

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

OPTIKA ASOSLARI

Amaliy mashg‘ulotlar

USLUBIY KO‘RSATMALAR

Toshkent 2022

UDK 535

Yusupov D.B., Soliyeva N.M. Optika asoslari. Amaliy mashg'ulotlar. Uslubiy ko'rsatmalar. – T: ToshDTU, 2022. 54 b.

Ushbu uslubiy ko'rsatmalar "Optika asoslari" fani bo'yicha amaliy mashg'ulotlarni yangi dastur asosida tashkil etishga bag'ishlangan bo'lib, uning maqsadi talabalarning nazariy mashg'ulotlarda olgan bilimlarini mustahkamlashdan, optika asoslarining asosiy qonunlarini to'laroq tushunish va anglash hamda mustaqil ishlash malakalarini hosil qilishga o'rgatishdan iborat.

Ko'rsatmalar 60711700-Lazer-yorug'lik texnologiyalari va optoelektronika yo'nalishida tahsil oluvchi talabalar uchun mo'ljallangan.

*Toshkent davlat texnika universitetining ilmiy-uslubiy kengashi
qaroriga binoan chop etildi
(29.06.2022y. 10-sonli bayonnoma)*

Taqrizchilar:

Otajonov SH.- O'zMU "Fotonika" kafedresi, f-m.f.d., professor;

Gaibov A.- ToshDTU "Umumiy fizika" kafedresi, f-m. f.n., dotsent.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2022

KIRISH

So‘nggi o‘n yillik mobaynida optika fanini o‘zlashtirish fizika fakultetlaridan muhandislik ixtisosliklari fakultetlariga olib o‘tilganini ko‘rish mumkin. Bir necha yillar oldin optika fani mexanika va kimyoviy muhandislik singari boshqa fakultetlarga kirib bordi va shu ixtisosliklarda kichik masofalarni o‘lchashda optikaviy interferometrlar, obyekt harakat tezliklarini o‘lchash imkonini beruvchi qurilmalar va materiallar kimyoviy tarkibini o‘rganishda spektroskopik qurilmalar singari optikaviy texnikalardan foydalanishga olib keldi.

Ushbu ko‘rsatmalar yetarlicha murakkab bo‘lgan optik tushunchalarni uning matematik apparatlari orqali rivojlantirish, muhandislarga optikaviy tizimlarni konseptual tuzilishlar, murakkab tahlillar, tayyorlash jarayonlari va tekshirish singari masalalarni yechishga mo‘ljallangan. Ko‘rsatmalarni tuzishdan maqsad talabalarga “Optika asoslari” faniga oid bo‘lgan masalalarni yechishda amaliy ko‘mak berishdir.

Ko‘rsatmalardan optika, lazer texnologiyalari, yorug‘lik diod optoelektronikasi kabi sohalarda ta’lim oluvchi talabalar, doktorantlar hamda mustaqil izlanuvchilar foydalanishlari mumkin.

1-amaliy mashg'ulot: Geometrik optika. Fotometrik kattaliklar

Maqsad: Linza va prizmalarlarda nurlarning yo'lini, linzalarda tasvir yasashni, optik kuchini va fotometrik kattaliklarni hisoblashga doir masalalar yechish.

Sferik ko'zguning fokus masofasi

$$F = \frac{R}{2},$$

bunda R-ko'zguning egrilik radiusi.

Sferik ko'zguning optik kuchi

$$D = \frac{1}{F}.$$

Sferik ko'zgu formulasi

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d},$$

bunda f va d – mos ravishda ko'zguning qutbidan buyum va tasvirgacha bo'lgan masofalar.

Agar buyumning tasviri mavhum bo'lsa, unda d kattalik manfiy ishora bilan olinadi.

Bitta qilib qo'shilgan ikki yupqa linzaning optik kuchi:

$$D=D_1+D_2,$$

bunda D_1 va D_2 – linzalarning optik kuchlari.

Ikki muhit chegarasida tushgan nur, qaytgan nur va tushish nuqtasiga o'tkazilgan normal bitta tekislikda yotadi. Nurning qaytish burchagi j tushish burchagi i ga teng bo'ladi:

$$j = i$$

Nur bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tayotganida yorug'likning sinishi qonuni:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n = \frac{v_1}{v_2},$$

bunda i – tushish burchagi, r – sinish burchagi, n – ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi, v_1 va v_2 – yorug'likning birinchi va ikkinchi muhitlardagi tarqalish tezliklari.

To'lqinlar energiyasi

$$W = E + U = \rho A^2 \omega^2 \Delta V \sin^2 \omega \left(t - \frac{x}{u} \right)$$

bu yerda, ρ - muhitning zichligi, t - to'lqinning tarqalish vaqti, x - to'lqin frontining siljish masofasi, u - to'lqinning fazaviy tezligi, ΔV – to'lqin frontining tarqatishiga ular egallab olgan hajm o'zgarishi.

Yorug'lik oqimi

$$\Phi = \frac{dW}{dt}$$

W – energiya, t – vaqt.

Yorug'lik kuchi

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

F – yorug'lik oqimi, Ω – fazoviy burchak

Yoritilganlik

$$E = I \frac{\cos \alpha}{r^2}$$

bunda α – nurning tushish burchagi.

Yorqinlik

$$R = \frac{d\Phi}{dS}$$

Agar jismning yorqinligi uning yoritilganligi bilan ifodalansa, $R = \rho E$, bundagi ρ – sochilish (qaytish) koeffitsiyenti.

Ravshanlik

$$B = \frac{dl}{\cos \theta \cdot dS}$$

Yoritilish miqdori

$$dH_e = E dt$$

Elektromagnit to‘lqin bir muhitdan ikkinchi muhitga o‘tganida uning chastotasi o‘zgarmaydi, shu sababli uning tezligi va unga mos ravishda to‘lqin uzunligi o‘zgaradi.

Elektromagnit to‘lqin formulasini vakuum va nomagnit muhit uchun qo‘llaymiz. Birinchi holda to‘lqinning vakuumdagi tezligi yorug‘lik tezligiga teng. Ikkinchi holda to‘lqinning tezligi kamayadi va u muhitning sindirish ko‘rsatkichi bilan aniqlanadi.

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu} \text{ va } \lambda_2 = \frac{c}{\nu n}$$

Sindirish ko‘rsatkichi

$$n = \sqrt{\epsilon\mu}$$

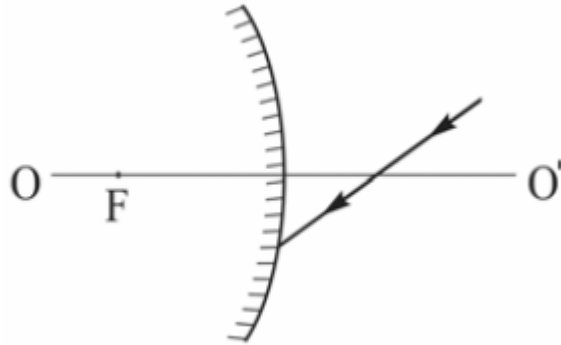
bilan aniqlanadi va quyidagi formulani olamiz:

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu \sqrt{\epsilon\mu}}$$

To‘lqin uzunligining o‘zgarishi quyidagiga teng:

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{c}{v} \left(\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} - 1 \right).$$

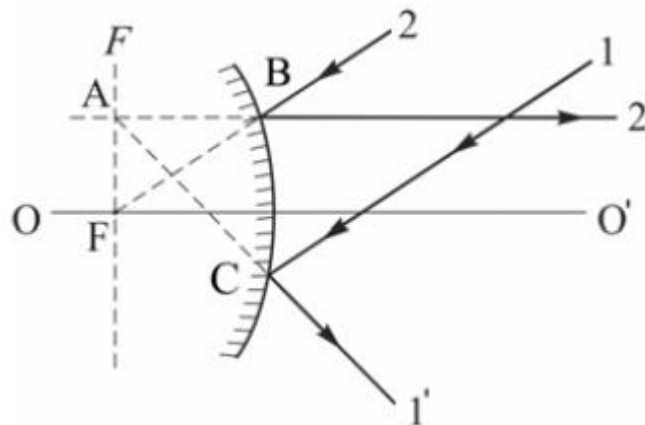
1-masala. Yorug'lik nuri qavariq sferik ko'zguga tushmoqda (1.1-rasm). F – fokus, OO' – bosh optik o'q). Geometrik usul bilan qaytgan nurning yo'nalishini toping.



1.1-rasm. Qavariq sferik ko'zguga tushayotgan nur

Yechish:

Qavariq sferik ko'zguga tushayotgan 1 nurga fokusni mo'ljalga oluvchi 2 yordamchi nurni chizamiz (1.2- rasm). V nuqtadan qaytgan 2' optik o'q OO' ga parallel bo'lishi kerak.



1.2-rasm. Qavariq sferik ko'zguda nurlarning yo'li

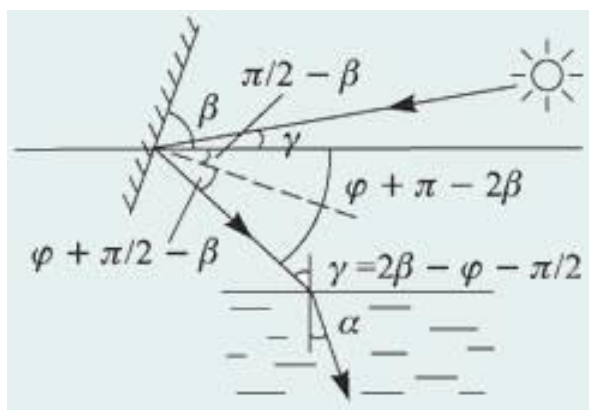
2' nurning davomi (chapga) F fokal tekislikni A nuqtada kesib o'tadi. Shu sababli S nuqtadan qaytgan 1' nur F fokal tekislikdagi A nuqta bilan bir to'g'ri chiziqda yotishi kerak.

2-masala. Quyoshning balandligi gorizont bilan $\varphi = 10^\circ$ ni tashkil

etadi. Ko'zgudan foydalanib yorug'lik nuri ko'lga yo'naltirildi. Yorug'lik nuri suvga vertikalga nisbatan $\alpha = 41^\circ$ burchak ostida tushishi uchun ($\sin\alpha \approx 0,655$), gorizontga nisbatan ko'zguni qanday β burchak ostida joylashtirish kerak. Suvning sindirish ko'rsatkichi $n = 1,32$. Ko'zguga o'tkazilgan normal vertikal tekislikda yotibdi.

Yechish:

3-rasmda nurning yo'li va ko'zguning joylashishi keltirilgan. Rasmda shtrix-punktir chiziq bilan ko'zguga o'tkazilgan perpendikulyar ko'rsatilgan.



1.3-rasm. Ko'zguga tushgan va qaytgan nurlar

Rasmdan ko'rinib turibdiki, ko'zgudan qaytgan nur gorizont bilan

$$\varphi + \pi - 2\beta$$

burchak hosil qiladi. Shuning uchun nurning suv sirtiga tushish burchagi quyidagiga teng

$$\gamma = \pi/2 - (\varphi + \pi - 2\beta) = 2\beta - \varphi - \pi/2,$$

undan $\beta = (1/2)(\pi/2 + \varphi + \gamma)$ ni topamiz. Ikkinchi tomondan, sinish qonuniga asosan

$$\sin\gamma = n\sin\alpha = \sqrt{3}/2$$

Yuqoridagilardan

$$\beta = (1/2)(\pi/2 + \varphi + \arcsin(ns\alpha)) \approx 80^\circ \text{ ni olamiz.}$$

3-masala. Quyidagi linzalarning optik kuchlari D topilsin: a) ikki tomonlama botiq: $R_1=15$ sm va $R_2=-25$ sm; b) yassi-botiq $R_1=15$ sm va $R_2=\infty$; d) qavariq–botiq (musbat menisk): $R_1=15$ sm va $R_2=25$ sm; e) ikki tomonlama qavariq: $R_1=-15$ sm va $R_2=-25$ sm; f) yassi-qavariq: $R_1=\infty$ va $R_2=-15$ sm; g) botiq-qavariq (manfiy menisk): $R_1=25$ sm va $R_2=15$ sm. Linzaning sindirish ko‘rsatkichi $n=1.5$

Yechish:

Yupqa linza formulasidan

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (1.1)$$

Undan

$$F = \frac{R_1 R_2}{(n-1)(R_2 - R_1)} \quad (1.2)$$

Yassi-botiq linza

($R_2=\infty$) uchun (1.2) tenglamadan quyidagini olamiz

$$(n - 1) \frac{1}{R_1} = \frac{1}{F}$$

Undan

$$F = \frac{R_1}{n-1} \quad (1.3)$$

Yassi-qavariq linza

($R_1=\infty$) uchun (1.2) tenglamadan quyidagini olamiz

$$-(n - 1) \frac{1}{R_2} = \frac{1}{F}$$

Undan o‘z navbatida ishchi formulani topamiz

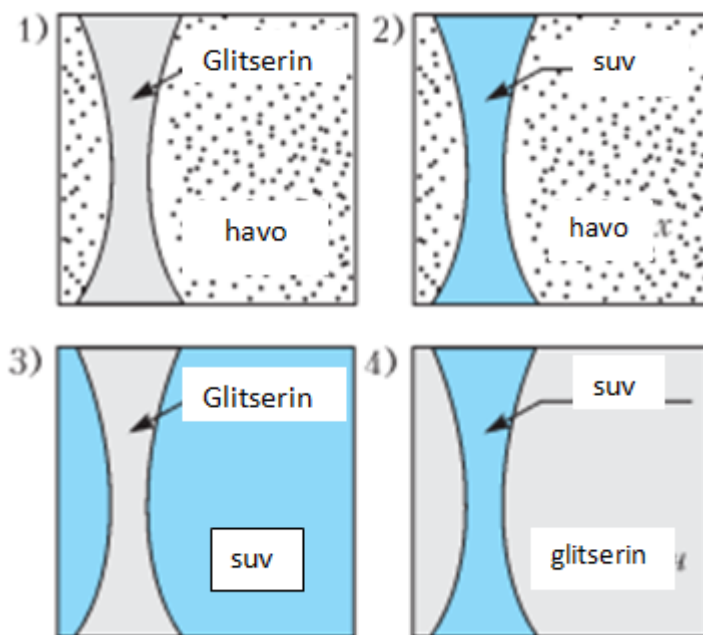
$$F = -\frac{R_2}{n-1} \quad (1.4)$$

Son qiymatini qo‘yib quyidagilarni topamiz

- a) (2.1) dan $F=0.188$ m;
- b) (2.2) dan $F=0.3$ m;
- d) (2.3) dan $F=0.75$ m;
- e) (2.1) dan $F=-0.188$ m;
- f) (2.4) dan $F=0.3$ m;
- g) (2.2) dan $F=-0.75$ m.

Bu qiymatlarga teskari bo‘lgan kattalik esa linzaning optik kuchi ((1.1) formulaga qarang).

4-masala.



2 ta juda yupqa sferik shishalar segmentlaridan 1.5-rasmda tasvirlanganidek linzalar tayyorlangan. Agar glitserinning sindirish ko‘rsatkichi suvning sindirish ko‘rsatkichidan kattaroq bo‘lsa, u holda qaysi holda yig‘uvchi linza to‘g‘ri belgilangan (to‘g‘ri javob – 4-hol)?

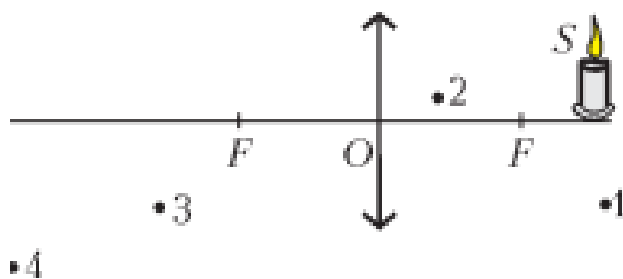
5-masala. Linzaga yig‘iluvchi nur dastasi tushmoqda. Nurlar linzadan o‘tib, linzadan 15 sm masofada joylashgan nuqtada kesishmoqda. Agar linzani olib tashlasak, u holda kesishish nuqtasi linzaga 5 sm yaqinroq bo‘lgan nuqtaga ko‘chadi. Linzaning fokus masofasini toping.

Bu holda linza formulasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

Bu yerda $d = 10$ sm (mavhum manba), $f = 15$ sm (haqiqiy tasvir). Bunga ko'ra $F = -30$ sm. Linzaning yig'uvchi yoki sochuvchi ekanligi masalaning shartida berilmagan edi, masalaning yechimidan bu linzaning sochuvchi ekanligi kelib chiqdi.

6-masala. 1.7-rasmda ko'rsatilgan 1, 2, 3 yoki 4 nuqtalarning qaysi birida sham shu'lasining yig'uvchi linza orqali hosil bo'lgan tasviri joylashadi?



1.4-rasm. Shamning yig'uvchi linzada tasvir hosil bo'lishi

$d > F$ bo'lganligi sababli tasvir haqiqiy. Shu sababli faqatgina 3 va 4 nuqtalar qoladi. Lekin $d < 2F$ bo'lganligi sababli $f > 2F$ shart bajarilishi zarur. Shunga ko'ra to'g'ri javob 4 bo'ladi.

7-masala. Qaysi holda ikkita chastotalari bir xil bo'lgan to'lqinlar qo'shilganda (fazalari ixtiyoriy nisbatda bo'lganda) natijaviy intensivlik I ularning boshlangich intensivliklari $I_1 = A_1^2$ va $I_2 = A_2^2$ ning yig'indisiga teng bo'ladi?

Yechish:

Fazoning biror nuqtasida ikkita to'lqinga mos garmonik tebranishlarning qo'shilishini ko'rib chiqamiz. Tebranishlar quyidagi qonunlar bo'yicha bo'lsin.

$$E_1 = A_1 \cos(\omega t), \quad E_2 = A_2 \cos(\omega t + \delta)$$

Bunda δ - fazalar farqi. Natijaviy tebranish quyidagicha ifodalanadi:

$$E = E_1 + E_2 = A_1 \cos(\omega t) + A_2 \cos(\omega t + \delta) \text{ quyidagi ifodani olamiz.}$$

$$E^2 = A_1^2 \cos^2(\omega t) + A_2^2 \cos^2(\omega t + \delta) + 2A_1 A_2 \cos(\omega t) \cos(\omega t + \delta)$$

Natijaviy intensivlik I ni topish uchun yuqoridagi ifodani vaqt bo'yicha o'rtacha qiymatini topamiz.

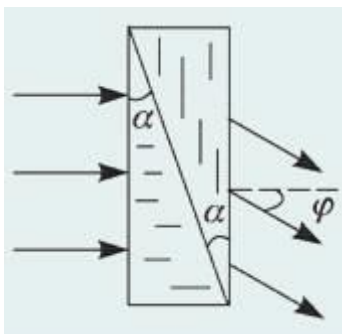
$$I = \frac{1}{2} A_1^2 + \frac{1}{2} A_2^2 + 2A_1 A_2 \overline{\cos(\omega t) \cos(\omega t + \delta)}$$

Bu formuladagi chiziq o'rtacha qiymatni anglatadi. Masalaning shartiga ko'ra oxirgi qo'shiluvchi nolga teng. Bu esa faqat

$$A_1 A_2 = 0$$

da amalga oshadi, ya'ni tebranishlar o'zaro perpendikulyar bo'lishi lozim ($\delta=90^\circ$).

8-masala. Og'ish burchaklari $\alpha = 5^\circ$ o'zaro teng, har xil sindirish ko'rsatkichli ikkita prizma 1.4-rasmda ko'rsatilganidek bir-biriga zich qilib joylashtirilgan. Ushbu prizmalar tizimining old tomonining yuziga tik tushayotgan yorug'lik dastasi undan chiqayotganda oldingi yo'nalishiga nisbatan $\varphi = 3^\circ$ burchakka og'gan. Hisoblashlarda $\sin\alpha \approx \alpha$, $\sin\varphi \approx \varphi$ larni o'rinli deb, prizmalar materiallarining sindirish ko'rsatkichlari farqini Δn aniqlang.



1.5-rasm. Birlashtirilgan ikkita prizmadan nurlarning o'tishi

9-masala. Difraksion panjaraning har bir millimetriga 200 ta shtrix mos keladi. Difraksion panjaraga tik ravishda to'lqin uzunligi 575 nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik nuri tushmoqda. Difraksion manzaraning eng katta tartibi qanday burchak ostida ko'rinadi?

10-masala. Bir-biridan $d = 2,0$ mm masofada joylashgan ikkita tor tirqish to'lqin uzunligi $\lambda = 750$ nm bo'lgan yorug'lik nuri bilan yoritilmoqda. Tirqishlarga parallel va ulardan $l=2,0$ m masofada

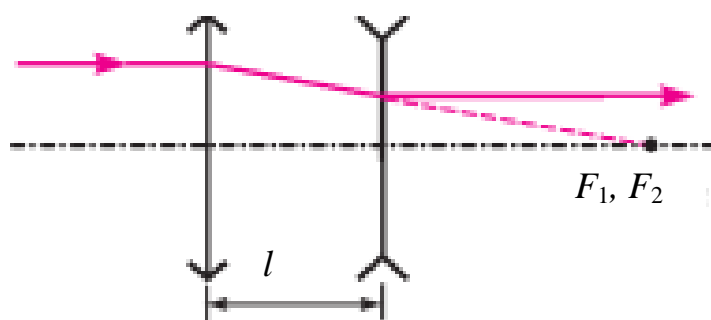
joylashgan ekranning markazidan qanday masofada birinchi tartibli yorug' tasma joylashgan?

11-masala. Nyuton halqalarini olish uchun yassi qavariq linzadan foydalaniladi. Unga to'liq uzunligi 0,6 mkm bo'lgan yorug'lik nuri tushirilganida 5 - va 6- yorug' halqalar orasidagi masofa 0,56 mm ga tengligi kuzatilgan. Linzaning egrilik radiusi aniqlansin.

13-masala. Ikki yoqlama qavariq linza sirtlarining egrilik radiuslari bir xil. Linza sirtlarining egrilik radiusi R ning qanday qiymatida uning bosh fokus masofasi $F=20$ sm gat eng bo'ladi?

14-masala. Yassi ko'zguni tasvir hosil bo'layotgan nuqtaga ko'chirilsa, buyum va uning tasviri orasidagi masofa qanday o'zgaradi?

15-masala. Fokus masofasi 17 sm bo'lgan yig'uvchi linzaga 1.6 - rasmdagidek bosh optikaviy o'qiga parallel bo'lgan nur dastasi tushmoqda. Nur har ikkala linzadan o'tib parallel tarqalishi uchun fokus masofasi 9 sm bo'lgan sochuvchi linzani yig'uvchi linzadan qanday masofada joylashtirish lozim (to'g'ri javob – 8 sm)?



1.6-rasm.Nurning sochuvchi va yig'uvchi linzadagi yo'nalishi

16-masala. Linza sirtlarining egrilik radiuslarining nisbati $k=2$. Qavariq sirtning egrilik radiusi R ning qanday qiymatida linzaning optik kuchi $D=10$ dptr ?

17-masala. Tasvirning o'lchamlari buyum o'lchamlaridan 4 marta kichik bo'lishi uchun buyum optik kuchi -5 dptr bo'lgan linzadan qanday masofada joylashtirish kerak?

18-masala. Yig'uvchi linzaning fokus masofasi F ga teng. Linzaning kattalashtirishi 2 ga teng bo'lishi uchun buyum uchidan qanday masofaga joylashtirish kerak?

19-masala. A nuqtadan chiqayotgan yorug'lik nuri ikki muhit chegarasida singandan keyin V nuqtaga tushadi. Shunda nurning optik uzunligi A va V nuqtalarni birlashtiruvchi kesma ixtiyoriy boshqa optik

yoʻldan kichikroq boʻlishini isbotlang.

20-masala. Shamning yorugʻlik nuri energiyasi oqimining zichligi undan 1 m masofada $6 \text{ erg}/(\text{s}\cdot\text{sm}^2)$ ga teng. Shamning massasi har soatda 8,5 g ga kamayadi va uning solishtirma yonish issiqligi 5800 kal/g deb hisoblab, sham-yorugʻlik manbaining FIK ni toping ($1 \text{ kal} = 4.2\text{J}$, $1 \text{ erg} = 10^{-7}\text{J}$).

21-masala. Toʻlqin uzunligi 504 nm boʻlgan yorugʻlik nurining bir muhitdan ikkinchi muhitga tushish burchagi 64° , sinish burchagi 53° boʻlsa, nurning toʻlqin uzunligi qanchaga oʻzgarishini toping.

22-masala. Toʻlqin uzunligi 500 nm boʻlgan fotonning sindirish koʻrsatkichi 1.6 boʻlgan muhitdagi energiyasi aniqlansin.

23-masala. Tovushning havodagi toʻlqin uzunligi 0.8 m boʻlsa, suvdagi toʻlqin uzunligi qanday? Tovushning havodagi va suvdagi tezliklari 343 va 1483 m/s.

24-masala. Normal tushayotgan quyosh nurlaridan yer sirtining yoritilganligi topilsin. Quyoshning ravshanligi $1,2\cdot 10^9 \text{Kd}/\text{m}^2$

25-masala. Yorugʻlik kuchi 100 *sham* keladigan elektr lampochkasi-ning spiral simi, diametri: 1) 5 *sm* va 2) 10 *sm* boʻlgan xira sferik kolba ichiga joylshirilgan. Ikkala holda ham lampochkaning yorqinligi va ravshanligi topilsin. Kolba qobigʻidagi yorugʻlik isrofi hisobga olinmasin.

26-masala. Nur sochuvchi jism sifatida xizmat qiluvchi diametri 3 mm choʻgʻlanma sharchali lampa 85 *sham* yorugʻlik kuchi beradi. Agar lampaning sferik kolbasi: 1) tiniq shishadan, 2) xira shishadan yasalgan boʻlsa, shu lampaning ravshanligi topilsin. Kolbaning diametri 6 *sm*.

27-masala. Yorugʻlik normal tushayotganida oldingi masladagi lampa 5 m masofada qanday yoritilganlik beradi?

28-masala. Oʻlchamlari 20x30 *sm* boʻlgan oq qogʻoz sirtiga normal holda 120 *Lk* yorugʻlik oqimi tushadi. Agar sochilish koeffitsiyenti $\rho = 0,75$ boʻlsa, qogʻoz varagʻining yoritilganligi, ravshanligi va yorqinligi topilsin.

29-masala. Qogʻoz varagʻining ravshanligi 10^4 nt ga teng boʻlishi uchun oldingi masaladagi qogʻoz varagʻining yoritilganligi qanday boʻlishi kerak?

30-masala. Oʻlchami 10x30 *sm* qogʻoz varagʻi 100 *sham* yorugʻlik kuchiga ega boʻlgan lampochka bilan yoritilganda unga lampochkadan butun yorugʻlikning 0,5 % qismi tushadi. Shu qogʻoz varagining yoritilganligi topilsin.

31-masala. 100 *sham* elektr lampochkasi hamma tomonga har minutda 122 J yorugʻlik energiyasi tarqatadi. Agar lampochka 100 W quvvat isteʼmol qilsa, 1) yorugʻlikning mexanik ekvivalenti; 2) yorugʻlik berish

foydali ish koeffitsiyenti topilsin.

Nazorat savollar

1. Geometrik optika nimani o'rganadi?
2. Geometrik optikani qo'llash chegarasi deganda nimani tushunasiz?
3. Yupqa linza deganda nimani tushunasiz?
4. Haqiqiy va mavhum tasvirlarning farqlarini tushuntiring.
5. Linzaning fokus masofasi qanday aniqlanadi?
6. Qavariq linzada mavhum tasvir olish mumkinmi? Javobingizni izohlab bering.
7. Yassi, botiq va qavariq ko'zgularida tasvirlar qanday hosil qilinadi?
8. Yupqa va qalin linzalarda hosil qilingan tasvirlar qanday farqlanadi?
9. Yorug'likning ikki muhit chegarasida sinishida uning qaysi parametrlari o'zgaradi?
10. Yorug'lik nurini tavsiflovchi asosiy parametrlarni sanab bering.
11. Fotometriya nimani o'rganadi?
12. Fotometriyani qo'llash chegarasini tushuntiring.

2-amaliy mashg'ulot: Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi, sinishi va qaytishi. Yorug'lik difraksiyasi

Maqsad: Elektromagnit to'lqinlarning muhitlarda tarqalishini, ikki muhit chegarasida qaytgan va singan nurlarni o'rganish va yorug'likning yutilishiga doir masalalar yechish.

1. Sferik ko'zguning optik kuchi D quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R} = \frac{1}{F} = D$$

bunda a_1, a_2 – buyumdan va tasvirdan ko'zbugacha bo'lgan masofa, R – ko'zguning egrilik radiusi va F – ko'zguning fokus masofasi.

Ko'zgudan chiqqan nur bo'yicha hisoblanadigan masofa musbat, nurga teskari masofa esa – manfiy hisoblanadi. Agar F metrda ifodalansa, u holda D kattalik dioptriyada ifodalanadi.

2. Nur bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tayotganida yorug'likning sinishi qonuni:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n = \frac{v_1}{v_2},$$

bunda i – tushish burchagi, r -sinish burchagi, n -ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko‘rsatkichi, v_1 va v_2 –yorug‘likning birinchi va ikkinchi muhitlardagi tarqalish tezligi.

3. Bir jinsli muhitga joylashtirilgan yupqa linzaning optik kuchi:

$$-\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \frac{1}{F} = D$$

bunda a_1, a_2 – buyumdan va tasvirdan linzagacha bo‘lgan masofa, n - linza materialining nisbiy sindirish ko‘rsatkichi, R_1 va R_2 – linzalarning egrilik radiuslari. Linzalar uchun ishoralar qoidasi ko‘zgularniki singaridir.

4. Bitta qilib qo‘shilgan ikki yupqa linzaning optik kuchi:

$$D = D_1 + D_2,$$

bunda D_1 va D_2 – lizalarning optik kuchlari.

5. Ko‘zgular va linzalardagi chiziqli kattalashtirish

$$k = \frac{y'}{y} = \frac{a_2}{a_1}$$

bunda y – buyumning balandligi va y' – tasvirning balandligi.

6. Lupaning kattalashtirishi

$$k = \frac{L}{F},$$

bunda L – eng yaxshi ko‘rish masofasi va F – lupaning bosh fokus masofasi.

7. Mikroskopning kattalashtirishi

$$k = LdD_1D_2$$

bunda L –eng yaxshi ko‘rish masofasi, d –obyektiv bilan okulyar fokuslari o‘rtasidagi masofa, D_1 va D_2 – mos holda obyektiv bilan okul-yarning optik kuchlari.

8. Teleskopning kattalashtirishi

$$k = \frac{F_1}{F_2}$$

bunda F_1 —obyektivning fokus masofasi va F_2 – okulyarning fokus masofasi.

Frenel k-zonasining radiusi :

Sferik to‘lqinlar uchun

$$\rho_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k\lambda},$$

Bunda a-nuqtaviy yorug‘lik manbaidan yumaloq tirqishli diafragma-gacha bo‘lgan masofa; b-difraksion manzara kuzatilayotgan ekrandan diafragma-gacha bo‘lgan masofa; k-Frenel zonasining tartib raqami; λ —to‘lqin uzunligi;

Yassi to‘lqin uchun

$$\rho_k = \sqrt{bk\lambda}.$$

2. Ekrandagi ikki kogerent yorug‘lik manbalariga parallel joylashgan interferensiya yo‘llari o‘rtasidagi masofa

$$\Delta y = \frac{L}{d} \lambda,$$

bu yerda λ -yorug‘likning to‘lqin uzunligi, L-bir-biridan d masofada turgan yorug‘lik manbalaridan ekrangacha bo‘lgan masofa; bunda $L \gg d$ deb hisoblanadi.

Parallel monoxromatik nur dastasini uning yutiluvchi muhitda susayishini aniqlovchi qonun. Bu qonun quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$I(l) = I_0 e^{-k_\lambda l},$$

Bu yerda I_0 — kiruvchi dasta intensivligi, l — nur o‘tayotgan modda qalinligi, k_λ — yutilish ko‘rsatkichi. Bu ko‘rsatkich yorug‘likning to‘lqin

uzunligiga bog'liq bo'lib, bu bog'liqlik modda spektrining yutilishi deyiladi.

Buger –Lambert –Ber qonuniga ko'ra:

$$D = \varepsilon \cdot C_M \cdot l, \text{ bundan } C_M = D/(\varepsilon \cdot l)$$

1-masala. Retinolning etanol ($M=286,5$ g/mol) aralashmasi (modda konsentratsiyasi $C_M = 8,57 \cdot 10^{-6}$ mol/l)ning $l = 1$ sm qalinlikdagi kyuvetadagi optikaviy zichligi $D=0,450$. Yutilishning maksimal holati uchun retinol yutilishiga mos bo'lgan λ_{maks} energiyani hamda yutilishning molyar ko'effitsiyentini toping

Yechilishi:

1 ta foton energiyasi (E) chastota (ν) bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan: $E = h\nu$, bu yerda $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · sek. Boshqa tomondan chastota to'liq uzunligi bilan quyidagicha bog'langan:

$$\nu = c/\lambda$$

Bu ikkala tenglamalarni birlashtirib,

$$E = h \cdot c/\lambda,$$

ga ega bo'lamiz. Retinol molekulasining $\lambda_{\text{maks.}} = 325$ nm energiyali 1 ta fotonni yutib uyg'ongan holatiga o'tishda o'tish energiyasi:

$\Delta E = h \cdot c/\lambda_{\text{maks.}} = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · sek · $3 \cdot 10^8$ m/sek / $(325 \cdot 10^{-9}$ m) = $6,1 \cdot 10^{-19}$ J yoki eV ($1\text{J} = 6,24 \cdot 10^{18}$ eV) $\Delta E = 3,8$ eV. 1 mol retinol molekulari yutadigan energiyani topish uchun uni yana Avogadro soniga ko'paytirish kerak ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$): $\Delta E = 6,1 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,67 \cdot 10^5$ J/mol = $3,67 \cdot 10^2$ kJ/mol.

Buger –Lambert –Ber qonuniga ko'ra:

$$D = \varepsilon \cdot C_M \cdot l, \text{ bundan } \varepsilon = D/(C_M \cdot l) = 0,450/(8,57 \cdot 10^{-6} \cdot 1) = 5,25 \cdot 10^4 \text{ l}/(\text{mol} \cdot \text{sm}).$$

2-masala. Qavariq sferik ko'zguning egrilik radiusi 60 sm. Ko'zgudan 10 sm uzoqlikda balandligi 2 sm keladigan buyum qo'yilgan. Tasvirning vaziyati va balandligi topilsin. Chizmasi berilsin.

3-masala. Egrilik radiusi 40 sm bo'lgan botiq sferik ko'zguda asl

kattaligining yarmiga teng keladigan haqiqiy tasvir olish uchun buyumni qayerga joylashtirish kerak va tasvir qayerda olinadi?

4-masala. Buyumning botiq sferik ko'zgudagi tasviri uning o'z kattaligidan ikki marta katta. Buyum bilan tasvir o'rtasidagi masofa 15 sm. Ko'zguning: 1) fokus masofasi va 2) optik kuchi aniqlansin.

5-masala. Yorug'lik nuri sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan jismga i burchak ostida tushadi. Qaytgan nur singan nurga perpendikulyar bo'lishi uchun i va n kattaliklar o'zaro qanday bog'lanishi kerak?

6-masala. Shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,52. 1) shisha-havo, 2) suv-havo, 3) shisha-suv, bo'linish sirtlari uchun to'liq ichki qaytishning chegaraviy burchaklari topilsin.

7-masala. Suvga sho'ng'igan kishi botib borayotgan Quyoshni qaysi yo'nalishida ko'radi?

8-masala. Yorug'lik nuri skipidardan havoga chiqmoqda. Bu nur uchun to'la ichki qaytishning chegaraviy burchagi $42^{\circ}23'$. Skipidardagi yorug'likning tarqalish tezligi nimaga teng?

9-masala. Yorug'lik nuri sindirish ko'rsatkichi n_1 bo'lgan muhitdan sindirish ko'rsatkichi n_2 bo'lgan muhitga o'tadi. Agar qaytgan va singan nurlar orasidagi burchak $\frac{\pi}{2}$ ga teng bo'lsa, $tg\alpha = n_1/n_2$ shart bajarilishi ko'rsatilsin.

10-masala. Yassi to'lqin uchun to'rtinchi Frenel zonasining radiusi 3 mm. Oltinchi Frenel zonasining radiusi aniqlansin.

11-masala. Agar tasvir vaziyatini topish uchun to'lqin frontidan $b=1$ m masofada turgan kuzatish nuqtasi uchun bajarilayotgan bo'lsa, yassi to'lqin fronti uchun ($\lambda = 0,5$ mkm) beshinchi frenel zonasining radiusi topilsin.

12-masala. Andromeda «ε» yulduzning spektri fotosuratiga olinganda titan chizig'i ($\lambda=4,954 \cdot 10^{-5}$ sm) spektrning binafsha uchi tomon $1,7\text{\AA}$ ga siljiganligi topilgan. Yulduz Yerga nisbatan qanday harakat qiladi?

13-masala. Agar yashil yorug'lik filtrini ($\lambda=5 \cdot 10^{-5}$ sm) qizil yorug'lik filtriga ($\lambda=6,5 \cdot 10^{-5}$ sm) almashtirilsa, Yung tajribasida ekrandagi qo'shni interferensiya yo'llari o'rtasidagi masofa necha marta oshadi?

14-masala. Yung tajribasida to'lqin uzunligi $\lambda=6 \cdot 10^{-5}$ sm bo'lgan monoxromatik yorug'lik bilan yoritilgan teshiklar o'rtasidagi masofa 1 mm va teshikdan ekrangacha bo'lgan masofa 3 m. Uchta birinchi yorug' yo'llarning vaziyati topilsin.

15-masala. Frenel ko'zgulari bilan qilingan tajribada yorug'lik manbaining mavhum tasvirlari o'rtasidagi masofa 0,5 mm ga, ekrangacha

boʻlgan masofa 5 m ga teng boʻlgan. Yashil yorugʻlikda bir-birlaridan 5 mm masofada interferensiya yoʻllari hosil boʻlgan boʻlsa, bu nurning toʻlqin uzunligini toping.

16-masala. Quyosh spektri fotosuratga olinganida uning chap va oʻng chetlarida olingan spektrlardagi ($\lambda=5890\text{Å}$) sariq spektral chiziq $0,08\text{ Å}$ ga siljiganligi topilgan. Quyosh diskining chiziqli aylanish tezligi topilsin.

17-masala. Agar α -zarrachalar dastasi boʻylab kuzatilganida geliy chizigʻining ($\lambda=4922\text{ Å}$) maksimal doppler siljishi 8 Å ga teng boʻlsa, geliyli razryad trubkasining elektrodleri orasiga qanday potentsiallar ayirmasi qoʻyilgan boʻladi?

18-masala. Egrilik radiusi 40 sm boʻlgan botiq sferik koʻzguda asl kattaligining yarmicha keladigan haqiqiy tasvir olinishi uchun buyumni qayerga qoʻyish kerak va tasvir qayerda hosil boʻladi?

19-masala. Fokus masofasi 20 sm botiq sferik koʻzgu berilgan. Boʻylama sferik aberratsiya fokus masofaning koʻpi bilan 2% ini tashkil etishi uchun buyum optik oʻqdan qanday h eng uzoq masofada turishi kerak?

20-masala. Yassi-parallel sirtli qalinligi 1 sm shisha plastinkaga (shishaning sindirish koʻrsatkichi $1,73$) 60° burchak bilan nur tushib, uning bir qismi qaytadan, ikkinchi qismi esa sinib, shisha orasiga oʻtadi; bu qism plastinkaning ostki sirtidan qaytadan va ikkinchi marta sinib, yana havoga birinchi qaytgan nurga parallel holda chiqadi. Nurlar oʻrtasidagi l masofa topilsin.

21-masala. Yorugʻlik nuri sindirish koʻrsatkichi n boʻlgan muhitga i burchak ostida tushadi. Qaytgan nur singan nurga perpendikulyar boʻlishi uchun i va n burchaklar oʻzaro qanday munosabatda boʻlishlari zarur?

22-masala. Baʼzi bir shisha navlarining qizil va binafsha nurlar uchun sindirish koʻrsatkichi $1,51$ va $1,53$ ga teng. Bu nurlar shisha – havo chegarasiga tushganida toʻla ichki qaytish limit burchaklari topilsin.

23-masala. Monoxromatik nur prizmaning yon sirtiga normal tushadi va undan 25° ga ogʻib chiqadi. Bu nur uchun prizma materialinig sindirish koʻrsatkichi $1,7$. Prizmaning sindirish burchagi topilsin.

24-masala. Egrilik radiuslari bir xil va sindirish koʻrsatkichi $n=1,5$ boʻlgan ikki yoqlama qavariq linzaning bosh fokuslari egrilik markazlarida yotishi isbot qilinsin.

25-masala. Parellel nurlar dastasi 60° burchak ostida qalin shisha plastinaga tushadi va sinib oʻtadi. Dastaning xavodagi kengligi a aniqlansin.

26-masala. Tirozinning aralashmadagi molyar konsentratsiyasini toping. $\lambda_{\text{maks}} = 275 \text{ nm}$ to‘lqin uzunligida $l = 10 \text{ sm}$ qalinlikdagi kyuvetadagi aralashma yutilish zichligi $D = 13.4$, yutilishning molyar koeffitsiyenti $\varepsilon = 13400 \text{ l}/(\text{mol} \cdot \text{sm})$ ga teng.

27-masala. 0.1 M miqdordagi HCl ning 1 sm qalinlikdagi kyuvetada tiabendazol moddasi $4,00 \text{ m kg/ml}$ konsentratsiyali aralashmasining $\lambda_{\text{maks.}} = 302 \text{ nm}$ bo‘lgan holdagi optikaviy zichligi 0.490 ga teng. O‘tish energiyasi va yutilishning molyar koeffitsiyentini toping. Tiabendazolning molyar massasi $201,3 \text{ g/ml}$ ga teng.

28-masala. λ to‘lqin uzunligidagi 2 ta moddalar aralashmasi optikaviy spektri yutilish zichligi $5,0 (D)$ ga, λ^* to‘lqin uzunligida esa $5,5 (D^*)$ ga teng. Har ikkala moddalar konsentratsiyalari (S_{M1} va S_{M2})ni aniqlang. 1- va 2-moddalarning λ to‘lqin uzunligidagi molyar yutilish koeffitsiyentlari $10^4 (\varepsilon_{\lambda 1})$ va $2 \cdot 10^4 (\varepsilon_{\lambda 2})$ ga, λ^* to‘lqin uzunligidagisi esa $2,5 \cdot 10^4 (\varepsilon_{\lambda 1}^*)$ va $1,5 \cdot 10^4 (\varepsilon_{\lambda 2}^*)$ ga teng. Spektr yozilishidagi kyuveta qalinligi 1 sm ga teng.

29-masala. Qatlamlarining qalinliklari mos ravishda 1 mm va 1 m bo‘lgan muhitdan yorug‘lik tarqalganda ularning intensivliklari necha foizga kamayadi? Yorug‘lik to‘lqinini yassi va monoxromatik deb hisoblang va yutilish koeffitsiyenti $\alpha = 1.2 \text{ m}^{-1}$ ga teng.

30-masala. Kyuvetadagi aralashmaning molyar konsentratsiyasini toping. $\lambda_{\text{maks}} = 673 \text{ nm}$ to‘lqin uzunligida $l = 6 \text{ sm}$ qalinlikdagi kyuvetadagi aralashma yutilish zichligi $D = 9.4$, yutilishning molyar koeffitsiyenti $\varepsilon = 13400 \text{ l}/(\text{mol} \cdot \text{sm})$ ga teng.

31-masala. Shisha idishdagi aralashmaga intinsivligi $2.3 \text{ J}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ teng nur dastasi tushirilmoqda. Aralashmadan chiqayotgan nur intensivligi 2 marta kamaygan bo‘lsa, nur o‘tayotgan aralashma qalinligi topilsin? Yutilishning molyar koeffitsiyenti $\varepsilon = 8900 \text{ l}/(\text{mol} \cdot \text{sm})$ ga teng.

32-masala. Diabendazoldan chiqayotgan nur intensivligi 3 marta kamaygan bo‘lsa, yutilish koeffitsenti topilsin. Diabendazol qalinligi 2.7 sm ga teng.

Nazorat savollari

1. Buyumning kattalashgan tasvirini olish qaysi qonunga asoslangan?
2. Chiziqli kattalashtirish, burchakli kattalashtirishlarni tushuntiring.
3. Eng yaxshi ko‘rish masofasi qanday aniqlanadi?
4. Frenel tenglamalarining mohiyati nimada?

5. Interferensiya hodisasi qanday obyektlarga xos va u qanday namoyon bo'ladi?
6. Optik yo'llar farqi va fazalar farqi tushunchalarini izohlang.
7. Yorug'lik nurining maksimumlik va minimumlik shartlarini izohlang.
8. Yorug'likning sinishi va qaytishi qonunlarini izohlab bering.
9. Ko'zguga tushgan nurda qanday hodisalar kuzatiladi?
10. Singan va qaytgan nurlarda elektromagnit to'lqinning qaysi parametrlari o'zgarib, qaysilari o'zgarmasdan qoladi?
11. Elektromagnit to'lqinning tabiatini izohlab bering.

3-amaliy mashg'ulot: Yorug'lik dispersiyasi. Dispersiya qonuniyatlari

Maqsad: Yorug'lik dispersiyasini o'rganish, elektromagnit to'lqinlarning guruh va fazaviy tezliklari, normal va anomal dispersiyalarga doir masalalar yechish.

Yorug'lik dispersiyasi deb modda sindirish ko'rsatkichining nur chastotasi ν yoki to'lqin uzunligi λ ga bog'liqligiga aytiladi:

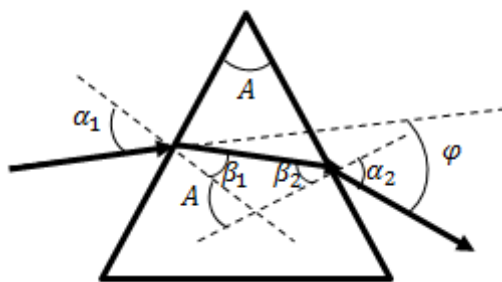
$$n=n(\nu)$$

$$n=n(\lambda)$$

Yorug'lik dispersiyasi ikki turga bo'linadi. 1) normal dispersiya 2) anomal dispersiya.

1-masala. Agar nur shisha prizma sirtiga tik tushayotgan bo'lsa, u holda sindirish burchagi qanday bo'ladi? Prizma moddasining sindirish ko'rsatkichi 1.5 ga, prizmaning sinish burchagi esa $A=30^0$ ga teng.

Yechilishi:



3.1-rasm. Nurning shisha prizma orqali o'tishi

Masala shartiga ko'ra

$$\beta_1 + \beta_2 = 30^\circ. \quad (3.1)$$

Sinish qonuniga ko'ra

$$\sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = n.$$

$\alpha_1 = 0$ bo'lganligidan $\beta_1 = 0$. (3.1) ifodaga ko'ra

$$\beta_2 = 30^\circ.$$

Nurning prizmadan chiqishidagi sinish qonuniga ko'ra

$$\sin \beta_2 / \sin \alpha_2 = 1/n$$

va unga ko'ra

$$\sin A / \sin \alpha_2 = 1/n \text{ va } \sin \alpha_2 = n \sin A.$$

Bundan $\alpha_2 = \arcsin[1.5 \sin 30^\circ] = 48.59^\circ$

Demak, javob: 48.59° .

2-masala. Spektr ko'rinadigan qismining qaysi chastotalariga chetki qizil ($\lambda = 760 \text{ nm}$) va chetki ultrabinafsha ($\lambda = 380 \text{ nm}$) nurlar mos keladi?

3-masala. 600 TGs chastotaga ega bo'lgan monoxromatik nurlanishning nechitasi 1 m oraliqqa joylashadi?

4-masala. Havodagi 0.7 mkm to'lqin uzunligiga ega bo'lgan qizil nur suvda qaysi rangda ko'rinadi va uning suvdagi to'lqin uzunligi qanday? Chastotasi-chi?

5-masala. Qizil nur uchun shishadagi sindirish ko'rsatkichi 1.6444, ultrabinafsha nur uchun esa 1.6852 ga teng. Agar tushish burchagi 80°

bo'lsa, u holda bu nurlarning shishadagi sinish burchaklari farqi qanday bo'ladi?

6-masala. Foton energiyasi E bo'lgani holda, yorug'likning muhitdagi to'lqin uzunligi λ bo'lgan. Muhitning sindirish ko'rsatkichi aniqlansin.

7-masala. Ikki muhit chegarasidan qaytgan va tushgan nurlar orasidagi burchak 120° hamda tushgan va singan nurlar orasidagi burchak 150° bo'lsa, muhitning havoga nisbatan nur sindirish ko'rsatkichi nimaga teng?

8-masala. Yorug'lik nuri bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda tezligi 8% ga kamaygan bo'lsa, to'lqin uzunligi qanday o'zgaradi?

9-masala. Yassi to'lqin $\xi(x,t) = A \cos(\omega t - kx)$ tenglama orqali berilgan, bu yerda $x = 0,5$ sm, $\omega = 628$ s⁻¹, $k = 2$ m⁻¹.

1) To'lqin chastotasi va to'lqin uzunligini; 2) fazaviy tezlik θ ni; 3) muhitdagi maksimal tezlik va maksimal tezlanishlarning qiymatlarini aniqlang.

10-masala. $v = \sqrt{c^2 + b^2 \lambda^2}$ dispersiya qonuni uchun guruh tezligi va fazaviy tezligi orasidagi bog'liqlikni toping. c – yorug'likning vakuumdagi tezligi, b – doimiy kattalik, λ – nurning muhitdagi to'lqin uzunligi

11-masala. Elastik muhitdagi manba tebranishlari fazasi farqi $\Delta\varphi = 0,5\pi$ radga teng va bu muhitning nuqtalari manbadan $l = 2$ mm masofada joylashgan. Tebranishlar chastotasi $\nu = 5$ Gs. Fazaviy tezlikning qiymatini toping.

12-masala. Sindirish ko'rsatkichi n ning nurning to'lqin uzunligi λ ga bog'liqligi $n = a + b/\lambda^2$ qonuniyat bo'yicha o'zgaradi. Bu yerda b – o'zgarmas kattalik. Nurning muhitdagi fazaviy va guruh tezliklari qiymatlarini toping.

13-masala. Optikaviy shisha sindirish ko'rsatkichining dispersiyasini o'lchashlarga ko'ra $\lambda_1 = 0,434$ mkm to'lqin uzunligidagi nur uchun $n_1 = 1,528$, $\lambda_2 = 0,486$ to'lqin uzunligidagi nur uchun esa $n_2 = 1,523$ ekani aniqlandi. $\lambda_1 = 0,434$ mkm to'lqin uzunligi uchun guruh tezligi va fazaviy tezligining nisbatini toping.

14-masala. To'lqin uzunligi 630 nm bo'lgan elektromagnit to'lqinlarning 3,2 c⁻¹ davrda fazaviy tezligi qanchaga teng ?

15-masala. Yassi to'lqin $\psi(x,t) = A \cos(\omega t - kx)$ tenglama orqali berilgan. EMT ning fazasi vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lsa, berilgan tenglama qanday ko'rinishda .

16-masala. Fazaviy tezligi 13,2 km/s bo'lgan EMT ning tebranish

davri qanday? Bu tarqalayotgan nurlar to‘lqin uzunligi 480 nm ga teng.

17-masala. To‘lqin uzunligi 500 nm bo‘lgan fotonning sindirish ko‘rsatkichi 1,6 bo‘lgan muhitdagi energiyasi aniqlansin.

18-masala. Absolyut nur sindirish ko‘rsatkichi $n=1.5$ ga teng bo‘lgan muhitda yorug‘lik qanday tezlik bilan tarqaladi?

19-masala. Yorug‘lik to‘lqinining havodagi uzunligi 0.6 mkm. Uning suvdagi to‘lqin uzunligi qanday? Suvning sindirish ko‘rsatkichi $n=1.33$ ga teng.

20-masala. Shishaga tushuvchi va qaytgan nurlar orasidagi burchak 60° ($n=1.5$). Sinish burchagining sinusi qanday?

21-masala. Vakuumda 1 km kesmaga monoxromatik nurlanishning $2 * 10^5$ ta to‘lqin uzunligi joylashishi uchun bu nurlanish chastotasi necha gers bo‘lishi kerak?

22-masala. Absolyut nur sindirish ko‘rsatkichi 1.2 bo‘lgan muhitda tarqalayotgan yorug‘lik nurining to‘lqin uzunligi 0.4 μm ga teng bo‘lsa, uning chastotasini aniqlang.

23-masala. Ikki muhit chegarasidan qaytgan va tushgan nurlar orasidagi burchak 100° , hamda tushgan va singan nurlar orasidagi burchak 150° bo‘lsa, muhitning havoga nisbatan nur sindirish ko‘rsatkichi nimaga teng?

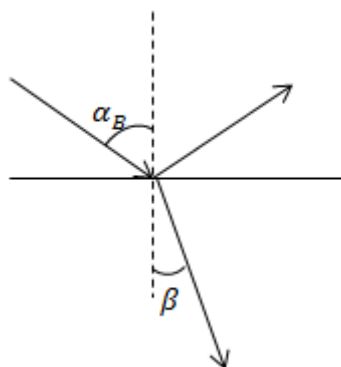
24-masala. Yassi ko‘zgu o‘z tekisligiga tik yo‘nalishda 1.8 sm/s tezlik bilan yorug‘lik manbai tomon harakatlanmoqda. Ko‘zgodagi tasvir qo‘zg‘almas bo‘lishi uchun yorug‘lik manbai qanday tezlik bilan harakatlanishi kerak?

25-masala. Sindirish ko‘rsatkichi 1.54 bo‘lgan shishaga Bryuster burchagi ostida tushayotgan tabiiy nurning qaytish koeffitsiyentini va shishaga o‘tgan nurlarning qutblanish darajasini toping.

26-masala. Yorug‘lik kuchining etalon birligi – kandela 0.5305 mm^2 yuzaga ega bo‘lgan platina sirtining qotish harorati – 1063°C dagi to‘liq (barcha ko‘rinadigan to‘lqin uzunliklarida) nurlagich hisoblanadi. Bu nurlagichning quvvatini aniqlang.

27-masala. Absolyut qora jism harorati 500°K ga teng. Agar nurlanish oqimi 5 marta ortsa, u holda bu jism harorati qanday bo‘ladi?

28-masala. Agar nur sindirish ko‘rsatkichi 1.64 bo‘lgan shishaga Bryuster burchagi ostida tushayotgan bo‘lsa, u holda uning qaytish koeffitsiyenti qanday bo‘ladi?



3.2-rasm. Bruster burchagini aniqlashga bo'yicha nurning qaytishi va sinishi burchaklarining tasvirlanishi

29-masala. Frenel formulalaridan foydalanib suyuqlik sirtiga Bryuster burchagi ostida tushayotgan yassi qutblangan nur dastasining qaytish koeffitsiyentini toping. To'lqin vektori tekisligi va tushish tekisligi orasidagi burchak φ ga, sindirish ko'rsatkichi esa n ga teng deb hisoblang.

30-masala. Yorug'lik havo-shisha chegarasiga tik tushmoqda. Agar shishaning sindirish ko'rsatkichi 1.5 bo'lsa, u holda bu shishaning qaytish va sinish koeffitsiyentlari qanday?

31-masala. Nur shisha sirtiga tik tushmoqda. Ko'zgu 8° burilsa, qaytgan nur qanchaga og'adi?

32-masala. Ba'zi bir shisha navlarining qizil va binafsha nurlar uchun sindirish ko'rsatkichi 1.51 va 1.53 ga teng. Bu nurlar shisha-xavo chegarasiga tushganda to'la ichki qaytish limit burchaklari topilsin?

Nazorat savollari

1. Yorug'lik dispersiyasi hodisasini dastlab kim kuzatgan? Bu qaysi nazariya asosida tushuntiriladi?
2. Muhitda yorug'lik nuri tarqalishida qaysi parametrlar o'zgaradi?
3. Yorug'lik dispersiyasini tushuntirib bering
4. Dispersiya turlarini keltiring va izohlang
5. Nurning qaytish koeffitsiyenti va sinish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
6. Tushgan, qaytgan va singan nurlar intensivliklari o'rtasida qanday bog'liqlik bor?
7. Bryuster burchagi tajribada qanday usulda aniqlanadi?
8. Elektromagnit to'lqinning guruh tezligi va fazaviy tezligining ta'riflarini ayting.

9. Fazaviy tezlikning qiymati yorug‘likning vakuumda tarqalish tezligidan kattaroq bo‘lishi mumkin. Buni qanday izohlash mumkin?
10. Maksvell tenglamalaridan muhit uchun yassi to‘lqin tenglamasini keltirib chiqaring.
11. Elektromagnit to‘lqin uzunligining modda sindirish ko‘rsatkichiga bog‘liqligini klassik elektron nazariyasi nuqtayi nazaridan tushuntiring.
12. Tushgan, qaytgan va singan nurlar qutblanishlarida qanday farqlar bor?

4-amaliy mashg‘ulot: Yorug‘lik interferensiyasi. Nyuton halqalari

Maqsad: Kogerent nurlarning maksimumlik va minimumlik shartlari, Nyuton halqalari va linzaning egrilik radiusini topishga doir masalalar yechish.

1. Doppler prinsipiga ko‘ra qayd qiluvchi asbob qabul qilinadigan yorug‘lik chasotasi ν' yorug‘lik manbai yuboradigan ν chastota bilan quyidagi munosabatda bog‘langan:

$$\nu' = \nu \sqrt{\frac{1 - \frac{g}{c}}{1 + \frac{g}{c}}}$$

bunda ν –qayd qiluvchi asbobning manbaga nisbatan nisbiy tezligi, c –yorug‘lik tarqalishi tezligi. ν ning musbat qiymati yorug‘lik manbaining uzoqlashishiga mos keladi.

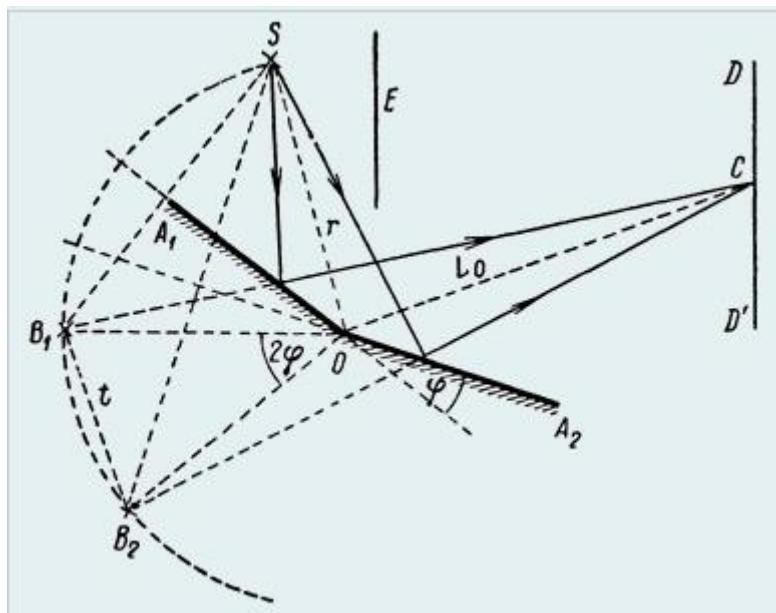
2. $\nu \ll c$ da oldingi formulani taxminan quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\nu' \cong \nu \frac{1}{1 + \frac{g}{c}}$$

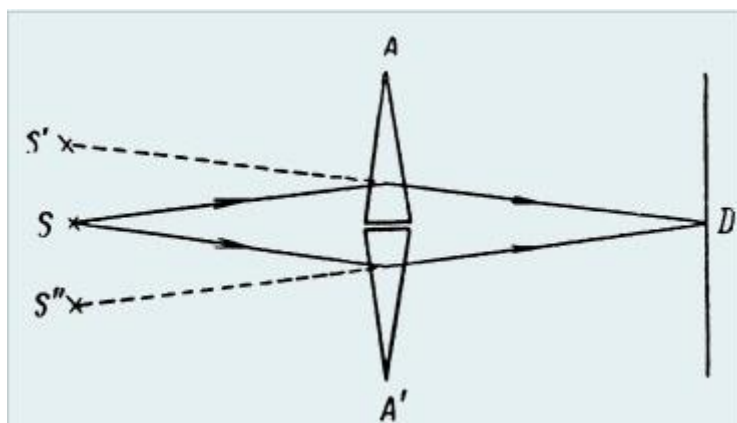
3. Ekrandagi ikki kogerent yorug‘lik manbalariga parallel joylashgan interferensiya yo‘llari o‘rtasidagi masofa

$$\Delta y = \frac{L}{d} \lambda$$

bu yerda λ –yorug‘likning tolqin uzunligi, L –bir-biridan d masofada turgan yorug‘lik manbalaridan ekrangacha bo‘lgan masofa; bunda $L \gg d$ deb hisoblanadi.



4.1-rasm. Frenel ko‘zgisida nurlarning yo‘li

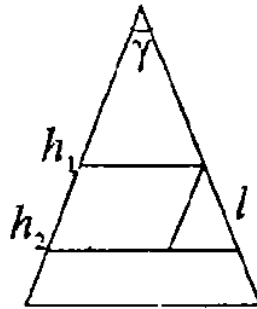


4.2-rasm. Frenel biprizmasi

1-masala. Vertikal joylashgan sovun ko‘pigi suyuqlikni oqishi natijasida pona hosil qiladi. Simob lampasi ($\lambda=546.1$ nm) yorug‘ligining qaytishi natijasida kuzatiladigan interferension manzaraning 5 ta tasmasi (kengligi) orasidagi masofa $l=2$ sm ga teng. Ponaning γ burchagi aniqlansin. Sovun ko‘pigi plyenkasiga yorug‘lik tik tushmoqda va ko‘pikdagi suvning sindirish ko‘rsatkichi $n= 1.33$ deb hisoblansin.

Yechish:

Ixtiyoriy shaffof plyonkaga yorug'lik tushganda uning ustki va pastki qatlamlaridan yorug'lik qisman qaytadi va qisman o'tadi. Bunda yorug'lik dastasi uchun yo'llar farqi hosil bo'ladi va u plyonkaning qalinligiga, sindirish ko'rsatkichiga va tushish burchagiga bog'liq bo'ladi. Masalani shartiga ko'ra plyonkaning qalinligi yupqa va yorug'lik unga tik tushmoqda. Bu esa qaytgan (ustki) yorug'likdan hosil bo'lgan interferension manzara asosan ponaning ustki qismida joylashgan deyishga asos bo'ladi. h_1 va h_2 har xil kenglikdagi plyonkalarining qalinligi bo'lsin.



4.3-rasm. Uchburchak shaklidagi ponaga yorug'lik tushganda interferensiya hosil bo'lishi

Unda $\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{\lambda}{2n}$, γ kichikligi uchun $\Delta h = l \operatorname{tg} \gamma$ tenglikni yozish mumkin. Undan $\operatorname{tg} \gamma = \frac{k\lambda}{2nl} = 5.13 \cdot 10^{-5}$ yoki $\gamma = 11''$.

2-masala. Ikkita bir xil to'lqin uzunlikli λ va amplitudali yassi to'lqinlarning tarqalish yo'nalishlari o'zaro kichik φ burchakni tashkil etadi. To'lqinlarning tarqalish yo'nalishi ekran tekisligiga taxminan tik deb hisoblansin. Ikkala yassi to'lqinlarning tenglamalarini yozib, bu to'lqinlarning maydonlarini qo'shib, ekranda hosil bo'lgan interferension ikkita qo'shni kengliklar orasidagi masofa $\Delta x = \lambda/\varphi$ ifoda bilan aniqlanishi ko'rsatilsin.

Yechish:

Interferensiyalanayotgan to'lqinlarni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$A_1 = A_0 \cos(\omega t - \mathbf{k}_1 \mathbf{r} + \delta_1) \quad A_2 = A_0 \cos(\omega t - \mathbf{k}_2 \mathbf{r} + \delta_2)$$

Ularni o'zaro qo'shib, quyidagi ifodani

$A = A_1 + A_2 = 2A_0 \cos\left(\frac{\Delta \mathbf{k} \mathbf{r}}{2} + \frac{\delta_1 - \delta_2}{2}\right) \cos(\omega t - \mathbf{k} \mathbf{r})$ olish mumkin, bu yerda

$\Delta \mathbf{k} = \mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2$ va $\mathbf{k} = (\mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2)/2$. Intensivlik maksimum bo'lishi uchun ushbu ifoda

$$\cos \Phi = \cos\left(\frac{\Delta \mathbf{k} \mathbf{r}}{2} + \frac{\delta_1 - \delta_2}{2}\right) \quad (4.1)$$

ifoda maksimumga erishishi lozim.

$|\mathbf{k}_1| = |\mathbf{k}_2|$ va $\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2$ vektorlar orasidagi φ burchakni kichikligini hisobga olib, quyidagini yozish mumkin

$$|\Delta \mathbf{k}| \approx k \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \varphi \quad (4.2)$$

(4.1) va (4.2) ifodalarni e'tiborga olib, interferension ikkita qo'shni kengliklar orasidagi masofa quyidagiga tengligini topamiz:

$$\Delta x = \frac{2\pi}{|\Delta \mathbf{k}|} = \frac{\lambda}{\varphi}.$$

3-masala. Yung tajribasida interferensiyada qatnashayotgan nurlardan birining yo'liga yupqa plastinka joylashtirilgan. Natijada markaziy oq kenglik dastlabki beshinchi oq kenglikning o'rniga surilgan (markaziyini hisoblamaganda). To'lqin uzunligi $\lambda = 600$ nm nur sindirish ko'rsatkichi $n = 1,5$ bo'lgan plastinkaning tekisligiga tik tushmoqda. Plastinkaning qalinligini aniqlang.

Yechish:

Plastinkaning qo'yilishi natijasida nurlar orasidagi yo'llar farqi quyidagiga teng

$$\Delta = nh - h = h(n - 1)$$

Interferension kenglik $k = 5$ ga surilgan, ya'ni yo'llar farqi $\Delta = k\lambda$ ga teng. Undan

$$h(n - 1) = k\lambda$$

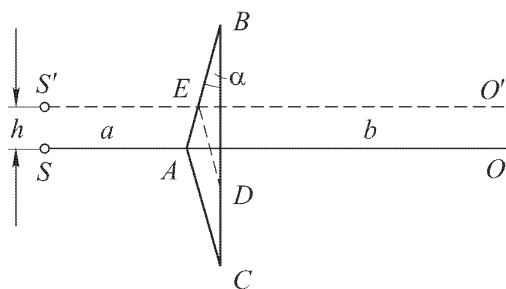
va

$$h = \frac{k\lambda}{n-1} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

4-masala. Interferension manzara kichik sinish burchakli Frenel biprizmasi yordamida biprizmaning tomoniga parallel joylashgan tirqishli yorug‘lik manbai orqali hosil qilinmoqda. Interferension manzara qurilmaning o‘qiga tik joylashgan ekranda kuzatilmoqda. Nolinchi tartibli tasma ekran markazida – qurilmaning o‘qida (aniqrog‘i simmetriya tekisligida). Manbadan biprizmagacha bo‘lgan masofa a , biprizmadan ekrangacha bo‘lgan masofa b ga teng. Agar tirqishli yorug‘lik manbaini optik tizimning o‘qiga perpendikulyar yo‘nalishda kichik h masofaga ko‘chirilsa, nolinchi tartibli interferension tasma kengligi x nimaga teng?

Yechish:

Yorug‘lik manbai S optik tizimning bosh optik o‘qida turganda interferension manzara O nuqtada hosil bo‘ladi (rasmga qarang).



4.4-rasm. Frenel biprizmasi

Manbani yuqoriga h masofaga S' holatga siljitganimizda biprizmani $ACDE$ qismi qirqib olinadi. Biprizmaning bu qismi qalinligi

$$d = 2h\alpha \tag{4.3}$$

bo‘lgan yassi parallel plastinka bo‘lib, manzarani pastga $N = d(n-1)/\lambda$ tartibli tasmaga siljitadi. Manzaraning markazi O' nuqtadan pastga $x = N\Delta x$ masofaga siljiydi, bunda

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2(n-1)\alpha} \frac{a+b}{a}$$

tasma kengligi. O' nuqtadan pastga siljishi quyidagiga teng bo‘ladi

$$x' = \frac{N\lambda}{2(n-1)\alpha} \frac{a+b}{a} = \frac{d(a+b)}{2\alpha a}$$

(4.3)dan α ni topib, quyidagi ifodani olamiz

$$x' = \frac{d(a+b)2h}{2ad} = h \frac{a+b}{a} = h + h \frac{b}{a}.$$

Natijada manzaraning oldingi O markaziga nisbatan siljishini topamiz

$$x = x' - h = h \frac{b}{a}.$$

5-masala. Qalinligi $d = \lambda/10$ bo'lgan sovun ko'pigidan qaytgan yorug'lik nurlaridan hosil bo'lgan interferension manzara yorug'mi yoki qorong'i? Sovun ko'pigi havoda joylashgan deb hisoblansin.

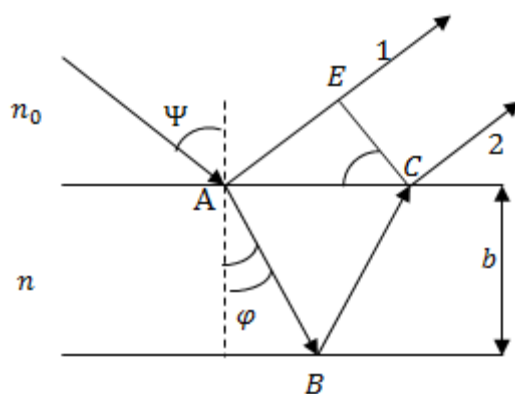
6-masala. Yorug'lik dastasi ($\lambda=582$ nm) shishali ponaga perpendikulyar tushmoqda. Ponaning burchagi $\gamma=20''$. Ponaning birlik uzunligida nechta k_0 qorong'i interferension tasma joylashadi? Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n=1.5$ ga teng.

7-masala. Yung tajribasida to'lqin uzunligi $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ sm bo'lgan monoxromatik yorug'lik bilan yoritilgan teshiklar o'rtasidagi masofa 1 mm va teshikdan ekrangacha bo'lgan masofa 3 m. Uchta birinchi yorug' yo'llarning vaziyati topilsin?

8-masala. Agar yashil yorug'lik filtrini $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ sm, qizil yorug'lik filtrini $\lambda = 6.5 \cdot 10^{-5}$ sm almashtirilsa, Yung tajribasida ekrandagi qo'shni interferensiya yo'llari o'rtasidagi masofa necha marta o'zgaradi?

9-masala. $5.5 \cdot 10^{-7}$ m to'lqin uzunligiga ega bo'lgan va sovun pufagidan qaytgan nur interferensiya natijasida maksimal kuchaytirilgan bo'lishi uchun bu sovun pufagi (sindirish ko'rsatkichi 1.3 ga teng) ning minimal qalinligi qanday bo'lishi kerak?

10-masala. Sindirish ko'rsatkichi 1.33 bo'lgan plynokaga 45^0 burchak ostida oq nur dastasi tushadi (14.1-rasm). Bu plynokaning qanday minimal qalinligida qaytgan nur sariq ($\lambda=6 \cdot 10^{-7}$ m) bo'lib ko'rinadi.



4.1-rasm. Plyonkaga tushgan nur yo‘lining tasvirlanishi

11-masala. Agar glitserin plyonkasi 45° gradus burchak ostida oq nur bilan yoritilganida u qizil (to‘lqin uzunligi 0.63 mkm) bo‘lib ko‘ringan bo‘lsa, u holda bu plyonkaning qalinligini aniqlang ($n=1.47$). $k=5$ deb hisoblang.

12-masala. Bir xil qalinlikdagi sovun pufagiga (sindirish ko‘rsatkichi 1.33 ga teng) oq nur 45 gradus burchak ostida tushadi. Bu plyonkaning qanday minimal qalinligida undan qaytgan nurlar yashil (550 nm) bo‘lib ko‘rinadi?

13-masala. Yupqa shisha ponaga monoxromatik nur tik tushadi. Ponaning interferension manzara ko‘rinadigan minimal qalinligi 0.1 mkm , tasmalar orasidagi masofa 5 mm . Tushuvchi nur to‘lqin uzunligi va pona sirti bilan tashkil qiluvchi burchakni toping.

14-masala. Pona materialining sindirish ko‘rsatkichini toping. Sindirish burchagi 10^{-4} rad , Har 1 sm da 22 ta maksimum intensivlikka ega bo‘lgan interferension tasmalar ko‘rinadi. Tik tushayotgan nur to‘lqin uzunligi 0.415 ga teng.

15-masala. Havoda harakatlanayotgan yorug‘lik to‘lqinining yo‘liga qalinligi $h=1 \text{ mm}$ bo‘lgan shisha plastinka qo‘ydilar. Agar plastinkaga 1) normal; 2) $\alpha=30^{\circ}$ burchak ostida tushsa, optik yo‘l uzunligi qanchaga o‘zgaradi?

16-masala. To‘lqin uzunligi $\lambda = 0.6 \text{ mkm}$ bo‘lgan monoxromatik yorug‘likning yo‘lida qalinligi $d=0,1 \text{ mm}$ bo‘lgan yassi parallel shisha plastinka turibdi. Yorug‘lik plastinkaga normal tushadi. L optik yo‘l uzunligi $\lambda/2$ ga o‘zgarishi uchun plastinkani qanday φ burchakka burish kerak?

17-masala. 2 ta kogerent yorug‘lik manbalari $6 \times 10^{14} \text{ Gs}$ chastotali nur

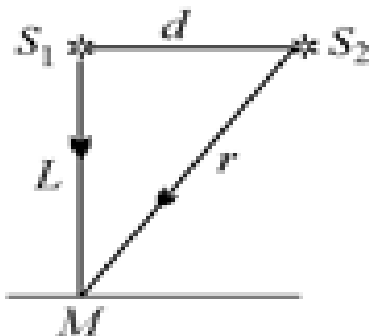
chiqaradi. Har bir manbadan ekrangacha bo‘lgan masofa 1.5 m, manbalar orasidagi masofa esa 1 mm. Ekrandagi 2-tartibli o‘zaro simmetrik bo‘lgan maksimumlar orasidagi masofani toping.

18-masala. Agar linza va yassi shisha plastinka o‘rtasi sindirish ko‘rsatkichi linza materialining sindirish ko‘rsatkichidan kattaroq, lekin shishanikiga nisbatan kichikroq bo‘lgan suyuqlik bilan to‘ldirilsa, u holda Nyuton halqalarining manzarasi qanday o‘zgaradi?

19-masala. Nyuton halqalarini kuzatish uchun mo‘ljallangan linzaning egrilik radiusini toping. 2- va 3- tartibli yorqin halqalar orasidagi masofa 0.5 mm. Qurilma $5.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ to‘lqin uzunligidagi nur bilan yoritilgan. Kuzatish qaytgan nurlarda kuzatilmoqda.

20-masala. Nyuton halqalarini kuzatish uchun mo‘ljallangan qurilma $6 \times 10^{-7} \text{ m}$ to‘lqin uzunligidagi monoxromatik nur bilan yoritiladi. 3- va 4-tartibli yorug‘ halqalar radiuslari orasidagi farqni toping. Linzaning egrilik radiusi 8 m. Kuzatish qaytgan nur bilan olib borilmoqda.

21-masala. $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ to‘lqin uzunligidagi 2 ta kogerent nur manbalari bir-biridan 30 mm masofada, ekran esa har bir manbadan 4 sm masofada joylashgan. Ekraning 1-manbaning ro‘parasida joylashgan M_1 nuqtasida qanday manzara kuzatiladi (4.2-rasm)?



4.2-rasm. Monoxromatik nurlardan hosil bo‘lgan nurlar yo‘lida oid chizma

22-masala. Agar yashil yorug‘lik filtrini ($\lambda = 5 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$) qizil yorug‘lik filtriga ($\lambda = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$) almashtirilsa, u holda Yung tajribasida ekrandagi qo‘shni interferensiya yo‘llari o‘rtasidagi masofa necha marta oshadi?

23-masala. Yung tajribasida to‘lqin uzunligi $\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$ bo‘lgan monoxromatik yorug‘lik bilan yoritilgan teshiklar o‘rtasidagi masofa 1

mm va teshikdan ekrangacha bo‘lgan masofa 3 m. Uchta birinchi yorug‘ yo‘llarning vaziyatlari topilsin.

24-masala. Sovun pufagiga ($n=1.33$) 45° burchak bilan oq yorug‘lik tushmoqda. Pufak pardasi qanchalik yupqa bo‘lganida qaytgan nurlar sariq rangga ($\lambda=6 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$) bo‘yaladi?

25-masala. Nyuton halqalarini hosil qiladigan qurilma monoxromatik yorug‘lik bilan yoritilmoqda. Kuzatish qaytgan yorug‘likda olib borilmoqda. Ikki qo‘shni qora halqalarning radiusi mos holda 4,0 mm va 4,38 mm. Linzaning egrilik radiusi 6,4 m. Halqalarning tartib nomerlari va tushayotgan yorug‘likning to‘lqin uzunligi topilsin.

26-masala. Frenel ko‘zgularidagi tajribada manbaning mavhum tasvirlari orasidagi masofa 0.5 mm, ekrangacha bo‘lgan masofa esa 5 m. Yashil nurda bir-biridan 5 mm masofada joylashgan interferensiyon tasmalar hosil bo‘lgan bo‘lsa, shu nurning to‘lqin uzunligini toping.

27-masala. Yung tajribasida 12 sm qalinlikdagi shisha plastinka interferensiyalanuvchi nurlar yo‘liga nurga perpendikulyar qilib joylashtiriladi. Bunday bir jinsli bo‘lmaganlik sababli yo‘llar farqining o‘zgarishi 1 mkm dan ortmasligi uchun plastinkaning turli joylaridagi sindirish ko‘rsatkichlari bir-biridan qanchalik farq qilishi mumkin?

28-masala. Yorug‘lik monoxromatik manbadan ($\lambda=600 \text{ nm}$) tirqishining diametri $d=6 \text{ mm}$ bo‘lgan diafragma tik tushmoqda. Diafragmadan keyin $l=3 \text{ m}$ masofada ekran joylashgan. Diafragmaning tirqishida qancha k Frenel zonasi joylashadi? Difraksion manzaraning markazi qanday bo‘ladi: qorong‘imi yoki yorug‘?

29-masala. Nuqtaviy monoxromatik yorug‘lik manbaidan ($\lambda=600 \text{ nm}$) l masofada difraksion manzara kuzatilmoqda. Manbadan $a=0.5l$ masofaga diametri $D=1 \text{ sm}$ bo‘lgan shaffof bo‘lmagan to‘siq qo‘yilgan. Agar to‘siq faqat markaziy Frenel zonasini berkitsa, u holda l masofaning uzunligi qanday bo‘ladi?

30-masala. Radiusi 1 mm bo‘lgan doira shaklidagi kovakli noshaffof plastinaga 750 nm to‘lqin uzunligidagi parallel monoxromatik nur tik tushadi. Kovakdan o‘tuvchi nur yo‘liga ekran joylashtirilgan va bu ekranda difraksion manzara kuzatiladi. Kovak va plastina orasi 20 sm dan kattaroq bo‘lgan qanday minimal masofada ekran markazida xira dog‘ni ko‘rish mumkin?

31-masala. Agar tasvir vaziyatini topish uchun to‘lqin frontidan $b=1 \text{ m}$ masofada turgan kuzatish nuqtasi uchun bajarilayotgan bo‘lsa, yassi to‘lqin fronti uchun ($\lambda=0,5 \text{ mkm}$) beshinchi Frenel zonasining radiusi

hisoblansin.

32-masala. Yassi to‘lqin uchun to‘rtinchi Frenel zonasining radiusi 3 mm. Oltinchi Frenel zonasining radiusini aniqlang.

33-masala. Yassi yorug‘lik to‘lqini (0,5 mkm) $d=1$ sm diametrli dumaloq tirqishli diafragmaga tik ravishda tushadi. Tirqish: 1) Frenelning bitta zonasini ; 2) Frenelning ikkinchi zonasini ochishi uchun kuzatish nuqtasi tirqishdan qanday b masofada turishi kerak?

34-masala. Maykelson interferometri bilan qilingan tajribada interferensiya manzarasini 500 mkm yo‘lga siljitish uchun ko‘zguni 0,161 mm masofaga siljitish kerak bo‘ldi. Tushayotgan yorug‘likning to‘lqin uzunligini toping.

35-masala. Nyuton halqasi hosil qilinadigan qurilma tushayotgan oq yorug‘lik bilan yoritilmoqda. 1) To‘rtinchi ko‘k halqa ($\lambda_1=4 \cdot 10^{-5} \text{sm}$) va 2) uchinchi qizil halqa ($\lambda_2=6,3 \cdot 10^{-5} \text{sm}$) radiuslari topilsin. Kuzatish o‘tuvchi yorug‘likda olib boriladi. Linzaning egrilik radiusi 5 m.

36-masala. Beshinchi va yigirma beshinchi yorug‘ Nyuton halqalari o‘rtasidagi masofa 9 mm ga teng. Linzaning egrilik radiusi 15 m. Qurilmaga normal tushayotgan monoxromatik yorug‘likning to‘lqin uzunligi topilsin. Kuzatish qaytgan yorug‘likda olib boriladi.

37-masala. Agar ikkinchi va yigirmanchi qorong‘i Nyuton halqalari o‘rtasidagi masofa 4,8 mm bo‘lsa, uchinchi va o‘n oltinchi qorong‘i halqalar o‘rtasidagi masofa qanchaga teng? Kuzatish qaytgan yorug‘likda olib boriladi.

38-masala. Agar yorug‘lik manбайдan to‘lqin sirtigacha bo‘lgan masofa 1 m, to‘lqin sirtidan kuzatish nuqtasigacha ham 1 m, nurning to‘lqin uzunligi $\lambda=5 \cdot 10^{-7} \text{m}$ bo‘lsa, Frenelning dastlabki beshta zonalari radiuslari hisoblansin.

39-masala. Monoxromatik yorug‘lik ($\lambda=6 \cdot 10^{-5} \text{sm}$) manбайдan 1 birlik masofada difraksion manzara kuzatiladi. Manbadan 0,5 birlik masofada diametri 1 sm li xira to‘siq joylashtirilgan. Agar to‘siq faqat Frenel markaziy zonasini to‘ssa, 1 birlik masofa qanchaga teng bo‘ladi?

40-masala. Kengligi $2 \cdot 10^{-3} \text{sm}$ li tirqishgan to‘lqin uzunligi $\lambda=5 \cdot 10^{-5} \text{sm}$ monoxromatik yorug‘likning parallel dastasi normal tushadi. Tirqishdan $l=1$ m uzoqlashtirilgan ekrandagi tirqish tasvirining kengligi topilsin. Yoritilganlik maksimumining ikkala tomoni bo‘ylab joylashgan birinchi difraksion minimumlar o‘rtasidagi masofa tasvir kengligi deb hisoblansin.

41-masala. Maykelson interferometri bilan qilingan tajribada

interferensiya manzarasini 460 mkm yo'lga siljitish uchun ko'zguni 0,22 mm masofaga siljitish kerak bo'ldi. Tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligini toping.

Nazorat savollari

1. Interferensiya deganda nimani tushunasiz?
2. Qaysi shartlar bajarilganda interferension manzarani kuzatish mumkin?
3. Maksimumlik va minimumlik shartlarini izohlab bering
4. Kogerent to'lqin deganda nimani tushunasiz?
5. Monoxromatik nur deganda nimani tushunasiz?
6. Yo'llar farqi va fazalar farqini izohlab bering.
7. Yo'llar farqi va fazalar farqi o'rtasida qanday bog'liqlik mavjud?
8. Nyuton halqalari deganda nimani tushunasiz? Nima sababdan bu manzaraga bunday nom berilgan?
9. Nyuton halqalari qaysi tasavvurlar asosida tushuntiriladi?
10. Frenel ko'zqusida tasvir qanday hosil bo'lishini izohlab bering.
11. Frenel biprizmasida qanday tasvirlar hosil bo'ladi?
12. Frenel ko'zgusi va biprizmasi qanday maqsadlarda ishlatiladi?
13. Maykelson interferometrining ishlash prinsipini tushuntiring.
14. Fabri-Pero interferometrining ishlash prinsipini tushuntiring.
- 15.

5-amaliy mashg'ulot: Yorug'lik difraksiyasi. Difraksion panjara

Maqsad: Turli tirqish va to'siqlar, difraksion panjara va ularning asosiy xarakteristikalariga doir masalalar yechish.

1-masala. Kengligi 3 sm bo'lgan va birinchi tartibda to'lqin uzunliklari mos ravishda $\lambda_1 = 404.4$ nm va $\lambda_2 = 404.7$ nm ga teng bo'lgan spektral chiziqlarni ajrata olishi uchun difraksion panjara doimiysi qanday bo'lishi kerak?

Yechish:

To'lqin uzunliklarining qiymati ularning farqiga nisbatan juda ham katta. Shuning uchun difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyati quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$\frac{\lambda_1}{\Delta\lambda} = kN \text{ va masalaning shartiga ko'ra } k=1, \text{ unda quyidagiga ega}$$

bo'lamiz

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = N = \frac{a}{d}$$

Undan d ni topamiz $d = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1} a = 22 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

2-masala. Difraksion panjaraga yorug'lik nuri tik tushmoqda. Goniometr trubkasi φ burchakka burilganida uchinchi tartibli spektrdagi to'liqin uzunligi λ_1 chiziq ko'rinadi. Shu burchak ostida yorug'lik diapazonidagi boshqa to'liqin uzunliklari (380 dan 700 nm gacha) ko'rinadimi?

Yechish:

Masala shartiga ko'ra

$d \sin \varphi = 3\lambda_1$, undan

$$\sin \varphi = \frac{3d}{\lambda_1} \quad (5.1)$$

λ_2 spektral chiziq uchun

$$d \sin \varphi = k\lambda_2, \quad (5.2)$$

(5.2) ifodani (5.1) ifodaga qo'yib quyidagini olamiz

$$3\lambda_1 = k\lambda_2,$$

undan esa

$$\lambda_2 = \frac{3}{k} \lambda_1$$

ni olamiz va $k=1$ uchun

$\lambda_2 = 3\lambda_1 = 1320 \text{ nm}$ ni olamiz. $k=3$ uchun $\lambda_2 = \lambda_1$. Shunday qilib qidirilayotgan to'liqin uzunligi $\lambda_2 = 660 \text{ nm}$ ikkinchi tartibli spektrda ekan.

3-masala. Difraksion panjara doimiysi $d=2.5 \text{ mkm}$ ga teng. Birinchi tartibdagi to'liqin uzunligi $\lambda=589 \text{ nm}$ uchun burchak dispersiyasi $\frac{d\varphi}{d\lambda}$

ni aniqlang.

Yechish:

Difraksion panjara tenglamasidan foydalanib $d \sin \varphi = k\lambda$, uni φ bo'yicha differensiallab $d \cos \varphi = k d\lambda$ ni olamiz. Undan esa

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi}$$

ni topamiz. Son qiymatlarini qo'yib $\sin\varphi=0.236$ ni olamiz va bundan $\varphi \approx 13.5^\circ$ ni aniqlaymiz. Undan esa $\cos\varphi = 0.972$ va nihoyat $\frac{d\varphi}{d\lambda} = 4.1 \cdot 10^5$ rad/m topamiz.

4-masala. Difraksion panjaraga razryad trubkasidan yorug'lik dastasi normal tushadi. $\Phi=41^\circ$ yo'nalishda $\lambda_1 = 6563\text{Å}$ va $\lambda_2 = 4102\text{Å}$ ikki spektr chizig'i bir to'g'ri chiziqda yotishi uchun difraksion panjara doimiysi nimaga teng bo'lishi kerak?

5-masala. Birinchi tartibli natriy dubleti $\lambda_1 = 5890\text{Å}$ va $\lambda_2 = 5896\text{Å}$ ni ajratish uchun eni 2,5 sm difraksion panjara doimiysi qanchaga teng bo'lishi kerak?

6-masala. Biror modda uchun to'la ichki qaytish burchagi 45° ga teng. Bu modda uchun to'la qutblanish burchagi nimaga teng?

7-masala. Shishadan qaytgan nurning 30° sindirish burchagida to'la qutblanishi uchun shishaning sindirish ko'rsatkichi nimaga teng bo'lishi kerak?

8-masala. Bo'shliqdagi to'lqin uzunligi 5890Å bo'lgan yassi qutblangan yorug'lik dastasi island shpati plastinkasining optik o'qiga perpendikulyar ravishda tushadi. Agar oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun island shpatining sindirish ko'rsatkichlari mos holda $n_o = 1,66$ va $n_e = 1,49$ bo'lsa, kristalldagi oddiy va g'ayrioddiy nurlarning to'lqin uzunliklari topilsin.

9-masala. Shishaga ($n=1,54$) to'la qutblanish burchagi bilan tushuvchi tabiiy yorug'likning qaytish koeffitsiyenti aniqlansin. Shisha ichiga o'tgan nurlarning qutblanish darajasi topilsin. Shishada yorug'likning yutilishi hisobga olinmasin.

10-masala. To'liq qutblanish burchagi bilan tushayotgan tabiiy yorug'lik nuri yassi-parallel shisha plastinkadan o'tadi. Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n=1,54$. Plastinkadan o'tgan nurlarning qutblanish darajasi topilsin.

11-masala. Har bir millimetrida $N=100$ ta shtrixi bo'lgan difraksion panjaraga monoxromatik yorug'lik tik tushmoqda. Ekrandagi $k=2$ tartibli ikkita bosh maksimum orasidagi masofa $b=14$ sm, ekran bilan difraksion panjara oralig'i $L=50$ sm bo'lsa, yorug'likning to'lqin uzunligi qanday?

12-masala. Fraunhofer difraksiyasida tushayotgan yorug'lik yo'nalishidan boshqa barcha yo'nalishlardagi qo'shimcha ekranlarda difraksiyalangan yorug'lik intensivliklari ustma-ust tushishini isbotlang (Babine prinsipi). Agar ikkita ekrandan birinchisining no'shaffof joyining

shakli va holati ikkinchi ekranning tirqishi bilan ustma-ust tushsa, u holda bu ekranlar qo‘shimcha ekranlar deb aytiladi.

13-masala. Difraksion panjaraga yorug‘lik dastasi normal tushadi. Birinchi tartibli spektrdagi natriy chizig‘ining ($\lambda=5890\text{Å}$) difraksiya burchagi $17^{\circ}8'$ ga teng ekanligi topilgan. Biror chiziq ikkinchi tartibli spektrda $12'$ ga teng difraksiya burchagini beradi. Mazkur chiziqning to‘lqin uzunligi va panjaraning 1 mm dagi shtrixlar soni topilsin.

14-masala. Agar difraksion panjara doimiysi 2 mkm ga teng bo‘lsa, natriy sariq chizig‘ining ($\lambda=5890\text{Å}$) eng katta spektr tartibi topilsin.

15-masala. Panjara birinchi tartibli kaliy spektri chiziqlarini ($\lambda_1=4044\text{Å}$ va $\lambda_2=4047\text{Å}$) ajrata oladigan bo‘lsa, difraksion panjara doimiysi nimaga teng? Panjara kengligi 3 sm .

16-masala. Birinchi tartibli natriy dubleti $\lambda_1=5890\text{Å}$ va $\lambda_2=5896\text{Å}$ ni ajratish uchun kengligi $2,5\text{ sm}$ difraksion panjara doimiysi qanchaga teng bo‘lishi kerak?

17-masala. Agar spektrni ekranga proyeksiyalovchi linzaning fokus masofasi 40 sm bo‘lsa, oldingi masaladagi difraksion panjaraning chiziqli dispersiyasi ($\text{mm}/\text{Å}$ larda) topilsin.

18-masala. Doimiysi $d=5\text{ mkm}$ difraksion panjara qaysi to‘lqin uzunligi uchun uchinchi tartibli spektrda $D=6,3\cdot 10^5\text{ rad/m}$ burchak dispersiyasiga ega bo‘ladi?

19-masala. Uchinchi tartibli natriy dubleti $\lambda_1 = 6470\text{Å}$ va $\lambda_2 = 6477\text{Å}$ ni ajratish uchun eni $3,25\text{ sm}$ difraksion panjara doimiysi qanchaga teng bo‘lishi kerak?

Nazorat savollari

1. Difraksiya deganda nimani tushunasiz?
2. Mexanik to‘lqinlardagi difraksiya hodisasiga misollar keltiring.
3. Difraksiya hodisasi qaysi tasavvurlar orqali tushuntiriladi?
4. Mexanik to‘lqinlar va optik nurlarda namoyon bo‘luvchi difraksiya hodisalari o‘rtasida qanday o‘xshashlik va tafovutlar mavjud?
5. Chiziqli dispersiya deganda nimani tushunasiz?
6. Burchak dispersiyasi deganda nimani tushunasiz?
7. Difraksion panjara doimiysi nima?
8. Difraksion panjara kengligi nima?
9. Difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyati va doimiysi o‘rtasida qanday bog‘liqlik bor?
10. Difraksion panjaraning aniqlik darajasi qanday aniqlanadi?

6-amaliy mashg'ulot: Yorug'likning qutblanishi. Malyus qonuni. Yorug'likning polyarizatorlardagi yo'li

Maqsad: Qutblangan nurlarning turlari, Byuster burchagi va qutblanish tekisligining aylanishiga doir masalalar yechish.

Tabiiy yorug'lik dielektrik ko'zgudan qaytganda Frenel formulasi o'rinli bo'ladi:

$$I_{\perp}=0,5I_0[\sin(i-r)/\sin(i+r)]^2,$$

va

$$I_{\parallel}=0,5I_0[\operatorname{tg}(i-r)/\operatorname{tg}(i+r)]^2.$$

1. Bunda I_{\perp} –qaytgan nurlarning yorug'lik tushish tekisligiga perpendikulyar yo'nalishdagi tebranishining intensivligi; I_{\parallel} –qaytgan nurlarning yorug'lik tushish tekisligiga parallel yo'nalishdagi tebranishining intensivligi; I_0 –tushayotgan tabiiy yorug'lik intensivligi; i –tushish burchagi va r –sinish burchagi.

2. Agar $i+r=90^{\circ}$ bo'lsa, $I_{\parallel}=0$ bo'ladi. Bu holda dielektrik ko'zguning i tushish burchagi n sindirish ko'rsatkichi bilan $\operatorname{tgi}=n$ munosabatda bog'langan (Bryuster qonuni).

3. Polyarizator va analizator orqali o'tuvchi yorug'lik intensivligi quyidagiga teng (Malyus qonuni):

$$I=I_0 \cos^2\varphi,$$

bunda φ –polarizator bilan analizator bosh tekisliklari o'rtasidagi burchak, I_0 –polarizator orqali o'tgan yorug'lik intensivligi.

1-masala. Sindirish ko'rsatkichi 1,57 bo'lgan shishadan qaytgan yorug'likning to'la qutblanish burchagi aniqlansin.

2-masala. Biror modda uchun to'la ichki qaytish limit burchagi 45° ga teng. Bu modda uchun to'la qutblanish burchagi nimaga teng?

3-masala. Ko'l sirtidan qaytgan Quyosh nurlari eng to'la qutblanishi uchun u gorizontga nisbatan qanday burchak ostida turishi kerak?

4-masala. Shishadan qaytgan nurning 30° sindirish burchagida to'la qutblanishi uchun shishaning sindirish ko'rsatkichi nimaga teng bo'lishi kerak?

5-masala. Yorug'lik nuri shisha ($n=1,5$) idishga quyilgan suyuqlikdan o'tib, uning tubidan qaytadi. Qaytgan nur idish tubiga $42^{\circ}37'$ burchak bilan

tushayotganida batamom qutblanadi. 1) Suyuqlikning sindirish ko'rsatkichi toping, 2) to'la ichki qaytish sodir bo'lishi uchun mazkur suyuqlikdan o'tuvchi yorug'lik nuri idish tubiga qanday burchak bilan tushishi kerak?

6-masala. Bo'shliqdagi to'lqin uzunligi 5890\AA bo'lgan yassi qutblangan yorug'lik dastasi island shpati plastinkasining optik o'qiga perpendikulyar ravishda tushadi. Agar oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun island shpatining sindirish ko'rsatkichi $n_0=1,66$ va $n_e=1,49$ bo'lsa, kristalldagi oddiy va g'ayrioddiy nurlarning to'lqin uzunliklari topilsin.

7-masala. Agar har hil nikolda unga tushayotgan yorug'likning 10 % yo'qotilsa, o'tkazish tekisliklari $\alpha = 30^\circ$ burchak hosil qiladigan ikkita nikol orqali o'tayotgan yorug'likning intensivligi necha marta kamayadi?

8-masala. Qutblagich va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi burchak $\alpha = 45^\circ$. Agar burchak 60° gacha orttirilsa, analizatoridan chiqayotgan yorug'lik intensivligi necha marta kamayadi?

9-masala. Polyarizator va analizator orqali o'tgan tabiiy yorug'likning intensivligi to'rt marta kamayishi uchun poliyarizator bilan analizatorning bosh tekisliklari o'rtasidagi burchak nimaga teng? Yorug'likning yutilishi hisobiga olinmasin.

10-masala. Tabiiy yorug'lik polyarizator va analizator orqali o'tadi. Polyarizator bilan analizator shunday qo'yilganki, ularning bosh tekisliklari orasidagi burchak α ga teng. Polyarizator shuningdek analizator ham o'zlariga tushayotgan yorug'lik intensivligining 8 foizini yutadi va qaytaradi. Ma'lum bo'lishicha, analizatoridan chiqqan nur polyarizatorga tushgan tabiiy yorug'likning 9 foiz intensivligiga teng ekan. α burchak topilsin.

11-masala. Shishaga ($n=1.54$) to'la qutblanish burchagi bilan tushuvchi tabiiy yorug'likning qaytish koeffitsiyenti aniqlansin. Shisha ichiga o'tgan nurlarning qutblanish darajasi topilsin. Shishada yorug'likning yutilishi hisobiga olinmasin.

12-masala. To'la qutblanish burchagi bilan tushayotgan tabiiy yorug'lik nuri yassi-parallel shisha plastinkadan o'tgan. Shishaning sindirish ko'rsatkichi $n=1.54$. Plastinkadan o'tgan nurlarning qutblanish darajasi topilsin.

13-masala. Tabiiy yorug'lik shishaga ($n=1.54$) 45° burchak bilan tushayotganda 1) qaytish koeffitsiyenti va qaytgan nurlarning qutblanish darajasi, 2) singan nurlarning qutblanish darajasi aniqlansin.

14-masala. Analizator qutblagichdan kelayotgan yorug'lik intensivligini $k=2$ marta kamaytiradi. Qutblagich va analizatorlarning o'tkazish

tekisliklari orasidagi α burchak aniqlansin. Analizatorida yorug‘lik intensivligining yo‘qolishi hisobga olinmasin.

15-masala. Tabiiy yorug‘lik dastasi suvda turgan shisha sharga tushmoqda. Sharning chetki biror nuqtasida qaytayotgan va tushayotgan dastalar orasidagi φ burchak topilsin.

16-masala. Tabiiy yoru‘lik dastasi shisha ($n=1.54$) sharga tushadi. Sharning biror chetki nuqtasidagi singan va tushayotgan dastalar orasidagi γ burchak topilsin.

17-masala. Nurning 50 sm^3 hajmli idishdagi 5 g fruktoza aralashma orqali o‘tishidagi qutblanish tekisligining aylanish burchagini hisoblang. Polyarimetrik trubka uzunligi 10 sm, solishtirma aylanish -92^0 ga teng.

18-masala. Agar yassi qutblangan nur 20 sm uzunlik, 100 sm^3 hajmdagi aralashma orqali o‘tganida qutblanish tekisligining aylanishi 6.68^0 bo‘lgan bo‘lsa, u holda bu idishdagi saxarozaning massasi qanday? Solishtirma aylanish 66.8^0 ga teng.

19-masala. Agar 20 sm uzunlikdagi qutblagich trubkadan 10 g modda bo‘lgan suvli aralashma orqali nur o‘tkazilganida qutblanish tekisligi burilishi 2.1^0 ni tashkil qilgan bo‘lsa, u holda bu modda turini aniqlang. Ba’zi bir organik moddalar solishtirma aylanishi qiymatlari 6.1-jadvalda keltirilgan.

6.1-jadval

Ba’zi bir organik moddalarning solishtirma aylanishi (suvli aralashmalar, $20 \text{ }^\circ\text{C}$)

Optikfaolmodda	$[\alpha]$	Optik faol modda	$[\alpha]$
Rafinoza	+104,0	Saxaroza	+66,8
d-Glyukoza	+112,2 →	d-Fruktoza	-133,5 →
	+52,5	l-Morfin	-91,5
d-Vin kislota	+12,0	(metanolda)	-134,8
	-12,0	Xinin	-25,5
l-Vin kislota	+21,0	α -Aspargin	+162,0
Askorbin	+1,7	kislota	-50,6
kislota	+85,0→	Nikotin	
α -sutli kislota	+55,4	l-Mentol	
β -laktoza			

20-masala. Nurning 200 sm^3 hajmdagi 10 g glyukoza aralashmasining 20 sm li qutblantiruvchi trubka orqali o‘tganidagi qutblanish tekisligi

aylanishini hisoblang. Solishtirma aylanishi $+52.7^0$ ga teng

21-masala. Optikaviy zichligi 0.95 bo'lgan aralashma konsentratsiyasini fotoelektro kolorimetrik usulda aniqlash mumkinmi? Javobingizni asoslang.

22-masala. 50 sm^3 hajmdagi 0.005 g Fe^{2+} aralashmasining yorug'lik yutish molyar koeffitsiyentini hisoblang. 50 mml yutiluvchi qalinlikdagi kyuvetadagi aralashmaning optikaviy zichligi 0.75 ga teng.

23-masala. Agar 30 sm qalinlikdagi yutuvchi qatlamli kyuvetadagi aralashmaning optikaviy zichligi 0.70 ga, yorug'lik yutishning molyar koeffitsiyenti esa 120 ga teng bo'lsa, u holda uning 100 sm^3 hajmdagi massasi qanday?

24-masala. Yutuvchi qatlamli kyuvettaning qalinligi 12 sm aralashmaning optikaviy zichligi 0.30 ga, yorug'lik yutishning molyar koeffitsiyenti esa 13 ga teng bo'lsa, u holda uning 22 sm^3 hajmdagi massasi qanday?

Nazorat savollari

1. Tabiiy va qutblangan nurlarning farqi nimada?
2. Chiziqli, elliptik, va doiraviy qutblangan nurlarni tushuntirib bering.
3. Oddiy va g'ayrioddiy nurlar o'rasidagi farqni tushuntiring.
4. Bir o'qli va ikki o'qli kristallarning qanday xususiyatlari bor?
5. Tabiiy kristallarga misollar keltiring.
6. To'liq qutblanish burchagi deganda nimani tushunasiz?
7. Qutblangan nur intensivligi va qutblanish burchagi o'rtasida qanday bog'liqlik mavjud?
8. Qaytish koeffitsiyenti va yutish koeffitsiyentining maksimal qiymatlari nimaga teng?
9. Byuster burchagi qanday aniqlanadi?
10. Malyus qonunini izohlang.
11. Polyarizator va analizator deganda nimani tushunasiz?
12. Biz ko'zimiz orqali qutblangan va qutblanmagan nurlarni farqlay olamizmi?

7-amaliy mashg'ulot: Issiqlik nurlanishi. Plank, Stefan-Bolsman qonunlari

Maqsad: Issiqlik nurlanish qonuniyatlari, absolyut qora jism va Plank, Stefan-Bolsman qonuniga doir masalalar yechish.

1. Absolyut qora jismning sirt birligidan 1 sekundda nurlanadigan energiya, ya'ni absolyut qora jismning energetik yorqinligi Stefan-Boltsman formulasi bilan aniqlanadi:

$$R_e = \sigma T^4.$$

Bunda T-Kelvin shkalasi bo'yicha harorat va σ -Stefan –Bolsman doimiysi

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-5} \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{grad}^4.$$

2. Agar nur sochayotgan jism absolyut qora bo'lmasa, u holda

$$R_e = k\sigma T^4$$

bilan aniqlanadi, bunda k-koeffitsiyent doim birdan kichik bo'ladi.

3. Energetik yorqinlik R_e absolyut qora jism energetik yorqinligining spektral zichligi r_λ bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan:

$$R_e = \int_0^{\infty} r_\lambda d\lambda.$$

4. Vin siljish qonuniga ko'ra absolyut qora jism absolyut haroratining to'liq uzunligi ko'paytmasi (bunda mazkur jism energetik yorqinligining spektral zichligi maksimaldir) doimiy kattalikka teng, yani

$$\lambda_m T = C_1 = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{grad}.$$

5. Absolyut qora jism energetik yorqinligining maksimal spektral zichligi absolyut haroratning beshinchi darajasiga (Vinning ikkinchi qonuni) proporsional ravishda ortib boradi:

$$(r_\lambda)_{\max} = C_2 T^5,$$

bunda $C_2 = 1,29 \cdot 10^{-5} \text{ Vt/m}^3 \cdot \text{grad}^5$.

6. Yorug'lik kvanti (fotoni) ning energiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon = h\nu.$$

bunda $h=6,625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ – Plank doimiysi va ν – tebranish chastotasi.

7. Fotoning harakat miqdori

$$P_{\phi} = \frac{h\nu}{c}$$

8. Foton massasi

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

bunda c - yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

1-masala. Pechdagi $6,1 \text{ m}^2$ o'lchamli teshikdan 1 sek da $8,28 \text{ kal}$ issiqlik nurlanadigan bo'lsa, pechning harorati qanday? Nurlanish absolyut qora lism nurlanishiga yaqin deb hisoblansin.

2-masala. Quyosh 1 minut da qancha miqdorda energiya chiqaradi? Quyoshning nurlanishini absolyut qora jism nurlanishiga yaqin deb hisoblansin. Quyosh sirtining haroratini $5800 \text{ }^{\circ}\text{K}$ deb qabul qiling.

3-masala. Qotib qolgan bir kvadrat metr qo'rg'oshin sirtidan 1 sek da qancha energiya nurlanadi? Mazkur harorat uchun qo'rg'oshin sirti energetik yorqinligining absolyut qora jism yorqinligiga nisbatan $0,6$ ga teng deb olinsin.

4-masala. Absolyut qora jismning nurlanish quvvati 34 kVt . Jism sirti $0,6 \text{ m}^2$ bo'lsa, uning haroratini aniqlang.

5-masala. Maydoni 10 m^2 cho'g'langan metall sirdan bir minutda $4 \cdot 10^4 \text{ J}$ issiqlik nurlanadi. Sirt harorati $2500 \text{ }^{\circ}\text{K}$. 1) Bu sirt absolyut qora bo'lsa, uning nurlanishi qanday bo'lishi, 2) mazkur haroratda bu sirt energetik yorqinligining absolyut qora jism yorqinligiga nisbati topilsin.

6-masala. Elektr lampochkasidagi volfram spiralining diametri $0,3 \text{ mm}$, uzunligi 5 m . Lampochka 127 V kuchlanish elektr zanjiriga ulanganida u orqali $0,31 \text{ A}$ tok o'tadi. Lampochkaning harorati qanday? Muvozanatli nurlanishda toladan ajraladigan barcha issiqlik nur sochish bilan yo'qoladi deb, volfram energetik yorqunligining absolyut qora jism yorqinligiga nisbatan mazkur harorat uchun $0,31$ ga teng hisoblansin.

7-masala. 25 Vatt li elektr lampochkasi volfram spiralining harorati $2450 \text{ }^{\circ}\text{K}$. Shu haroratda uning energetik yorqinligining absolyut qora jism energetik yorqinligiga nisbati $0,3$. Spiralning nur sohadigan sirti kattaligini toping.

8-masala. Pechdagi $7,4 \text{ m}^2$ o'lchamli teshikdan 1 min da $288,28 \text{ kal}$ issiqlik nurlanadigan bo'lsa, pechning harorati qanday? Nurlanish absolyut qora lism nurlanishiga yaqin deb hisoblansin.

9-masala. 1) Qizil yorug'lik nurlari ($\lambda=7 \cdot 10^{-5} \text{ m}$), 2) rentgen nurlari

($\lambda=0,25 \text{ \AA}$) va 3) gamma – nurlari ($\lambda=1,24 \cdot 10^{-2} \text{ \AA}$) fotonining massasini toping.

10-masala. Fotonga muvofiq keladigan to‘lqin uzunlik $0,016 \text{ \AA}$ bo‘lsa, uning energiyasi, massasi va harakat miqdorini toping.

11-masala. Simob yoyining quvvati 125 Vt . Quyidagi to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan nurlanishlardan har sekundda necha kvant yorug‘lik chiqadi: 1) $\lambda=6123 \text{ \AA}$; 2) $\lambda=5791 \text{ \AA}$; 3) $\lambda=5461 \text{ \AA}$; 4) $\lambda=4047 \text{ \AA}$; 5) $\lambda=3655 \text{ \AA}$; 6) $\lambda=2537 \text{ \AA}$? Bu chiziqning intensivligi mos holda 1) 2 %; 2) 4 %; 3) 4 %; 4) 2,9 %; 5) 2,5 % va 6) 4% ga teng. 80 % quvvat nurlanishga ketadi deb hisoblansin.

12-masala. Elektronning kinetik energiyasi to‘lqin uzunligi $\lambda=5200 \text{ \AA}$ bo‘lgan foton energiyasiga teng bo‘lishi uchun elektron qanday tezlik bilan harakat qilishi kerak?

13-masala. Elektronning harakat miqdori to‘lqin uzunligi $\lambda=5200 \text{ \AA}$ bo‘lgan fotonning harakat miqdoriga teng bo‘lishi uchun u qanday tezlik bilan harakat qilishi kerak?

14-masala. Foton massasi tinch turgan elektron massasiga teng bo‘lishi uchun uning energiyasi qancha bo‘lishi kerak?

15-masala. Monoxromatik fotonlar dastasini $t=0,5 \text{ min}$ vaqt ichida $S=2 \text{ sm}^2$ maydonchadan olib o‘tadigan harakat miqdori $P_f=3 \cdot 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{sm}/\text{sek}$. Bu dasta uchun birlik yuzaga vaqt birligida tushadigan energiyani toping.

16-masala. Ikki atomli gaz molekulasining kinetik energiyasi qanday haroratda to‘lqin uzunligi $\lambda=5,89 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$ bo‘lgan foton energiyasiga teng bo‘ladi?

17-masala. Agar absolyut qora jismning nurlanish quvvati 34 kv , sirti yuzasi esa $0,6 \text{ m}^2$ bo‘lsa, uning harorati qanday?

18-masala. Absolyut qora jismning nurlanish quvvati 10^5 kv . Agar shu jism yorqinligining maksimal spektral zichligiga to‘g‘ri keladigan to‘lqin uzunligi $7 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$ ga teng bo‘lsa, jismning nur sochuvchi sirtining kattaligi topilsin.

19-masala. Absolyut qora jism qizdirilganida yorqinlikning maksimal spektral zichligiga to‘g‘ri keladigan to‘lqin uzunligi $0,69$ dan $0,5 \text{ mkm}$ gacha o‘zgargan. Bunda jism yorqinligining spektral zichligi necha marta ortgan?

20-masala. Absolyut qora jism qizdirilganda uning harorati 1000°K dan 3000°K gacha o‘zgargan. 1) Bunda uning energetik yorqinligi necha marta ortgan? 2) Energetik yorqinligining spektral zichligi maksimumiga to‘g‘ri keladigan to‘lqin uzunligi qanchaga o‘zgargan? 3) Energetik

yorqinligining spektral zichligi maksimumi necha marta ko'paygan?

21-masala. Absolyut qora jism harorati $T_1=2900^\circ\text{K}$. Shu jismning sovishi natijasida energetik yorqinligining spektral zichligi maksimumiga to'g'ri keladigan to'lqin uzunlik $\Delta\lambda=9$ mkm ga o'zgargan. Jism qanday T_2 haroratgacha qadar sovigan?

22-masala. Radiusi 2 sm qoraygan metall sharning haroratini atrof-muhitga nisbatan 27° dan ortiqroq ushlab turishi uchun unga qanday quvvat uzatish zarur? Atrof-muhit harorati 20°C . Bunda issiqlik faqat nurlanish hisobigagina yo'qoladi deb hisoblansin.

23-masala. Absolyut qora jism yorqinligining maksimal spektral zichligi 4840 A^0 to'lqin uzunligiga to'g'ri keladigan bo'lsa, absolyut qora jism 1 sek da 1 m^2 sirtidan qancha energiya chiqaradi?

24-masala. Absolyut qora jismning nurlanish quvvati 47 Kvt. Agar jism sirti 0.67 m^2 bo'lsa, uning temperaturasini toping?

Nazorat savollari

1. Stefan-Boltsman, Reley-Jins, Vin siljish qonunlarini izohlab bering.
2. Absolyut qora jismga ta'rif bering.
3. Tabiatda ham absolyut qora jism mavjudmi? Uni sun'iy ravishda olish mumkinmi?
4. Absolyut oq jism deganda nimani tushunasiz?
5. Absolyut shkalada manfiy harorat bo'lishi mumkinmi? Javobingizni asoslab bering.
6. Plankning $E=h\nu$ formulasidagi kattaliklarni izohlab bering.
7. Yorug'lik kvanti deganda nimani tushunasiz?
8. Yorug'lik kvanti parametrlarni sanab bering
9. Yorug'lik kvanti qanday nomlanadi?
10. Yorug'lik impulsi qanday aniqlanadi?
11. Foton va γ -nurlar o'rtasida qanday o'xshashlik va tafovutlar bor?
12. Elektromagnit to'lqinlar shkalasini eslang. Bu to'lqinlarning o'xshashlik va tafovutlari mavjud?
13. Reley-Jins formulasi nazariy tasavvurlar xulosasimi yoki tajribadan olinganmi?
14. Plank tasavvurlari tajribada qachon tasdiqlangan?

8-amaliy mashg'ulot: Kvant optika asoslari

Maqsad: Ichki va tashqi fotoeffekt hodisalariga va Eynshteyn formulalariga doir masalalar yechish.

Tashqi fotoeffektni vujudga keltiruvchi foton energiyasi bilan uchib chiqayotgan elektronlarning maksimal kinetik energiyasi o'rtasidagi bog'lanish Eynshteyn formulasi bilan beriladi:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

bunda A - metall dan elektronning chiqish ishi m – elektron massasi. Agar $v=0$ bo'lsa, $h\nu_0=A$, bu yerda ν_0 - fotoeffektning qizil chegarasiga muvofiq keluvchi chastota.

1-masala. A.G.Stoletovning “Aktino–elektrik tekshirishlar” (1888 yil) asarida birinchi marta fotoeffektning asosiy qonunlari belgilangan edi. Uning tajribasining natijalaridan biri bunday ifodalangan: “To‘lqin uzunliklari $295 \cdot 10^{-6}$ mm dan kam va sindirish ko‘rsatkichi eng yuqori bo‘lgan nurlar razryadlovchi ta’sirga ega bo‘ladi”. A.G.Stoletov ishlagan metall dan elektron chiqayotganda bajarilgan ish aniqlansin.

2-masala. Litiy, natriy, kaliy va seziiy uchun fotoeffektning qizil chegarasini toping.

3-masala. Muayyan metall uchun fotoeffektning qizil chegarasi 2750 Å. Fotoeffektni vujudga keltiruvchi foton energiyasining minimal qiymati nimaga teng?

4-masala. Muayyan metall uchun fotoeffektning qizil chegarasi 2750 Å ga teng. 1) Shu metall dan elektron chiqayotganda bajarilgan ish, 2) to‘lqin uzunligi 1800 Å bo‘lgan yorug‘lik bilan shu metall dan ajratib olinadigan elektronlarning maksimal tezligi, 3) mazkur elektronlarning maksimal enegiyasi topilsin.

5-masala. Fotoeffekt hodisasini kuzatish uchun chiqish ishi $4 \cdot 10^{-19}$ j bo‘lgan metall plastinka $16 \cdot 10^{14}$ Gs chastotali nur bilan yoritildi. So‘ngra yorug‘lik chastotasi 2 marta kamaytirilib, intensivlik 3 marta oshirildi. Natijada plastinkadan 1 s davomida uchib chiqayotgan fotoelektronlar soni qanchaga o‘zgardi?

6-masala. Qizil chegara chastotali $4.3 \cdot 10^{14}$ Gs bo‘lgan moddadan tayyorlangan fotoelement chastotali $4,4 \cdot 10^{14}$ Gs bo‘lgan fotonlar bilan yoritilayotgan bo‘lsa, fototokni to‘xtatuvchi potensialni toping?

7-masala. Lazer bir impulsada $3,2 \cdot 10^{19}$ ta 694 nm to‘lqin uzunligidagi fotonni nurlaydi. Lazer nurining o‘rtacha yonish quvvati qancha?

8-masala. Agar metall sirtidan uchib chiqayotgan elektronlar bajargan ish $1.2 J$ ga teng va bu elektronlar $3.2 \cdot 10^5 m/s$ tezlikka ega bo‘lsa, uning chastotasi topilsin?

9-masala. Metall sirtiga to‘lqin uzunligi 0.413 mkm bo‘lgan monoxromatik nurlar tushmoqda. Fotoelektronlar 1 V kuchlanishli elektr maydonida ushlab turiladi. Elektronning chiqish ishi va fotoeffektning qizil chegarasini toping.

10-masala. Metall sirtidan $3 \cdot 10^{-12} m$ to‘lqin uzunligidagi gamma nurlar bilan uchib chiqariladigan elektronlarning maksimal tezligini hisoblang.

11-masala. Kompton effekti natijasida 0.4 MeV energiyaga ega bo‘lgan fotonelektron bilan to‘qnashib 90 gradusga sochilgan bo‘lsa, bu fotonning dastlabki energiyasi qanday bo‘lgan?

12-masala. Agar rentgen trubkasi 30 kV kuchlanishda ishlayotgan bo‘lsa, u holda bunday uzluksiz rentgen spektrining minimal to‘lqin uzunligi qanday?

13-masala. 663 nm to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan parallel monoxromatik nurlar dastasi ko‘zgu sirtiga tik tushadi. Nurlanish oqimi 0.6 Vt. Bu sirtga tushuvchi nur bosimi kuchi va vaqt birligida tushuvchi fotonlar sonini toping.

14-masala. Agar fotoelement chastotasi $1.6 \times 10^{15} Gs$ bo‘lgan nur bilan yoritilganida 4.1 V kuchlanishda fototok to‘xtaydigan bo‘lsa, u holda elektronning fotokatod sirtidan chiqish ishi va fotoeffektning qizil chegarasi qanday?

15-masala. Elektronlar energiyasi 4.9 eV yoki undan kattaroq bo‘lganida simob atomlarini ular bilan bombardimon qilinganida simob atomlari uyg‘ongan holatga o‘tadi. Simob atomining uyg‘ongan holatidan asosiy holatiga o‘tishidagi chiqariladigan nurning to‘lqin uzunligini hisoblang.

16-masala. ν chastotali nur bilan nurlantirilayotgan vakuumli fotoelementda fotoelektron tutib qoluvchi elektr maydoniga tushadi. Fotoelement elektrodlariga U kuchlanish berilgan, elektrodlar orasidagi masofa H , elektron katod sirtiga 30 gradusli burchak ostida uchib kiradi. Elektronning boshlang‘ich holatiga nisbatan katodga qaytishidagi impulsi

va koordinatasi qanday o'zgaradi? Elektronning chiqish ishi A ga teng.

Nazorat savollari

1. Eynshteynning fotoeffektga oid formulalarini izohlab bering.
2. Fotoeffektning qizil chegarasi deganda nimani tushunasiz?
3. Agar atomdan elektron uzilib chiqsa, u holda bu atomda qanday o'zgarish bo'ladi? Elektron-da-chi?
4. Fotoeffekt hodisasini izohlab bering.
5. Metall sirtidan yorug'lik nuri orqali elektronning uzilib chiqishi hodisasi fotoeffekt deyiladi. Agar shu elektron issiqlik ta'sirida uzilsa, u holda bu hodisa qanday nomlanadi? Bu hodisadan qaysi qurilmalarda foydalaniladi?
6. Elektronni atomdan ajratishning yana qaysi usullarini bilasiz?
7. Ichki va tashqi fotoeffektlarning farqini tushuntirib bering.
8. Chiqish ishini tushuntirib bering.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Sodiqova Sh., Otajonov Sh., Kurbonov M., Lazerlar va ularning amaliyotdagi o'rnini - T.: Fan va texnologiya, 2019, 216 b
2. Max Born and Emil Wolf. Principles of Optics. Cambridge Univer. press. 2010.
3. Ландсберг, Г. С. Оптика / Г. С. Ландсберг. – М.: Наука, 2003. – 848 с.
4. Ахманов, С. А. Физическая оптика / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 654 с.
5. Сивухин, Д. В. Оптика / Д. В. Сивухин. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002. – 792 с.
6. Детлаф, А. А. Курс физики / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – М.: Академия, 2003. – 720 с.
7. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Физикадан масалалар тўплами. Тошкент Ўзбекистон . 1997.
8. Трофимова, Т. И. Курс физики. Колебания и волны. Теория, задачи и решения : учеб. пособие для студ. технических специальностей вузов / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. – М.: Академия, 2003. – 256 с.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
1-amaliy mashg‘ulot: Geometrik optika. Fotometrik kattaliklar.....	4
2-amaliy mashg‘ulot: Elektromagnit to‘lqinlarning tarqalishi, sinishi va qaytishi. Yorug‘lik difraksiyasi.....	15
3-amaliy mashg‘ulot: Yorug‘lik dispersiyasi.Dispersiya qonuniyatlari	22
4-amaliy mashg‘ulot: Yorug‘lik interferensiyasi. Nyuton halqalari.....	27
5-amaliy mashg‘ulot: Yorug‘lik difraksiyasi. Difraksion panjara.....	37
6-amaliy mshg‘ulot: Yorug‘likning qutblanishi. Malyus qonuni.Yorug‘likning polyarizatorlardagi yo‘li.....	41
7-amaliy mashg‘ulot: Issiqlik nurlanishi. Plank, Stefan-Bolsman qonunlari.....	44
8-amaliy mashg‘ulot: Kvant optika asoslari.....	49
Foydalanilgan adabiyotlar.....	52

Tuzuvchilar:

Yusupov D.B., Soliyeva N.M.

Optika asoslari

Amaliy mashgʻulotlar

Uslubiy koʻrsatmalar

Muharrir: Miryusupova Z.M.