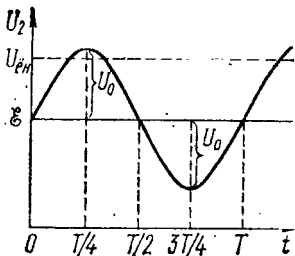
$$\frac{2\pi t}{T} = m\pi \pm \frac{\pi}{3},$$

бунда m — бутун сон ($m = 0, 1, 2, \dots$). Демак,

$$t_m = m \frac{T}{2} \pm \frac{T}{6}.$$

Бундаги мусбат ишора лампанинг ёниш моментларига тўғри келади (бу моментларда кучланиш абсолют қиймати бўйича ортади), минус ишора эса лампанинг ўчиш моментларига мос келади (кучланиш абсолют қиймати бўйича камаяди). Хусусан, биринчи чакнаш $t_0 = T/6$ да ва биринчи ўчиш $t_1 = \frac{T}{2} - \frac{T}{6} = \frac{T}{3}$ да содир бўлади. Шундай қилиб, чакнаш давомийлиги:

$$\Delta t = t_1 - t_0 = T/6 = 0,0033 \text{ сек.}$$



382-дасм.

Чақнашлар ва ўчишлар ҳам ярим давр давомида содир бўлади. Винобарин, бирлик вақтдаги чақнашлар сони $n = 2/T = 100$.

938. Трансформаторнинг чиқишидаги кучланишнинг амплитуда қиймати $U_0 = \sqrt{2}U$. Бу кучланишнинг вақт ўтиши билан ўзгариш қонуни: $U_1 = U_0 \sin 2\pi ft$. Лампа электродлари орасидаги кучланиш $U_2 = \mathcal{E} + U_1 = \mathcal{E} + \sqrt{2}U \sin 2\pi ft$ (бу кучланишнинг вақтга боғланиш графиги 382-расмда келтирилган).

$\sin 2\pi ft = 1$ бўлганда U_2 кучланиш энг катта қийматга эга бўлади: $U_{2\text{макс}} = \mathcal{E} + \sqrt{2}U = 100$ В. $\sin 2\pi ft = -1$ бўлганда U_2 кучланиш энг кичик қийматга эга бўлади: $U_{2\text{мин}} = \mathcal{E} - \sqrt{2}U = 20$ В, яъни $U_{2\text{макс}} > U_{\text{ен}}$ ва $U_{2\text{мин}} < U_{\text{ен}}$. Шундай қилиб, лампа электродларидаги кучланиш давр давомида фақат бир марта ёниш кучланишидан катта бўлади, шунинг учун чақнаш частотаси токнинг частотасига тенг: $f = 200$ Гц.

939. Бирламчи чулғамга бериладиган қувват (сарфланган қувват) $N_1 = I_1 U_1$. Иккиламчи чулғам нагрузкага берадиган қувват (фойдали қувват) $N_2 = I_2 U_2$. Трансформаторнинг ф. и. н.

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} = 0,95 = 95 \%$$

940. Иккиламчи чулғамдаги э. ю. к. $\mathcal{E} = U_1/k$. Иккиламчи чулғам учларидаги кучланиш

$$U_2 = \mathcal{E} - Ir = \frac{U_1}{k} - Ir = 21,5 \text{ В.}$$

941. Иккиламчи чулғамда индукцияланадиган э. ю. к. нагрузка қаршилигидаги U_2 кучланиш тушишига ва чулғам қаршилигидаги Ir кучланиш тушишига тенг бўлиши керак, шунинг учун чулғамлардаги ўрамлар сони нисбати:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2 + Ir}{U_1}; \quad \text{бундан} \quad n_2 = \frac{(U_2 + Ir) n_1}{U_1} = 4000 \text{ ўрам.}$$

942. Иккиламчи чулғамда индукцияланадиган э. ю. к. $\mathcal{E}_2 = U_2 + I_2 r$. Трансформаторнинг трансформация коэффициентини

$$k = \frac{U_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{U_1}{U_2 + I_2 r} = 10$$

га тенг. Бирламчи чулғамдаги токни $U_1 I_1 = \mathcal{E}_2 I_2$ шартдан топамиз. Фойдали иш коэффициентини (иккиламчи чулғам учларидаги қувватни бирламчи чулғам истеъмол қиладиган қувватга нисбати):

$$\eta = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} = \frac{U_2}{\mathcal{E}_2} = \frac{U_2}{U_2 + I_2 r} = 0,91 = 91 \%$$

$$943. U_2 = \frac{U_1}{k} - Ir = 6 \text{ В}, \quad R = \frac{U_2}{I} = \frac{U_1}{kl} - r = 1,2 \text{ Ом.}$$

$$944. U_0 = \sqrt{U_{10}^2 + 2U_{10}U_{20} \cos \varphi_0 + U_{20}^2} = 155 \text{ В}; \quad \text{tg } \varphi = \\ = \frac{U_{20} \sin \varphi_0}{U_{10} + U_{20} \cos \varphi_0} = 0,34; \quad \varphi = 19^\circ.$$

25- §. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар

945. Электромагнит энергиянинг фазога нурланишини ҳисобга олмасдан, конденсаторда тўпланган ҳамма энергия иссиқликка айланади деб ҳисоблашимиз мумкин, яъни $Q = W = q^2/2C = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Ж}$.

946. Конденсатор тўла зарядланган ва контурда ток нолга тенг бўлган вақт моментларида электр энергия максимал бўлади. Унинг катталиги:

$$W = CU_0^2/2 = CU_0^2 = 10^{-7} \text{ Ж}$$

($U_0 = \sqrt{2} U_0$ — конденсатордаги кучланиш амплитудаси). Бу энергия контурнинг тўла энергиясига тенг. Конденсатор тўла зарядсизланган вақт моментларида ғалтакдан энг кўп ток ўтади. Ғалтак ичида унча катта бўлмаган магнит майдон ҳосил бўлади, яъни контур энг катта магнит индукцияга эга бўлади. Агар тебраниш даври ичида контурдаги энергия йўқолиши жуда кичик бўлса, у ҳолда энергиянинг сақланиш қонунига кўра максимал магнит энергия максимал электр энергияга тенг бўлади.

$$947. T = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi r \sqrt{\pi \varepsilon_0 L/d} = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ сек};$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{L_1 C_1} = 2\pi r \sqrt{\pi \varepsilon \varepsilon_0 L/d} = 2,51 \cdot 10^{-6} \text{ сек.}$$

$$948. \frac{f_2}{f_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{n}} = 1,01.$$

$$949. f_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC_1}}, \quad f_2 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(C_1 + C_2)}}.$$

Бундан

$$C_2 = C_1 \frac{f_1^2 - f_2^2}{f_2^2} = 15 \text{ мкФ.}$$

950. Контурнинг хусусий тебранишлар частотаси $f_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C}}$ ва $f_2 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_2 C}}$. Бундан кўринадики, ғалтакнинг индуктивлиги $L_1 = \frac{1}{4\pi^2 C f_1^2} = 16 \text{ мГ}$ дан $L_2 = \frac{1}{4\pi^2 C f_2^2} = 10 \text{ мГ}$ гача чегарада ўзгариши керак.

951. $d_1/d_2 = (\lambda_2/\lambda_1)^2 = 64$, бунда d_1 ва d_2 — пластинкалар орасидаги масофалар.

952. Частоталар диапазонининг чегаравий қийматлари $f_1 = c_0/\lambda_1$ ва $f_2 = c_0/\lambda_2$, бунда $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$ — электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги, $\lambda_1 = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$ ва $\lambda_2 = 10 \text{ мм} = 10^{-2} \text{ м}$ — диапазонни чегараловчи тўлқин узунликлари. c_0 , λ_1 ва λ_2 ларнинг қийматларини ўрнига қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$f_1 = 3 \cdot 10^{11} \text{ Гц} = 300 \text{ ГГц} \quad \text{ва} \quad f_2 = 3 \cdot 10^{10} \text{ Гц} = 30 \text{ ГГц.}$$

953. Рентген нурларининг тўлқин узунлиги $\lambda = c_0/f = 10^{-8}$ см = 0,1 нм = 1 Å.

954. Генератор тўлқин узунликлари диапазони $\lambda_1 = c_0/f_1 = 3 \cdot 10^3$ м = 3 км дан $\lambda_2 = c_0/f_2 = 11,6$ м гача.

955. $L(\Gamma) = L(\text{см})/10^9$ ва $C(\Phi) = C(\text{см})/9 \cdot 10^{11}$ бўлганидан $\lambda(\text{см}) = c_0(\text{см/сек}) \cdot T(\text{сек}) = c_0(\text{см/сек}) \cdot 2\pi \sqrt{L(\Gamma)C(\Phi)} = 3 \cdot 10^{10} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{L(\text{см})}{10^9} \cdot \frac{C(\text{см})}{9 \cdot 10^{11}}} = 2\pi \sqrt{L(\text{см}) \cdot C(\text{см})}$.

956. 955-масаланинг ечимига мувофиқ $\lambda(\text{см}) = 2\pi \sqrt{L(\text{см})C(\text{см})} = 1,88 \times 10^5$ см ёки $\lambda = 1,88$ км.

957. $f = f_0 \sqrt{n} = 36$ кГц.

958. $\lambda = 2\pi c \sqrt{C \epsilon \frac{\Delta f}{\Delta T}} = 2450$ м ($\epsilon = 8 \cdot 10^6$ м/сек — радио тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги).

959. $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(C_1 + C_2)}} = 53$ кГц, $\omega = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}} = 3,33 \cdot 10^5 \text{сек}^{-1}$,
 $T = 2\pi \sqrt{L(C_1 + C_2)} = 18,8$ мксек, $\lambda = c_0 T = 2\pi c_0 \sqrt{L(C_1 + C_2)} = 5650$ м.

960. $f = \frac{c_0}{\lambda} = 60$ МГц, $L = \frac{1}{C} \left(\frac{\lambda}{2\pi c_0} \right)^2 = 3,52 \cdot 10^{-7}$ Г.

961. $\lambda = c_0 T = 2\pi c_0 \sqrt{\epsilon \epsilon_0 S L / d} = 2350$ м.

962. Контурдаги тебранишлар даври $T = 2\pi \sqrt{LC}$, бунда C — конденсаторнинг сизими. Тўлқин узунлиги $\lambda = c_0 T$. Бундан

$$C = \frac{1}{L} \left(\frac{\lambda}{2\pi c_0} \right)^2 = 5,07 \cdot 10^{-10} \text{Ф} = 507 \text{ пФ}.$$

963. Диапазонни чегараловчи тўлқин узунликлари $\lambda_1 = c_0 T_1 = 2\pi c_0 \sqrt{LC_1}$ ва $\lambda_2 = c_0 T_2 = 2\pi c_0 \sqrt{LC_2} = 6\pi c_0 \sqrt{LC_1}$, бунда $c_0 = 3 \cdot 10^8$ м/сек — электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги, T_1 ва T_2 — контурдаги тебранишларнинг энг кичик ва энг катта даврлари, L — контур галтагининг индуктивлиги. Бундан $\lambda_2 = 3\lambda_1 = 9$ м. Шундай қилиб, тўлқин узунликлари диапазони $\lambda_1 = 3$ м дан $\lambda_2 = 9$ м гача.

964. $\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{\lambda_2 f_1}{c_0} \right)^2 = 2,25$ C_2 — ўзгарувчан конденсаторнинг янги сизими.

965. Бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтганда электромагнит тўлқинларнинг тебраниш частотаси ўзгармайди шунинг учун тарқалиш тезлиги c бўлганда, тўлқин узунлиги $\lambda = c/f = 200$ м бўлади.

IV БОБ
ОПТИКА

26- §. Ёруғликнинг тарқалиши Ёруғлик тезлиги.
Ёруғликнинг тўлқин ва квант хоссалари

966. $H = \frac{vt + l_1 - l_2}{l_1 - l_2} h = 8,5 \text{ м}$ (383- расм).

967. Агар $t = 2l/c$ вақт ичида ёруғлик $ABOCD$ йўлли ўтганда призма тўла айлананинг $1/8, 2/8, 3/8, \dots$, умуман $k/8$ қисмига бурилишга -улгурса, манба труба орқали кўринади. Шунинг учун $\frac{2l}{c} = \frac{1}{f} \cdot \frac{k}{8}$, бундан

$$f = k = \frac{c}{16l} \approx 528 k, \text{ бунда } k = 1, 2, 3 \dots$$

968. Вакуумда тўлқин узунлиги $\lambda_1 = c/f = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 400 \text{ нм}$, олмосда эса $\lambda_2 = c/nf = 1,62 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 162 \text{ нм}$.

969. $n = ch/\lambda \epsilon = 1,5$.

970. $\epsilon = h\nu = hc/\lambda \approx 4 \cdot 10^{-19} \text{ Ж}$.

971. $\lambda = \frac{hc}{P + W_k} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 2500 \text{ \AA} = 250 \text{ нм}$.

972. Эйнштейн қонуни бўйича фотоэффект учун $h\nu = P + \frac{mv^2}{2} \geq P$. Демак, фотоэффект $\nu \geq P/h = 5 \cdot 10^{14} \text{ сек}^{-1}$ частотада кузатилади.

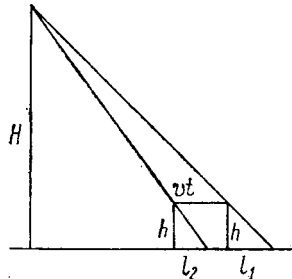
27- §. Ясси чегарада ёруғликнинг қайтиши ва синиши

973. $x = R \frac{h}{H} = 3 \text{ м}$.

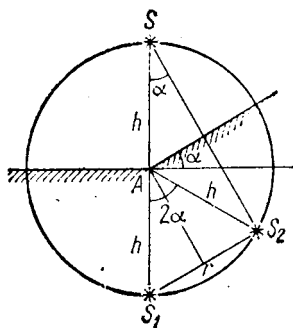
974. Шуъланинг диаметри иккала ҳолда $D = \left(\frac{H}{h} + 1\right) d = 13 \text{ см}$.

975. S нуқта ва унинг кўзгулардаги S_1 ва S_2 тасвирлари маркази A нуқтада бўлган h радиусли айланада ётади (384-расм). Равшанки, S_1AS_2 бурчак кўзгу бурилган $\alpha = \omega t$ бурчакдан икки марта катта. Шунинг учун $r = 2h \sin \alpha$ ва

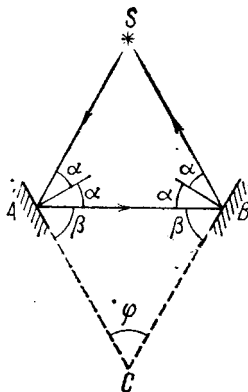
$$t = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{r}{2h} = 20 \text{ сек.}$$



383- расм.



384- расм.



385- расм.

$$976. \cos \alpha = \frac{b^2 - a_1^2 - a_2^2}{2a_1 a_2} = 0; \alpha = \pi/2.$$

977. 1) Нур тўғри учбурчак чизиб, манбага қайтади (385- расм). Шунинг учун нурнинг кўзгуга тушиш бурчаги $\alpha = 30^\circ$, сирпаниш бурчаклари эса $\varphi = \beta = 60^\circ$ ва ABC учбурчак — мунтазам учбурчак. Кўзгулар орасидаги бурчак $\varphi = \beta = 60^\circ$.

2) Ўтган йўли бўйича манбага қайтиши учун нур иккинчи кўзгуга унинг сиртига перпендикуляр равнишда тушиши керак (386- расм). Шунинг учун ABC — тўғри бурчакли учбурчакдир ва $\varphi = 30^\circ$.

978. Нурнинг кўзгуга тушиш бурчаги (кўзгу бурилмасдан олдин) φ га тенг. У ҳолда қайтиш бурчаги ҳам φ бўлади. Тушувчи ва қайтган нурлар орасидаги бурчак 2φ га тенг. Кўзгу бурилгандан сўнг тушиш бурчаги $\varphi + \alpha$, қайтган нурлар орасидаги бурчак ҳам $\varphi + \alpha$, тушувчи ва қайтган нурлар орасидаги бурчак $2(\varphi + \alpha)$ га тенг бўлиб қолган. Тушувчи нур қўзғалмайди, шунинг учун қайтган нур

$$\beta = 2(\varphi + \alpha) - 2\varphi = 2\alpha = 54^\circ$$

бурчакка бурилган.

$$979. L = 2l \operatorname{tg} 60^\circ = 3,46 \text{ м.}$$

980. β — нурнинг биринчи кўзгуга тушиш бурчаги, γ — иккинчи кўзгуга тушиш бурчаги бўлсин. Маълумки, $\alpha = 2\beta + 2\gamma$ (ABC учбурчакнинг ташқи бурчаклари каби). Бундан ташқари, OBC учбурчакдан

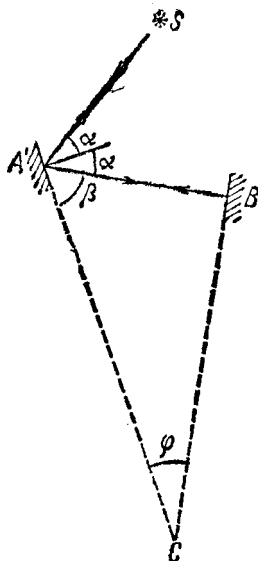
$$\varphi + \left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \pi$$

ни оламиз. Бундан

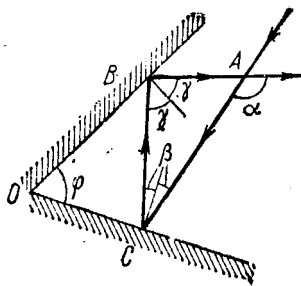
$$\alpha = 2(\beta + \gamma) = 2\varphi$$

ва нурнинг тушиш бурчагига боғлиқ эмас.

981. Нур икки кўзгудан қайтгандан сўнг тушувчи нур билан 2φ бурчак ҳосил қилувчи йўналиш бўйича кетади (980- масалага қаранг). Бу бурчак кўзгуларнинг вазиятига боғлиқ эмас ва шунинг учун кўзгулар айланганда



386- расм.



387- расм.

ўзгармайди. Қайтган нур бурилмасдан ўзига параллел ҳолда силжийди. Изланаётган бурчак $\gamma = 0$.

982. Нурнинг призмадаги йўли 388-расмда кўрсатилган. Нурнинг кумушланган BC ёққа тушиш бурчаги призманинг ABC бурчагига тенг (бу бурчаклар ўзаро перпендикуляр томонларга эга). Уни α орқали белгилаймиз. Равшанки, призманинг кумушланмаган AB ёғига тушиш бурчаги

$\angle DEF = \angle SDE = 2\alpha$ (SD ва EF параллел чизиқларни DE чизиқ кесиб ўтганда ҳосил бўлган ички алмашинувчи бурчаклар). Расмда берилган навшиша учун чегаравий бурчакдан катта бўлган ҳол тасвирланган $\angle EAC = \angle FEP = 2\alpha$ (томонлари ўзаро перпендикуляр бўлган бурчаклар каби). $\angle ABC + \angle BAC + \angle ACB = \pi$ бўлганидан,

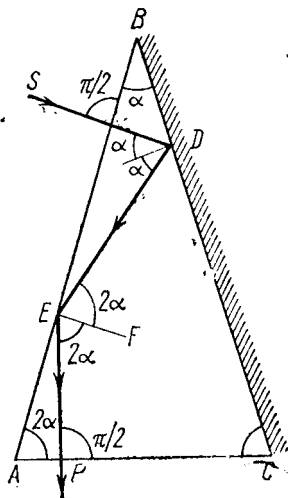
$$\begin{aligned} \angle ABC = \alpha = 36^\circ; \quad \angle EAC = \angle ACB = \\ = 2\alpha = 72^\circ. \end{aligned}$$

983. Призма ичидаги нур ёқларга туширилган перпендикулярлар билан ҳосил қилган бурчакларни δ ва ϑ орқали белгилаймиз (389-а расм). AKC учбурчак бурчакларининг йиғиндиси π га тенг. $ABCK$ тўртбурчак бурчакларининг йиғиндиси эса 2π га тенг, бунда $\angle BAK = \angle BCK = \pi/2$. Бинобарин, $\varphi = \delta + \vartheta$. Шунинг билан бирга $\gamma - ADC$ учбурчакнинг ташқи бурчаги, шу сабабли $\gamma = (\alpha - \delta) + (\beta - \vartheta) = \alpha + \beta - \varphi$. Изланаётган бурчак

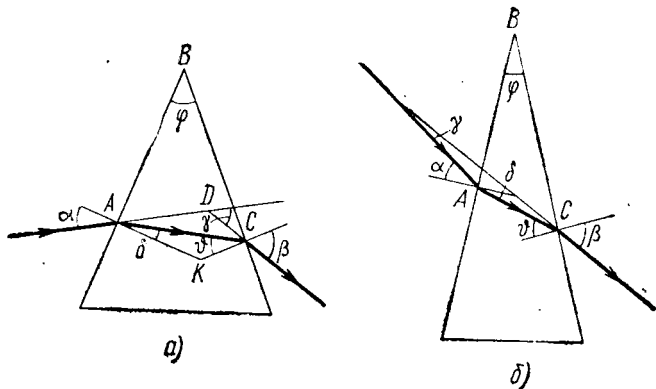
$$\varphi = \alpha + \beta - \gamma = \pi/4.$$

Призмадаги нур йўлини чизсак (389-б расмда кўрсатилган), ушбу ечимга келамиз:

$$\varphi = \beta + \gamma - \alpha = \frac{5}{12}\pi.$$



388- расм.



389- расм.

Бу ечимлар фақат геометрик шартлар ёрдамида олинди. Бироқ бу шартлар билан бирга синиш қонуни шартлари ҳам бажарилиши керак. Хусусан, иккинчи ҳолда призманинг иккинчи ёғига тушиш бурчаги $\vartheta = \varphi + \delta > \varphi$. Шишанинг синдириш кўрсаткичи $n > 1$ ва $\sin \vartheta / \sin \beta = 1/n$, шунинг учун $\sin \beta > \sin \vartheta$ ва $\beta > \varphi$. Охириги тенгсизлик $\beta = 60^\circ = \frac{4}{12} \pi$ ва $\varphi = \frac{5}{12} \pi$ қийматларга зид келади, шунинг учун иккинчи ечимни ташлаб юбориш керак.

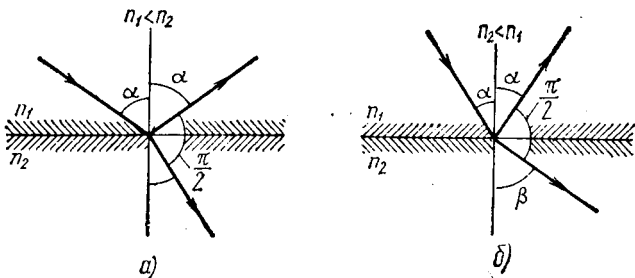
984. $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v}$, яъни $n \approx 1,4$; $v = \frac{c}{n} \approx 2,14 \cdot 10^8$ м/сек.

985. $\sin \delta = \sin \alpha (n \cos \alpha - \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha}) \approx 0,25$; $\delta = 14^\circ 30'$. Ёки $\delta = \arcsin(n \sin \alpha) - \alpha = 14^\circ 30'$.

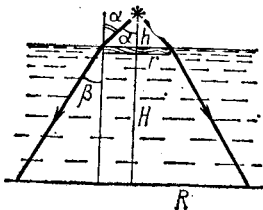
986. $v = \frac{1}{2} \left[\frac{\pi}{2} + \varphi + \arcsin(n \sin \alpha) \right] = \frac{1}{2} (90^\circ + 20^\circ + 60^\circ) = 85^\circ$.

987. Синиш қонунига кўра, $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$. Бундан ташқари, $\alpha + \frac{\pi}{2} + \beta = \pi$

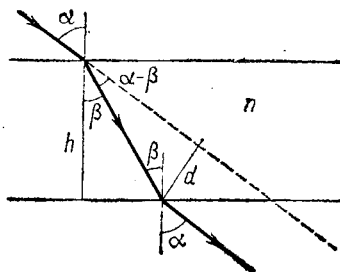
(390- расм). Бу ердан $\sin \beta = \cos \alpha$, бинобарин, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{n_2}{n_1}$, $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1}$.



390- расм.



391- расм.



392- расм.

988. Нисбий синдириш кўрсаткичи $n = \operatorname{tg} \sigma = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = 1,33$ (α — тушиш бурчаги).

989. $\operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{h}$, $R = r + H \operatorname{tg} \beta$, $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ (391- расм). Бундан

$$R = r \left(1 + \frac{H}{\sqrt{n^2 h^2 + r^2 (n^2 - 1)}} \right).$$

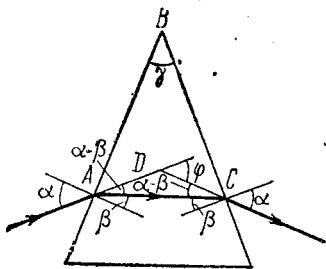
Соянинг максимал радиуси $h = 0$ да

$$R_{\text{макс}} = r + \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}} = 7 \text{ м бўлади.}$$

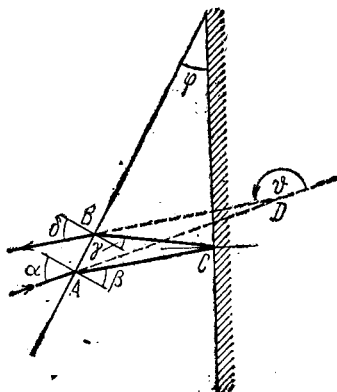
990. $r = R - \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}} \approx 5,73 \text{ м.}$

991. Пластинкадан чиққан даста тушувчи дастага параллел бўлади, $\frac{h}{\cos \beta} = \frac{d}{\sin(\alpha - \beta)}$ (392- расм). $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ бўлгани учун

$$h = \frac{d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha (\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \sqrt{1 - \sin^2 \alpha})} = 4,2 \text{ см.}$$



393- расм.



394- расм.

$$992. x = \left(\frac{n \cos \alpha}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha}} - 1 \right) d \sin \alpha.$$

993. Нурларнинг призмадаги йўли 393-расмда кўрсатилган. Тенг ёнли ADC учбурчакнинг ташқи бурчаги $\varphi = 2(\alpha - \beta)$. ABC учбурчакнинг бурчаклари йиғиндиси $\gamma + 2\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \pi$; яъни $\gamma = 2\beta$. Синиш қонуни бўйича $\sin \alpha / \sin \beta = n$. Бундан:

$$n = \frac{\sin [(\varphi + \gamma)/2]}{\sin(\gamma/2)} = \sqrt{\frac{1 - \cos(\varphi + \gamma)}{1 - \cos \gamma}} \approx 1,3.$$

994. Нурларнинг призмадаги йўли 394-расмда кўрсатилган. Ёқларга туширилган перпендикулярлар орасидаги бурчак φ га тенг бўлганидан, $\angle ACB = 2(\beta - \varphi)$. $\triangle ABC$ да бурчаклар йиғиндиси $\left(\frac{\pi}{2} + \gamma\right) + 2(\beta - \varphi) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \pi$. Бундан

$$\gamma = 2\varphi - \beta. \quad (1)$$

Изланаётган ϑ бурчак ADB учбурчакнинг ташқи бурчагидир. Шунинг учун

$$\vartheta = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + \left(\frac{\pi}{2} + \delta\right) \pi + \delta - \alpha. \quad (2)$$

Синиш қонунилари

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (3)$$

ва

$$\frac{\sin \vartheta}{\sin \gamma} = n \quad (4)$$

ни ҳам ёзиб чиқиб, номаълумни топиш учун (1) — (4) тенгламалар системасини топамиз. Бу системадан қуйидаги келиб чиқади:

$$\sin \vartheta = \sin \alpha \sqrt{1 - (\sin 2\varphi \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos 2\varphi \sin \alpha)^2 - \cos \alpha (\sin 2\varphi \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos 2\varphi \sin \alpha)}.$$

Бунга $\varphi = \pi/6$ ва $\alpha = \pi/4$ ни қўйиб,

$$\sin \vartheta = \frac{1}{4} \left(\sqrt{2} \sqrt{5 - 3n^2} + \sqrt{3} \sqrt{2n^2 - 1} + 1 - \sqrt{3} \sqrt{2n^2 - 1} \right)$$

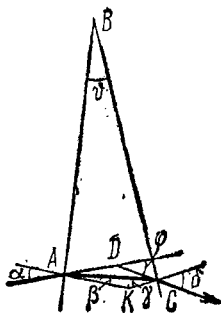
қийматни оламыз.

Агар $n = \sqrt{2}$ бўлса, у ҳолда нур призманинг иккинчи ёғига C нуқтада унга перпендикуляр тушади; бинобарин, қайтган нур тушувчи нур йўлидан кетади. Ҳосил қилинган формуладан бу ҳолда $\sin \vartheta = 0$ ва $\vartheta = \pi$ келиб чиқади.

Агар $n = 1,41$ аниқ бўлса, $\sin \vartheta \approx 0,0059$ бўлади, яъни изланаётган бурчак 180° дан тахминан $20'$ га фарқ қилади.

995. Нур AB ёққа α бурчак остида тушиб, β бурчак остида синади дейлик (395-расм). Синиш қонунига кўра

$$\sin \alpha / \sin \beta = n.$$



395- расм.

Мос равишда

$$\sin \gamma / \sin \vartheta = 1/n. \quad (2)$$

φ бурчак ADC учбурчакнинг ташқи бурчагидир. Шунинг учун

$$\varphi = (\alpha - \beta) + (\vartheta - \gamma). \quad (3)$$

Кейин: $\angle AKC = \pi - \vartheta$, демак,

$$\vartheta = \beta + \gamma. \quad (4)$$

(1) – (4) тенгламалар системасини ечиб ва кичик бурчакларда синуслар нисбатини бурчаклар нисбати билан алмаштириш мумкинлигини назарда тутиб, ушбуни оламиз: $\varphi = (n - 1)\vartheta = 4^\circ$.

996. Нурнинг йўли 396- расмда кўрсатилган. Равшанки,

$$x = \frac{h}{\cos \beta} \sin(\alpha - \beta) + l \sin(\alpha - \gamma).$$

Бундан ташқари, $\sin \alpha / \sin \beta = n_1$, $\sin \beta / \sin \gamma = n_2/n_1$. Бундан

$$\frac{1}{l} \left(\frac{x}{\sin \alpha} - h + \frac{h \cos \alpha}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha}} \right) = \frac{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \alpha}{n_2}$$

ёки

$$\frac{\sqrt{n_2^2(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1}{n_2 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{h}{l} \left(\frac{x}{h} \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{1}{\sqrt{n_2^2(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - \operatorname{tg}^2 \alpha}} - 1 \right).$$

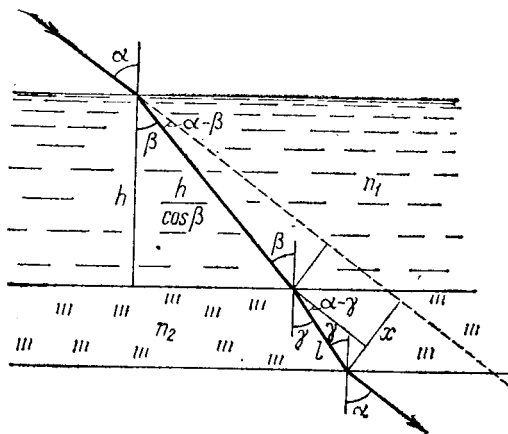
Ҳамма катталиклари маълум бўлган ўнг томонни $A (A \approx 0,497)$ орқали белгилаймиз. Шундай қилиб, квадрат тенгламага келамиз:

$$\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} (1 - A^2) n_2^2 - 2An_2 - \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = 0,$$

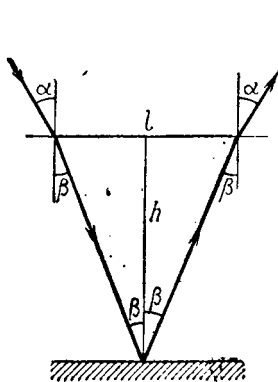
бунинг

$$n_2 = \frac{A \pm \sqrt{(1 - A^2)\operatorname{tg}^2 \alpha + 1}}{(1 - A^2) \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$$

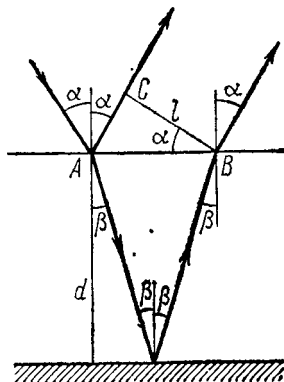
ечими n_2 учун иккита қийматни беради. Синдириш кўрсаткичи мусбат, шунинг учун $n_2 = 1,55$.



396- расм.



397- расм.



398- расм.

997. $l = 2htg \beta$ (397- расм). Маълумки, $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$. Бундан

$$l = \frac{2h \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \approx 97 \text{ см.}$$

998. $\alpha = \arcsin \frac{nd}{\sqrt{4h^2 + d^2}} \approx 28^\circ$

999. Нурларнинг пластинкадаги йўли 398- расмда кўрсатилган. ABC тўғри бурчакли учбурчакдаги ABC бурчак α га тенг, шунинг учун $AB = l \cos \alpha$. Бошқа томондан, ADB учбурчакдан кўриниб турибдики, $AB = 2d \operatorname{tg} \beta$. α ва β бурчаклар синиш қонуни орқали боғланган: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$. Бу тенгламаларни ечиб, β ва AB номаълумларни йўқотгандан сўнг

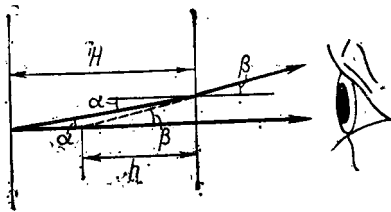
$$n = \sin \alpha \sqrt{1 + \left(2 \frac{d}{l} \cos \alpha\right)^2} \approx 1,8$$

ни оламиз.

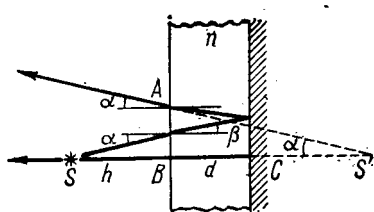
1000. $\varphi = \alpha$; $l = \frac{2nd}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$.

1001. Нуқтанинг туюлма ўрнини аниқлаш учун нуқтадан чиқувчи ва кузатувчининг кўзига келиб тушувчи икки нурни чизамиз. Нурлардан бири пластинка сиртига перпендикуляр, иккинчиси пластинка сиртига кичик α бурчак остида тушади, β бурчак остида синади ва кузатувчининг кўзига тушади, бу кузатувчига нуқта нурларнинг кесишиш нуқтасида, пластинка сиртидан h масофада тургандек туюлади.

399- расмдан кўриниб турибдики, $h \operatorname{tg} \beta = H \operatorname{tg} \alpha$. Бундан $\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{h}{H}$. Синиш қонунига кўра $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$. Кичик α ва β бурчаклар учун бу икки тенгламанинг чап томони бир хил деб ҳисоблаш мумкин. Бинобарин, тенгламаларнинг ўнг томонлари ҳам тенг ва $H = nh = 8 \text{ см.}$



399- расм.



400- расм.

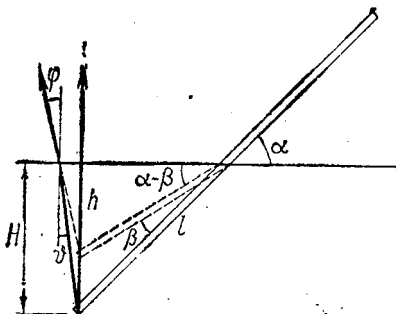
1002. Кузатувчи S нуқтанинг тасвирини S дан чиққан ва пластинканинг орқа сиртидан қайтган икки бир-бирига яқин нурлар кесшган S' нуқтада кўради (400- расм). Пластинкага перпендикуляр SBC нур қайтгандан сўнг S нуқтадан ўтади. Пластинкага кичик α бурчак остида тушувчи нур пластинкадан A нуқтада $AB = h \operatorname{tg} \alpha + 2d \operatorname{tg} \beta$ масофада чиқади. Айни пайтда $AB = (x - h) \operatorname{tg} \alpha$, α ва β бурчаклар кичик бўлгани туфайли синиш қонунини $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \approx \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$ кўринишда ёзиш мумкин. Бу тенгламалар системасини ечиб қуйидагини топамиз:

$$x = 2 \left(h + \frac{d}{n} \right) = 4,5 \text{ см.}$$

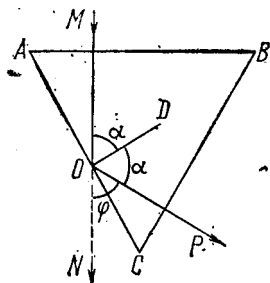
1003. Стерженьнинг учи $H = l \sin \alpha$ чуқурликда турибди, бунда l — стерженьнинг ботиб турган қисмининг узунлиги. Суюқлик сиртида нурларнинг синиши туфайли кузатувчи стержень учини $h = l \cos \alpha \operatorname{tg}(\alpha - \beta)$ чуқурликда кўради (401- расм). Вертикал йўналишда қараётган кузатувчи учун тушиш бурчаги ϑ ва синиш бурчаги φ жуда кичик, шунинг учун $H = nh$ (1001- масаланинг ечимига қаранг) ёки $\operatorname{tg} \alpha = n \operatorname{tg}(\alpha - \beta)$. Охириги тенгламани β га нисбатан ечиб,

$$\frac{n-1}{\operatorname{tg} \beta} = \operatorname{tg} \alpha + \frac{n}{\operatorname{tg} \alpha}$$

ни топамиз. α бурчакнинг тенгламанинг ўнг томонидаги йиғинди энг кичик бўладиган қийматида β бурчак энг катта бўлади. Бу қўшилувчиларнинг қў-



401- расм.



402- расм.

пайтмаси доимий сон бўлганидан, равшанки, йиғинди қўшилувчилар тенг бўлганда энг кичик қийматга эга бўлади. Бинобарин,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n}{\operatorname{tg} \alpha} \text{ ва } \alpha = \operatorname{arctg} \sqrt{n}.$$

1004. Нур призманинг AB ёғида сингандан сўнг перпендикулярдан оғмайди (402- расм), шунинг учун нурнинг AC ёқда тушиш бурчаги α (призма ичида) 60° ни ташкил этади. AC ёқда синиб чиқиши керак бўлган нурнинг „чиқиш“ бурчагини синиш қонунидан топиш мумкин: $\sin \alpha / \sin \beta = 1/n$. $\alpha = 60^\circ$ ва $n = 1,5$ бўлганда β бурчак ҳақиқий қийматга эга бўлмайди. Демак, AC ёқда тўла қайтиш рўй беради ва нур BC ёқдан унга перпендикуляр равишда чиқади. Изланаётган бурчак $NOP = \varphi = 60^\circ$.

$$1005. S = \pi h^2 / (n^2 - 1) = 1256 \text{ см}^2.$$

1006. $x > \frac{2H - h}{\sqrt{n^2 - 1}} \approx 32,3$ м. Сув ҳавзаси тубининг 32,3 м дан яқин масофаларда жойлашган қисмлари ғаввосга ёмон кўринади, чунки бу қисмларидан келаётган нурлар унинг кўзига кундузги ёруғлик ўтиб келаётган сув сиртидан қайтгандан сўнг етиб келади.

1007. Тўла қайтиш бурчагидан катта бурчак остида сиртга тушаётган нурлар ҳавога чиқмайди. Шунинг учун $R = \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}} = 3,6$ м.

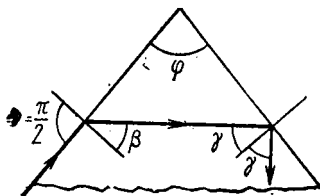
1008. 1) агар манба 1,5 см дан чуқурроқда жойлашган бўлса, $h = 1,5$ см; 2) агар манба 1,5 см дан кам чуқурликда бўлса, диск сувнинг сиртида бўлади.

$$1009. r = \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}} = 8,9 \text{ см.}$$

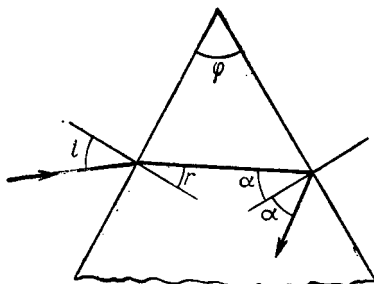
1010. Биринчи ёқда нурларнинг синиш бурчаги (403- расм) $\frac{\sin(\pi/2)}{\sin \beta} = n$ тенгламадан аниқланади, бундан $\sin \beta = 1/n$, яъни — тўла қайтишнинг лимит бурчаги. Иккинчи ёқда тўла қайтиш учун $\gamma > \beta$ бўлиши керак. Равшанки, $\varphi = \beta + \gamma$, демак призманинг энг кичик синдириш бурчаги $\varphi = 2\beta$ ёки

$$\sin \varphi = \sin 2\beta = 2 \sin \beta \cdot \cos \beta = \frac{2\sqrt{n^2 - 1}}{n^2} \approx 0,976.$$

Бундан $\varphi = 77^\circ 20'$.



403- расм.



404- расм.

1011. Агар иккинчи ёққа тушиш бурчаги α тўла қайтиш лимит бурчагига тенг ёки ундан катта бўлса, нур ундан чиқа олмайди. Демак, $\sin \alpha \geq 1/n$. Бундан ташқари, 404-расмдан кўриниб турибдики, $\varphi = r + \alpha$ ва $\sin l / \sin r = n$. Бундан

$$\sin i = n \sin \varphi \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} - n \cos \varphi \sin \alpha < \sin \varphi \sqrt{n^2 - 1} - \cos \varphi = 0,7435.$$

Демак, $i < 48^\circ$.

1012. $\sin \alpha \approx 0,3$; $\alpha \approx 17^\circ 30'$.

28-§. Фотометрия

1013. Шипдаги нуқтадан туриб қараганда хона деворлари ва поли $\omega = 2\pi$ стерадиан фазовий бурчак остида кўринади, шунинг учун $\Phi = I\omega = 1256$ лм.

1014. Ёруғликнинг фотографик таъсирини экспозиция вақтида фотоқоғозга тушган ёруғлик энергиясига пропорционал деб ҳисоблаш мумкин. Ўз навбатида бу энергия фотоқоғоз ёритилганлигининг вақтга кўпайтмасига пропорционал. Шунинг учун бир хил сурат олиш учун ушбу тенглик ба-жарилиши керак:

$$\frac{I_1}{r_1^2} t_1 = \frac{I_2}{r_2^2} t_2; \text{ бундан } t_2 = \frac{I_1}{I_2} \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 t_1 = 27 \text{ сек.}$$

1015. r_1 ва r_2 -экрандан тегишли лампаларгача масофа бўлсин. Шартга

кўра $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$ ва $r_1 + r_2 = l$ Бундан

$$r_1 = \frac{I_1 - \sqrt{I_1 I_2}}{I_1 - I_2} \quad l = 1 \text{ м ва } r_2 = \frac{-I_2 + \sqrt{I_1 I_2}}{I_1 - I_2} \quad l = 0,8 \text{ м.}$$

Ҳар бир квадрат тенгламанинг иккинчи илдизи масала шартига тўғри келмайди, бу шартга кўра экран лампалар орасига жойлашган бўлиши керак.

1016. $x = \frac{l\sqrt{I_1}}{\sqrt{I_1} \pm \sqrt{2I_2}}$. Минус ишора иккала лампа варақнинг битта томонини ёритаётган ҳолга мос келади, у ҳолда $x = 9$ м. Агар варақ лампалар орасига жойлашган бўлса, у ҳолда $x = 1$ м.

1017. $E = \frac{I}{d^2 \cos \alpha} = \frac{I}{d^2 \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} \approx 3$ лк.

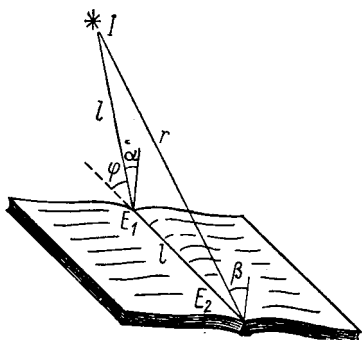
1018. $\frac{E_1}{E_2} = \left(1 + \frac{a^2}{2h^2}\right)^{3/2} \approx 3,1$.

1019. Агар лампа толасини нуқтавий ёруғлик манбаи деб қабул қилинса, у ҳолда 405-расмга мувофиқ китоб юқори қисмининг ёритилганлиги

$$E_1 = \frac{I}{l^2} \cos \alpha = \frac{I}{l^2} \sin \varphi.$$

унинг пастки қисмининг ёритилганлиги

$$E_2 = \frac{I \cos^3}{l^2} = \frac{I}{l^2} \sin \frac{\varphi}{2}.$$



405- расм.

Манбадан китобнинг пастки қисмигача бўлган масофа $r = 2l \cos(\varphi/2)$. Бу ерда учбурчакнинг ташқи бурчаги ҳақидаги теорема қўлланилган ва бу учбурчак тенг ёнли деб олинган. Бундан

$$E_1 - E_2 = \frac{I}{l^2} \left(\sin \varphi - \frac{\sin(\varphi/2)}{4 \cos^2(\varphi/2)} \right) \approx 155 \text{ лк.}$$

1020. Агар ёруғлик манбаининг ёруғлик кучи ҳамма йўналишда бирдай бўлса, у ҳолда шуълаланаётган ёруғлик оқими

$$\Phi = \frac{4\pi E(l^2 + h^2)^{3/2}}{h} = 25130 \text{ лм.}$$

1021. Бу жой чеккаларида $E = Ih/(h^2 + R^2)^{3/2}$, бўлган R радиусли доирадан иборат Доиранинг юзи

$$S = \pi R^2 = \pi \left[\left(\frac{Ih}{E} \right)^{2/3} - h^2 \right] \approx 1055 \text{ м}^2.$$

$$1022. S = \pi (Ih)^{2/3} (E_1^{-2/3} - E_2^{-2/3}) \approx 942 \text{ м}^2.$$

$$1023. E_1 = \frac{I}{r_1^2} \cos \alpha_1 = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha_1. \text{ Бунда } h - \text{чироқнинг ердан баландлиги,}$$

$$l - \text{чироқнинг ёруғлик кучи, } E_2 = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha_2. \text{ Бундан } E_2 = E_1 \left(\frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1} \right)^2 = 80 \text{ лк.}$$

1024. Полнинг деворга яқин жойларидаги ёритилганлик энг кичик (E_1), деворнинг полга яқин жойларида ҳам ёритилганлик энг кичик (E_2) (406-расм);

$$E_1 = \frac{I}{h^2 + (d^2/4)} \cos \beta = \frac{Ih}{[h^2 + (d^2/4)]^{3/2}},$$

$$E_2 = \frac{I}{h^2 + (d^2/4)} \cos \alpha = \frac{I(d/2)}{[h^2 + (d^2/4)]^{3/2}}.$$

Масаланинг шартига кўра $E_2/E_1 = n$. Бундан $h = d/2n = 7,5 \text{ м.}$

1025. Стол ўртасида биринчи лампа берган ёритилганлик $F_1 = I_1/h_1^2$, иккинчи лампа берган ёритилганлик $E_2 = I_2/h_2^2$. Стол четининг ёритилганлиги мос ҳолда

$$E_3 = \frac{I_1 h_1}{[h_1^2 + (d^2/4)]^{3/2}},$$

$$E_4 = \frac{I_2 h_2}{[h_2^2 + (d^2/4)]^{3/2}}.$$

Масала шартига кўра $E_1 = E_2$, бундан

$$\frac{E_3}{E_4} = \frac{I_1 h_1 [h_2^2 + (d^2/4)]^{3/2}}{I_2 h_2 [h_1^2 + (d^2/4)]^{3/2}} = \left(\frac{4 I_2 h_1^2 + I_1 d^2}{4 I_2 h_1^2 + I_2 d^2} \right)^{3/2} = 3.$$

Ёритилганлик уч баробар камаяди.

1026. Изланаётган нуқталардаги ёритилганликлар йиғиндиси (407- расм)

$$E_1 = \frac{I_1 h_1}{(l^2 + h_1^2)^{3/2}} + \frac{I_2 h_2}{(l^2 + h_2^2)^{3/2}}$$

бунда I_1 — биринчи лампанинг ёруғлик кучи, I_2 — иккинчи лампанинг ёруғлик кучи. Агар лампалар ўрни алмаштирилса, у ҳолда ўша нуқталардаги ёритилганлик

$$E_2 = \frac{I_2 h_1}{(l^2 + h_1^2)^{3/2}} + \frac{I_1 h_2}{(l^2 + h_2^2)^{3/2}}$$

бўлади. Масала шартига кўра $E_1 = E_2$. Демак,

$$l = h_1^{1/3} h_2^{1/3} (h_1^{2/3} + h_2^{2/3})^{1/2} \approx 21,6 \text{ лк.}$$

1027. Ҳар бир томонининг ёритилганлиги $E = 3I/l^2 = 30$ лк.

$$1028. l = 3\sqrt{3}(n-1)l_0 \approx 52 \text{ кд.}$$

$$1029. E = E_1 + E_2 = \frac{I h_1}{(l^2 + h_1^2)^{3/2}} +$$

$$+ \frac{I h_2}{(l^2 + h_2^2)^{3/2}} = 14,26 \text{ лк (407-расм).}$$

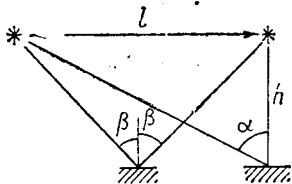
1030. Стол марказининг ёритилганлиги ҳар бир лампа бераётган ёритилганликлар йиғиндисиغا тенг. Битта лампа остидаги ёритилганлик

$$E_1 = \frac{I}{h^2} + \frac{I \cos \alpha}{h^2 + l^2}, \text{ бунда } \cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}}$$

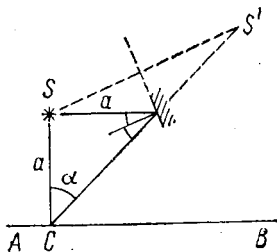
(408-расм). Стол лампалар ўртасида бўлганда $E_2 = \frac{2I \cos \beta}{h^2 + (l/2)^2}$, бунда $\cos \beta = \frac{h}{\sqrt{h^2 + (l/2)^2}}$.

Ёритилганликлар нисбати

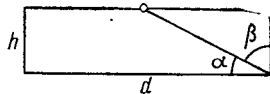
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{2} \left(h^2 + \frac{l^2}{4} \right)^{3/2} \left[\frac{1}{h^3} + \frac{1}{(h^2 + l^2)^{3/2}} \right] \approx 1,54.$$



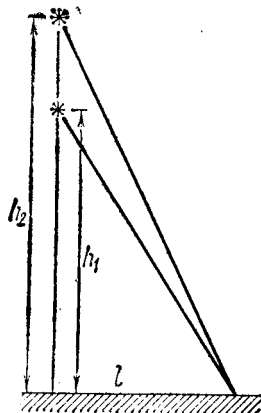
408- расм.



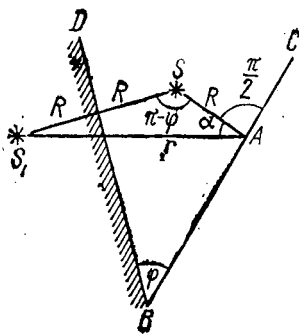
409- расм.



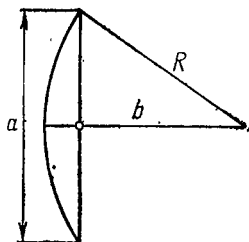
406- расм.



407- расм



410- расм.



411- расм.

$$1031. I_2 = \frac{2 I_1 h_1 h_2^2}{[h_1^2 + (l^2/4)]^{3/2}} \approx 820 \text{ кд.}$$

1032. Ясси кўзгунинг киритилиши S манбанинг кўзгудаги тасвири бўлган S' янги манба киритилиши билан тенг кучлидир (409- расм). S' манба ҳам I ёруғлик кучига эга, чунки ясси кўзгудан қайтган ёруғлик энергияси тарқалаётган фазовий бурчак ўзгармайди ва энергия йўқолиши бўлмайди. Кўзгу мавжудлигида ёритилганлик

$$E_1 = \frac{I}{a^2} + \frac{I \cos^2 \alpha}{a^2(1 + \cos^2 \alpha)},$$

кўзгу йўқлигида $E_2 = I/a^2$. Ёритилганликлар нисбати

$$E_1/E_2 = 3\sqrt{2}/2 - 1 \approx 1,12.$$

1033. $E = \frac{I}{a^2} + \frac{I}{(a+2b)^2}$ ёритилганликни манзаранинг ҳар бир нуқтасида бирдай деб ҳисоблаш мумкин (1032- масаланинг ечимига қаранг). $\Phi = ES \approx 3,75$ лм.

$$1034. E = \frac{I}{l^2} \left[1 + \frac{1}{[1 + (4a^2/l^2)]^{3/2}} \right] \approx 20,3 \text{ лк.}$$

1035. Манбанинг BD кўзгудаги S_1 мавҳум тасвири BC экрандан r масофада турибди (410- расм). A нуқтадаги ёритилганлик

$$E = \frac{I}{R^2} + \frac{I \cos \alpha}{r^2}.$$

r ва $\cos \alpha$ катталиклари геометрик мулоҳазалардан аниқланади:

$$r^2 = (2R)^2 + R^2 - 4R^2 \cos(\pi - \varphi) = R^2(5 + 4\cos \varphi) \text{ ва } \frac{\sin \alpha}{2R} = \frac{\sin(\pi - \varphi)}{r}.$$

Бундан ушбуни топамиз:

$$\cos \alpha = \frac{1 + 2\cos \varphi}{\sqrt{5 + 4\cos \varphi}}.$$

Натижада қуйидагини оламиз:

$$E = \frac{l}{R^2} \left[1 + \frac{1 + 2\cos\varphi}{(5 + 4\cos\varphi)^{3/2}} \right] = \left[1 + \frac{1 + \sqrt{2}}{(5 + 2\sqrt{2})^{3/2}} \right] \frac{l}{R^2} \approx 1,11 \frac{l}{R^2}.$$

29- §. Сферик кўзгулар

1036. Сферик кўзгунинг эгрилик радиуси (сфера радиуси) $R = 2F$. Пифагор теоремасига кўра $(a/2)^2 + b^2 = R^2$ (411-расм). Бундан $b = \sqrt{4F^2 - \frac{a^2}{4}} =$
 $= 1,26$ м.

1037. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Шартга кўра $f = d$, бинобарин $d = 2$ м.

1038. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = \frac{2}{R}$. Бинобарин, $R = \frac{2df}{d+f} = 0,8$ м.

1039. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; $\frac{L}{l} = \frac{f}{d}$. Бундан $L = \frac{F}{d-F} l = 0,22$ м.

1040. $R = 2d/(n+1) = 19,2$ см.

1041. Катталаштириш $k = \frac{f}{d}$; $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; $f - d = a$.

Бундан

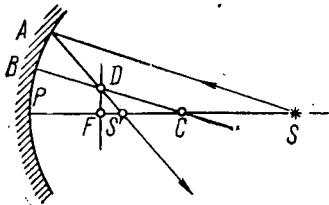
$$F = \frac{k}{k^2 - 1} a = 0,4.$$

1042. $k = 3$

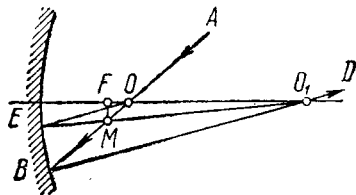
1043. $f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{3}{2} R$. Тасвир ҳақиқий.

Тасвирни ясаш учун шуълаланувчи S нуқтадан чиқувчи икки нурдан фойдаланиш мумкин (412-расм). Нурлардан бири (SP) кўзгунинг бош оптик ўқи бўйича йўналади ва қайтгандан сўнг аввалги йўналиши бўйича кетади. Иккинчиси SA нурнинг қайтгандан кейинги йўлини чизиш учун ёрдамчи оптик ўқ $BC \parallel SA$ ўтказамиз. Ёрдамчи BC оптик ўқнинг FD фокал текислик билан кесиш нуқтаси D ни топамиз. Шу нуқтадан қайтган ADS' нур ҳам ўтади. PS' ва AS' қайтган нурларнинг S' кесишиш нуқтасида S нуқтанинг ҳақиқий тасвири ҳосил бўлади.

1044. Равшанки, агар O нуқта манба бўлса, у ҳолда O_1 шу манбанинг тасвири бўлади. Демак, кўзгуга O нуқтадан келиб тушувчи ҳар қандай нур қайтгандан сўнг O_1 нуқта орқали ўтади. $OE \parallel BO_1$ ни чизамиз ва E ҳамда O_1 нуқталарни бирлаштирамиз (413-расм). Нурларнинг қайтувчанлигидан



412- расм,



413- расм,

фойдаланиб, кўзгуга OE ва DB параллел нурлар дастаси тушади деб ҳисоблаймиз. Параллел нурлар кўзгудан қайтиб, кўзгунинг фокал текислигидаги M нуқтада учрашади. M нуқтадан бош оптик ўққа перпендикуляр тушириб, F фокусни аниқлаймиз.

1045. Дастлабки катталаштириш $k_1 = f/d$, бунда $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Предмет

ва унинг тасвири x масофага силжиган бўлсин. У ҳолда $\frac{1}{d+x} + \frac{1}{f-x} = \frac{1}{F}$. Энди янги катталаштириш $k = \frac{f-x}{d+x}$ бўлади. Бундан: $k_2 = 1/k_1 = 0,2$; $x = f - d$, яъни предмет ва тасвир ўрин алмашган.

$$1046. F = \frac{k_1 k_2}{k_2 - k_1} a = 35 \text{ см.}$$

$$1047. F = l/(n_1 - n_2) = 2,5 \text{ см}$$

1043. Агар предмет кўзгу фокусидан узоқда жойлашган бўлса, у ҳолда $a = d - F$, $b = f - F$. Кўзгу формуласига кўра $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$.

Агар предмет кўзгу ва унинг фокуси орасида жойлашган бўлса, $a = F - d$, $b = f + F$; бу ҳолда кўзгу формуласини қуйидаги шаклда ёзиш мумкин: $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бу тенгламалар системасини алоҳида - алоҳида ечиб,

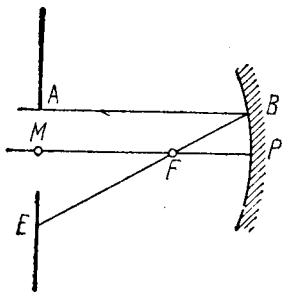
катталаштиришни топамиз: $k = f/d = \sqrt{b/a} = 1,5$ (ҳар бир ҳолда)

1049. Агар шуълаланувчи нуқта бирор предметга тегишли бўлганда эди, у $k = L/l = f/d$ катталаштириш билан тасвирланган бўлар эди. Ҳақиқий тасвир учун $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = \frac{2}{R}$. Демак, $R = \frac{2Ld}{L+l} = 1,2 \text{ м.}$

Мавҳум тасвир учун $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = \frac{2}{R}$. Шунинг учун $R = \frac{2Ld}{L-l} = 2 \text{ м.}$

1050. Дастадаги энг четки AB нур кўзгудан қайтиб ва унинг фокусидан ўтиб, экранда ёруғ доиранинг чеккадаги E нуқтасига келиб тушади (414-расм). BFP ва EFM учбурчакларнинг ўхшашлигидан:

$$\frac{d}{2} : F = \frac{D}{2} : (a - F); \text{ бундан } D = \frac{d(a-F)}{E} = 10 \text{ см.}$$



414-расм.

1051. Ёруғлик кучи I га тенг бўлган манба ўзидан r масофада жойлашган экранда $E_1 = I/r^2$ ёритилганлик ҳосил қилади. Кўзгу қўйилганда манбадан бевосита тарқалаётган ёруғлик энергиясига кўзгудан қайтиб экранга тушаётган нурлар энергияси қўшилади. Бу нурларни параллел нурлар деб ҳисобласак бўлади, шунинг учун экраннинг S юзига тушаётган кўзгудан қайтган нурларнинг Φ ёруғлик оқими кўзгудаги худди шундай S юзга тушаётган оқимга тенг бўлади. Экраннинг S

юзининг умумий ёритилганлиги $E = E_1 + \frac{\Phi}{S} = E_1 + \frac{I\omega}{S} = E_1 + \frac{I(S/F^2)}{S} = \frac{I}{r^2} + \frac{I}{F^2}$ бўлади. Ёритилганликлар нисбати

$$\frac{E}{E_1} = 1 + \left(\frac{r}{F}\right)^2 \approx 10^6$$

1052. Проектор нурларига перпендикуляр қўйилган экранда рефлектор ёритилганлигига тенг E_1 ёритилганликли ёруғ доғ ҳосил бўлади. Манба кўзгунинг фокусига жойлашган, шунинг учун $E_1 = I/F^2$. Ёруғлик ерга α бурчак остида тушади, $\cos \alpha = h/\sqrt{l^2 + h^2}$. Демак,

$$E = E_1 \cos \alpha = \frac{Ih}{F^2 \sqrt{l^2 + h^2}} = 7500 \text{ лк.}$$

1053. $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$. Бундан $d = \frac{fR}{2f + R} \approx 0,43 \text{ м.}$

1054. Ботиқ кўзгудаги тўғри тасвир мавҳум бўлади. Изланётган масофа ушбу тенгламалар системасидан топилади: $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$ ва $\frac{f}{d} = n$; бундан $d = \frac{R(n-1)}{2n} = 45 \text{ см.}$

1055. $\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$, $k = \frac{f}{d}$. Плюс ишора ҳақиқий тасвирга, минус ишора мавҳум тасвирга мос келади. Бундан $R = \frac{2kd}{k \pm 1}$, яъни ҳақиқий тасвир учун $R = 36 \text{ см}$ ва мавҳум тасвир учун $R = 50,4 \text{ см}$

1056. Катталашган тасвир ҳақиқий ёки мавҳум бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R}; \frac{f}{d} = n \text{ ва } f - d = l.$$

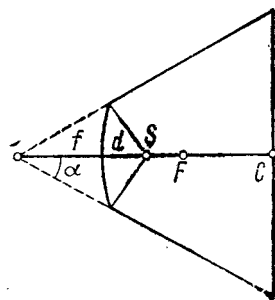
муносабатлар бажарилиши керак, иккинчи ҳолда эса

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R}; \frac{f}{d} = n \text{ ва } f + d = l$$

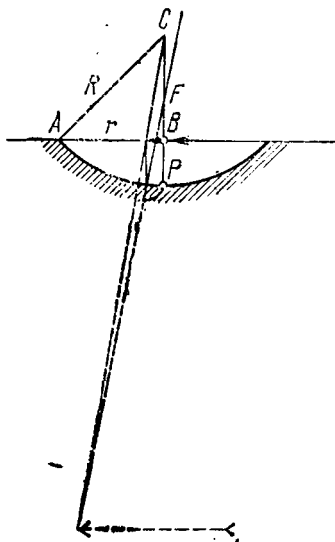
муносабатлар бажарилиши керак. Иккала тенгламалар системаси бирдай натижа бе-

ради: $R = \frac{2nl}{n^2 - 1} = 24 \text{ см.}$

1057. Экрандаги ёруғ доира нурларнинг кўзгудан қайтиши натижасида ҳосил бўлади (415- расм). Шуълаланувчи S нуқта фокусдан бериди жойлашганлиги сабабли нурлар S нинг мавҳум тасвири S' дан — мавҳум манбадан чиқади деб ҳисоблаш мумкин. Сферик кўзгу формуласи бўйича



415- расм.



416- расм.

1060. Манбаларнинг тасвирлари (мавҳум) орасидаги масофа $l = 0,75 R$.

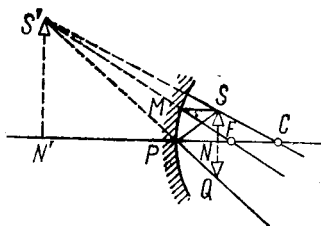
1061. $CA = R$ — сферик кўзгунинг эврилик радиуси (шарнинг радиуси), $BA = r$ — чуқурча радиуси бўлсин (416- расм). Унда $BP = d$ — предметдан (расмдан) кўзгугача масофа бўлиб, уни Пифагор теоремасидан аниқланади:

$(R - d)^2 + r = R^2$. Чизиқли катталаштириш $k = f/d$, бунда $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$.

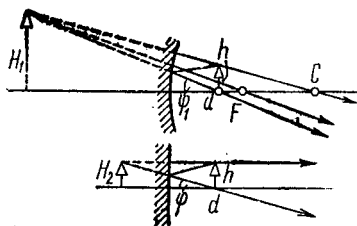
Шартга кўра $r/R = 0,8$, шунинг учун

$$k = \frac{1}{2\sqrt{1 - (r/R)^2} - 1} = 5.$$

1062. Сферик кўзгунинг радиуси бўйича йўналган нур худди шу йўналишда қайтади. Шунинг учун кўзгунинг оптик маркази C ни S ва S' нуқталарни бирлаштириб ва чизиқни оптик ўқ билан кесишгунча давом эттириб аниқлаш мумкин (417- расм).



417- расм.



418- расм.

$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, бунда $d = F/2$. Кўзгунинг диаметри $l = 2f \operatorname{tg} \alpha$, ёруғ доиранинг диаметри $L = 2(f + 2F) \operatorname{tg} \alpha$. Бундан $l/L = 3$.

1058. Мавҳум катталашган тасвир ботиқ сферик кўзгуда ҳосил бўлади.

Бунда

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R}; \quad \frac{f}{d} = n \text{ ва } f + d = l$$

муносабатлар бажарилиши керак.

$$\text{Бундан } R = \frac{2nl}{n^2 - 1} = 2 \text{ м.}$$

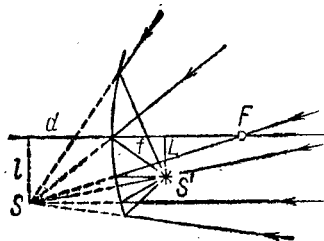
1059. Шуълаланувчи нуқтани кўзгунинг бош оптик ўқиға перпендикуляр жойлашган бирор предметга тегишли нуқта деб ҳисоблаш мумкин. Предмет

$k = \frac{b}{a} = \frac{f}{d}$ катталаштириш билан тас-

вирланади. $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ бўлгани учун

$$n = \frac{F}{F - d} = k = \frac{b}{a} = 2,5.$$

Кўзгунинг P қутбидан қайтган нур NN' оптик ўқ билан тушувчи нурниқига тенг бурчак ҳосил қилади. Оптик ўқнинг бошиқа томонида предмет ўлчамига тенг бўлган NQ кесма ажратиб ва Q ҳамда S' нуқталарни бирлаштириб, кўзгунинг P қутбини топамиз.



419-расм.

$SM \parallel NN'$ ўтказиб ва S' ҳамда M нуқталарни бирлаштириб, F фокусни топамиз.

1063. Сферик кўзгудаги маъхум тасвир одамдан $r_1 = \frac{R-d}{R-2d}$ $2d$ масофада жойлашган ва $H_1 = \frac{R}{R-2d} h$ катталиққа эга, бунда h —қаралаётган деталь катталиги (418-расм). Ясси кўзгуда ($R \rightarrow \infty$) $r_2 = 2d$ ва $H_2 = h$ бўлади. Одам сферик кўзгудаги тасвири φ_1 бурчак остида ($\text{tg} \varphi_1 = H_1/r_1$) кўради, ясси кўзгуда эса φ_2 бурчак остида кўради ($\text{tg} \varphi_2 = H_2/r_2$). Бурчак катталаштириш $k = \text{tg} \varphi_1 / \text{tg} \varphi_2$. Бундан

$$R = \frac{k}{k-1} d = 0,6 \text{ м.}$$

1064. Системадаги нурлар йўли 419-расмда кўрсатилган. Чизишда кўзгу фокуси ва маркази орқали ўтувчи нурлардан, шунингдек оптик ўққа параллел нурдан фойдаланиш қулай. Нурларнинг кўзгу бўлмагандаги йиғилиш нуқтаси S ни маъхум манба деб қараш мумкин, бу нуқтанинг ўқдан узоклиги l ни эса S ни ўз ичига олган маъхум предмет ўлчамлари деб қараш мумкин. У ҳолда L —шу предмет тасвирининг (ҳақиқий) ўлчамлари, S' нуқта S нинг тасвири бўлади. Кўзгу формуласи бўйича $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Катталаштириш $\frac{f}{d} = \frac{L}{l}$. Бундан $l = \frac{Fl}{F-f} = 0,25 \text{ м.}$

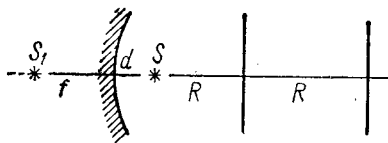
1065. Кўзгу орқасига давом эттирилган нурларнинг кесишиш нуқтасини маъхум манба деб қараш мумкин $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, шунинг учун $f = \frac{Fd}{d+F} = 0,075 \text{ м.}$

1066. $R = 2F = 8d = 1,60 \text{ см}$ (1065-масалага қаранг),

1067. Фокус масофани топниш учун ушбу тенгламалар системасини ечиш керак:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \quad |f - F| = a.$$

Нуқтанинг тасвири бош фокусдан яқинроқда жойлашган бўлса, $f - F = -a$ деб қараш керак; агар тасвир фокусдан нарироқда бўлса $f - F = +a$ деб олиш керак.

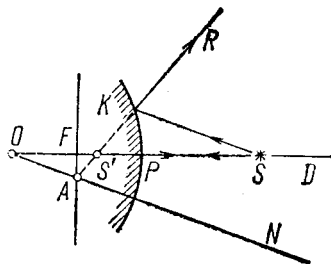


420- расм.

Биринчи тенгламалар системаси

$$F_{1,2} = \frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} - ad}$$

421- расм.



ни беради, бундан $F_1 = 12$ см ёки $F_2 = 8$ см. Иккинчи тенгламалар системасидан:

$$F_{3,4} = -\frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} + ad},$$

яъни $F_3 = 4$ см ёки $F_4 = -24$ см. Бу ҳолда кўзгу қавариқ эканлиги келиб чиқади

1068. S лампочка фокуздан берида жойлашган, унинг тасвири кўзгу орқасида S_1 масофада жойлашган (420- расм). Ушбу $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$ формуладан: $f = \frac{Rd}{R-2d}$ Лампочканинг тасвирини қўшимча манба деб ҳисоблаш мумкин, у кўзгу сиртида лампочка сингари ёритилганлик ҳосил қилади. Шунинг учун бу манбанинг I_1 ёруғлик кучи лампочканинг I ёруғлик кучи билан $\frac{I_1}{f^2} = \frac{I}{a^2}$ муносабат орқали боғланган. Бундан $I_1 = I \frac{f^2}{a^2} = 4I$. Кўзгудан R масофада турган экраннинг ёритилганлиги

$$E = \frac{I_1}{(R+f)^2} + \frac{I}{(R-d)^2} = \frac{32I}{9R^2}$$

Демак, $I = \frac{9}{32} ER^2$. Изланаётган ёритилганлик

$$E_1 = \frac{I_1}{(2R+f)^2} + \frac{I}{(2R-d)^2} = \frac{333}{1225} E \approx 0,272 E.$$

1069. Тасвир яшаш учун S нуқтадан чиққан ихтиёрий икки нурнинг йўлини топиш керак SP нур (421- расм), қайтгандан сўнг бош оптик ўқ бўйича кетади. Ихтиёрий SK нурнинг кўзгудан қайтгандан кейинги йўналишини аниқлаш учун ёрдамчи $ON \parallel SK$ оптик ўқ ўтказамиз. Ёрдамчи ўқнинг фокал текислик билан кесилиш нуқтаси A орқали KR қайтган нурнинг AK давоми ўтиши керак. Кузатувчи S нуқтанинг тасвирини P_1 ва KR қайтган нурлар давомининг S' кесилиш нуқтасида кўради. Тасвир мавҳум, чунки нурлар сочилувчи нурлардир.

1070. Қавариқ сферик кўзгу учун $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$, бунда $F = R/2$. Изланаётган масофа:

$$f = -\frac{Rd}{R + 2d} \approx -0.65 \text{ м,}$$

минус ишора предмет тасвири мавҳум эканлигини билдиради.

1071. Қавариқ кўзгу учун (ҳақиқий манба тасвири бундай кўзгуда мавҳум бўлишини ҳисобга олинганда) $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$. Бундан $d = \frac{fF}{F - f} = 1.8 \text{ м}$.

1072. $d = fR/(R - 2f) = 30 \text{ см}$.

1073. Тасвир ва предмет баландликларининг нисбати

$$k = \frac{f}{d} = \frac{F}{d + F} = \frac{1}{4}.$$

1074. $H = Rh/(R + 2d) = 3 \text{ мм}$.

1075. Нурлар йўли 422- расмда тасвирланган. Одатдагидек, тасвирни яшаш учун оптик ўққа параллел нурлардан, шунингдек давоми кўзгунинг фокусидан ёки унинг марказидан ўтувчи нурлардан фойдаланамиз. Маълумки,

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \text{ ва } k = \frac{L}{l} = \frac{f}{d} = \frac{1}{2},$$

шунинг учун

$$d = \left(\frac{1}{k} - 1\right) F = 0.2 \text{ м.}$$

1076. $d = (n - 1)F = \frac{n - 1}{2} R = 0.4 \text{ м}$.

1077. $R = 2d = 2 \text{ м}$.

1078. $x = d + f = 2d \frac{2d + l}{4d + l} \approx 0.34 \text{ м}$.

1079. Қаламининг кўзгуга яқин учи кўзгудан d_1 масофада, узоқдаги учи d_2 масофада жойлашган бўлсин. У ҳолда

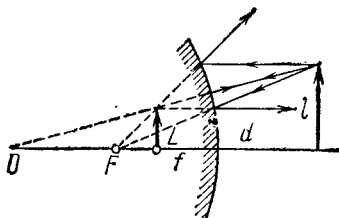
$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} = -\frac{1}{F}; \quad \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{F} \text{ ва } d_2 - d_1 = l.$$

Бу тенгламалар системасини ечиб қуйидагини оламиз.

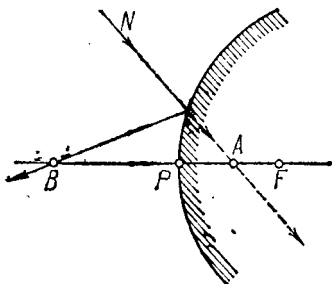
$$F = \frac{l(f_1 + f_2) \pm \sqrt{(f_2 - f_1)(4f_1f_2 - lf_1 + lf_2)}}{2l + f_1 - f_2}.$$

Манфий ишора билан олинганда $F = 12 \text{ см}$ бўлади, бу фокус масофада предмет ҳақиқий бўлиши мумкин, чунки $d < 0$ эканлиги келиб чиқади. Мусбат ишора билан олинганда $F = 120 \text{ см}$ бўлади.

1080. NA нур A нуқтада учрашувчи катта нурлар дастасига тегишли деб ҳисоблаб, бу нуқтани мавҳум манба ўрнида қабул қилиш мумкин (423-



422- расм.



423- расм.

расм). У ҳолда B нуқта бу манбанинг тасвири (ҳақиқий) бўлади. Буида $AP=d$, $BP=f$ бўлади.

Сферик кўзгу формуласига кўра $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$. Бундан ташқари шартга биноан $d + f = l$. Бундан

$$d = F + \frac{l}{2} \pm \sqrt{F^2 + \frac{l^2}{4}} = 0,25F \cdot (7 \pm 5).$$

Бундаги $d = 0,5F$ қийматиғинна яроқлидир, чунки $d = 3F$ да нур қайтгандан сўнг бош оптик ўқни кесиб ўтмайди.

1081. Манба мавҳум, тасвир ҳақиқий (1080- масаланинг ечимига қаранг).

$$R = 2F = \frac{2fd}{f-d} = 1,2 \text{ м.}$$

1082. Кўзгу формуласи бўйича $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$. Бундан

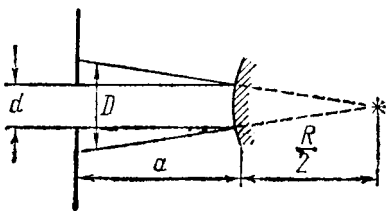
$$d = \frac{fF}{f+F} = 0,4 \text{ м.}$$

1083. d -мавҳум манбагача масофа бўлгани учун қавариқ кўзгу формуласини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$-\frac{1}{g} + \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} = -\frac{2}{R}.$$

Кўзгудан нурларнинг кесишиш нуқтасигача бўлган номаълум масофани ўз ичига олган $1/f$ ҳад олдиға мусбат ишора қўямиз. Кўзгудан қайтгандан сўнг нурларнинг ўзи эмас, балки уларнинг (мавҳум) давомлари кесишадиган ҳол учун f катталиқнинг қиймати манфий бўлиб чиқади. Агар қайтган нурлар йиғилувчан бўлса, у ҳолда f нинг қиймати мусбат бўлиб чиқади.

Бизнинг ҳолда $f = \frac{Rd}{R-2d} = -0,28 \text{ м}$, яъни қайтган нурлар шундай тарқаладики, уларнинг давоми кўзгу орқасида 28 см масофада жойлашган нуқтада кесишади.



424- расм.

1084. Берилган ҳолда манба каби, тасвири ҳам мавҳумдир, шунинг учун қавариқ кўзгу формуласи $-\frac{1}{d} -$

$-\frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$ кўринишда ёзилиши керак. Бундан $F = \frac{fd}{f+d} = 0,32 \text{ м}$.

1085. Қайтган нурлар кўзгунинг ундан $F = R/2$ масофада жойлашган

фокусидан тарқалувчи даста шаклида кетади. Учбурчакларнинг ўхшашлигиндан (424-расм):

$$\frac{D}{d} = \frac{a + (R/2)}{R/2} = \frac{2a + R}{R}, \text{ бундан } R = \frac{2ad}{D-d} = 64 \text{ см.}$$

$$1086. R = 2ad / (D - d) = 20 \text{ см.}$$

30-§. Линзалар

$$1087. d = f \frac{l}{L} = 7,5 \text{ м.}$$

$$1088. \text{ Линза формуласига кўра } D = \frac{1}{h} + \frac{1}{H-h} = 1,5 \text{ дптр.}$$

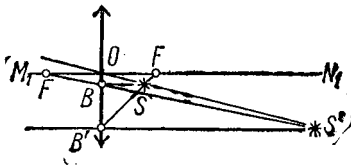
$$1089. x = \frac{1}{2} \left(\frac{fF}{f-F} + d \right) = 8 \text{ см.}$$

1090. Линзанинг O оптик маркази SS' тўғри чизиқнинг оптик ўқи билан кесишиш нуқтасида жойлашган. Оптик ўққа параллел SB ва $S'B'$ тўғри чизиқлар ўтказиб ва S нуқтани B' нуқта билан, S' нуқтани эса B нуқта билан бирлаштириб, SB' ва $S'B$ тўғри чизиқларни оптик ўқ билан кесишгунча давом эттирамиз. Кесишиш нуқталарида линза фокуслари жойлашган (425 — 428-расмлар).

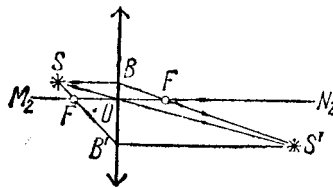
Баён этилган линзанинг оптик маркази ва фокусини аниқлаш усули нуқта тасвирини уч нур ёрдамида яшаш методига асосланган; бу нурлар: бош оптик ўққа параллел нур, линза марказидан ўтувчи нур ва линза фокусидан ўтувчи нур.

Биринчи уч ҳолда линза йиғувчи, тўртинчи ҳолда сочувчи линза бўлади. 1 ва 4 ҳолларда тасвир маъхум, 2 ва 3 ҳолда — ҳақиқий.

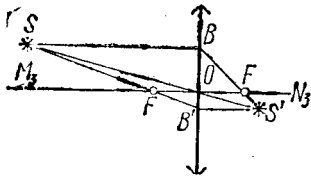
1091. Фокуслар ҳолатини топиш учун тушувчи ва синган нурларга параллел бўлган ёрдамчи оптик ўқлар ва берилган нурларнинг кесишиш нуқталаридан бош оптик ўққа перпендикулярлар туширамиз (429-расм).



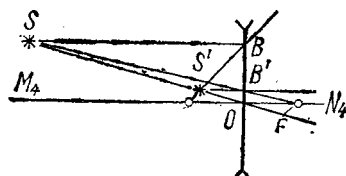
425-расм.



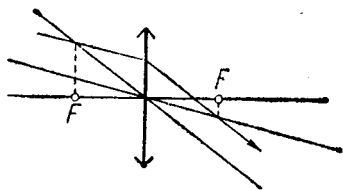
426-расм.



427-расм.



428-расм.



429- расм.

$$1092. \Delta t \approx \frac{d\Delta l}{F(v_1 - v_2)\sin\alpha} \approx 0,0085 \text{ сек} \approx \frac{1}{125} \text{ сек.}$$

$$1093. \text{Ўзгариш } \Delta f = f - F = \frac{F^2}{d - F} \approx 0,98 \text{ см бўлади.}$$

1094. Оптик ўққа нисбатан α бурчак остида йўналган ёруғлик нури пластинкадан ўтиш натижасида ўзига параллел равишда l масофага силжийди (430- расм):

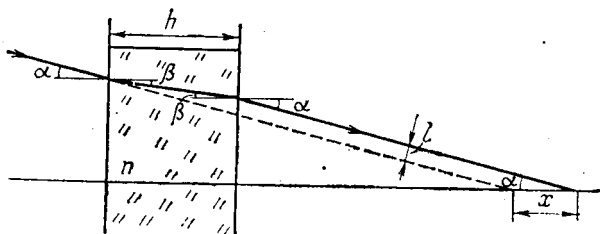
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \text{ ва } l = \frac{h}{\cos \beta} \sin(\alpha - \beta)$$

(991-масаланинг ечимига қаранг). Пластинкадан ўтгандан кейин нурларнинг кесишиш нуқтаси $x = l/\sin \alpha$ масофага силжийди. Бундан

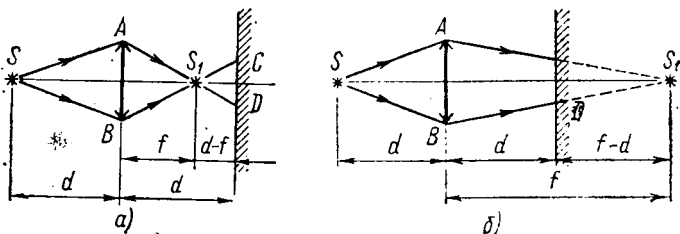
$$x = h \left(1 - \frac{\text{tg } \beta}{\text{tg } \alpha} \right) \approx h \frac{n - 1}{n}.$$

Бу ерда $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha$ шарт бажарилганда $\sin \beta \approx \text{tg } \beta$ шарт ҳам бажарилиши ҳисобга олинган. Фотоаппарат объективни ҳам худди шундай x масофага силжитиш керак.

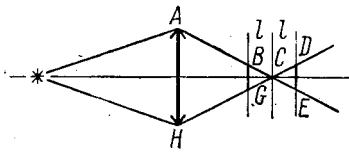
1095. Икки ҳол бўлиши мумкин. Линзадан экрангача бўлган d масофа линзадан S манбанинг S_1 ҳақиқий тасвиригача бўлган f масофадан катта. Нурлар экранга тарқалувчи даста тарзида тушади (431-а расм). ABS_1 ва



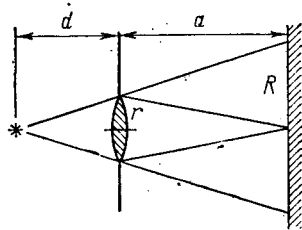
430- расм.



431- расм.



432- расм.



433- расм.

CDS_1 учбурчакларнинг ўхшашлигидан: $\frac{f}{d-f} = \frac{AB}{CD} = n$. Линза формуласи бўйича $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан $F = \frac{nd}{2n+1} = 4$ см.

Иккинчи ҳолда, экрангача бўлган d масофа тасвиргача бўлган f масофадан кичик (431-б расм) ABS_1 ва CDS_1 учбурчакларнинг ўхшашлигидан: $\frac{f}{f-d} = n$. Яна $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ линза формуласидан фойдаланиб, $F = \frac{nd}{2n-1} = 6,7$ см ни топамиз.

1096. Линзадан экрангача дастлабки масофа $f = Fd/(d-F)$ Экран l масофага силжитилгандан сўнг манба тасвири BG ёки DE доиравий догга айланади (432- расм): ACH , BCG ва DCE учбурчакларнинг ўхшашлигидан:

$$\frac{a}{b} = \frac{f}{l}, \text{ шунинг учун } b = \frac{al}{Fd} (d-F) = 1,5 \text{ см.}$$

1097. Линза формуласига кўра $\frac{1}{d} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$ Учбурчакларнинг ўхшашлигидан (433-расм): $\frac{2r}{d} = \frac{R}{d+a}$. Бундан $R = \frac{ar}{F} = 0,08$ м.

1098. $D_2 = D_1 d / (d - F) = 4,5$ см.

1099. Катталаштириш $k = \frac{L}{l} = \frac{f}{d}$, шунинг учун $f = \frac{L}{l} d = 10$ м.

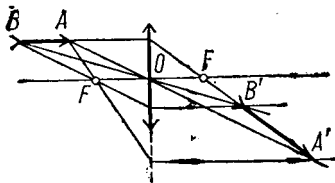
1100. $H = h \left(\frac{f}{F} - 1 \right) = 1$ см

1101. $F = fl / (L + l) = 15,4$ см.

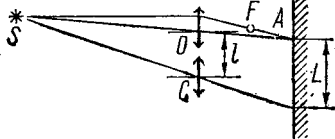
1102. $x = 1/|D^2| = 5$ м; катталаштириш $k = 1/|D| = 50$; $A = ka = 2$ м, $B = kb = 3$ м.

1103. Катталаштириш $k = 1/3$. Линза ва лампочка оралғини $l = (1 - k)/kD = 0,25$ м га орттириш керак.

1104. Линза формуласига кўра $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ бунда F — линзанинг фокус масофаси ва шартга кўра $d = F + l$. Катталаштириш $k = f/d$. Бундан $f = k(k+1)l = 36$ см.



434- расм.



435- расм.

1105. Линзанинг (биринчи ҳолда) ёки манбанинг (иккинчи ҳолда) тебраниш амплитудаси A га тенг бўлса, у ҳолда $\frac{A_1}{A} = \frac{f+d}{d}$ ва $\frac{A_2}{A} = \frac{f}{d}$. Бундан

ташқари, $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан $d = \frac{A_1}{A_2} F = 0,64$ м.

1106. Тасвир предметдан 4 марта кичик бўлади.

1107. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; $k = \frac{f}{d}$. Биобарин, $f(k+1) F = 5,1$ м.

1108. $\frac{1}{H} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; $k = \frac{f}{H} = 2,5 \cdot 10^{-4}$. Бундан $F = \frac{H}{1+(1/k)} \approx 0,5$ м.

1109. Предмет туша бошлаган пайтдан кейин t вақт ўтган бўлсин. У ҳолда предмет бу вақт моментида $v = gt$ тезликка эга бўлади ва кичик Δt вақт оралиғида $\Delta l = v \Delta t$ масофа ўтади. Худди шунча вақт давомида предмет тасвири $\Delta L = v_1 \Delta t$ масофа ўтади, бунда $v_1 = at$. Равшанки,

$$\frac{\Delta L}{\Delta l} = \frac{f}{d} \text{ ва } \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \text{ бундан } F = \frac{ad}{a+g} \approx 0,1 \text{ м.}$$

1110. 434- расмда чизиш усули кўрсатилган. Тасвир яшаш учун нуқтадан чиққан исталган икки нурларнинг линзада сингандан кейинги йўлини аниқлаш етарлидир.

1111. Линза формуласи $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ дан фойдаланиб, линзадан тасвиргача бўлган $f = \frac{Fd}{d-F} = 3F$ масофани, сўнгра $k = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} = 2$ катталаштиришни топамиз. Предмет, тасвир ва линза маркази ҳар донм бир тўғри чизиқда ётади. Шунинг учун тасвир икки марта катта радиусли айлана бўйлаб икки марта катта тезлик $v_2 = kv_1 = 6$ см/сек билан ҳаракатланади. Предмет ва тасвир айлананинг диаметрал қарама-қарши нуқталарида жойлашган, v_1 ва v_2 тезликлар қарама-қарши йўналган.

1112. Линзадан нуқтанинг тасвири ҳосил бўладиган экрангача бўлган f масофани $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ линза формуласидан аниқлаш мумкин. Линза пастга силжиганда тасвир ҳам экран бўйлаб пастга сирпанади (435- расм). ASB ва OSC учбурчакларнинг ўхшашлигидан $\frac{L}{l} = \frac{d+f}{d}$. Шунинг учун

$$L = \frac{ld}{d-f} = 4,5 \text{ см.}$$

1113. $\frac{R}{r} = \frac{f}{d}$. Линза формуласига кўра $\frac{1}{u} + \frac{1}{f} = \frac{1}{D}$. Бундан $f = \frac{R+r}{rD}$.

1114. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ ва $k = \frac{f}{d}$ тенгламалардан: $k = \frac{f}{F} - 1 = 15$.

1115. Предмет силжимасдан олдин $d_1 = a$, $f_1 = a$ ва бинобарин, линза формуласига кўра $F = a/2 = 0,25$ м. Катгалаштириш $k = f_1/d_1 = 1$, яъни предмет табиий катталикда тасвирланади.

Силжитилгандан кейин $d_2 = a - l$ ва $k_2 = f_2/d_2$. Линза формуласи $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$ дан фойдаланиб,

$$k_2 = \frac{F}{d_2 - F} = \frac{F}{a - l - F} = \frac{a}{a - 2l} = 5$$

ни оламыз. Тасвир 5 марта катта бўлади.

1116. $d = F \left(1 + \frac{h}{H}\right)$ Масала шартига кўра тасвир ўлчами $H < 36$ мм. демак, $d > 255$ см.

1117. Агар нуқтадан чиқувчи бирорта ҳам нур линзага тушмаса, тасвир йўқолади (436-расм). Унда $\frac{a}{2} : x = l : (d - x)$. Бундан ташқари, $\frac{L}{l} = \frac{f}{d}$ ва $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан

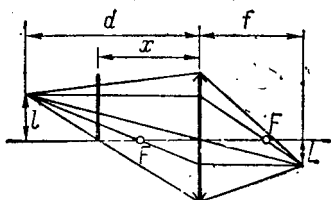
$$x = \frac{aFf}{2Lf + af - aF} = 8 \text{ см.}$$

1118. Автомобиль экспозиция вақти давомида кўчган $\Delta l = v\Delta t$ масофа ва худди шу вақт ичида унинг тасвири кўчган Δr масофа ушбу $\frac{\Delta r}{\Delta l} = \frac{f}{a}$ муносабат орқали ўзаро боғланган. Бундан ташқари, $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Масала шартларига кўра $\Delta r < a$. Бу тенгламалар ва тенгсизлик системасини ечиб

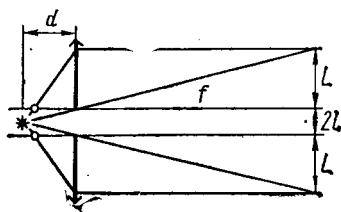
$$\Delta t < \frac{a(d - F)}{vF} \approx \frac{1}{200} \text{ сек}$$

ни топамиз.

1119. Линза формуласи $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ линзадан тасвиргача бўлган f масофани топишга имкон беради. Ажратилган иккала ярим линзанинг ҳар би-



436-расм.



437-расм.

ри ўқи манбадан $i = s/2$ масофада жойлашган битта бутун линза каби ишлайди. Демак, ҳар бир тасвир бу ўқдан $L = l \frac{f}{d}$ масофада бўлади (437-расм).

Изланаётган масофа $S = 2L + 2l = \frac{sd}{d-f} = 6 \text{ см.}$

1120. Тасвирнинг катталашини деб, одатдагидек, тасвир катталигининг предмет катталигига нисбатини атаймиз: $k = \frac{L}{l} = \frac{f_1 - f_2}{d_2 - d_1}$. Линза формула-

сини икки марта қўллаб: $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$ ва $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$, қуйидагича оламиз:

$$k = \frac{F^2}{(d_1 - F)(d_2 - F)} \approx 4.$$

1121. Бош оптик ўқ бўйича жойлаштирилган предмет $k = \frac{F}{d_1 - F} \cdot \frac{F}{d_2 - F}$ катталаштириш билан тасвирланади (1120- масалага қаранг). d_1 масофада турган объект $k = F/(d_1 - F)$ катталаштириш билан тасвирланади (1115- масалага қаранг), d_2 масофадаги объект учун катталаштириш $k_2 = F/(d_2 - F)$. Бинобарин, $k = k_1 \cdot k_2$.

1122. $x = k_A k_B l$.

1123. $s = d + f$ деб белгилаймиз. $F = \frac{fd}{f+d}$ ва $\sqrt{fd} < \frac{f+d}{2}$ бўлганидан

$$s = \frac{fd}{F} < \frac{(f+d)^2}{4F} = \frac{s^2}{4F}.$$

Бундан $s \geq 4F$. Демак, $s_0 = 4F$. Бунда $d = f = 2F$.

1124. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; $d + f = s$. Бундан

$$d = \frac{s}{2} \pm \sqrt{\frac{s^2}{4} - Fs} = \frac{25 \pm 15}{8} F, \quad f = \frac{s}{2} \mp \sqrt{\frac{s^2}{4} - Fs} = \frac{25 \mp 15}{8} F.$$

Шундай қилиб, иккита ечим бўлиши мумкин:

$$d_1 = 5F, \quad f_1 = 1,25F \quad \text{ва} \quad d_2 = 1,25F, \quad f_2 = 5F.$$

Бу икки ечимнинг мавжудлиги ёруғлик нурларининг қайтувчанлигидан келиб чиқади. Нурлар йўналишини тескарсига ўзгартириб, манбани тасвирга, тасвирни эса манбага алмаштириш мумкин.

1125. Линзанинг биринчи ҳолатида

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \text{ва} \quad d_1 + f_1 = L.$$

линзанинг иккинчи ҳолатида

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \quad \text{ва} \quad d_2 + f_2 = L.$$

Масала шартига кўра $|d_2 - d_1| = L$. Биринчи тўртта тенгламадан d_1 ва f_1 (d_2 ва f_2 лар сингари) $x^2 - Lx + FL = 0$ квадрат тенгламанинг илдизлари бўлиши керак, яъни

$$d_1 = f_2 = \frac{L}{2} \pm \sqrt{\frac{L^2}{4} - FL} \quad \text{ва} \quad d_2 = f_1 = \frac{L}{2} \mp \sqrt{\frac{L^2}{4} - FL}$$

(линзанинг иккинчи хил жойлашиши биринчи ҳолатнинг ўгирилган кўринишидир). Демак,

$$l^2 = 4 \left(\frac{L^2}{4} - FL \right) \text{ ёки } F = \frac{L^2 - l^2}{4L} = 0,9 \text{ м.}$$

1126. $l^2 = \sqrt{L^2 - 4FL}$ (1125-масаланинг ечимига қаранг).

1127. Биринчи ҳолда катталаштириш $\frac{a}{h} = \frac{f_1}{d_1}$, иккинчи ҳолда $\frac{b}{h} = \frac{f_2}{d_2}$.

Линза формуласини икки марта қўллаб, $f_1 = d_2$ ва $f_2 = d_1$ эканлигини топш қийин эмас (1124-масаланинг ечимига қаранг). Тенгламаларни бир-бирига кўпайтириб, пировардида қуйидагини оламиз: $h = \sqrt{ab}$.

1128. Линза формуласидан ҳамда L ва l лар ҳақидаги маълумотлардан-икки марта фойдаланиб (1124, 1125-масалаларга қаранг) қуйидагини оламиз:

$$d_1 = f_2 = 0,5(L \pm l) \text{ ва } d_2 = f_1 = 0,5(L \mp l).$$

Биринчи ҳолда тасвир катталиги $h \frac{f_1}{d_1}$, иккинчи ҳолда $h \frac{f_2}{d_2}$, бунда h — предмет баландлиги. Тасвирлар катталигининг нисбати

$$k = \frac{f_1 d_2}{d_1 f_2} = \left(\frac{L \pm l}{L \mp l} \right)^2, \text{ яъни } k_1 = 0,04, k_2 = 25.$$

1129. Тасвир олш учун линза ўрнатилган нуқталар бир-биридан l масофада бўлсин 1125- ва 1128-масалаларнинг ечимидан фойдаланиб, тўғридан-тўғри қуйидагини ёзамиз:

$$\left(\frac{L + l}{L - l} \right)^2 = k, F = \frac{L^2 - l^2}{4L} = \frac{LV\bar{k}}{(V\bar{k} + 1)^2} = 0,2 \text{ м.}$$

1130. $l = \frac{V\bar{k} - 1}{V\bar{k} + 1} L = 0,4 \text{ м}$ (1125- ва 1128-масалаларнинг ечимига қаранг)

$$1131. F = \sqrt{ab} = 0,2 \text{ м ва } k = \frac{V\bar{ab} + b}{V\bar{ab} + a} = \sqrt{\frac{b}{a}} = 2.$$

$$1132. F = \frac{h_2 d_2 - h_1 d_1}{h_2 - h_1} = 11,3 \text{ см.}$$

$$1133. F = \frac{h_1 h_2 l}{(h_1 - h_2)H} = 9 \text{ см.}$$

1134. Асосий ҳолатда

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}; \quad d_1 + f_1 = a; \quad \frac{f_1}{d_1} = k_1.$$

Экран ва линза силжитилгандан сўнг

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}; \quad d_2 + f_2 = a + b; \quad \frac{f_2}{d_2} = k_2.$$

Экран ва манба силжитилгандан сўнг

$$\frac{1}{d_3} + \frac{1}{f_3} = \frac{1}{F}; \quad d_3 + f_3 = a + b + c; \quad f_3 = f_1 + b; \quad \frac{f_3}{d_3} = k_3.$$

Бундан

$$k_2 = \frac{(1+k_1)\sqrt{a+b} + \sqrt{a(1-k_1)^2 + b(1+k_1)^2}}{(1+k_1)\sqrt{a+b} - \sqrt{a(1-k_1)^2 + b(1+k_1)^2}} \approx 9,14;$$

$$k_3 = \frac{b}{a} \frac{(1+k_1)^2}{k_1} + k_1 = 9.$$

1135. Предметнинг лупадаги мавҳум тасвири φ_1 бурчак остида кўрилади, бу бурчак $\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{h}{d} = \frac{H}{f}$ тенгламадан топилади, бунда h — предметнинг ўлчами, H — тасвирининг ўлчами. Эслатиб ўтамлики, мавҳум тасвир кўзга яқин қўйилган линзадан $f \gg D_0$ масофада бўлиши керак, у ҳолда $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = D$ линза формуласидан ушбуни оламиз: $\frac{D_0}{1+DD_0} < d < \frac{1}{D}$.

Агар предметга лупасиз қаралса, у ҳолда энг катта кўриш бурчаги φ_2 и $\operatorname{tg}\varphi_2 = h/D_0$ тенгламадан топиш мумкин.

Лупанинг катталаштириши $k = \frac{\operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi_2} = \frac{D_0}{d}$. Бинобарин, $DD_0 < k < DD_0 + 1$ ёки бизнинг ҳолда $2 < k < 3$.

1136. Лупанинг фокал текислигида турган предмет қаралаётганда лупа $k_1 = D_0/f$ катталаштириш беради (1135-масалага қараи). Агар ундан проекцион фонарда объектив сифатида фойдаланилса, у ҳолда катталаштириш $k = f/d$ га тенг бўлади Экрандаги тасвир ҳақиқий бўлади. Шунинг учун $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Демак,

$$d = \frac{k+1}{kk_1} D_0.$$

Энг яхши кўриш масофаси $D_0 = 25$ см деб ҳисоблаб, $d = 5,5$ см ни топамиз.

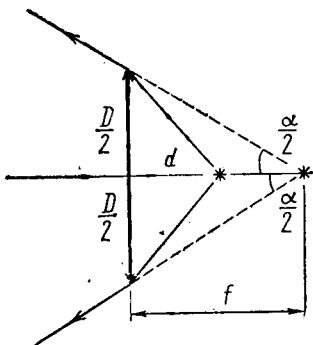
1137. Линза формуласи бўйича $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, бунда $d = x - l$ — предметдан лупагача масофа, $f = D_0 - l$ — тасвирдан лупагача масофа. D_0 масофада турган предмет φ_1 бурчак остида кўрилади, бу бурчак $\operatorname{tg}\varphi_1 = h/D_0$ тенгламадан аниқланади, бунда h — предметнинг баландлиги. Лупа орқали қаралганда эса предмет φ_2 бурчак остида кўрилади, бу бурчакни $\operatorname{tg}\varphi_2 = h/(x-l)$ тенгламадан аниқлаш мумкин. Катталаштириш $k = \operatorname{tg}\varphi_2/\operatorname{tg}\varphi_1 = D_0/(x-l)$. Бинобарин,

$$x = \frac{F(D_0 - l)}{D_0 - l + F} + l \approx 6,8 \text{ см ва } k = \frac{D_0}{D_0 - l} + \frac{D_0}{F} \approx 14.$$

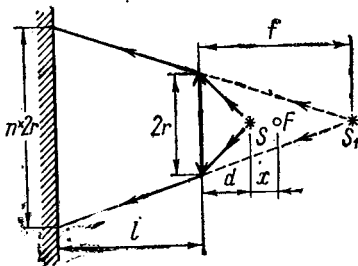
1138. Катталашган тасвир ҳақиқий ёки мавҳум бўлиши мумкин:

$$\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = D, \quad \frac{f}{d} = k; \quad \text{бундан } d = \frac{k \pm 1}{kD}.$$

Ҳақиқий катталашган тасвир олиш учун предметни линза олдида $d_1 = 0,3$ м масофада жойлаштириш керак, мавҳум тасвир олиш учун эса $d_2 = 0,2$ м бўлиши керак.



438- расм.



439- расм.

1139. Чизмадан кўришиб турибдики (438-расм), $\frac{D}{2} = f \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, бунда f — линзадан манба тасвиригача масофа, уни линза формуласидан аниқлаш мумкин: $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан

$$F = \frac{Dd}{D - 2d \operatorname{tg}(\alpha/2)} \approx 7,4 \text{ см.}$$

1140. $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ ва $f = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \alpha}$ тенгламалардан (бу ерда f — линза ва лампочка тасвири орасидаги масофа) қуйидагини оламир:

$$d = \frac{DF}{2F \operatorname{tg} \alpha + D} = 2 \text{ см.}$$

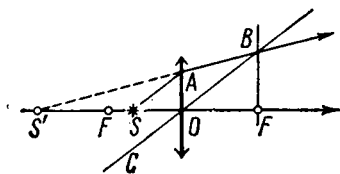
1141. Манба линза фокусига жойлашган бўлса, экранга параллел нурлар тушади ва доғ линза радиусига тенг бўлган r радиусга эга бўлади. Агар манбани линзадан узоқлаштирилса, у ҳолда доғ аввал кичраяди, сўнгра дастлабки ўлчамигача катталашади. Бинобарин, манбани линзага яқинлаштириш керак. Манба (S) линзадан d масофада турганда доғ ўлчамлари талаб қилингандек бўлади деб фараз қилайлик. Бунда манба тасвири S_1 дан чиқиб линза чеккаларидан ўтувчи нурлар доғ чеккаларига томон тўғри чиқиқ бўйича йўналади (439-расм). У ҳолда ушбу муносабат ўринли бўлиши керак:

$$x = F - d; \quad \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \text{ва} \quad \frac{f+l}{n \cdot 2r} = \frac{f}{2r}.$$

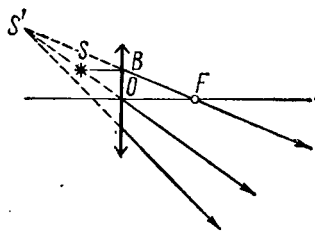
Бундан

$$x = \frac{F^2(n-1)}{l + F(n-1)} = 2 \text{ см.}$$

1142. Линзадан синиб ўтган ихтиёрий SA нурнинг йўлини аниқлаш учун ёрдამчи оптик ўқнинг ($COB \parallel SA$) линзанинг фокал текислиги билан кесишиш нуқтаси B ни топшиш керак (440-расм). Линза орқасида турган кузатувчи S' мавҳум тасвири OF ва AB нурлар давомининг кесишиш нуқтасида кўради.



440- расм.



441- расм.

1143. Берилган нурларни кесишгунча давом эттириб, шуъдаланувчи нуқтанинг S' тасвирини оламиз (441- расм). Олинган S' нуқтани линзанинг O оптик маркази билан бирлаштирамиз. BF нур сингандан сўнг фокус орқали ўтади, демак, у сингунга қадар бош оптик ўққа параллел йўналган. $SB \parallel OF$ ўтказамиз. Изланаётган S нуқта OS' ва BS ларининг кесишиши жойида жойлашган.

1144. Тасвир мавҳум бўлгани учун $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан $d = \frac{fF}{f+F} = 0,2$ м.

1145. $F = fd, (f - d) = 0,6$ м

1146. Линза формуласи $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ дан (бунда $f=F$) топамиз: $d = \frac{F}{2}$.

1147. $F = \frac{kl}{(k-1)^2} = 40$ см.

1148. Шартга кўра, $x = d_1 + d_2$ ва $d_1 = nd_2$ Биринчи манбанинг тасвири ҳақиқий, иккинчи манбаники—мавҳум. Шунинг учун

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} = D \text{ ва } \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} = D,$$

бунда f_1 ва f_2 —тасвирлардан линзагача масофалар. Шартга кўра, $|f_1 - f_2| = l$.

Аввал биринчи манба тасвири иккинчи манба тасвирига қараганда линзадан узоқроқ, яъни $f_1 - f_2 = l$ бўлган ҳолни қараб чиқамиз. Системани ечиб, d_2 учун квадрат тенглама ҳосил қиламиз:

$$nD(2 - D)d_2^2 + (Dl - 1)(n + 1)d_2 - l = 0.$$

Уни ечиб, қуйидагини топамиз:

$$x = (n + 1)d_2 = (n + 1) \frac{(1 - Dl)(n + 1) + \sqrt{(1 - Dl)^2(n - 1)^2 + 4n}}{2nD(2 - D)} = 5 \text{ м}$$

(иккинчи илдизи маъфий бўлиб, маънога эга эмас).

$f_2 - f_1 = l$ бўлган ҳолда l нинг ишорасини ўзгартириб, x учун формула ҳосил қиламиз. Натижада $x = 7,17$ м ни оламиз (иккинчи $x = 1,16$ м қиймати масала шартини қаноатлантирмайди, чунки бу ҳолда манбалар тасвири линзанинг турли томонларида бўлади).

1149. $F = 2d(l - d)/l = 9$ см.

1150. Мавҳум тасвир учун $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = D_1$, бунда $D_1 = \frac{f - d}{fd} = -0,3$ дптр.

Линза сочувчи линза бўлади. Линза формуласида D_1 олдига плюс ишора

қўйилган, чунки линзанинг оптик кучи берилган масалада номаълум катталик ҳисобланади, шунинг учун масала ечаётганда фойдаланилаётган линза характерини олдиндан билиш шарт эмас, уни ҳамма вақт мусбат деб ҳисоблаш мумкин.

Ҳақиқий тасвир учун $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_2$, бинобарин, $D_2 = \frac{f+d}{fd} = 0,5$ дптр.

Линза — йиғувчи линзадир.

1151. Нуқта тасвири ва нуқтанинг ўзининг оптик ўққача масофалари нисбати $\frac{L}{l} = \frac{f}{d}$.

Ҳақиқий тасвир бўлган ҳолда $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, бинобарин, $d = \frac{fF}{f-F} = -36$ см, $l = \frac{LF}{f-F} = -15$ см, яъни линзага шундай нурлар тушадикки, улар линза бўлмаганда линза турган жойдан нарида оптик ўқдан 36 см ва 15 см масофада йиғилиши мумкин. Манба мавҳум бўлиб чиқади, бу масала шартига зиддир.

Мавҳум тасвир бўлган ҳолда $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, бундан $d = \frac{fF}{f+F} = 7,2$ см, $l = \frac{LF}{f+F} = 3$ см.

1152. Катталаштириш $k = f/d$, бунда f — линзадан тасвиргача бўлган масофа. Агар тасвир ҳақиқий бўлса, у ҳолда $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан $F = \frac{kd}{k-1} = 9$ см. Мавҳум тасвир бўлган ҳолда $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ ва $F = \frac{kd}{k-1} = 11$ см.

1153. Линзадан предметгача масофа d ва линзадан тасвиргача масофа f бўлсин. Ҳақиқий тасвир бўлган ҳолда

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad \text{ва} \quad d = F + l.$$

Агар тасвир мавҳум бўлса, у ҳолда

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad \text{ва} \quad d = F - l.$$

Изкала тенгламалар системаси бир хил жавоб беради: $H = fh/l = 4$ см.

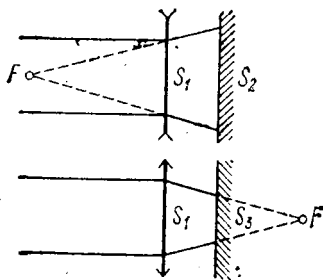
1154. Конус учи линзадан $d = F$ масофада турган мавҳум манба бўлиб хизмат қилади. Линза формуласига кўра:

$$-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D; \quad \text{бундан} \quad f = \frac{1}{2D} = 0,1 \text{ м.}$$

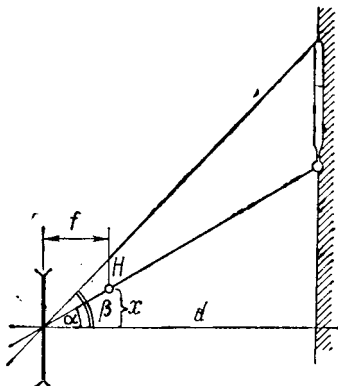
1155. $l = f^2/(F-f) = 12,5$ см.

1156. Ўхшаш учбурчакларни қараб чиқиб (442-расм)

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{a+F}{F} \quad \text{ва} \quad \frac{s_3}{s_1} = \left| \frac{F-a}{F} \right|$$



442- расм.



443- расм.

эканлигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас. Бунда a — линзадан экрангача бўлган масофа. Модул белгиси $a > F$ бўлган ҳолни ҳисобга олиш мақсадида ишлатилади.

Тенгламалар системасини ечиб, $s_3 = |2s_1 - s_2| = 3$ см ни оламиз.

1157. Агар линзадан экрангача бўлган масофа линзанинг фокус масофасидан кичик бўлса, $D_3 = 2D_1 - D_2 = 6$ см. Агар бу масофа фокус масофасидан катта бўлса, $D_3 = 2D_1 + D_2 = 10$ см.

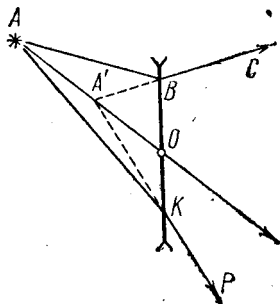
1158. Сочувчи линза учун $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} = D$. Масала шартига кўра $f = d/2$. Демак, шуълаланувчи нуқта линзадан $d = F = -1/D = 0,2$ м масофада жойлашган.

1159. Линза формуласи бўйича $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} = D$. 443-расмдан кўришиб турибдики, $x = f \operatorname{tg} \alpha$ ва $H + x = f \operatorname{tg} \beta$. Бундан $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha - \frac{H}{d} - HD \approx 1$. Демак, $\beta \approx 45^\circ$.

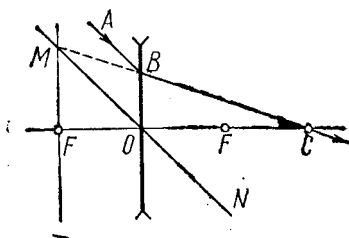
1160. AO нур линзадан йўналишини ўзгартирмасдан ўтади (444-расм). A нуқтадан чиқувчи нур йўлини билсак, нуқтанинг A тасвирини топа оламиз. AK нур сингандан сўнг KP йўналиш бўйича шундай кетадики, бунда унинг давоми A' нуқта орқали ўтади.

1161. Тасвир ясаш усули 445-расмдан равшан кўришиб турибди, $MON \parallel AB$ — линзанинг ёрдамчи оптик ўқи. MF — линзанинг фокал текислиги. Синган BC нурнинг BM давоми M нуқтадан ўтади. Бу M нуқтада фокал текислик ва ёрдамчи оптик ўқ ҳам кесишади. Бу усул қуйидаги мулоҳазага асосланган: параллел нурлар дастаси (улардан бири ёрдамчи оптик ўқ билан мос тушади деб ҳисоблаш мумкин) сингандан сўнг шундай кетадики, бунда нурларнинг давоми линзанинг фокал текислигида ётувчи нуқтада йиғилади.

$$1162. f = \frac{Fd}{F+d} = 0,1 \text{ м}; H = \frac{hF}{F+d} = 0,02 \text{ м.}$$



444- расм.



445- расм.

1163. Манба биринчи ҳолатда жойлашганда $\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} = -\frac{1}{F}$, иккинчи ҳолатда бўлганда $\frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{F}$, бунда f_1 ва f_2 — линзадан биринчи ва иккинчи ҳоллардаги тасвирларгача бўлган масофа. Шартга кўра $f_1 - f_2 = l$. Системани ечиб квадрат тенглама оламиз:

$$(d_1^2 - d_2^2 - l)F^2 - l(d_1 + d_2)F - ld_1d_2 = 0.$$

Бу тенгламани ечамиз:

$$F = \frac{l(d_1 + d_2) + \sqrt{l(d_1 - d_2)[l(d_1 - d_2) + 4d_1d_2]}}{2(d_1 - d_2 - l)} = 0,6 \text{ м}$$

(иккинчи илдиз йиғувчи линзага мос келади).

1164. Нур оптик ўқни линза турган текисликдан d масофадаги нуқтада кесиб ўтади. Линза формуласига кўра:

$$-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}, \text{ яъни } d = \frac{fF}{f + F} = 5,4 \text{ см.}$$

1165. Линза бўлмаганда нурларнинг йиғилиш нуқтаси (мавҳум манба) пардадан d масофада ётади, бунда

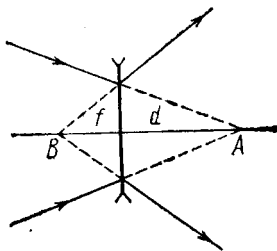
$$\frac{b}{d-l} = \frac{a}{d} \quad (l < d \text{ да}) \quad \text{ёки} \quad \frac{b}{l-d} = \frac{a}{d} \quad (d < l \text{ да}).$$

Линза формуласи бўйича $-\frac{1}{d} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F}$,

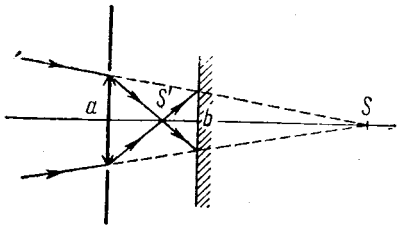
$1/F$ ҳад олдига мусбат ишора қўйилади, чунки F номаълумдир. Олинган системани ечиб, қуйидагини топамиз: $F = \pm a/b = \pm 25 \text{ см.}$

Плюс ишора $l < d$ ҳолда мос келади ва тешикка мусбат линза қўйиш кераклигини, минус ишора эса манфий (сочувчи) линза қўйиш кераклигини кўрсатади.

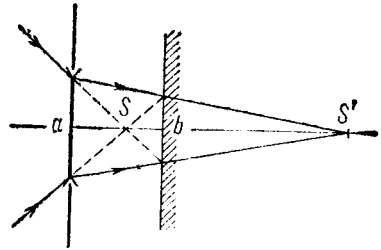
1166. А нуқта мавҳум манба родини, В эса мавҳум тасвир родини ўйнайди (446-



446- расм.



447- расм.



448- расм.

расм), шунинг учун линза формуласига кўра $-\frac{1}{a} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$. Масаланинг шартига кўра $f + d = l$ ва $f/d = m/n$. Бундан

$$F = \frac{l}{\frac{m}{n} + \frac{n}{m} + 2} = 0,1 \text{ м.}$$

1167. $L = \frac{-9F(F-l) \pm 3F\sqrt{8F^2 + (F-l)^2}}{4(2F-l)}$. Манфий ишорали яъни

маънога эга эмас, шунинг учун $L = 12$ см.

1168 Линза йиғувчи ёки сочувчи бўлиши мумкин.

Йиғувчи линза ҳолида ёруғлик конусининг S учи линза бўлмаганда (мавҳум манба) экран орқасида тешикдан $d_1 = \frac{al}{a-b}$ масофада бўлади (447- расм), линза қўйилганда нурларнинг кесишиш нуқтаси S' (таъвир) $f_1 = \frac{al}{a+b}$ масофада бўлади. Линза формуласига кўра $-\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1}$. Бундан $F_1 = al/2b = 17,5$ см,

Сочувчи линза учун (448- расм) мос ҳолда

$$d_2 = \frac{al}{a+b}, f_2 = \frac{al}{a-b}, -\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{F_2}.$$

Демак, $F_2 = al/2b = 17,5$ см.

1169 Ҳавода ($n \approx 1$) линзанинг оптик кучи $D = \left(\frac{n_{\text{ш}}}{n} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$.

Сувда $\frac{1}{F} = \left(\frac{n_{\text{ш}}}{n} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$. Бундан $F = \frac{n_{\text{суб}}(n_{\text{ш}} - n)}{n(n_{\text{ш}} - n_{\text{суб}})} \cdot \frac{1}{D} = 0,8$ м.

1170. Шиша ичида ҳосил бўлган ҳаво линзанинг F фокус масофаси

$$\frac{1}{F} = \left(\frac{n_x}{n_{\text{ш}}} - 1\right) \frac{1}{R} = \frac{1 - n_{\text{ш}}}{n_{\text{ш}}R}; \text{ бундан } F = \frac{n_{\text{ш}}R}{1 - n_{\text{ш}}} = -30 \text{ см.}$$

Линза – сочувчи линза.

1171. Линзанинг F фокус масофаси қуйидаги ифодадан аниқланади,
 $\frac{1}{F} = \left(\frac{n_x}{n_{ш}} - 1\right) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right)$. Линза формуласига кўра $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан $f =$
 $= \frac{Rdn_{ш}}{2d(1 - n_{ш}) - Rn_{ш}} = -8,57$ см (тасвир мавҳум).

$$1172. x = F_1 - F_2 = \frac{R_1R_2(n_2 - n_1)}{(R_1 + R_2)(n_1 - 1)(n_2 - 1)} = 1,062 \text{ см.}$$

1173. Линза формуласидан фойдаланиб $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = (n_{ш} - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ ни
 ёзамиз, бунда $n_{ш}$ — линза шишасининг синдириш кўрсаткичи. Суюқликда
 $-\frac{1}{F} = \left(\frac{n_{ш}}{n} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$. Бинобарин,

$$n = \frac{(1/R_1) + (1/R_2) + (1/d) + (1/f)}{(1/R_1) + (1/R_2) - (1/F)} \approx 1,66.$$

$$1174. \text{ Ҳавода } \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_2 - 1}{n_1 - 1} = 1,4. \text{ Сувда } \frac{F_1'}{F_2'} = \frac{n_2 - n_{суб}}{n_1 - n_{суб}} = 2,2.$$

1175. Агар нур линзадан ҳавога чиққанда эди, у ҳолда нур β_1 бурчакка
 синган ва линзадан унинг оптик ўқидан l масофада чиққан бўлар эди (449-
 расм). Бундай нур учун

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta_1} = \frac{1}{n_{ш}}, \quad (1)$$

$$\text{tg } \beta_1 = \frac{l}{F_1}. \quad (2)$$

Агар нур сувга ўтаётган бўлса, у ҳолда

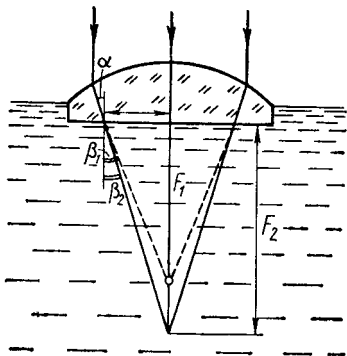
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta_2} = \frac{n}{n_{ш}}, \quad (3)$$

$$\text{tg } \beta_2 = \frac{l}{F_2}. \quad (4)$$

(3) ни (1) га бўлиб, $\sin \beta_1 / \sin \beta_2 = n$ ни оламиз. Сунгра (2) ва (4) ни ҳисоб-
 га олиб, $F_2 = nF_1 = 13,3$ см ни ҳосил қиламиз.

1176. Юлдуз фотоафга сув сиртидан $h = H/n$ масофада тургандек,
 яъни объективдан $d = l + h$ масофада тургандек (1001- масаланинг ечимига
 қаранг) туюлади. Линза формуласидан $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Тасвир предметдан $k =$
 $= d/f$ марта кичик бўлади. Демак, $k = \frac{ln + H}{Fn} - 1 = 19$.

1177. Суратга олинаётган предметнинг ҳар бир нуқтасидан фотоаппарат
 объективи $\Delta\omega \approx S/d^2$ фазовий бурчак остида кўринади, бунда d — объек-
 тивдан предметгача бўлган масофа. S — объектив линзасининг юзи. Пред-
 метдан келувчи ва фотоаппарат ичига кираётган ёруғлик оқими S_1 предмет
 юзига ва $\Delta\omega$ фазовий бурчакка пропорционал, яъни $\Phi = bS_1\Delta\omega$ (b — пропор-



449- расм.

ционаллик коэффициенти). Бу ёруғлик оқими \$S_2\$ тасвир юзи бўйича тақсимланади. Шунинг учун тасвирнинг ёритилганлиги

$$E = \frac{\Phi}{S_2} = b \frac{S_1}{S_2} \Delta\omega \approx b \frac{S_1 S}{S_2 d^2} = \frac{b S}{f^2},$$

бунда \$f\$ — объективдан тасвиргача масофа, \$S_1/S_2 = d^2/f^2\$.

Узоқдан туриб гравюрани суратга олишда \$f_1 \approx F\$, унинг деталларни табиий катталиқда суратга олишда \$f_2 \approx 2F\$. Шунинг учун ёритилганликлар нисбати

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{b S / f_1^2}{b S / f_2^2} = \frac{f_2^2}{f_1^2} \approx \frac{4F}{F} = 4.$$

Ёритилганлик 4 марта камайган. Экспозиция вақти ҳам худди шунча марта ортган.

31-§. Оптик системалар

1178. Биринчи линзадан ўтган нурлар \$a\$ масофада тасвир (ҳақиқий ёки мавҳум) ҳосил қилади, бу масофа линза формуласидан аниқланади: $\frac{1}{d} \pm \frac{1}{a} = \pm \frac{1}{F_1}$. Бу тасвир иккинчи линза учун манба (ҳақиқий ёки мавҳум) бўлиб хизмат қилади, яъни $\mp \frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F_2}$.

Ўрини босувчи линза учун $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$. Биринчи икки тенглама йиғиндисини учинчи тенглама билан таққослаб,

$$D = \pm \frac{1}{F_1} \pm \frac{1}{F_2}$$

эканлигига ишонч ҳосил қиламиз, яъни зич жойлаштирилган линзалар системасининг ўрини босувчи линзанинг оптик кучи шу линзалар оптик кучларининг алгебранк йиғиндисига тенг. Икки линзали оптик системага учинчи линзани қўйиб, бу мулоҳазаларни давом эттириш мумкин, шунинг учун бу қондан бир-бирига зич жойлаштирилган исталганча сонли юпқа линзалар учун татбиқ этиш мумкин.

Сферик кўзгу формуласи ўзининг структураси ва маъноси бўйича линза формуласи билан мос келади, шунинг учун олинган хулосалар кўзгули (линзага зичлаб қўйилган) оптик системаларга ҳам тааллуқлидир. Бироқ шуни назарда тутиш керакки, нур кўзгудан қайтгандан сўнг линзадан яна бир марта ўтиши мумкин, буни икки марта ҳисобга олишга тўғри келади.

1179. $F_{\text{соч}}/F_{\text{сф}} = 2$.

1180. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$ (1178- масалага қаранг) ёки $F_2 = \frac{dfF_1}{fF_1 + dF_1 - df} = 54 \text{ см.}$

1181. Бу оптик система ҳар бирининг оптик кучи $D_1 = \frac{1}{F} = (n-1) \frac{1}{R}$ га тенг бўлган, бир-бирига зич қилиб қўйилган икки юкка линза билан тенг кучлидир, чунки ясси кўзгунинг оптик кучи нолга тенг. Шунинг учун системанинг оптик кучи $D = 2D_1 = \frac{2(n-1)}{R}$.

1182. $f = Fd/(2d - F) = 9$ см.

1183. Кумушланмаган линза учун $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{F}$.

Кумушланган линзани бир-бирига зич қўйилган учта компонентдан: оптик кучи $D_1 = -1/F$ бўлган сочувчи линза, оптик кучи $D_2 = -2/R$ бўлган қавариқ кўзгу ва яна оптик кучи $D_1 = -1/F$ бўлган сочувчи линзадан иборат дейиш мумкин. Вунда системанинг оптик кучи $D = D_1 + D_2 + D_1 = -2\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{F}\right)$ га тенг, шунинг учун кумушланган линза учун $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = -D$. Бундан $f_2 = \frac{2f_1 R d}{2f_1 d + dR + Rf_1} = 2$ м.

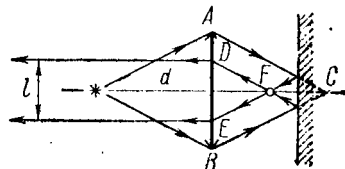
1184. Шуълаланувчи нуқтадан ботиқ кўзгугача масофа $d = R - L$. Нуқта таъсирдан ботиқ кўзгугача бўлган f масофа ушбу $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$ формуладан аниқланади. Бу тасвирдан ясси кўзгугача масофа $l = R - f$. Иккинчи тасвир (ясси кўзгудаги тасвир) кўзгунинг бошқа томонида ундан худди шундай l масофада жойлашган. Биобарин, иккинчи тасвир ботиқ кўзгудан $x = R + l$ масофада бўлади. Бундан

$$x = \frac{R(R-3L)}{R-2L} = 30 \text{ см.}$$

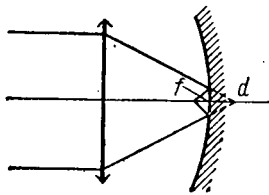
Иккинчи тасвир ботиқ кўзгунинг фокусидида жойлашган.

1185. Кўзгу бўлмаганда эди линза манба тасвирини C нуқтада ҳосил қилган бўлар эди (450-расм). Бу нуқтанинг линзадан масофаси f ни $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ линза формуласидан аниқланади. Нурлар линзада иккинчи марта сингандан кейин параллел даста тарзида кетиши учун, улар кўзгудан қайтгандан кейин линза фокусидида учрашиши керак. ABC ва DEF учбурчакларнинг ўхшашлигидан $l/L = F/f$, бундан $l = \frac{d-F}{d}L$, масаланинг шартига қўра $d = 2F$, шунинг учун $l = L/2$.

1186. Линза берадиган тасвир ундан f масофада, кўзгудан $l + f$ масофада бўлади. Ясси кўзгудаги тасвир кўзгунинг бошқа томонида, ундан худди ўшандай $l + f$ масофада жойлашган, биобарин, линзадан $2l + f$ масофада бўлади. Нурлар худди шу тасвирдан чиқаётгандек яна линза орқали ўтади



450-расм.



451- расм.

ва ундан x масофада тасвир ҳосил қилади.

Биринчи тасвир учун линза формуласи $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ ва иккинчи тасвир учун $\frac{1}{2l + f} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$. Бундан

$$x = F \frac{2l(d - F) - Fd}{2l(d - F) + F(F - 2d)} = 60 \text{ см.}$$

1187. Линзадан манба тасвиригача бўлган f масофани $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$ формуладан аниқлаш мумкин. Бу тасвир ясси кўзгу олдида ундан $f + l$ масофада жойлашган. Кўзгудаги мавҳум тасвир кўзгу орқасида худди шундай масофада жойлашган. Умумий масофа

$$x = (d + l) + (f + l) = d + 2l + \frac{Fd}{F + d} = 31 \text{ см.}$$

1188. $f < F_2$ бўлгани учун кўзгуга йиғилувчи даста тушади. Агар кўзгу бўлмаганда эди, у ҳолда бу даста учинчи линзадан F_1 масофада жойлашган бўлар эди, яъни кўзгудан $d = F_1 - l$ масофада бўлар эди (451- расм). Сферик кўзгу формуласидан $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_2}$. Бундан

$$F_1 = l + \frac{fF_2}{F_2 - f} = 40 \text{ см.}$$

1189. Агар манбадан келаётган ҳар қандай нур линзадан ўтиб, кўзгуга унинг радиуси бўйича тушса ва худди ўша йўналишда қайтса, у ҳолда нурлар манба турган нуқтага тўпланади. Бунда линза кўзгунинг S марказидан яқинроқ ёки узоқроқ жойлашган бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда (452- расм)

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \text{ ва } l + f = R.$$

Иккинчи ҳолда (453- расм)

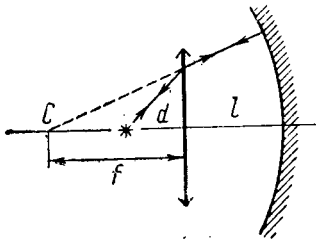
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \text{ ва } l - f = R.$$

Иккала тенгламалар системаси бир хил ечимга эга:

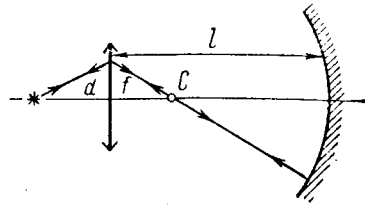
$$d = \frac{F(R - l)}{F + R - l}.$$

Шартга кўра манба ҳақиқий, шунинг учун ечим $l < R$ ёки $F + R < l$ бўлган ҳоллардагина мавжуд бўлиши мумкин.

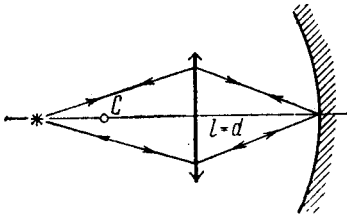
Манбанинг линза берадиган тасвири кўзгунинг ўзига тўғри келган ҳолда ҳам нурлар манба жойлашган нуқтада йиғилади (454- расм), яъни $\frac{1}{d} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F}$ ва $d = \frac{Fl}{l - F}$. Бу ҳолда $l > F$ шарт бажарилиши зарур.



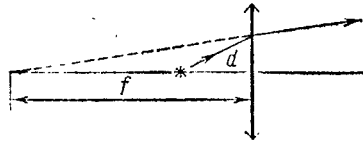
452- расм.



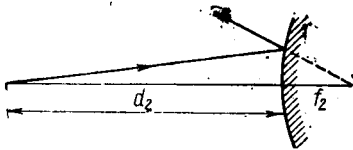
453- расм.



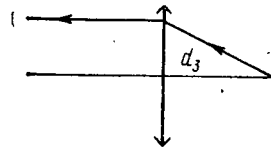
454- расм.



455- расм.



456- расм



457- расм.

1190. Бу масалани, одатдагидек, кетма-кет қараладиган учта масала каби тасаввур қилиш мумкин.

1. Манба фокус масофаси F га тенг бўлган линзадан d масофада жойлашган. Демак, тасвир линзадан қандай f_1 масофада ҳосил бўлишини аниқлаш мумкин (455- расм).

2. Кўзгудан d_2 масофада турган бу тасвир унга ҳақиқий манба бўлиб хизмат қилади. Тасвир кўзгудан f_2 масофада ҳосил бўлади (456- расм).

3. Нурлар линзадан чиққандан сўнг бош оптик ўққа параллел даста тарзида тарқалади, кўзгу берадиган тасвир линза учун $d_3 = F$ масофада жойлашган ҳақиқий манба бўлиб хизмат қилади (457- расм).

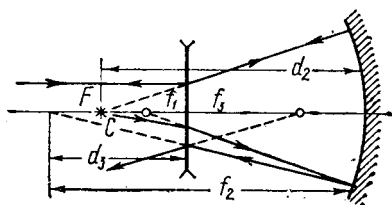
Демак,

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = -\frac{2}{R}, \quad d_2 = f_1 + l, \quad d_3 = f_2 + l = F.$$

Бундан

$$R = \frac{2(Fd + Fl - ld)(F - l)}{2(Fd + Fl - ld) - F^2} = 2l \text{ см.}$$

1191. Линзадан биричи марта линза ҳосил қилган манба тасвиригача бўлган f_1 масофа ушбу $\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$ тенгламани қаноатлантиради. Иккинчи



458- расм.

таъсвир кўзгуда ундан f_2 масофада ҳосил бўлади, бунда $\frac{1}{x-f_1} - \frac{1}{f_2} = -\frac{2}{R}$. Ниҳоят, учинчи таъсвир (яна

линзадаги) учун $\frac{1}{x+f_2} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$

шарт бажарилиши керак: Система-нинг биринчи тенгламасидан $f_1 = -Fd/(d-F)$ ни оламиз. Қолган икки

тенгламадан f_2 ни йўқотиб, квадрат тенглама ҳосил қиламиз: $x^2 - (2f_1 - R)x + f_1^2 - f_1^2 - Rf_1 = 0$. Унинг ечими $x = f_1 - \frac{R}{2} \pm \frac{R}{2}$. Бундан

$$x = \frac{Fd}{d-F} - R = 6 \text{ см.}$$

Бу ҳолда линзадан чиққан нурлар кўзгу сиртига перпендикуляр тушади, линза берадиган биринчи таъсвир эса кўзгу марказига мос келади.

Иккинчи ечим каттароқ қийматга олиб келади: $x = f_1 = 30$ см (бунда таъсвир кўзгу чўққиси билан мос тушади).

1192. Масала шартидан линзанинг олдинги фокуси кўзгу маркази билан мос тушиши келиб чиқади. Демак, линза кўзгудан $R - F_1$ масофада жойлашган, бунда $R = 2F_2 -$ кўзгунинг эгрилиқ радиуси (458-расмнинг юқори-ги ярми). Сочувчи линзанинг фокусида жойлашган манбанинг таъсири $f_1 = F_1/2$ масофада ҳосил бўлади (1146-масалага қаранг), демак, кўзгудан $d_2 = R - (F_1/2)$ масофада бўлади. Бу таъсвир кўзгу учун ҳақиқий манба бўлиб хизмат қилади, шунинг учун, агар нурлар линзадан иккинчи марта ўтмаганда эди, у ҳолда улар кўзгудан f_2 масофада йиғилар эди, бунда $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$, бундан

$$f_2 = \frac{F_2 d_2}{d_2 - F_2} = \frac{(4F_2 - F_1) F_2}{2F_2 - F_1}$$

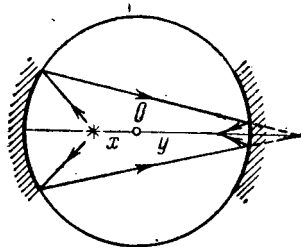
Бироқ кўзгудан қайтган йиғилувчи нурлар дастаси линзага дуч келади, бу линза нурларининг йиғилиш нуқтасидан $d_3 = f_2 - (R - F_1) = \frac{(3F_2 - F_1) F_1}{2F_2 - F_1}$ масофада жойлашган, шунинг учун $-\frac{1}{d_3} + \frac{1}{f_3} = -\frac{1}{F_1}$. Вундан

$$f_3 = \frac{F_1 d_3}{F_1 - d_3} = \frac{(F_1 - 3F_2) F_1}{F_2}$$

Масала шартига кўра $F_1 < 2F_2$, шунинг учун $f_3 < 0$. Бу, нурлар линзадан чиқиб сочилди, уларнинг мавҳум давомининг кесилиш нуқтаси кўзгу ва линза орасида линзадан $(3F_2 - F_1) \frac{F_1}{F_2} = 32$ см масофада (458-расмнинг паст-ки ярми) ётади, демакдир.

1193. Биринчи кўзгу учун $\frac{1}{R-x} + \frac{1}{2R+z} = \frac{2}{R}$, иккинчи кўзгу учун $-\frac{1}{z} + \frac{1}{R-y} = \frac{2}{R}$ (459-расм). Бундан $x = \frac{Ry}{4y-R}$.

Агар $y = \frac{3}{4}R$ бўлса, $x = \frac{3}{8}R$ бўлади.
 Агар $y = -\frac{3}{4}R$ бўлса, $x = \frac{3}{16}R$ ҳосил бўлади.



459-расм.

1194. Агар иккинчи линза бўлмаганда эди, узоқлаштирилган манба тасвири олдинги линзанинг фокал текислигида ҳосил бўлар эди. Бу тасвир кетинги линза учун мавҳум манба бўлиб хизмат қилади. Ҳисоблашлар кўрсатадики, биринчи ҳолда

$$f = \frac{1 - lD_1}{D_1 + D_2 - lD_1D_2} = \frac{1}{13} \text{ м.}$$

Иккинчи ҳолда

$$f = \frac{1 - lD_2}{D_1 + D_2 - lD_1D_2} = \frac{7}{65} \text{ м.}$$

1195. Биринчи линзадан олдин $d = \frac{(l-F_2)F_1}{l-F_2-F_1} = 30$ см масофада ёки иккинчи линзанинг орқасида ундан $d = \frac{(l-F_1)F_2}{l-F_1-F_2} = 60$ см масофада.

1196. Биринчи линза ҳосил қиладиган тасвир ундан f_1 масофада бўлади ва $L_1 = k_1l = (f_1/d_1)l$ катталikka эга. У иккинчи линзадан $d_2 = l - f_1$ масофада бўлади ва ўз навбатида унинг учун предмет бўлиб хизмат қилади. Иккинчи линза ҳосил қиладиган тасвир ундан f_2 масофада жойлашган ва $L_2 = -k_2L_1 = (f_2/d_2)L_1$ ўлчамга эга, бунда k_2 — иккинчи линзанинг катталаштириши. Линза формуласи бўйича

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \text{ ва } \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}.$$

Ҳосил қилинган тенгламалар системасини ечиб,

$$f_2 = \frac{F_2[a(d_1 - F_1) - d_1F_1]}{(a - F_2)(d_1 - F_1) - d_1F_1} = 2 \text{ м ва}$$

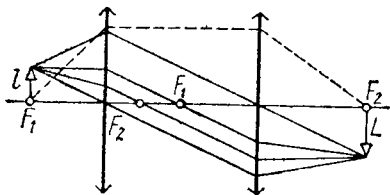
$$L_2 = k_1k_2l = \frac{F_1F_2l}{(a - F_2)(d_1 - F_1) - d_1F_1} = 32 \text{ см}$$

ни оламиз.

1197. $x = \frac{l^2F - (d+l)(l-2F)d}{F(2d-F) - l(d-F)} = 0,35$ м (1196-масаланинг ечимига қаранг).

1198. 1196-масаланинг ечимига ва 462-расмдаги тасвирнинг ясалишига қаранг. Мавҳум тасвир иккинчи линзадан

$$f = F_2 \frac{ld - lF_1 - F_1d}{(F_2 - l)(d - F_1) + F_1d} = 1,8 \text{ м}$$



460- расм.

масофада жойлашган бўлса (бунда b_1 ва b_2 — линзаларнинг диаметлари), у ҳолда шундай ҳар бир параллел даста иккинчи линзадан ўтиб, иккинчи линзанинг фокал текислигида предметнинг тегишли нуқтасининг тасвирини ҳосил қилади. Учбурчакларнинг ўхшашлигидан (460- расм) $\frac{l}{F_1} = \frac{L}{F_2}$, бундан $L = \frac{F_2}{F_1} l = 3$ см. Нурлар йўлини чизиш 460- расмда кўрсатилган. Тасвир ҳақиқий бўлади. Уни иккинчи линза орқасида мос масофадан туриб кузатиш мумкин.

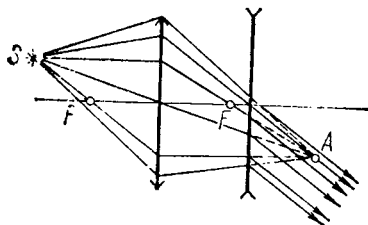
$$1200 \quad f = \frac{F[a(d-F) - Fd]}{(a-F)(d-F) - Fd} = 3 \text{ м (1196-масаллага қаранг).}$$

1201. Биринчи линзанинг кетинги фокал текислиги иккинчи линзанинг олдинги фокал текислиги билан мос тушиши керак, шунинг учун $l = F_1 + F_2 = 8$ см. Масалани яна умумий формуладан фойдаланиб ҳам ечиш мумкин (1194-масаллага қаранг), унда $f \rightarrow \infty$ деб ҳисоблаш керак.

1202. Агар ёруғлик дастаси йўлида биринчи йиғувчи линза турган бўлса, у ҳолда керакли натижага эришиш учун линзаларнинг кетинги фокал текисликлари мос тушиши керак. Агар биринчи сочувчи линза турган бўлса, у ҳолда линзаларнинг олдинги фокал текисликлари мос тушиши керак. Изланаётган масофа иккала ҳолда $l = F_1 - F_2 = 4$ см. $F_1 < F_2$ бўлганда масала ечимга эга эмас.

$$1203. \quad x = F_3 - \frac{F_2(L - F_1)}{F_2 + L - F_1} = 6 \text{ см.}$$

1204. Сочувчи линза орқасидаги ёруғлик дастаси ҳам параллел дастадир. Унинг диаметри $D_2 = D_1 \frac{F_2}{F_1} = 4$ мм.



461- расм.

масофада жойлашган. Катталаштириш

$$k = \frac{F_1 F_2}{(F_2 - l)(d - F_1) + F_1 d} = 20.$$

1199. Предмет биринчи линзанинг фокал текислигида жойлашган; бинобарин предметнинг бирор нуқтасидан келувчи нурлар линзадан чиқиб параллел даста тарзида тарқалади. Агар иккинчи линза $a < (b_1 + b_2) F_1 / 2l$ ма-

масофада жойлашган бўлса (бунда b_1 ва b_2 — линзаларнинг диаметлари), у ҳолда шундай ҳар бир параллел даста иккинчи линзадан ўтиб, иккинчи линзанинг фокал текислигида предметнинг тегишли нуқтасининг тасвирини ҳосил қилади. Учбурчакларнинг ўхшашлигидан (460- расм) $\frac{l}{F_1} = \frac{L}{F_2}$, бундан

$L = \frac{F_2}{F_1} l = 3$ см. Нурлар йўлини чизиш 460- расмда кўрсатилган. Тасвир ҳақиқий бўлади. Уни иккинчи линза орқасида мос масофадан туриб кузатиш мумкин.

$$1200 \quad f = \frac{F[a(d-F) - Fd]}{(a-F)(d-F) - Fd} = 3 \text{ м (1196-масаллага қаранг).}$$

1201. Биринчи линзанинг кетинги фокал текислиги иккинчи линзанинг олдинги фокал текислиги билан мос тушиши керак, шунинг учун $l = F_1 + F_2 = 8$ см. Масалани яна умумий формуладан фойдаланиб ҳам ечиш мумкин (1194-масаллага қаранг), унда $f \rightarrow \infty$ деб ҳисоблаш керак.

1202. Агар ёруғлик дастаси йўлида биринчи йиғувчи линза турган бўлса, у ҳолда керакли натижага эришиш учун линзаларнинг кетинги фокал текисликлари мос тушиши керак. Агар биринчи сочувчи линза турган бўлса, у ҳолда линзаларнинг олдинги фокал текисликлари мос тушиши керак. Изланаётган масофа иккала ҳолда $l = F_1 - F_2 = 4$ см. $F_1 < F_2$ бўлганда масала ечимга эга эмас.

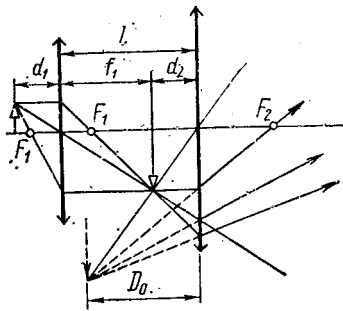
$$1203. \quad x = F_3 - \frac{F_2(L - F_1)}{F_2 + L - F_1} = 6 \text{ см.}$$

1204. Сочувчи линза орқасидаги ёруғлик дастаси ҳам параллел дастадир. Унинг диаметри $D_2 = D_1 \frac{F_2}{F_1} = 4$ мм.

1205. Манба сочувчи линза олдида шундай d масофада бўлиши керакки, иккинчи линзага тушувчи йиғилувчи нурлар дастасининг учи сочувчи линзанинг кетинги фокал текислигида бўлсин. Линза формуласи бўйича $\frac{1}{d} + \frac{1}{F+l} = \frac{1}{F}$, бундан

$$d = \frac{F(F+l)}{l} = 36 \text{ см.}$$

Нурлар йўлининг чизишлидини 461-расмда қаранг. А нуқта S манбанинг йиғувчи линзадаги тасвири ҳисобланади, бинобарин, бу линза орқали биринчи линзадан чиққан барча нурларнинг давоми ўтиши керак. Бу нурлардан иккинчи линзанинг оптик маркази орқали ўтадиганини танлаймиз. Системадан ўтган барча қолган нурлар бу танланган нурга параллел нурлар бўлади.



462- расм.

1206. Агар шуълаланувчи нуқта сочувчи линза жойлашган томонда бўлса,

$$\text{изланаётган масофа } d = \frac{F_1(F_2 - l)}{F_1 - F_2 + l} =$$

$= 8$ см (нуқта сочувчи линзанинг фокусиди жойлашган) бўлади. Агар нуқта йиғувчи линза жойлашган томонда бўлса, у ҳолда $d = \frac{l(F_1 + l) + F_1F_2}{F_1 - F_2 + l} =$

$= 41$ см.

$$1207. x = d + l + F_2 \frac{F_1d + F_1l + ld}{(l - F_2)(d + F_1) + F_1d} = 68 \text{ см.}$$

1208. Телескопда объективнинг фокал текислиги окулярининг фокал текислиги билан мос тушади. Параллел нурлар дастаси бундай линзалар системасидан ўтиб, параллеллигича қолади, бироқ труба ўқи билан энди бошқача бурчак ташкил қилади, Телескопнинг бурчак катталаштириши $k = F_1/F_2$. Икки равшан манба орасидаги l масофа кесмасининг кўриниш бурчаги $\varphi_1 \approx l/r$ га тенг, Масала шартига кўра $k\varphi_1 > \varphi_0$, бундан $l > \varphi_0 r F_2/F_1 \approx 475$ м

1209. Галилей трубасининг узунлиги $l = F_1 - F_2$, унинг катталаштириши $k = F_1/F_2$. Масала шартига кўра Кеплер трубаси худди шундай $l = F_3 + F_4$ узунликка ва худди шундай $k = F_3/F_4$ катталаштиришга эга бўлиши керак. Бинобарин,

$$F_3 = \frac{F_1 - F_2}{F_1 + F_2} F_1 = 36 \text{ см, } F_4 = \frac{F_1 - F_2}{F_1 + F_2} F_2 = 4 \text{ см.}$$

1210 Окуляр объективдан $a = F^2/(d - F) = 1$ масофага узоқлаштирилган.

1211. Агар труба жуда узоқдаги предметларни кўриш учун мўлжалланган бўлса, у ҳолда унинг объективи ва окуляри орасидаги масофа $d = F_1 + F_2$, трубанинг катталаштириши эса $k = F_1/F_2$, бунда F_1 — объективнинг фокус масофаси, F_2 — окулярининг фокус масофаси. Диафрагма қўйилганда

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_2}, \text{ бунда } \frac{f}{d} = \frac{l}{L}. \text{ Бундан } k = L/l.$$

$$1212. l = \frac{D_0 F_2}{D_0 + F_2} + F_1 \approx 31 \text{ см.}$$

1213. Микроскопнинг катталаштириши $k_1 = k_2 \cdot k_3$, объективнинг катта-

лаштириши $k_3 = f/d$. Линза формуласи бўйича $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Бундан $F = \frac{k_1}{k_1 + k_2} d \cdot d \geq 5$ см, шунинг учун $F > 4,5$ см.

1214. Катталаштириш $k = k_1 \cdot k_2$, бунда $k_1 = f_1/d_1$ (462-расм) — объективнинг катталаштириши, бунда d_1 ва f_1 ўзаро $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1}$ муносабат орқали боғланган. Окулярнинг катталаштириши $k_2 = D_0/d_2$, бунда $d_2 = l - f_1$. Бу беш тенглама системасни ечиб, қуйидагини оламиз:

$$k_2 = \frac{D_0 + kF_1}{l - F_1} \approx 8.$$

462-расмда охириги тасвир окуляр линзасидан D_0 масофада жойлашган ҳол тасвирланган. Агар кузатувчининг кўзи зўриқмаган бўлса, окулярдан параллел нурлар дастаси чиқиши керак. Бу ҳолда $d_2 = l - f_1 = F_2$, бунда F_2 — окулярнинг фокус масофаси. Тенгламалар системаси ва ечилиши аввалгича қолади.

1215. $k = \delta D_0/F_1 F_2$, бунда $\delta = l - F_1 - F_2$ — тубуснинг узунлиги. Бундан

$$F_1 = \frac{(l - F_2) D_0}{kF_2 + D_0} = 2,45 \text{ мм.}$$

1216. Зўриқмаган кўз учун $k = \frac{(l - F_1 - F_2) D_0}{F_1 F_2} = 93$ (1215-масалага қаранг). Агар охириги тасвир D_0 масофадан кўринаётган бўлса, у ҳолда

$$k = \frac{(l - F_1 - F_2) D_0}{F_1 F_2} + \frac{l - F_1}{F_1} \approx 120.$$

1217. Объективнинг катталаштириши $k_1 = F_1/(d_1 - F_1)$ (1115-масалага қаранг), окулярнинг катталаштириши зўриқмаган кўз учун $k_2 = D_0/F_2$ (1136-масалага қаранг). Микроскопнинг катталаштириши ва линзалар орасидаги масофа:

$$k = k_1 k_2 = \frac{F_1 D_0}{(d_1 - F_1) F_2} = 150, \quad l = \frac{F_1}{d_1 - F_1} d_1 + F_2 = 14,3 \text{ см.}$$

Агар тасвир D_0 масофадан кузатилаётган бўлса, у ҳолда $k_2 = \frac{D_0}{F_2} + 1$ (1135-масалага қаранг).

$$k = \frac{F_1 (D_0 + F_2)}{(d_1 - F_1) F_2} = 180 \text{ ва } l = \frac{F_1 d_1}{d_1 - F_1} + \frac{F_2 D_0}{D_0 + F_2} \approx 13,47 \text{ см.}$$

1218. Линза формуласи $\frac{1}{a + F_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1}$ дан объективнинг катталаштиришини топамиз. $k_1 = \frac{f_1}{a + F_1} = \frac{F_1}{a}$. Окулярнинг катталаштириши $k_2 = D_0/F_2$, микроскопники $k = k_1 k_2 = F_1 D_0/a F_2 = 200$. Тубуснинг узунлиги $\delta = -f_1 - F_1 = F_1^2/a = 8$ см.

1219. $k = \frac{F_1 D_0}{(d_1 - F_1) F_2}$ (1217- масалага қаранг). Бундан $F_1 = \frac{k d_1 F_2}{D_0 + k F_2} = 6$ мм.

1220. $F_2 = \delta D_0 / k F_1 = 0,5$ см.

1221. Одам энг яқин аккомодация чегарасида турган предметга кўзойнак қараётганда кўзнинг синдириш системасини бошқарувчи муқкуллар энг кўп зўриққан бўлади. Агар кўзни унга эквивалент бўлган линза ва экран билан алмаштирилса, у ҳолда одатдаги формуладан фойдаланиш мумкин: $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = D_{1\text{кўз}}$. Бунда f_1 — кўзнинг эквивалент чуқурлиги — кўзнинг синдириш системасини алмаштирувчи линзадан экрангача (тўр пардагача) масофа.

Одам худди ўша предметга кўзойнак тақиб қараганда ҳам, масала шартига кўра, кўзойнак бўлмагандагидек кўз муқкулларини зўриқтиради, шунинг учун $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = D_{1\text{кўз}} + D_{\text{кўзойн}}$. Бундан, кўзойнак таққан бундай кўз учун энг яқин аккомодация чегараси

$$d_1' = \frac{d_1}{1 + D_{\text{кўзойн}} \cdot d_1} = 0,33 \text{ м.}$$

Худди шунга ўхшаш энг узоққа аккомодацияланиш чегараси (кўз муқкуллари энг бўшаштирилган ҳолат) $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = D_{2\text{кўз}}$.

Бунда кўз чуқурлиги ва кўзнинг оптик кучи, умуман айтганда, бошқача бўлади. Агар одам кўзойнак тақса, у ҳолда $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = D_{2\text{кўз}} + D_{\text{кўзойн}}$. Бинобарин,

$$d_2' = \frac{d_2}{1 + D_{\text{кўзойн}} \cdot d_2} = 1 \text{ м.}$$

1222. Ўқувчи кўзойнак тақиб, китобни кўздан $D_0 = 25$ см масофада тутган ҳолда (нормал кўзнинг энг яхши кўриш масофаси) ўқийди. Шунинг учун $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D_{\text{кўз}}$ ва $\frac{1}{D_0} + \frac{1}{f} = D_{\text{кўз}} + D_{\text{кўзойн}}$, бундан $D_{\text{кўзойн}} = \frac{1}{D_0} - \frac{1}{d} = -1$ дптр.

$D_0 = 25$ см масофада жойлашган предметдан келаётган нурлар бундай линзадан ўтиб, шундай йўналишда, худди кўздан $d = 20$ см масофада турган нуқталардан келаётгандек бўлади.

1223. Масала шартига кўра, $d = 20$ см бундай кўз учун энг узоққа аккомодацияланиш чегарасидир. Шунинг учун кўзойнакка шундай линза қўйиб керакки, чексиз узоқдаги предметлардан келаётган параллел ёруғлик нурлари линзадан ўтгандан сўнг $d = 20$ см масофада жойлашган, предмет нуқталаридан келаётгандек бўлиб туюлсин. Бу нуқталар линзаларнинг фокал текислигида жойлашган бўлгани учун кўзойнак линзаларининг оптик кучи $D_{\text{кўзойн}} = -1/d = -5$ дптр.

1224. Бу одам яхши кўриши учун шундай кўзойнак тақиши керакки, уни таққанда $D_0 = 25$ см дан узоқдаги, шунингдек, чексиз узоқдаги предметларни аниқ кўрадиган-бўлсин.

Биринчи мақсадга эришиш учун одам $D_{1 \text{ кўзойн}} = \frac{1}{D_0} - \frac{1}{d_1} = -6$ дптр (1222- масалага қаранг) оптик кучга эга бўлган кўзойнак тақиши керак. Шунда у кўра оладиган энг узоқдаги предметлар унинг учун $d'_2 = \frac{d_2}{1 + D_{1 \text{ кўзойн}} \cdot d_2} = 0,5$ м (1221- масалага қаранг) масофада бўлиб кўринадди. Демак, жуда узоқдаги предметларни кўриши учун бу одамга оптик кучи $D_{2 \text{ кўзойн}} = -1/d_2 = -8$ дптр (1223- масалага қаранг) бўлган кўзойнак керак. Кўзойнакни тақиб одам $d'_1 = \frac{d_1}{1 + D_{2 \text{ кўзойн}} \cdot d_1} = 0,5$ м дан узоқдаги предметларни кўра олади. Шундай қилиб, бу одам оптик кучи $D_{1 \text{ кўзойн}} = -6$ дптр („яқинни кўриш учун“) ва $D_{2 \text{ кўзойн}} = -8$ дптр („узоқни кўриш учун“) бўлган кўзойнакка эга бўлиши керак, яъни кўзойнак шишаси пастки ярни $D_{1 \text{ кўзойн}}$, юқориги ярни эса $D_{2 \text{ кўзойн}}$ оптик кучга эга бўлган „би-фокал“ линзадан иборат бўлиши керак.

$$1225. D_{\text{кўзойн}} = \frac{1}{D_0} - \frac{1}{d} = +2,75 \text{ дптр (1222- масалага қаранг).}$$

МУНДАРИЖА

Русча учинчи нашрига сўз боши	3
Русча биринчи нашрига сўз боши	3

	Мас- лалар	Жавоб- лар ва ечим- лар
I б о б. Механика	5	196
1- §. Тўғри чизиқли ҳаракат	8	196
2- §. Эгри чизиқли ҳаракат	13	208
3- §. Айланма ҳаракат	16	214
4- §. Тўғри чизиқли ҳаракат динамикаси	18	216
5- §. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни	26	227
6- §. Статика	30	231
7- §. Иш ва энергия	36	239
8- §. Айланма ҳаракат динамикаси	44	245
9- §. Бутун олам тортишиш қонуни	49	253
10- §. Гидро- ва аэромеханика	50	254
11- §. Тебранишлар ва тўлқинлар	55	257
II б о б. Иссиқлик ва молекуляр физика	59	261
12- §. Қаттиқ ва суюқ jismlарнинг иссиқликдан кенгайиши	59	261
13- §. Иссиқлик, калориметрия, фойдали иш коэффициенти	61	262
14- §. Идеал газ қонунлари ва ҳолат тенгламаси	66	267
15- §. Молекуляр физика элементлари	79	282
16- §. Ички энергия, иссиқлик сифими ва газ кенгайишида бажарилган иш	80	284
17- §. Бугларнинг хоссалари	84	289
III б о б. Электр ва магнетизм	89	295
18- §. Кулон қонуни. Электр зарядларининг сирт зичлиги	89	295
19- §. Электр майдони	94	300
Электр майдони кучланганлиги	94	300
Потенциал. Электр кучларининг иши	96	304
Электр сифими	102	310

20- §. ʁзгармас электр токи	111	318
Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни. ʁтказгичлар- нинг қаршилиги	111	318
ʁтказгичларни кетма-кет ва параллел улаш. Қўшимча қаршиликлар ва шунтлар	114	319
Бутун занжир учун Ом қонуни	119	325
Э. ю. к. манбаларини кетма-кет ва параллел улаш .	125	330
21- §. Токнинг иши ва қуввати. Токнинг иссиқлик таъсири	131	336
22- §. Электролиз	139	343
23- §. Токнинг магнит майдони ва электромагнитик индукция	142	344
24- §. ʁзгарувчан ток	150	350
25- §. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар	156	355
IV б о б. Оптика	159	357
26- §. Ёруғликнинг тарқалиши. Ёруғликнинг тезлиги. Ёруғ- ликнинг тўлқини ва квант хоссалари	159	357
27- §. Ёруғликнинг ясси чегарада қайтиши ва синиши . .	160	357
28- §. Фотометрия	165	367
29- §. Сферик кўзгулар	169	371
30- §. Линзалар	176	379
31- §. Оптик системалар	188	394

На узбекском языке

ГРИГОРИЙ АВКСЕНТЬЕВИЧ БЕНДРИКОВ
БОРИС БОРИСОВИЧ БУХОВЦЕВ
ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ КЕРЖЕНЦЕВ
ГЕННАДИЙ ЯКОВЛЕВИЧ МЯКИШЕВ

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗЫ

**Учебное пособие для слушателей подготовительных
отделений высших учебных заведений**

Перевод с русского третьего, переработанного
издания издательства «Наука», М., 1976 г.

Ташкент, „Ўқитувчи“, 1980

Таржимонлар: *А. Исроилов, М. Пулатов*
Редакторлар: *М. Пулатов, М. Шерматова*
Бадний редактор *З. Мартинова*
Техредактор *Т. Грешникова*
Корректор *Ж. Нуритдинова*

ИБ № 1443

Теришга берилди 21.09.1979 й. Босишга рухсат этилди 12.02.1980 й. Формати 60×90^{1/16}. Тип. қоғози № 3. „Литературная“ гарнитура. Кегди 10,8 шпонсиз. Юқори босма усулида босилди. Шартли б. л. 25,5. Нашр. л. 31,4. Тиражи 5000. Заказ № 6265, Баҳоси 1с. 20 т.

„Ўқитувчи“ нашриёти, Тошкент, Навоий кўчаси, 30, Шартнома 153—79

Нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари область бошқармасининг Морозов номи босмахонаси. Самарқанд, У. Турсунов кўчаси, 82, 1980 й.

Типография имени Морозова областного управления по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Самарканд, ул. У. Турсунова, 82.