



Абу Райхон
Беруний



ТУРАРЖОНЛАР
(ОРАСИЯГА) МАСОФАЛАРНИ
АНИҚЛАШ УЧУН МАЪЗИЛАРНИ
ЧЕТАРАЛАРНИ БИЛДИЛИШ
(ГЕОДЕЗИЯ)

III

Абу Райхон
Беруний



Абу Райхон Беруний

Танланган асарлар

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ ШАРҚШУНОСЛИК ИНСТИТУТИ

Абу Райхон Беруний



ТУРАРЖОЙЛАР
(ОРАСИДАГИ) МАСОФАЛАРНИ
АНИҚЛАШ УЧУН МАНЗИЛЛАРНИНГ
ЧЕГАРАЛАРИНИ БЕЛГИЛАШ
(ГЕОДЕЗИЯ)

III

ТОШКЕНТ – «O'ZBEKISTON» – 2022

УЎК 528
ББК 26.11
Б 61

Лойиҳа раҳбари:
Т. МУҲАМАДИЕВ

Сўз боши муаллифи:
А. АҲМЕДОВ

Таржимонлар:
А. АҲМЕДОВ, Б. АБДУЛЛАЕВ

Махсус муҳаррир:
А. АҲМЕДОВ

Изоҳлар ва кўрсаткичларни
А. АҲМЕДОВ, Б. АБДУЛЛАЕВ ва У. КУРАНБАЕВАлар тузган

Таҳрир ҳайъати:
С. КАРИМОВА, А. САЪДУЛЛАЕВ

Абу Райҳон Берунийнинг ушбу асари амалий астрономия, геодезия, география масалаларига – яшаш жойларининг географик координатларини, уларнинг азимут ва масофаларини аниқлашга, ёриткичларнинг баландликларига кўра эклиптиканинг осмон экваторига оғиш бурчагини ҳисоблашга ва турли тарихий даврлардаги тенгкунлик ҳолатларини аниқлашга бағишланган. Беруний, қадимги давр ва Ўрта аср Шарқ олимларининг мазкур масалаларни ҳал қилишдаги ютуқларига танқидий ёндашган ҳолда ўзи эришган натижаларни ҳам баён этади. Қатор астрономик асбобларнинг, жумладан, ўзи ихтиро қилганларининг ҳам тавсифини келтиради.

Ушбу китобда Берунийнинг географик, табиий-илмий ва табиий-фалсафий қарашлари, унинг ҳаёти ва ижоди ҳақида кўп маълумотлар келтирилган ҳамда мукамал сўз боши ва илмий изоҳлар берилган.

Асар астрономлар, математиклар, геодезия мутахассислари ва IX–XV асрлардаги Ўрта Осиё фани, тарихи билан қизиқувчи китобхонлар оммасига мўлжалланган.



СЎЗ БОШИ

БЕРУНИЙ «ГЕОДЕЗИЯ»СИ

Ғазнада ўтган йиллар

«Осори ал-боқия»га келтирилган сўз бошида айтганимиздек, 1017 йил охирида Беруний устози Абу Наср ибн Ироқ билан биргаликда Маҳмуд салтанатининг пойтахти Ғазнага олиб кетилади¹. Шундай қилиб, олим ҳаётининг Ғазнадаги даври бошланади. Энди у сиёсатдан абадий узоқлашиб, ҳаётининг кейинги қисмини бутунлай илмга бағишлайди.

Олимнинг Ғазнадаги биринчи йллари ниҳоятда оғир кечди. Бизгача етиб келган хабарларга кўра, унинг ҳаёти аввалига бир неча бор хавф остида қолган. Шуҳратпараст Султон Маҳмуд ўз атрофига илм-фанга алоқадор турли шахсларни тўплаган бўлиб, булар орасида ҳақиқий олимлар билан бир қаторда жаҳолат либосини кийган ҳолда ҳақиқий илм ва фазилатни чақага алмашадиган, ўтакетган бадфеъл, разил ва гайриилмий шахслар ҳам кўп эди. Улар Султон Маҳмуд олдида обрў-эътиборга эга бўлганлари сабабли ўз кирдикорларининг фош қилинишидан кўрқиб, Ғазнага янги келган Берунийни таъқиб остига оладилар. Беруний «Геодезия»га ёзган сўз бошида бу каби шахсларни куйидаги сўзлар билан шафқатсиз қоралайди ва фош қилади:

«... Улар [дунёнинг] ҳамма тарафида жаҳолат шаклига кирганлар ва ўзларининг бу [ҳолатлари] билан мақтаниб, фазилат эгаларига душманлик қиладилар; кимки илм муҳри билан белгиланган бўлса, уни таъқиб қиладилар ва турли йўллар билан унга зулм ва жабр етказадилар.

... У [жоҳиллар] энг қабиҳ ва бутунлай зарарли бўлган хулқларини мактайдиларким, шуларнинг асосийси сабабсиз тамадир. Уларнинг фақат чўзилган қўлигина кўринар, пасткашлиқдан сира жирканмайдилар ҳамда ҳаё ва орият кўчасига кирмайдилар. Улар шундай ҳасад кемасига ўтириб олганлар ва ҳар бир фурсатдан фойдаланиб бу [ишларига] ривож бердиларким, ҳатто бу нарса уларни илмни инкор этишга ва унга хизмат қилувчилардан нафратланишга олиб келди.

Уларнинг ашаддийлари жаҳолатда ўзига ўхшашларнинг [илмга] нисбатан нафратини кучайтириш учун уни адашишдан [иборат] деб ҳисоблайдилар, ўзларига илм эгаларини йўқотиш эшигини очиш учун ҳамда олимлар-

¹ Низами Арузи Самарқанди. Собрание редкостей или Четыре беседы. Перевод С. И. Баевского и З. Н. Ворожейкиной, – М., ИВЛ, 1963, С. 114.

нинг ҳалокати ва илмнинг инқирози билан ўз ҳолатларини сир сақлаш [мақсадида] илмга бидъат тамгасини босадилар»¹.

Бирок Маҳмуд саройида вазир Хўжа Ҳасан каби олимга хайрихоҳлик билдирувчи кишилар ҳам бор эди. Улар султон олдида Берунийни химоя қиладилар ва хавфни бартараф этадилар. Шундай оғир шароитга қарамай, олим илмий изланишларни давом эттиришга қаттиқ бел боғлайди. «Ғазнада, агар мен ўзимга эга бўла олсам, – деб ёзади у «Геодезия»да, – моҳияти хотирамдан чиқмаган нарсаларни ўрганиш билан шуғулланаман, бу – [астрономик] кузатиш ва илмий интилишдан иборатдир»².

Беруний Ғазнага келган биринчи йилларида айтишга арзигули астрономик асбоб-ускунага ҳам эга бўлмаган ва ўз кузатишларини энг оддий асбоблар ёрдамида бажарган. Унинг ушбу сўзлари ўша вақтдаги аҳволини аниқ ифода қилади:

«Шу фаслни ёзаётган кунимиз, – бу хижрий тўрт юз тўққизинчи йил жумо-дилохир ойининг бошидаги сешанба куни (мил. 1018 й. 21/Х) Кобул яқинидаги Жайфур қишлоғида эдим. Шунда мени шу жойларнинг кенгламаларини аниқлашга жуда қаттиқ хоҳиш эгаллади. Лекин мен [бу пайт] ўйлашимча, ҳатто Лут ва Нух алайҳимассалом ҳам ўхшашини кўрмаган [қаттиқ] синовни [бошимдан] кечираётган эдим. Мен баландликни [ўлчаш учун] бирор асбоб [топиш] ёхуд асбоб яшаш учун зарур бўлган бирор ускуна топиш [имкониятига] эга эмас эдим. Шунда ҳисоб тахтасининг орқасига даражалари олти қисмга бўлинган доира ёйини чиздим, – бу [қисмларнинг] ҳар бири ўн дақиқа бўлади. [Сўнгра] унинг ҳолатини шовунлар билан текшириб кўрдим»³.

Келтирилган парчадан кўринадики, Беруний 1018 йилнинг 21 октябрига «Геодезия»нинг учдан бир қисмини ёзиб бўлган ва демак, бундан у Ғазнага келиши биланоқ асарни ёза бошлаганлиги англашилади.

Айни вақтда у «Хоразмнинг машҳур кишилари» номли тарихий асарини ёзади. Абу-л-Фазл Байҳақий келтирган парчаларга кўра, бу асарда Хоразмнинг қадимги даврдан то 1017 йилгача бўлган тарихи баён қилинган.

1019–1020 йилларда Беруний Ғазнада бир қатор астрономик кузатишларни амалга оширади. Масалан, 1019 йилнинг март⁴ ва сентябрида⁵ тенгкунликларни, Ой ва Қуёш тутилишларини, 1020 йилнинг июнь, июль, ноябрь ва декабрь ойларида Қуёш баландликларини ўлчайди⁶. Шу йили у Ғазнанинг географик координатларини ҳам кузатишлар ёрдамида ҳисоблайди⁷.

¹ Таржима. 36–37-бетлар.

² Таржима. 59-бет.

³ Таржима 95-бет.

⁴ Таржима 206-бет.

⁵ Таржима 214-бет.

⁶ *Беруний*. Қонуни Масъудий. I, 1973. 282–308-бетлар.

⁷ *Беруний*. Қонуни Масъудий. II, 1976. 42-бет.

1920 йил 5 декабридаги кузатиш билан Беруний «Геодезия»ни ёзиб тугатган сана – 1025 йил 20 сентябрида Ғазнадаги кузатишлари ҳақида маълумот сақланмаган. П.Ғ. Булгаковнинг гипотезасига кўра¹ бу йилларни Беруний Ҳиндистонда ўтказган. Ҳақиқатан ҳам у шу йиллар орасида Ҳиндистондаги [ҳозирги Покистоннинг шимолий-шарқида] Нандна қалъасида ўлчаш ишларини олиб боради. У Нанднанинг географик кенгламасини ўлчаб 32° топади (ҳақиқийси 34°43′). Худди шу кенглама учун у Ернинг ўлчамларини ҳам аниқлайди ва меридиан бир градусининг узунлигини 55°53′15″ (ўнлик системада 55°, 887) мил топади². Бу эса агар бир араб мили В. Хинцга кўра 1995 м³, деб олинса, 111494 м бўлиб, ўша кенгламадаги ҳозирги аниқ қиймат 110895 м дан фақат 599 м ортик бўлади. Олим «Ғуррат аз-зижот» асарида эслатишича, ўша ерда 416 йил 27 сафар (м 1025 й 29 апрелда) ҳилолни кузатган⁴. Бундан ташқари мана шу санани Беруний ўша куни Султон Маҳмуд Ғазнавий билан Юсуфхон Қорахонийнинг Самарқанд ёнида учрашиш ва битим тузиш санаси деб кўрсатган⁵. Шунинг учун ҳам мазкур зиждаги ҳисоблашларида бундан кўп фойдаланади.

«Геодезия»дан кейин Ғазнада ёзилган йирик асарлари қаторида 1027 йил август ойида ёзиб тугатган математик асари «Доирадаги ватарларни унга ички чизилган синик чизикнинг хоссалари ёрдамида аниқлаш» (қисқача: «Ватарлар») рисоласи туради⁶. Бу асарнинг муҳим аҳамияти шундаки, Беруний унда Ўрта Осиё ва хуросонлик фанга номаълум ёки кам маълум бўлган олимларнинг номларини келтиради ва уларнинг математик ижоди ҳақида хабар беради, айрим олимлар ҳақида янги маълумотлар келтиради.

1029 йилнинг охирида Беруний йирик асари «Юлдузшунослик санъати асосларини тушунтириш китоби» («Тафҳим»)ни ёзиб тугатди. Асарнинг форсий таржимаси ҳам мавжуд. Ҳозирги кунгача унинг 14 та араб тилидаги ва 21 та форс тилидаги нусхалари сақланган. 1934 йили биринчи марта Р. Райт унинг инглиз тилидаги таржимасини араб тилидаги факсимилеси билан биргаликда нашр қилди⁷. 1940 йили Эрон олими Жалол Хумойй «Тафҳим»нинг форс тилидаги илмий нашрини чоп этди⁸. Ҳозирги кунда унинг тожик тилидаги⁹ ва рус тилидаги нашрлари¹⁰ ҳам мавжуд. Ушбу сатрлар муаллифи

¹ Булгаков П. Г. Предисловие. С. 18-19; Булгаков П. Г. Жизнь и труды Беруни. С. 142-143.

² Таржима, 223-бет шу ўлчашлар «Конун Масъудий», I, 1973. 338-бетда ҳам берилган. Лекин ҳар хил миллар қўлланилганлиги сабабли қийматлар фаркли берилган.

³ Хинц В. Мусульманские меры. С. 71.

⁴ Rizvi, Millenary. P. 3, 37.

⁵ Ўша ерда. 37-б.

⁶ Беруний. Рўйхат. 236-б.

⁷ Abu-l-Rayhan al Biruni. The book of instruction.

⁸ ... ابو الريحان البيروني، كتاب التفهيم

⁹ Абу Райҳон Беруний. Китоб-ут-тафҳим.

¹⁰ Беруни. Наука о звездах. Шу нашрнинг сўз бошисида «Тафҳим» бўйича библиография ҳам келтирилган.

А. Абдурахмонов билан биргаликда унинг ўзбек тилидаги таржимасини ҳам нашрга тайёрлаган.

Беруний «Тафҳим»да математика, астрономия, география, хронология, ва астрологиянинг бошланғич тушунчаларини савол ва жавоб тарзида баён қилган.

Беруний Ҳиндистондалик чоғларида ҳинд олимлари билан мулоқотда бўлади ва Ҳиндистонда илмий тил саналган санскритни ўрганadi. Санскритда ёзилган ҳинд илмий асарларини таҳлил қилади. Бу изланишларнинг натижаларини у 1030 йили ёзган «Ҳиндистон»¹ асарида баён қилади. Асардан Беруний ҳиндларнинг урф-одатлари, дини ва фанига оид адабиётларини яхши билганлиги намоён бўлади. Шуни айтиш кифояки, «Ҳиндистон»да Беруний қарийб 180 та ҳинд асарини эслаб ўтади, булардан кўп қисми ҳинд астрономиясига оиддир. Шафқатсиз, золим ва босқинчи султон Маҳмуд ўзининг ҳарбий юришлари билан Ҳиндистоннинг шаҳар ва қишлоқларини қанчалик вайрон қилган ва ҳинд маданиятини қанчалик оёқости қилган бўлса, буюк инсонпарвар олим Беруний унга қасдма-қасд ҳинд фани ва маданиятини шунчалик ардоқлайди, ҳинд халқига бўлган самимий ҳурматини шунчалик намоён қилади. Унинг «Ҳиндистон» номли асари бунинг ёрқин ифодасидир. Беруний фан тарихида биринчи марта Птолемейнинг «Алмажистий» китоби, Евклид «Негизлар»и ва ўзининг астуллоб ҳақидаги асарларини санскритга ва ҳиндларнинг «Карана тилака»², «Арканд», «Кҳанда-кҳодяка» асарларини араб тилига ўгириб, буларни ҳинд фанининг ютуқлари, ҳиндларни эса, Яқин ва Ўрта Шарқ фанининг ютуқлари билан таништиради.

1030 йили Султон Маҳмуд вафотидан сўнг олимнинг ҳаётида янги давр бошланади. Маҳмуднинг кичик ўғли Муҳаммад валиаҳд деб эълон қилинганлигига қарамай, катта ўғли Масъуд тахт учун курашиб, бир неча ой султон бўлиб турган укаси Муҳаммадни тахтдан туширади ва ҳукмфармонликни ўзи эгаллайди (1030–1041). Шундан сўнг Берунийнинг ҳаётида кескин бурилиш ясалади. Отаси Маҳмуднинг Берунийни ёқтирмаганлигини билган Султон Масъуд олимни ўзига яқинлаштиради ва унга ҳомийлик қила бошлайди. Ёқут Ҳамавийнинг хабар беришича, олим билан бўлажак Султон Масъуд орасида илгаридан яхши муносабат бўлган. Беруний унга араб тилини ўргатган, астрономия ва бошқа аниқ фанлардан таълим берган³. Бунинг эвазига Масъуд унга хайр ва эҳсонини аямаган⁴. Беруний «Қонуни Масъудий»нинг сўз бошида айтишича, Масъуд унинг илмий ишларига шароит яратган ва ўзига яқин тутиб, моддий жиҳатдан қўллаб турган⁵. Шунинг учун ҳам олим ўзининг

¹ Беруний. «Ҳиндистон». – Т., 1965.

² Rizvi. Unique and unknown book of al-Beruni.

³ Беленицкий А. И. Очерк жизни и трудов Беруни. С. 283.

⁴ Ўша ерда.

⁵ Biruni. Al-qanunu-l-Mas'udi. p. 3.

1037 йилда ёзиб тугатган энг йирик астрономик асарини унга бағишлаб, «Ал-Қонун ал-Масъудий» деб атаган.

«Қонуни Масъудий» ҳақли равишда ўрта аср Шарқ астрономиясининг энциклопедияси ҳисобланади¹. Беруний бу асарда Қадимги Бобил подшоҳи Набу-Носир (Бухтунассар, мил. авв. 747–735) давридан то мил. 1030 йилларгача бўлган Шарқ ва Ғарбдаги астрономик кузатишлар, шу жумладан ўзининг кузатишлари, натижаларини танкидий равишда баён қилади. Ўн бир мақоладан иборат бу асарнинг математикага оид учинчи мақоласида биринчи марта радиуси 1 бўлган айланани қўллайди ва сон тушунчасини кенгайтиради, сферик ва ясси синуслар теоремасини исботлайди. Беруний олам тузилиши геоцентрик назариясини баён қилган бўлса ҳам, астрономияда бир қанча янги фикр ва ғояларни илгари суради. Шу жумладан, у Қуёш апогейининг ҳаракатланувчи эканлигини исботлайди ва унинг том моҳиятини кўрсатади. Ўз даври учун катта аниқликда бир градусли ёйнинг синусини ҳисоблайди ва энг мукаммал бўлган юлдузлар каталогини келтиради.

«Қонуни Масъудий» астрономия тарихида чуқур из қолдирган. Унда баён қилинган қонун, қоидалар ва юлдузлар каталоги кейинроқ Насириддин Тусий (1201–1278) ва Улугбекнинг (1394–1449) зижларида дастур тугилади. «Қонуни Масъудий эса, Тусий ва Улугбекнинг расадхоналарида астрономиядан асосий қўлланма бўлиб хизмат қилади.

Ҳижрий 427 йил охири, яъни мил. 1036 йил сентябрида Беруний Х асрнинг машҳур файласуф, химик ва табиби Абу Бакр Муҳаммад ибн ар-Розий асарларининг рўйхатидан иборат рисоласини ёзиб тугатади². Бу рисолада у мазкур вақтгача ўзи ёзган ва ёзаётган асарлари рўйхатини ҳам келтиради³. Рисолага ёзилган қисқача сўз бошисида Беруний 1030 йилларнинг бошида ўз ватани Хоразмга бориб келгани айтилади⁴. Бу даврга келиб Берунийнинг соғлиги анча заифлашади ва шу сабабли ўзининг энг сеvimли машғулоти бўлмиш астрономик кузатишлардан тобора узоқлаша боради. Шунинг учун бўлса керак, 1040 йили Султон Масъуд салжукий туркманларга асир тушиб ҳалок бўлганидан кейин паноҳ излаб бошқа даргоҳга кетмайди ва умрининг қолган қисмини Масъуднинг ўгли Мавдуд даврида ўтказди.

Кекса олим умрининг қолган йилларида (1041–1048) асосан минералогия ва доришунослик билан шугулланади. Беруний бу даврда ёзган асарларидан иккита энг йириги диққатга сазовордир. Буларнинг биринчиси «Жавоҳирларни билиш учун маълумотлар тўплами» (қисқача: «Минералогия») деб аталган

¹ *Беруний* «Қонуни Масъудий»сининг ўрганилиш тарихи ва унга оид библиографияни асарнинг I ва II жилдларига ёзилган сўз бошига қаранг.

² *Розий* ва Беруний муносабатлари ҳақида қаранг: Булгаков П. Г. Жизнь и труды Беруни. С. 280–290; Ҳикматуллаев Ҳ. Розий ва Беруний. 198–205-бетлар.

³ *Беруний*. Рўйхат. 230–243-бетлар.

⁴ *Булгаков П. Г.* Жизнь и труды Беруни. С. 281.

бўлиб, олим унга кўп йиллар давомида маълумот тўплаган. Беруний болалик чоғларида Хоразмда, кейинроқ Эрон, Ҳиндистон ва Афғонистонда бўлган йилларда ҳам кимматбаҳо тошларнинг хусусиятлари, улар казиб олинди-ган ерлар ва бундай маъданлар хақидаги ривоят, ҳикоя ва маълумотларни тўплайди, уларнинг физик ва кимёвий хусусиятларини ўрганади. Қарийб 70 йиллик изланишлар натижасини у ўз «Минералогия»сида баён қилади. Асарда Беруний жисмларнинг оғирлиги, ҳажми хақида тушунча беради, 50 дан ортик модданинг зичлик ва солиштирама оғирлигини фан тарихида биринчи марта ҳозирги замон аниқлиги билан ҳисоблайди, каттиқ жисмлар ва суюқликларнинг солиштирама оғирликларини ўлчашга мўлжалланган махсус асбоблар ясайди ва уларнинг тавсифини келтиради¹.

Олимнинг энг сўнгги асари «Табобатда доришунослик» (қисқача: «Сайдана») бўлиб, шу асарнинг тадқиқотчиси У.И. Каримовнинг фикрича, муаллиф уни тўла равишда ёзиб тугалланмаган – асарнинг айрим ерлари чала кўринади. Бу пайтга келиб олимнинг соғлиги шунчалик оғирлашадики, «Сайдана»ни ёзишда унга ёрдамчи керак бўлади. Бу вазифани ғазналик табиб Абу Ҳомид ан – Наҳшой бажаради. Бироқ олимнинг вафоти асарни тугаллаш ва оққа кўчиришга имкон бермайди².

Яқин йилларгача «Сайдана» бирор тилга тўлиқ таржима қилинмаган ва ўрганилмаган эди. 1974 йили атокли шарқшунос олим У.И. Каримов бу масалани ҳал қилиб, асарнинг ҳар томонлама чуқур илмий таҳлил қилинган рус тилидаги таржимасини чоп этди³. У.И. Каримов, Беруний вафоти санаси хақидаги масалани ҳам ҳал қилди. Шунга кўра, Беруний ҳижрий 440 йил 2 ражаб ойи (милодий 1048 йил 11 декабр)да вафот этганлиги исботланди⁴.

Олим умрининг охириги дақиқаларигача илмга бўлган муҳаббатига садоқатли қолади. Ҳатто ўлим тўшагида ётиб ҳам билиш, ўрганишга интилади⁵. Беруний узоқ умри давомида математика, астрономия, астрономик асбоблар, география, фалсафа, минералогия, фармакогнозия, тарих, этнография, хронология ва филологияга оид кўпдан-кўп асарлар ёзган. Беруний номи билан боғлиқ асарларнинг умумий сони 170 га етади. Булардан 143 тасини олим ўз қўли билан ёзган бўлиб, қолган 27 таси Абу Наср ибн Ироқ, Абу Саҳл Масихий ва Абу Али Жилий томонларидан унга атаб ёзилган. Лекин Беруний «Рўйхат»да «Булар ҳам бамисоли бағримдаги ўғай болаю, бўйиндаги маржоннинг ўзи, мен булар билан ўғиллар орасини ажратмайман»⁶, деб ёзади.

¹ Лемлейн Г.Г. Минералогические сведения. С. 292–402; Беленицкий А. М. Место минералогического трактата. С. 402–418; Акрамхўжаев О. М. Беруний – дастлабки тадқиқотчи. 32–63; Усмонов Т. Берунийнинг физика тарихидаги ўрни. 179–197-б.

² Каримов У. Рукопись Сайданы. – С. 16.

³ Ўша ерда.

⁴ Каримов У. О дате смерти Беруни. – С. 67–68.

⁵ Беленицкий А.М. Очерки жизни и трудов Беруни, – С. 280–291.

⁶ Беруний. Рўйхат. 241-бет.

Беруний асарларининг биз эслатган сони 1955–1956 йиллар Д. Буало¹ томонидан тузилган рўйхатга кўра олинган. Бироқ Буало рўйхатнинг нашр қилинганидан кейин 1959 йил Покистон берунийшунос олими Саййид Самад Ризвий Берунийнинг «Фуррат аз-зижот» рисоласининг қўлёзмасини топган². Ишонамизки, олимнинг ҳозирча бизгача етиб келган 31 асари ёнига яна бошқа асарлари ҳам қўшилади.

«ГЕОДЕЗИЯ» асарининг мазмуни ва унда баён қилинган илмий масалалар

Беруний 1018 йил 21 октябрда «Геодезия»нинг учдан бир қисмини ёзиб бўлганига қараганда³, у ўз асарини Ғазнага келиши биланок балки, ҳатто ундан ҳам олдинроқ ёза бошлаган. У 1021–1024 йиллар Ҳиндистонда бўлади ва асарни 1025 йил 20 октябрда Ғазнада ёзиб тугатади.

Беруний «Геодезия»ни бошқа йирик асарлари каби боблар ва қисмларга ажратган эмас. Лекин кўрилаётган масалаларнинг характер ва мазмунига кўра асарни шартли равишда мукаддима, бешта назарий бўлим ва олтинчи – амалий масалалар бўлимидан иборат деб қараш мумкин.

Асарда Беруний мукаддимаси муҳим. Бунда Беруний олам тузилиши, Ернинг геологик тарихи, илмларнинг пайдо бўлиши, китъалар кўчиши ва бошқа илмий – фалсафий мулоҳазаларни келтириш билан бирга, асарни ёзишдан мақсади нима эканлигини ҳам баён қилган.

«Мен ҳозир ўз сўзларимда интилаётган сўнги мақсадим... маълум бўлсинки, бу – ё умуман олганда, Ердаги маълум жойларнинг шарқ ва ғарб орасидаги узунламасини, шимолий ва жанубий қутблар орасидаги кенгламаларини ва улар орасидаги масофаларни ҳамда баъзиларнинг азимутини бошқалариники орқали аниқлаш усулини баён қилишдан иборат ёки, хусусан олганда, – ўшаларни ҳозир мумкин бўлганича Шарқ мамлакатининг пойтахти – Ғазна учун аниқлашга тиришишдир»⁴. Маълумки, бу ибораларда айtilган Беруний аниқлашни мақсад қилган масалалар геодезик масалалардир. Шунинг учун ҳам бизнинг асрда асар қисқача «Геодезия» номи билан машҳур бўлди.

Олим асарни ёзаётган пайт унинг ҳаётидаги оғир бир муддат эканлигини биз юқорида эслатиб ўтган эдик⁵. Беруний «Геодезия»ни «Ақллар мададга муҳтож бўлган ва кўнгиллар ёрдам истаган бир пайтда, [энди] мен ақлимга келган [бу] фандаги ихтироларни баён этишим ёки [унинг] ноаниқ [жойла-

¹ Boilot D.I. L'oeuvre d'al-Beruni.

² Rizvi. Unique and unknown book of al-Beruni.

³ Таржима. 95-бет.

⁴ Таржима. 59-бет.

⁵ Юқорида 5-бет.

рини] тўлдиришим керак, токи у менинг бу [мехнатим самарасини] тано-
вул қилиб, гўзаллик либосига ўрансин»¹... деб «Геодезияни ёзишдан олдига
қўйган мақсадини илк бор қисқача ифода қилади. Сўнгра Султон Маҳмуд са-
ройида тўпланган жоҳил ва ғайриилм шахслар билан мунозара қилиш, уларни
танкид остига олиш тарзида геометрия, арифметика, тиббиёт, ветеринария,
муסיқашунослик, мантик, география, астрономия фанларининг келиб чиқиши
ҳақидаги Беруний фикри хусусида гапирарканмиз, аввало, унинг дунёқараши
устида тўхталиб ўтиш мақсадга мувофиқдир.

Беруний ўз дунёқарашини асар муқаддимасида олам яратилиши ҳақидаги
мулоҳазаларида аниқ намоён қилган. У олам яратилиши масаласида ўрта
асрлардаги кўпгина йирик мутафаккирлар каби диний позицияда бўлиб,
бунда илоҳий кучни тан олган ва², физик дунёнинг кўпгина ҳодисаларини
тўғри талқин қилишга интилган. Беруний: «замон тугаладиган ва пайдо
бўладиганлиги келиб чиқади»³ деган концепцияни айтган. Замоннинг да-
вомийлиги масаласида эса «Аммо [замоннинг] ҳақиқий бўлақларини, яъни
ўтмиш йиллар, ойлар ва кунларни, уларнинг миқдор – санокларини билишга
келсак, у ҳолда ақллар уларни бирор усулдаги қиёс билан билишларининг
имконияти йўқ»⁴ деган тенденцияни олға суради. Унинг бу хусусда қуйидаги
фикрлари янада изчил позициядан айтилган:

«Замоннинг бошланиши ва олам яратилиши биз фараз қилган бирор
лаҳзадан замон онларидан бирор онча олдин келган бўлиши мумкин»⁵.
Оламнинг яратилиш вақти, демак, хоҳлаганча узоқ муддатча илгарига су-
рилиши мумкин⁶. Беруний оламнинг бир ҳафтада яратилганлиги ҳақидаги
диний ақидани тасдиқлаб, ҳафтанинг кунлари бир неча ўн минг йиллардан
иборатлигини Қуръондан олинган мисоллар билан кўрсатади⁷. Сўнгра олим:
«Демак, бундан кўринадики, у муддат биз ҳозир ўлчайдиган ўлчам билан
аниқланмайди ва демак, уни яратилиш бошланиши жиҳатидан аниқлаш йўли
йўқ»⁸. Бундан кўринадики, Беруний замон ва макон масаласига қарашда ис-
лом позициясида турган, уни чуқур илмий талқин қилган.

Беруний дунёқарашида шу нарса аниқ кўринади, у ўз замонидаги илмий
ютуқлар нуқтаи назаридан исботлаб бўладиган масалаларга изчил ёндаша-
ди, исботлаб бўлмайдиган масалаларни баён қилишда эса ўз позициясида
қолади. Биз юқорида кўрган олам яратилиши ҳақидаги масалада Беруний би-
лан шундай ҳол юз берган. Беруний Ердаги геологик процесслар ва тектоник

¹ Таржима. 36-бет.

² Захидов В. Беруни как мыслитель. – С. 36–37; Шарипов А. Великий мыслитель Беруни. – С. 59.

³ Таржима. 47-бет.

⁴ Таржима. 47-бет.

⁵ Ўша ерда.

⁶ Шарипов А. Великий мыслитель Беруни. 59-бет.

⁷ Таржима. 47-бет.

⁸ Ўша ерда.

ҳодисаларни талкин қилишда табиатшунос олим сифатида гавдаланади. Унинг мана бу сўзлари шу фикрнинг далили бўлади:

«Биз [олам яратилиш] ҳолати ҳақида фақат қараб кузатиладиган, ҳосил бўлиши учун икки тарафдан чегараланган бўлса ҳам, лекин катта муддат керак бўлган қадимги [жараёнларнинг] изларидангина биламиз. Масалан, тошга айланган лой ва кум билан боғланган ва текис, рангли тошлардан таркиб топган баланд тоғлар [ўша излардандир]. Агар кимда-ким бу масала ҳақида чуқур ўйласа ва унга тўғри йўл топса, кўрадики, бу тош парчалари ва шағаллар – аслида тошлар бўлиб, тоғларнинг ёрилиш ва [қояларнинг] урилишидаги парчаланиш натижасидир». «... Бу ҳодисаларнинг ҳаммасига, албатта, миқдорини билиб бўлмайдиган узоқ замонлар зарур бўлган ва улар сифати номаълум ўзгаришлар остида юз берган»¹.

Беруний ўзининг динга муносабатида ҳалқпарварлик позициясида туради. Беруний айрим диний мутаассибларни танқид қилаётиб айтади: «Маълумки, у [мутаассиб] юзаки ибодат билан, бунга билимни олдин қўймасдан ва ҳақиқатни ёлғондан устун қўймасдан манфаатга эришолмайди. [Ибодат] эса мафтун қилувчидир ва оламда [хиллари] кўпдир, унга ҳар хил халқлар амал қиладилар, бу халқларда зиддиятлар [мавжуд] бўлганлиги учун уларни [ягона диний] ҳақиқат бирлаштириши мумкин эмас»². Бу жумлаларда Беруний барча инсонларни ягона дин ҳам бирлаштира олмайди, уларни диндаги «мафтун қилувчи» илмий ҳақиқатни «устун қўйиб»гина бирлаштириш мумкин, деган хулосага келгани билинади.

Беруний баъзи диний мутаассибларни танқид қиларкан, уларнинг рационал билимларни тан олмаслиги, ҳатто Аристотель логикасини ҳам инкор қилишга олиб келганлигини кўрсатади. «... мантиқ Аристотелга мансуб бўлиб, – деб ёзади у асарнинг муқаддимасида, – унинг қараш ва эътиқодларидан эса исломга мувофиқ келмайдиганлари кўрилган эди, чунки унинг қарашлари назарий [билимдан] бўлиб, диндан эмас эди... Шунинг учун энди (баъзи) бемулоҳазалиқдан мутаассиб [бўлган] кишилар охири син [яъни «С»] билан тугаган исм³ билан аталган ҳар кишини кофирлик ва даҳрийликка мансуб қилади»⁴.

Беруний Куръон ақлий қоида талабларига тўлиқ жавоб беради, диний ривоятларнинг илмий саҳиҳлиги эса, илмий нуқтаи назардан қайта кўриб чиқилиши керак ва бу талабга жавоб бермайдиганлари эса ёлғон ва инкор қилиниши керак, деган фикрни олға суради⁵.

¹ Таржима. 48-бет.

² Таржима. 37-бет.

³ Юнонча исмларнинг охирида «с» ҳарфи келади.

⁴ Таржима. 40-бет.

⁵ Шарипов А. Великий мыслитель Беруни. С. 151.

Беруний «Геодезия»да ва бошқа асарларида ҳам Қуръон ва ислом динига илмий нуқтаи назардан ёндошади ва олим «ислом ва илм биргина нарсанинг ўзи»¹, дегувчи олимларнинг фикрларини исботлайди.

Берунийнинг ислом динига муносабати унинг ўша даврдаги исломдаги оқим бўлмиш «муътазилия»га муносабати билан богликликда қаралиши керак. Муътазилийлар антик давр фалсафасидаги рационализмни ислом ақидалари билан бирлаштириб, алоҳида, рационал динни яратмоқчи бўлганлар; ақл ва тафаккур тарафдорлари ниқоби остида улар исломнинг фалсафий асосини мустаҳкамлар эди. Бироқ Беруний ўз олдига бундай мақсадни қўймайди ва муътазилийларни кескин танқид қилади. «Улар [муътазилийлар] билан гаплашиш фойдасиз – дейди Беруний, – бу вақт ва умрни бекорга кетказишдан иборат»². Бу билан ўзининг муътазилийлардан қатъий фарқ қилишини кўрсатади.

Беруний илмларнинг келиб чиқиши ва уларнинг вазифаси масаласида чуқур мулоҳазалар билдиради. Математик фанларнинг келиб чиқишида юзаларни ўлчаш, мерос ва мулкни ҳисоблашга тушадиган эҳтиёж сабаб бўлганлигини кўрсатади. Бир қатор бошқа фанлар ҳам моддий сабабларга кўра шаклланган ва юзага келганлигини исботлаб, қуйидаги умумлаштирувчи гениал хулосага келади:

«Илмларнинг ҳолати мана шудир. Улар инсон ҳаётидаги зарурий эҳтиёжларнинг натижасидир, шунга кўра улар тармоқларга ажралиб кетган. Эҳтиёжнинг пайдо бўлиши эса уларнинг келтирадиган манфаатидадир, лекин улар ёрдамида топиладиган кумуш ва олтинлардан эмас»³.

Берунийнинг илғор фикрлари географиянинг юзага келиши ва унинг зарурлигини баён қилишида ҳам аниқ кўринади. Географияни тан олмайдиган ғайриилм нодон шахе билан баҳслашиш ва уни танқид қилиш жараёнида у бир неча ишончли далиллар келтириб, маданийлашган кишилар жамияти географик билимларга эга бўлиши кераклигини исботлайди. Далилларнинг бири сифатида у X аср сирофлик денгиз дарғаси Мофанно ҳақидаги жуда қизиқарли новеллани келтиради.

Берунийнинг Шарқ географиясида тутган ўрни ва унинг ютуқлари И.Ю. Крачковский томонидан таҳлил қилиниб, чуқур ўрганилган⁴. Бироқ И.Ю. Крачковский хатога йўл қўйиб, шарқлик географлар ҳам қадимги юнонликлар каби Ер шимолӣ яримшарининг фақат чораги маъмур, ундан шимол ва жанубда ҳаддан ташқари совуқ ва иссиқ туфайли маъмурлик йўқ деганлар, деб уқтиради. XI аср бошларидаёқ Беруний юнонларнинг бу

¹ *Varaniy*. Kitabut-tahdid. P. 177.

² Таржима. 140-бет.

³ Таржима. 41-бет.

⁴ *Крачковский И. Ю.* IV, Арабская географическая литература. – С. 244–271.

карашлари нотўғри эканлигини исботлаган. «Геодезия»нинг мукаддимасида ва ундан кейинроқда бунга бир неча мисол келтиради¹. У мантикий йўл билан жанубий кенгламаси 64° бўлган ерларнинг иқлим шароитига кўра «у ерда ҳаёт бўлиши мумкин»² эканлигини исботлайди. «Геодезия»нинг кейинги қисмида эса очикдан-очик «Маъмур ерлар еттинчи иқлимдан кейин, ё биринчи иқлимдан олдин бирданига тугамайди, балки улар аста-секин, айрим кичик жойлар бўйлаб камайиб боради»³, деб таъкидлайди. Бундан ташқари, «Геодезия» ва «Тафҳим»да ўзининг машҳур денгизлар назариясини келтирган. У ўз назариясида Ҳинд океани ҳар томондан китъалар билан ўралган ёпиқ денгиз деб ҳисоблаган қадимги юнон олимларидан фарқли ўлароқ ва уларга қарама-қарши равишда Ҳинд океани Атлантика океани билан туташганлигини ўзига хос мисол ёрдамида исботлайди ва ҳатто Ернинг куруклик қисми ҳар тарафдан ўровчи денгиз (Баҳр муҳит) ёки Ўқиёнус (Океан) билан ўралганлигини кўрсатади⁴.

Беруний ўз мукаддимасида геофизика масалаларига доир мулоҳазаларини ҳам келтирган. Унинг бу соҳадаги фикри ва мулоҳазалари ҳозирги давр илмий нуқтаи назаридан содда кўринса ҳам, фан тарихи учун у катта аҳамиятга эга бўлиб, буюк алломанинг илмий фикрлаш доираси нақадар кенглигини кўрсатади.

Беруний гипотезасига кўра, барча жисмлар Ер марказига, яъни унинг оғирлик марказига интилади. Унинг айтишича, «астрономия илмининг негизларидан аниқланганки, Ер шарсимон шаклга эга бўлиб, шарсимон оламнинг ўртасида ва оғирликлар учун ҳамма тарафдан марказга қараб ҳаракатланиш табиийдир. Бундан кўринадики, сув сатҳи ҳам доиравий бўлиб, фақат тўлқинларнинг миқдорича четланади, бу эса унинг зарралари орасида тортилишининг йўқлигидандир»⁵. Шунга кўра, олим Ернинг ички қатламларида унинг чеккаларидаги оғирликларни мувозанатлаштириш учун ҳам ҳаракатланиши зарурлигини тахмин қилади. Ҳозирги замон ибораси билан айтганда, у изостатик компенсация муаммосига узвий яқинлашиб келади.

Беруний фан тарихида биринчи марта китъалар дрейфи (силжиши) назариясини таърифлайди. У айтади: «Ернинг обод қисми ўша [ҳодисаларга] кўра навбат билан Ернинг [ҳар хил] жойларига [кўчиб] туради. Унинг қисмлари бир жойдан бошқасига кўчганида у билан бирга оғирлиги ҳам кўчган ва у [Ернинг] чеккаларида ўзгариб туради»⁶. «Маълумки, ернинг обод қисми сув

¹ Таржима. 57-бет.

² Ўша ерда

³ Таржима. 109-бет.

⁴ Таржима. 110–111-бетлар.

⁵ Таржима. 52-бет.

⁶ Таржима. 48-бет.

кўчиши сабабли кўчиб туради, чунки у сувга тобе ҳолатда»¹. Беруний фикрини давом эттириб, бундай кўчишларда шаҳарнинг кенгламалари «сезиларли даражада ўзгаради, хатто [кенглама] тарафи ўзгариши ёки у [ерлар] ҳалокат келтирувчи жойларга етиб қолиши ва бунда [у ердагиларни] ҳалок қилиши мумкин. Шунинг учун [кенгламаларни] доимо кузатиш ва уларни ўлчаб туриш керак»[!]² деб ёзади. Бу ерда Беруний ҳақидаги қитъалар дрейфи шаҳарлар кенгламасининг ўзгаришига олиб келиши ҳақидаги доҳиёна фикрни олға сураяпти. Ҳақиқатан ҳам, шаҳарлар кенгламаларини доимий тарзда ўлчаб турилиши астрономиянинг муҳим масаласидир.

Беруний турли иқлимлардаги об-ҳаво ҳамда денгизларда сув келиши ва қайтишига Қуёшнинг таъсири, Қуёш апогейининг ҳаракати масаласи устида тўхталиб, қисқа ибораларда Қуёш ҳаракатининг эпицикллар назариясини баён қилади. Апогей ҳаракати масаласида эса Беруний тугал бир фикр айтмайди. «Апогей ҳаракатига келсак – у шундай масалаки, баъзиларнинг кузатиши уни зарур деб топади, бошқаларнинг кузатиши эса уни инкор қилади. Мен уни инкор қилиб айтаётганим йўқ, балки [у масаланинг] қай ҳолдалиги ҳақида [айтмоқчиман]... Бу [масала] ҳақида аниқ далиллар жихатидан эмас, ёзиб қолдирилган хабарлар жихатидангина мулоҳаза юритиш мумкин»³.

Келтирилган парчадан кўринадики, «Геодезия»нинг шу қисмини ёзаётган вақтида, яъни 1018 йилда олим апогей ҳаракати масаласида тугал бир хулосага келган эмас. Бу масалани у қарийб йигирма йил ўтгач ҳал қилади ва ўзининг энг йирик астрономик асари «Қонуни Масъудий»да унга махсус икки бобни ажратиб, уларни «Қуёш апогейининг ҳаракатлилиги ҳақида» ва «Апогей ҳаракатининг миқдори ҳақида» деб атаган⁴.

Беруний муқаддимани Ғазна шаҳри учун масофаларни ва Ғазнада қибла азимутини аниқлаш ҳақидаги сўзларни яқунлаб, асарнинг биринчи бобини баён қилишга ўтади.

Биринчи боб шаҳар кенгламасини аниқлаш масаласига бағишланган. Географик кенгламани Беруний турғун юлдузлар ва Қуёшнинг баландлигига кўра, яъни асосан астрономик усул билан ёриткич оғишидан фойдаланмай аниқлайди. Беруний аввал кўриляётган усулни назарий ҳолда математик формулалар билан исботлайди, сўнгра аниқ сонли мисолларда формулалардан фойдаланиб, Дамашқ, Сурраманрао, Багдод, Рай, Гурганч, Кот ва бунинг яқинидаги Бушканз қишлоғининг кенгламаларини аниқлайди. Бироқ бу бобнинг асосий мазмуни Гурганч ва Котнинг кенгламаларини аниқроқ ҳисоблашдан иборат.

¹ Таржима. 52-бет.

² Таржима. 59-бет.

³ Таржима. 56-бет.

⁴ *Беруний*. Қонуни Масъудий. II, 70–92-бетлар.

Турғун юлдузларга кўра, шаҳар кенгламасини аниқлашда у уч хил ҳолатни кўради: суткалик параллели ҳақиқий уфқ текислиги билан кесишмайдиган, абадий кўринувчи юлдузга кўра, суткалик параллели ҳақиқий уфқ текислигига уринувчи юлдузга кўра ва параллели уфқ текислиги билан кесишувчи юлдузга кўра аниқланади.

Агар абадий кўринувчи юлдузнинг максимал ва минимал баландликлари h_{\max} ва h_{\min} зенитдан бир тарафда бўлса, шаҳар кенгламаси φ қуйидаги формуладан топилади.

$$\varphi = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} + h_{\min} = \frac{h_{\max} + h_{\min}}{2}$$

Баландликлар зенитнинг иккала тарафида бўлганида формула

$$\varphi = \frac{(90^\circ - h_{\max}) + (90^\circ - h_{\min})}{2} + h_{\min} = \frac{(90^\circ - h_{\max}) + (90^\circ + h_{\min})}{2}$$

кўринишни олади.

Юлдузнинг максимал баландлиги зенитда, яъни $h_{\max} = 90^\circ$ бўлса, иккала формула ҳам

$$\varphi = \frac{90^\circ + h_{\min}}{2}$$

кўринишни олади.

Агар ёриткичнинг параллели ҳақиқий уфқ текислигига уринма бўлиб, ёриткич h_{\max} га уфқдан юқори эришса, $h_{\min} = 0$ бўлиб, формула

$$\varphi = \frac{h_{\max}}{2}$$

кўринишда ёзилади. Ёриткич h_{\max} га уфқ остида эришганида эса кенглама

$$\varphi = \frac{h_{\max}}{2} + (90^\circ - h_{\max}) = \frac{180^\circ - h_{\max}}{2}$$

формуладан топилади.

Беруний Қуёшнинг йил давомида кузатилган иккита баландлиги h_1, h_2 ва уларга мос келувчи азимутлари A_1, A_2 га кўра шаҳар кенгламаси φ ни топишнинг оригинал қондасини келтиради. У қондани

$$\cos \varphi = \frac{(\sin h_2 - \sin h_1) R}{\sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}}$$

формула кўринишида ёзиш мумкин. Бу формулани синус орқали ифодаланса

$$\sin \varphi = \frac{(\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm A_2 \cdot \cos h_2)R}{\sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}}$$

кўринишни олади. Кейинроқ «Қонуни Масъудий»да Беруний мана шу кейинги коидадан фойдаланган¹.

Беруний иккита H ва G шаҳарда ўлчанган Қуёш баландликлари h_H ва h_G ва шу шаҳарлардан бирининг кенгламаси φ_G га кўра иккинчисининг кенгламаси φ_H ни топиш коидасини ҳам беради. Бу коидани $\varphi_H = \varphi_G \pm (h_G - h_H)$ кўринишда ифодалаш мумкин. Келтирилган коида Қуёш иккала шаҳарда ҳам зенитдан шимолда ва жанубда бўлган ҳолларга мос келади. Қуёш G шаҳар зенитидан шимолда ва H шаҳар зенитидан жанубда бўлган ҳолда Беруний қуйидаги коидани таклиф қилади.

$$\varphi_H = \varphi_G + [180^\circ - (h_G - h_H)]$$

Шундай қилиб, Беруний ўзи баён қилган коидаларга кўра, Гурганч кенгламаси учун беш хил қийматни $\varphi = 42^\circ 0' 35''$, $42^\circ 30' 18''$, $42^\circ 17' 50''$, $42^\circ 10' 4''$ ва $42^\circ 17'$ ни топади.

Шу бобда Беруний ўзи ясаган учта баландлик ўлчагич асбобнинг ҳам тавсифини келтиради.

Кенгламаларни ҳисоблашда Беруний ўзининг 994 ва 1016 йиллардаги кузатиш натижаларидан ҳам Мусо ибн Шокир ўгиллари – Аҳмад, Муҳаммад ва Ал-Ҳасан, бундан ташқари, Абу-л-Ҳасан ал-Ахвазий ва Абу Маҳмуд ал-Хўжандийлар кузатиб топган маълумотлардан ҳам фойдаланган.

«Геодезия»нинг иккинчи боби эклиптика текислигининг осмон экватори текислигига оғиш бурчагини, яъни Беруний ибораси билан айтилганда, энг катта оғиш бурчагини топишга бағишланган. Беруний бу масалани жойнинг кенгламасидан фойдаланмасдан ҳал қилишга ҳаракат қилади. Бунинг учун у икки усулни келтиради. Биринчи усули – иккала Қуёш туриш пайтларидаги Қуёш баландлигига кўра аниқлаш бўлиб, бунда у мана бу

$$\varepsilon = \frac{1}{2} + (h_{\max} - h_{\min}), \quad \varepsilon = \frac{1}{2} + [(90^\circ - h_{\max}) + (90^\circ - h_{\min})]$$

коидаларни таърифлайди. Сўнгра у эклиптиканинг экваторга оғиш бурчагини ҳисоблаш бўйича қадимдан то ўзигача амалга оширилган ишларни ёдга олади. Бунда у Эратосфен, Гиппарх, Птолемей, Яҳё ибн Абу Мансур, Халид ибн Абдумалик ал-Марваррудий, Мусо ибн Шокир ўгиллари, Ал-Баттоний, Су-

¹ Беруний. Қонуни Масъудий. I, 333–334-бетлар, 383-изох.

лаймон ибн Исмат ас-Самарқандий, Абу-л-Фазл ал-Ҳиравий, Абдурраҳмон ибн Умар ас-Сўфий, Абул-Вафо ал-Бўзжоний, Абу Ҳомид ас-Сигоний, Абу Саҳл ал-Кўхий, Назиф ибн Яман, Абу Маҳмуд ал-Хўжандийлар кузатишлари натижаларини ҳамда ўзи топган қийматларни келтиради. Улар бажарган амалларидаги камчиликлар ва топган қийматларидаги хатоликлар устида тўхталиб, уларни танқид қилади.

Энг катта оғишни аниқлашнинг иккинчи усулида Қуёшнинг бирор баландлиги h ва шу баландликка мос азимут A ва «шарқий азимут» Θ га кўра қоидасини

$$\sin \varepsilon = \frac{\sin h \cdot \sin \Theta}{\sqrt{\sin^2 h + (\sin \Theta + \sin A \cdot \cos h)^2}}$$

формула билан ифодаланади. Агар булардан ташқари, ёзги Қуёш туришидаги баландлигидан ҳам фойдаланилса, формула мана бу

$$\sin \varepsilon = \frac{\sin \Theta (\sin h_{\max} - \sin h)}{\sqrt{(\cos h_{\max} - \sin A \cdot \cos h)^2 + (\sin h_{\max} - \sin h)^2}}$$

кўринишни олади.

Беруний шу бобда энг катта оғишни шаҳар кенграмаси ёрдамида топишни тақозо қиладиган

$$\varepsilon = h_{\max} - 90^\circ + \varphi$$

қоидани ҳам эслайди. Кейинроқ Абу Маҳмуд ал-Хўжандий усулига кўра, энг катта оғишни аниқлаш қоидасини келтиради. Бу қоида Қуёшнинг кузатилган иккита баландлиги h_1 , h_2 ва уларга мос азимутларни A_1 , A_2 га кўра топишдан иборат бўлиб, уни

$$\sin \varepsilon = \frac{(\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2) \sin h_1}{\sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}}$$

кўринишда ёзиш мумкин.

Бобнинг охирларида Беруний ҳиндларнинг энг катта оғишни ҳисоблашдаги амалини таҳлил қилиб, улар хатоликка йўл қўйганликларини математик формулада исботлайди. Беруний номларини эслатмаган ҳинд астрономлари ёзги ва қишки, Қуёш туриш пайтларида энг катта оғишни, Қуёшнинг максимал ва минимал баландликларига кўра ҳисоблаганларида ўша пайтлардаги параллакс қийматлари π_1 ва π_2 лар айирмасини ҳам ҳисоблашга қўшиб,

$$2\varepsilon' = h_{\max} - h_{\min} + \pi_2 - \pi_1 \text{ ёки}$$

$2\varepsilon' = 2\varepsilon + \pi_2 - \pi_1$ муносабатдан фойдаланганлар. Натижада улар топган энг катта оғиш кўринма энг катта оғиш бўлиб, у ҳақиқийсидан катта $\varepsilon' > \varepsilon$ бўлиб чиққан.

Ҳиндларнинг иккинчи усулида ҳам параллакс кўлланилган ва бу гал $2\varepsilon' = 2\varepsilon + \pi$ бўлиб, бу ҳолда ҳам хиндлар ҳақиқий энг катта оғишни эмас, балки миқдори ундан катта бўлган кўринма энг катта оғишни топганликларини исботлаган.

«Геодезия»нинг учинчи боби географик кенгламани астрономик усул билан аниқлашга бағишланган. Бироқ бу ерда Беруний кенгламани Қуёшнинг энг катта ва жузъий оғишлари ёрдамида ва демак, Қуёшнинг энг катта баландлиги ёки сутка давомида кузатилган ихтиёрий баландлиги ва буларга мос келувчи азимут ёрдамида аниқлайди.

Энг аввал у $\delta < \varphi$, $\delta = \varepsilon$, $\delta = \varphi$, $\delta > \varphi$ бўлган ҳолларда $\varphi = 90^\circ - h - \delta$, $\varphi = 90^\circ - h_{\min} - \varepsilon$, $\varphi = 90^\circ - h + \delta$, $\varphi = 90^\circ - h_{\min} + \varepsilon$ ва $\varphi = \delta + h - 90^\circ$ бўлган содда ҳолларни кўради. Кейин умумийроқ ҳолда

$$\sin \varphi = \frac{R \cdot \sin \delta}{\sin h}$$

муносабатни исботлайди. Ундан сўнг мураккаброқ ҳолда Беруний ушбу

$$\eta_1 = \arcsin \frac{\sin A_1 \cdot \cos h}{\sqrt{\sin^2 h + \left(\frac{A_1 \cdot \cos h}{R}\right)^2}}$$

$$\eta_2 = \arcsin \frac{\sin \delta \cdot R}{\sqrt{\sin^2 h + \left(\frac{\sin A_1 \cdot \cos h}{2}\right)^2}}$$

кўринишдаги ёйларни топади. Бу ёйлар географик кенглама φ билан тўрт хил муносабатда, яъни

$$\varphi = n_1 - n_2, \varphi = n_1 + n_2, \varphi = 180^\circ - (n_1 + n_2) \text{ ва } (\delta = 0 \text{ да}) \varphi = n_1$$

муносабатларда бўлишини кўрсатади. Баландлик h_1 , кенглама j ва шу баландликка мос азимут A маълум бўлганида, Беруний оғиш δ ни

$$\sin \delta = \frac{ZP \cdot \cos \varphi}{R}$$

қоидага кўра аниқлайди. Бу ерда ZP нинг қиймати мана бу

$$1. ZP = \frac{\sin A \cdot \cos h}{R} - \sinh \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$2. ZP = \sinh \cdot \operatorname{tg} \varphi - \frac{\sin A \cdot \cosh}{R}$$

$$3. ZP = \frac{\sin A \cdot \cosh}{R} + \sinh \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

уч хил кўринишда бўлиши мумкинлигини кўрсатади.

Кенглама φ , оғиш δ , баландлик h маълум бўлганида азимут A ни у

$$\sin A = \frac{R(\sinh \cdot \sin \varphi \pm R \cdot \sin \delta)}{\cos \varphi \cdot \cosh}$$

қоидага кўра топади.

Бошқа координатлар маълум, $\delta < 0$ ё $\delta > 0$ бўлганида баландликни

$$h = 90^\circ \left(\operatorname{arc} \sin \frac{R \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R} \right)^2}} \pm \operatorname{arc} \sin \frac{R \cdot \sin \delta}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R} \right)^2}} \right)$$

формуладан ва $\delta = 0$ бўлганида эса

$$h = 90^\circ \operatorname{arc} \sin \frac{R \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R} \right)^2}}$$

формуладан топишни тавсия қилади.

Беруний сутка давомида Куёшнинг кузатилган иккита баландлиги ва уларга мос азимутларига кўра шарқий азимут Θ ва оғиш δ ни аниқлаш учун

$$\sin \Theta = \sin A_1 \cdot \cosh_2 \pm \frac{\sin h_2 (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)}{\sin h_2 - \sin h_1}$$

$$\sin \varphi = \frac{\sin \Theta (\sin h_2 - \sin h_1)}{\sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}}$$

қоидаларни келтиради.

Шу бобнинг назарий қисмида давом этиб, Беруний оғиш δ , шарқий азимут Θ , кенглама φ , кундуз тенгламаси Δ_α орасидаги муносабатларни боғловчи

$$\cos \varphi = \frac{R \cdot \sin \delta}{\sin \Theta}, \quad \cos \Theta = \frac{\cos \delta \cdot \cos \Delta_\alpha}{R},$$

$$\cos \varphi = \frac{\cos \delta \cdot \cos \Delta_{\alpha}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos \delta \cdot \cos \Delta_{\alpha}}{R}\right)^2}},$$

$$\cos \delta = \frac{R \cdot \cos \Theta}{\cos \Delta_{\alpha}}, \quad \sin \varphi = \frac{\sin \delta \cdot \cos \Delta_{\alpha}}{\sin \Theta}$$

қоидаларни исботлайди.

Беруний учинчи бобнинг давомида турли географик кенгламалар ҳақида сўз юритаётиб, эронликларда Ернинг маъмур қисмининг кешварларга, яъни иқлимларга бўлиниши устида тўхталиб, ўзининг муқаддимасида келтирган географик назариясини тўлиқроқ баён қилади. Шундан сўнг иқлимнинг кенг-ламасини топиш учун

$$\sin \varphi = \frac{\sin \Delta_{\alpha} \cdot \cos \delta}{\sqrt{\sin^2 \delta + \left(\frac{\sin \Delta_{\alpha} \cdot \cos \delta}{R}\right)^2}}$$

қоидани исбот қилади. Тропик остидаги кенгламалар учун формула

$$\sin \varphi = \frac{\sin \Delta_{\alpha} \cdot \cos \epsilon}{\sqrt{\sin^2 \epsilon + \left(\frac{\sin \Delta_{\alpha} \cdot \cos \epsilon}{R}\right)^2}}$$

кўринишни олади.

Бобни давом этиб, Беруний X асрда яшаган астроном ва математик Муҳаммад ибн ас-Саббоҳнинг энг катта шарқий азимут Θ ни шарқий азимутнинг учта Θ_1, Θ_2 , ва Θ_3 қийматларига кўра топиш қоидасини ифодаловчи

$$\sin \Theta = \frac{2 \sin \Theta_2 \cdot \sqrt{\sin \Theta_1 \cdot \sin \Theta_3 - \sin \Theta_2}}{\sqrt{\sin^2 \Theta_2 - \left(\frac{\sin \Theta_1 + \sin \Theta_2}{2}\right)^2}}$$

формулани баён қилиб, унинг камчиликларини кўрсатади. Сўнгра бу қоидани тузатилган ҳолда энг катта оғишни топишга татбиқ қилиб, ушбу

$$\sin \Theta = \frac{2 \sin \delta_2 \cdot \sqrt{\sin^2 \delta_2 \cdot \sin \delta_1 - \sin \delta_3}}{\sqrt{\sin^2 \delta_2 - \left(\frac{\sin \delta_1 + \sin \delta_3}{2}\right)^2}}$$

қоидани исботлайди ва бунга кўра, 1016 йил учун энг катта оғиш қийматини $\epsilon = 23^{\circ}25'19''$ топади. Бу қиймат ўша йил учун Ньюкомб формуласи билан топилган $\epsilon = 23^{\circ}34'2''$ дан $8'43''$ фарқ қилади.

Бобнинг охирида Беруний устози Абу Наср ибн Ироқнинг Куёш икки вақтдаги оғиши δ_1, δ_2 узунлама айирмаси $\Delta\lambda$ га кўра энг катта оғиш ϵ ни топиш қондасини ифодаловчи мана бу

$$\sin \Theta = \frac{\sqrt{\left[\frac{(\sin \delta_1 + \sin \delta_2) R}{2 \sin \Delta\lambda} \right]^2 - \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_2}}{2 \sin \Delta\lambda}$$

формулани таърифлайди ва шу формула билан 1016 йил учун катта оғиш кийматини топади.

Тўртинчи боб географик узунламаларни топишга бағишланган. Бобнинг бошланишида Беруний узунлама ўлчашдаги Шарқ ва Ғарб халқларида мавжуд бўлган бир-биридан фарқли икки хил анъана ҳақида маълумот келтиради. Унинг айтишича, хитойлар, хиндлар ва форслар нолинчи меридиан деб, Ернинг обод қисмининг шарқида энг чеккадаги нуқтадан ўтувчи меридианни олганлар ва узунламаларни ундан ғарбга ўлчаганлар. Римликлар, юнонлар ва мисрликлар эса нолинчи меридиан деб, маъмур ерларнинг энг ғарбидаги Ал-Холидот ва Ас-Суъадо ва-с-Саъода оролларида ўтган меридианни танлаганларини ва узунламаларни ундан шарққа ўлчаганликларини айтган. Бу иккала анъана тарафдорлари орасидаги фарқ 10° ни ташкил қилган. Беруний мазкур оролларни денгиз соҳилидан 200 фарсах масофада туради дейишига кўра, у ороллар Канар ороллари эмас, Азор оролларига тўғри келади.

Бу бобнинг асосий маъноси иккита шаҳарда бир вақтда кузатилган Ой тутилишига кўра, бу икки шаҳар орасидаги узунлама айирмасини аниқлашдан иборат. Беруний бу асосий масалага ўтишидан аввал умумий ҳолда А ва В шаҳарларда маҳаллий вақт T_A ва T_B бўлганида улар узунламаларининг айирмаси $\Delta\lambda = T_A - T_B$ бўлишини кўрсатади. Улардан бирининг узунламаси билан биргаликда, узунламалари айирмаси маълум бўлган ҳолда иккинчисининг узунламасини аниқлаш учун

$$\lambda_B = \lambda_A \pm \Delta\lambda$$

қондани таърифлайди.

Сўнгра ой тутилишларига кўра, узунламалар айирмасини аниқлашга ўтади. Аввал у Ой тутилишида юз бериши мумкин бўлган 7 та ҳолатни ва бу ҳолатларнинг комбинациялари сонини келтириб, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, \dots$ арифметик прогрессиянинг биринчи n та ҳади йигиндисини ҳисоблаш формуласи

$$S_n = \frac{(a_1 + a_n) \cdot n}{2}$$

ни таърифлайди.

Беруний узунламалар айирмасини Ой тутилишларига кўра аниқлаш билан бирга, бунда тутилиш вақтини топиш масаласини кўяди. Бу масала эса турғун юлдузларнинг оғиши δ , баландлиги h , шу баландликка мос азимут A ва куза-

тилаётган жой кенгламаси φ билан боғлиқдир. Шу сабабли у осмон сферасида Ой тутилиш нуктасининг соат бурчаги t ни мана шу сферик координатларга кўра аниқлайди. Соат бурчагини у қуйидаги беш босқичда аниқлайди.

а) $\sin x = \cos \varphi \cdot \cos A$ – «биринчи ёдда сақланувчи» аниқланади, бундан

б) $\cos x = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}$ «иккинчи ёдда сақланувчи» келиб чиқади.

с) $y = \arcsin \frac{\sin \varphi \cdot \cos A}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$ – «ёдда сақланувчи ёй» аниқланади, сўнгра

д) $z = \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$ – «иккинчи ёй» аниқланади ва ниҳоят

е) соат бурчаги ушбу

$$t = y \mp z = \arcsin \frac{\sin \varphi \cdot \cos A}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}} \mp \frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$$

кўринишда топилади.

Бу ерда $u = 90^\circ - \tau$ ўтаётган вақт ёйи τ нинг тўлдирувчиси $z = \Delta\alpha$ – кундуз тенгламаси бўлгани учун юқоридаги формула $t = 90^\circ - (\tau \pm \Delta\alpha)$ кўринишни олади.

Беруний соат бурчаги t ни аниқлашнинг бошқа қоидасини ҳам келтиради. Бунинг учун у сферик синуслар теоремаси ва сферик Пифагор теоремасини кетма-кет қўллаш билан

$$HB = \arcsin \frac{\cos A \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$$

ва

$$FH = \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$$

ёйларни аниқлайди. Сўнгра $t = BF = BH \pm FH$ муносабатдан соат бурчагини

$$t = \arcsin \frac{\cos A \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}} \mp \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$$

кўринишда топади.

Кейинги ҳисоблашларда Беруний турғун юлдузнинг эклиптик координатлари маълум бўлган ҳолда унинг экваториал координатларидан бири бўлмиш оғиши δ_k ни мана бу

$$\sin \delta_k \frac{\sin(\beta \pm \beta_k) \cdot \cos \delta}{R}$$

ва

$$\sin \delta_k = \sin \left(\arcsin \frac{\sin \beta_k}{\sqrt{1 - \cos^2 \beta_k \cdot \cos^2 \lambda_k}} \pm \varepsilon \right) \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta_k \cdot \cos^2 \lambda_k}$$

формулаларга кўра топади.

Кундуз тенгламаси $\Delta \alpha$ ни у

$$\cos \Delta \alpha = \frac{\cos(\beta \pm \beta_k)}{\cos \delta_k} \quad \text{ва} \quad \Delta \alpha = \frac{\sin(\beta \pm \beta_k) \cdot \sin \delta}{\cos \delta_k}$$

формулаларга кўра топишни тавсия қилади.

Шу бобнинг давомида Беруний Ибн Синонинг Қобус ибн Вашмгирнинг кизи Заррин Гисуга атаб ёзган рисоласида Гургон узунламасини аниқлашдаги усули ҳақида эслаб, унинг йўл қўйган хатосини кўрсатади ва «Абу Али, ўзининг зукколиги ва хабардорлигига карамай, тақлид қилишга муҳтож бўлган нарсаларида, хусусан, мана шу [ечими] қидирилаётган масала юзасидан, ишончга нолайиқдир»¹, деб уни танқид қилади.

Бобнинг кейинги қисми геодезик масалага – шаҳарларнинг узунламалари айирмасига кўра улар орасидаги масофани топишга бағишланган.

Икки шаҳар кенгламалари φ_E, φ_H ва улар орасидаги узунлама айирмаси $\Delta \lambda$ маълум бўлган ҳолда улар орасидаги масофа ёйи ρ ни

$$\cos \rho = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta \lambda} \cdot \cos \left(\arcsin \frac{\sin \varphi_H}{\sqrt{1 - \cos^2 \beta_k \cdot \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta \lambda}} \pm \varphi_E \right)$$

формулага кўра топади. $\Delta \lambda = 0$ бўлганида бундан $\rho = \varphi_H \pm \varphi_E$ келиб чиқади.

Кўрилаётган бобнинг охириги қисмида геодезик масалалар – Ер катта айланаси, радиуси ва бир градуслик ёйининг узунлигини ўлчаш масалалари кўрилади. Бу ерда у қадимги Миср донишманди Хермес Трисмегист, ҳинд олимлари, Иброҳим ал-Фазорий, Абу-л-Фазл ал-Ҳиравий, Ҳабаш ал-Ҳосиб, Холид ал-Марваррудий, Али ибн Исо ал-Астурлобий, Аҳмад ибн ал-Бухтурий, Яҳё ибн Аксом ва Собит ибн Курра каби бир қатор астроном ва математи-кларнинг бажарган ўлчашларини қайд этади. Бу ўлчашлардаги камчиликлар устида тўхталади ва Ер радиусини аниқлашнинг ўзи топган икки усулини келтиради. Беруний усулларига кўра, Ер радиусини топиш коидаларини

$$R = \frac{l \cdot \cosh}{r - \cosh} \quad 20 \quad R = \frac{l \cdot \cosh(1 \pm \cosh)}{\sin^2 h}$$

¹ Таржима, 151-бет.

формулар билан ифодалаш мумкин. Шу масалани Санад ибн Али усулига кўра топинг

$$r = \frac{l \cdot \cos h}{R - \cos h}$$

коидасини ҳам келтиради.

Мазкур бобни Беруний сонли мисоллар билан яқунлайди. Бунда у ўзининг Ҳиндистонда Нандна қалъасида бажарган ҳисоблашларини келтиради¹. Унинг ҳисоблашларида бир градусли ёйнинг узунлигини

$$l_{1^\circ} = 55^p 53' 15'' \text{ мил} = 111,494 \text{ км} \quad (1 \text{ мил} = 1995 \text{ м})$$

топади. Ер катта айланасининг узунлигини

$$L = 2\pi R = 80478118^p 30' 39'' \text{ газ} = 40132,716 \text{ км}$$

топади. Агар Беруний «Қонуни Масъудий»да олганидек², $\pi = 3,1417$ бўлса, бундан Берунийда Ер радиуси $R = \frac{40138 \cdot 716}{2\pi} \approx 6388$ км чиқади. Бу қиймат ҳозир Ернинг экваториал радиуси учун қабул қилинган $a = 6378,16$ км қийматидан фақат 9,84 км ортиқ.

Бешинчи боб бошқа бобларга нисбатан анча қисқа бўлиб, унда фақат геодезик масалалар кўрилади. Бу бобда Беруний шаҳарлар орасидаги узунлама ва кенглама ёйларининг даражаларига мос келувчи мил ва фарсахларни ҳисоблайди. Ўз ҳисоблашларида у аввалги бобларда келтириб чиқарилган коидалардан фойдаланади.

Энг аввал у икки шаҳар кенгламалари айирмасининг даражалари $\Delta\varphi$ бўлган ёйнинг узунлигини бир градусли ёйнинг узунлиги l_{1° га кўра $\rho = l_{1^\circ} \Delta\varphi$ коида билан аниқлайди. Кейин ватари втр $HB = a = 2R \cos \varphi \cdot \sin \frac{\Delta\lambda}{2}$ бўлган ёйнинг узунлигини аниқлаш учун $\rho_{AB} = l_{1^\circ} \cdot \text{arca} = l_{1^\circ} \cdot \text{arc} \left(2R \sin \frac{\Delta\lambda}{2} \cdot \cos \varphi \right)$ коидани келтиради.

А ва В икки шаҳар орасидаги масофа ёйини аниқлаш учун мана бу

$$AB = 2 \text{ arc sin} \sqrt{\frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2}}{R^2} + \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}$$

коидани таърифлайди.

Шу бобнинг давомида Беруний ҳинд астрономларининг «маржон»³ узунлигини аниқлаш учун

$$\tau = 180^\circ - \frac{(1 - \cos \varphi) \cdot C}{2}$$

¹ Таржима. 164–165-бетлар.

² Беруний. Қонуни Масъудий. I, 1973. 240-бет.

³ Таржима. 168-бет; 667-изоҳ.

қоидаси ва «маржон»га кўра икки шаҳар орасидаги масофани аниқлаш учун

$$\rho = \frac{7}{6} \cdot \frac{\Delta\lambda \left[180^\circ - \frac{(1-\cos\varphi)}{2} \cdot C \right]}{180^\circ}$$

қоидаларини таърифлайди. Бошқа бир ҳолда шаҳарлар икки хил параллелда бўлганида ҳиндларнинг усулига кўра у шаҳарларнинг «маржон»ларини

$$\tau_1 = 180^\circ - \frac{R_1(1-\cos\varphi_1) \cdot C}{2 \cdot 343'8''}, \quad \tau_2 = 180^\circ - \frac{R_2(1-\cos\varphi_2) \cdot C_2}{2 \cdot 343'8''}$$

қоидаларга кўра ва улар орасида масофани эса, ушбу

$$\rho = \frac{4}{3} \sqrt{(l_1^\circ \cdot \Delta\varphi)^2 + \left(\frac{\lambda_1 \cdot \tau_1}{180^\circ} - \frac{\lambda_2 \cdot \tau_2}{180^\circ} \right)^2}$$

қоидага кўра ҳисоблайди.

Беруний ҳиндлардаги π сонининг қийматлари ҳақида ҳам эслатиб ўтади ва

$$\pi = \frac{C}{2R} = \frac{125664000}{40000000} = \frac{3927}{1250} = 3,1416$$

$$\pi = \frac{180^\circ}{3438''} \approx 3,1413$$

қийматларини келтиради¹. Бу қийматларнинг биринчиси анча аниқ бўлиб иккинчиси бир оз кичик.

Беруний тирлик Марин, Ал-Баттоний ва уларга қўшилувчи олимлар ўз ҳисоблашларида ёйлар ўрнида ватарларни ишлатганларини эслатиб ўтади ва уларни танқид қилади.

Асарнинг охириги боби асосан геодезик масалаларга – шаҳарлар орасидаги узунламалар айирмаси, уларнинг географик координатлари, масофалари ва йўналиш азимутини аниқлашга бағишланади. Беруний бу масалаларни Бағдод билан Ғазна орасидаги шаҳарлар учун ҳал қилади ва Ғазнада Макка йўналишининг азимутини аниқлайди. Бунда Беруний Бағдоддан Рай орқали ўтувчи шимолий йўналишни ва Бағдоддан Шероз орқали ўтувчи жанубий йўналишни танлайди. Бу масалаларни ҳал қилишда Беруний фан тарихида биринчи марта чизиқли триангуляция усулини қўллаган².

Узунламалар айирмасини аниқлашда Беруний асосан мана бу

$$\sin \frac{\lambda_B - \lambda_A}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\varphi_B - \varphi_A}{2}}{\cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_B}}$$

¹ Таржима. 168-бет.

² Нарходжаев К. Геодезические работы Беруни. С. 56–57.

формула билан ифодаланувчи қоидадан фойдаланади. Шунга кўра, у Бағдод, Рай, Гургон, Нишопур, Гурганч, Кот, Бушканз, Даргон, Бухоро, Амуй, Балх, Шероз, Заранж, Бўст, Ғазна ва Макка шаҳарларининг географик координатларини топади. Макка азимутини у бир неча хил усул билан аниқлайди. Буларнинг биринчисида Макканинг кенгламаси φ булар иккиси орасидаги узунлама айирмаси $\Delta\lambda$ га кўра аввал

$$\sin x = \frac{\cos \varphi \cdot \sin \Delta\lambda}{R}$$

муносабатдан перпендикуляр x топилади. Сўнгра ёрдамчи ёй

$$y = \arcsin \left(\frac{\sin \varphi \cdot R}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \Delta\lambda}} \right)$$

ва охирида азимутнинг ўзи куйидаги

$$\sin A = \frac{\cos \varphi_M \cdot \sin \Delta\lambda}{\sqrt{1 - \cos^2 (y - \varphi_M) \cdot (1 - \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \Delta\lambda)}}$$

муносабатдан топилади. Шу формулага кўра Ғазна азимутининг қийматини $70^\circ 48' 15''$ топади. Бу эса ҳақиқий қиймат $69^\circ 40' 00''$ дан фақат $1^\circ 8' 15''$ ортик.

Мазкур азимутни аниқлашнинг бошқа бир усулида Беруний аввал «диаметр» $\sin X = \frac{\cos \varphi \cdot R}{\cos \varphi_E}$ ни топади. Сўнгра кетма-кет «тенглаштирилган узунлама»

$\sin Y = \frac{\sin \Delta\gamma \cdot \cos \varphi_M}{R}$ «ёдда сақланувчи» синус

$$\sin Z = \sin \varphi_E \cdot \frac{1}{R} \left[\frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_E} - \frac{\cos \varphi_M (1 - \cos \Delta\gamma)}{R} \right]$$

ва «ўлчам» $\sin U = \frac{\sin \varphi_M \cdot R}{\cos \varphi_E}$ ни топади ва ниҳоят, азимутни куйидаги

$$\sin A = \frac{R \cdot \sin Y}{\sqrt{(\sin U - \sin Z)^2 + \sin^2 Y}}$$

муносабатдан топади.

Ғазна азимутини яна бир усул билан топишда у «диаметр»

$$HF = \frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_T}$$

«ёдда сақланувчи» –

$$ZG = \frac{\sin \varphi_T}{R} \cdot \left[\frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_T} - \frac{\cos \varphi_M (1 - \cos \Delta\gamma)}{R} \right],$$

«Ўлчам» $\sin \Theta = \frac{R \cdot \sin \varphi_M}{\cos \varphi_T}$ ларни аниқлайди ва азимутни топиш учун қуйидаги

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\gamma \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{\operatorname{tg} 2\varphi_T \left[(\cos \Delta\varphi - 1) - \frac{\cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_T (1 - \cos \Delta\lambda)}{R^2} \right]^2 + \frac{\sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M}{R^2}}}$$

Формула билан ифодаланадиган қондани келтиради. Азимутни ҳисоблаш учун бу қондалардан ташқари яна қуйидаги

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\left[\sqrt{\sin \Delta\varphi - (1 - \cos \Delta\varphi) \cdot \cos \varphi_E} \right]^2 + \sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M}$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sin \Delta\varphi - (1 - \cos \Delta\lambda) \cdot \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E}$$

$$\operatorname{ctg} A = \frac{\{R - [(1 - \cos \Delta\lambda) \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E + (1 - \sin \Delta\varphi)]\} R^2}{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}$$

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{1 - (1 - \sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M) \cdot \cos^2 \left(\varphi_E - \operatorname{erc} \sin \frac{\sin \varphi_M}{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M} \right)}}$$

муносабатлар билан ифодаланувчи қондаларни ҳам таърифлайди.

Беруний азимутни аниқлашнинг аналитик усулларини баён қилганидан сўнг иккита амалий усулини ҳам келтиради. Бу усулларнинг бирида у «Геодезия»да ва умуман ўз асарларида биринчи марта радиуси бирдан иборат айланадан фойдаланади. Шу пайтгача у фақат «Қонуни Масъудий»да айлана радиусини бирга тенг деб оларди. Бироқ «Геодезия»даги ҳисоблашлар $R=60$ га асосланган.

Беруний азимут ва шаҳарларнинг географик координатларини аниқлашнинг аҳамияти фақат қибла йўналишини излашда эмас, балки дунёвий ишларда, кундалик ҳаётда ҳам катта эканлигини кўрсатади.

«Агар диний ишлардан дунёвий ишларга ўтсак, – бунинг манфаати, биз айтганимиздек, хайр излаб фалокат жойларни ташлаб кетишни мақсад қилганларга йўл танлаш [имконини] беради»¹ – деб ёзади Беруний.

Азимутларнинг астрология қўлланилиши ҳақида сўзлаб, астрологиянинг ғайриилмий бир сафсата эканлигини фош қилади, ўзининг астрологияга

¹ Таржима. 324-бет.

бўлган ҳақиқий муносабатини биринчи марта очикдан очик «Геодезия»нинг шу жойида айтади:

«Астрология санъатининг асослари бўш, ундан келиб чиқадиган [хулосалар] заиф, қиёслари тартибсиз ва унда тахмин аниқликдан устун туради. Чунки унинг мавзуи осмоннинг ўзига нисбатан ва уфққа нисбатан жойлашишидан ёриткичлар орасида ҳосил бўладиган шакллардир. Шу мавзу тўғри бўлгандагина у [бирор] натижа беради. Қандай қилиб ҳам у мавзу тўғри бўлсин, ахир, унинг учун ҳисобланган жой номаълум бўлса ва унинг учун «бирлашишлар» ва «рўпара туришлар»нинг толелари ҳақидаги ҳукм ҳақиқатдан фойдаланиладиганга хилоф бўлса!»¹.

Беруний ўз рационализмига кўра, астрологиянинг фақат математик ҳисоблаш усулинигина тан олади.

«Аҳкоми нужум санъатининг асослари орасида ҳисоблаш усулининг янгиликлари бўлиб – деб ёзади у «Қонуни Масъудий»да – у ушбу санъат эгаларига улар бўлиши мумкин ва шубҳасиз деган ҳодисаларини таҳлил қилишда қўл келган»².

Агар шу ҳисоблашлар бўлмаса, астрология фақат фол кўришдан бошқа нарса эмаслигини кўрсатади. Беруний бу ҳақда «Геодезия»да қуйидагича айтади: «Гарчи шунга қарамай, (толелар) тўғри чиқса, демак, бу санъатнинг мавзуи – астрологларнинг ҳисоби бўлиб, ёриткичларнинг ўрни ва [улар ўрнашишдаги] шакллар эмас. Мана шу [кейинги нарса], агар астрологлар шундай давом этаверсалар, астрологияни ҳаштмаргнинг чизикларига қараб фол кўришга тенглаштириб қўйишига олиб келадикки, бунга кўра бахтли, огоҳлантирувчи ва бахтсиз фол очиш мумкин бўлади»³.

Беруний ўзининг астрология ва астрологларга бўлган жирканч муносабатларини яширмайди ва уларнинг қаллобликларини қаттиқ иборалар билан фош қилади⁴.

Астрологлар орасида, айниқса, Хуросон астрологлари устидан Беруний қаттиқ мазах қилади. Уларнинг кузатиш тажрибасидан узоқликларини ва ҳисоблашларда нодонлик қилиб, катта хатоликларга йўл қўйганликларини кўрсатади.

«Хуросон ҳисобдонлари шулар аҳлидандир. Улар [тажрибада] исботлашдан узоқлашиб, [«Синдхинд»ларга] тақлид қилишга кўникиб ва касбдан фойда [кўришни] илмдан устун қўйганларидан кейин шаҳарлар ҳақидаги [маълумотларни] биридан бошқасига кўчиришда нодонлик қилиб қолдилар»⁵, – деб ёзади Беруний. У Хуросон астрологларининг тақлидга асосланиб, ўзларига

¹ Таржима. 205-бет.

² *Беруний*. Қонуни Масъудий. II, 1976. 491-бет.

³ Таржима. 206-бет.

⁴ Таржима. 206-бет.

⁵ Таржима. 206-бет.

етиб келган маълумотларни ҳисобда текшириб кўрмасдан, ўз шаҳарларининг узунламасини ҳисоблашда ўн даража хато қилганликлари ва натижада, 1019 йил март ва сентябрдаги Қуёш ва Ой тутилишларининг бошланиш ва охирларини аниқ айтиб беролмаганларини, ҳатто ўзлари, хатолари сабабли у тутилишларни кўра олмаганликларини исботлайди.

«Бу [кўролмаганликларининг] энг катта сабаби – у [Хуросонлик] кишиларнинг Ар-Раққанинг Бағдодга нисбатан ўрнини билмасликлари, сўнгра Қуёш тутилиши масаласининг ўзида уларнинг нодонлигидир, чунки улар шундай диққат талаб масалага ғализлик билан қараганлар ва унинг бутун аҳамияти ва кадр-қимматини камситганлар»¹, – деб кўрсатади Беруний.

Беруний хуросонлик астрологларни танқид қилиш билан бирга, олимлар олдига қаттиқ талаб қўяди. Галеннинг фикрига қўшилиб, у айтади: «... Фозил табиб [киши], файласуф ҳам бўлиши, яъни ҳикматни [донолик] севиши, уни излаши керак». Яна ўзи давом қилиб, дейди: «Агар инсон изланувчан ва аниқликни талаб қилувчи бўлса, илм тармоқларидан бирор тармоқнинг тўла маъноси ҳақида батафсил сўзлай олиши мумкин. Бунинг учун у албатта, файласуф, шунингдек кўплаб билимларнинг асосини эгаллаган бўлиши лозим, чунки илмнинг барча тармоқларини тўлиқ ўрганишга унинг бутун умри ҳам етмайди»². Бу билан Беруний инсон билимининг нисбийлигини ҳам тан олади.

Беруний билимда объективликка интилишга чақиради. Бу борада у ҳеч қандай шахс олдига тиз чўкмайди. Ҳисоблашларида йўл қўйган камчиликлари ва хатолари учун у Муҳаммад ал-Хоразмий, Абу-л-Ҳусайн ас-Сўфий, Абу Али ибн Сино каби атоқли олимларни танқид қилганидек, ўрта асрларнинг йирик астрономи, Ғарбий Европада ҳатто XVI асрда «Альбатегниус» номи билан шуҳрат қозонган машҳур Ал-Баттонийни танқид қилишдан ҳам тортинмайди. Ал-Баттоний зижда шаҳарларнинг узунламаларини аниқлашда чалкашлик ва зиддиятга йўл қўйилганлигини мисолда исботлайди³ ва «Геодезия»нинг охириги қисмида Ал-Баттоний йўл қўйган хатоликларни тузатиш мақсадида Бағдод билан Ар-Раққа ва Ар-Раққа билан Искандария орасидаги узунлама айирмаларини геодезик усул билан қайта ҳисоблаб чиқади. Шундан сўнг, Ғазнадан Искандариягача бўлган ғарбий шаҳарлар орасидаги узунлама айирмаларини астрономик йўл билан аниқлайди. Бунинг учун у кузги тенгкунликни кузатишларини мисол қилиб олади ва Гиппархнинг Родос оролидаги олти кузатиши, Птолемейнинг Искандариядаги иккита кузатиши, Яҳё ибн Абу Мансур бошчилигида Аш-Шаммосия ва Бағдоддаги учта кузатиши, Холид ал-Марваррудийнинг Дамашқдаги куза-

¹ Таржима. 207-бет.

² Таржима. 207-бет.

³ Таржима. 208-бет.

тиши, номаълум кишининг Бағдоддаги кузатиши, Муҳаммад ал-Маккийнинг Нишопурдаги кузатиши, Бану Мусонинг Сурраманраодаги кузатиши, Ал-Баттонийнинг Ар-Раққадаги кузатиши, Абу-л-Ҳусайн ас-Сўфийнинг Шероздаги кузатиши, Абу-л-Вафонинг Бағдоддаги кузатиши ва ўзининг Гурганчдаги кузатиши вақтларини Ғазнанинг маҳаллий вақтига келтиради.

Беруний асарни 1021 йил 8 декабрдаги кузатиш натижасини келтириш билан якунлайди.

Беруний бошқа асарларидаги каби «Геодезия»да ҳам фойдаланган манбаларини бирма-бир эслатиб ўтади. Буларнинг энг қадимийлари Аристотелнинг (мил. авв. IV а.) «Аналитика», «Само ва олам», «Категориялар», «Иборалар» (Пари арминяс) асарлари, Порфирийнинг (мил. авв. III а.) «Исагужи» асаридир. Беруний бу асарлардан асосан ўз муқаддимасидаги фалсафа, геология, метеорология ва олам тузилишига оид фикр-мулоҳазаларида фойдаланган. У Архимед (мил. авв. III а.) ва Эратосфеннинг (мил. авв. III а.) маълумотларидан ҳам фойдаланган. Булардан кейин Беруний Птолемейнинг «Алмажистий», «Оптика», «Тетрабиблос» («Чор мақола»), «География» асарларидан фойдаланади. Астрономия ва географияга оид энг қадимги маълумотларни, жумладан, Гиппарх (мил. авв. III а.) ҳақидаги маълумотларни Птолемей асарларидан олган.

Асарда ҳинд астрономларидан Браҳмагуптанинг (VI–VII а.) «Сиддханта»си («Катта Синдҳинд») ва унинг Хоразмий томонидан қайта ишланган «Кичик Синдҳинд» асаридан фойдаланади. Афтидан «Геодезия» Беруний ҳиндларнинг астрономик маълумотларидан фойдаланган илк асари кўринади.

Мусулмон астрономиясига оид «Геодезия»даги энг қадимги маълумот Беруний Ғазнада кўрган ҳижрий 90 (мил. 708–709) ва 100 (мил. 718–719) йиллар учун Диоклетян эрасида тузилган зижга асосланган. Беруний келтирган бу хабар ислом мамлакатларида астрономия тарихини қарийб яна бир аср аввалдан бошлаш имконини беради.

Беруний асарларида, астрономик ва математик ижодидан «Геодезия»да фойдаланган мусулмон олимлари орасида хронологик тартибда биринчи ўринда VIII аср олими ва таржимони Абу Исҳоқ Иброҳим ал-Фазорий туради. IX аср олимларидан Аҳмад, Муҳаммад ва Ал-Ҳасан Бану Мусо, Собит ибн Қурра, Муҳаммад ал-Хоразмий, Яҳё ибн Абу Мансур, Холид ибн Абдулмалик ал-Марваррудий, Санад ибн Али, Сулаймон ибн Исмаат ас-Самарқандий, Мансур ибн Талҳа, Муҳаммад ибн Али ал-Маккий, Ибн Хурдодбех, Али ибн Исо ал-Астурлобий, Аҳмад ибн ал-Бухтурий, Муҳаммад ибн Жобир ал-Баттоний, Яҳё ибн Аксом, Аҳмад ал-Фарғонийнинг номлари ёдга олинади.

X аср олимларидан Абу Абдуллоҳ Муҳаммад ибн Аҳмад ал-Жайҳоний, Абу-л-Аббос ал-Эроншаҳрий, Абу-л-Фазл Муҳаммад ибн ал-Амид, Абу Жаъфар ал-Хозин, Абу-л-Ҳасан ал-Ахвазий, Абу Маҳмуд ал-Хўжандий, Абу-л-

Аббос ан-Найзирий, Абу-л-Фазл ал-Хиравий, Абу-л-Хусайн Абдурахмон ас-Сўфий, Абу Саҳл ал-Кўхий, Абу-л-Қосим Ғулом Зухал, Абу-л-Вафо ал-Бўзжоний, Абу Ҳомид ас-Сагоний, Абу Исҳоқ Иброҳим ибн Синоп, Ҳамза ал-Исфажоний, Муҳаммад ибн ас-Саббоҳ, Абу Закария Яҳё ибн Адий, Абу Ҳошим Абдуссалом ал-Жуббой, Абу Бишр Матта ибн Юнус, Муҳаммад ибн Абдулазиз ал-Ҳошимий, Муҳаммад ибн Исҳоқ ас-Сарахсий ва Абу Бакр Муҳаммад ибн Закариё ар-Розийларнинг номлари қайд этилади.

X–XI аср олимларидан Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Абдулжалил ас-Сижизий, Назиф ибн Яман ал-Юноний, Абу Наср Мансур ибн Ироқ, Абу Саҳл ал-Масихий, Абу Али ибн Синоларнинг номлари ёдга олинади.

Булардан ташқари, номлари фанда номаълум бўлган олимлардан Абу-л-Аббос ибн Хамдун (IX а.), Абу-л-Ҳасан Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Сулаймон (IX–X а.) ва Али ибн Муҳаммад ал-Вишжардий (X–XI а.) каби олимларнинг номлари фақат «Геодезия»да эслатилади. Мазкур олимлардан Абу Наср ибн Ироқ, Абу-л-Вафо ал-Бўзжоний, Ибн Сино, Ас-Сижизий ва Абу Саҳл ал-Масихий билан шахсан таниш ёки илмий ёзишмада бўлган, улар билан фикр алмашган. Ва, демак, Беруний ҳам уларга ижодий таъсирини ўтказган.

Беруний «Геодезия»да номлари эслатилган олимларнинг асарларидан ижодий фойдаланиш билан биргаликда, унга ўзининг 990 йилдан то 1024 йилгача, яъни ҳаётининг қарийб 35 йили давомида олиб борган кузатишлари ва илмий изланишлари натижаларини киритган. Шу сабабли ҳам «Геодезия» буюк хоразмлик олимнинг шахсий асари ва Ўрта Осиё фанининг ёрқин намунасидир.

«Геодезия» фан тарихида муҳим ўрин тутди. Асар геодезия фанига доир илк илмий асардир. Унда Беруний фан тарихида биринчи марта тарқок бўлган геодезик маълумотларни тўплаб, ўзининг ютуқлари билан биргаликда назарий асослаб берди ва амалий қўлланиш йўллари кўрсатди. Шунингдек, кўпгина астрономик-геодезик асбобларни тавсифлади ва биринчи марта фанга чизикли триангуляция усулини киритди.

Афсуски, «Геодезия» ҳам Берунийнинг бошқа асарлари каби Европа фанига номаълум бўлган. «Геодезия»ни илмий асосда ўрганиш XX асрдан бошланади¹.

1913 йилда О. Решер асарнинг Истамбулда Султон Фотиҳ кутубхонасида №3386 рақам билан сақланувчи ягона қўлёзмаси ҳақида умумий маълумот беради². 1930 йилда Х. Риттер асарнинг қисқача тавсифини беради³. Бирок унинг тавсифи камчиликларга эга бўлганлиги учун кейинчалик юз берган чалкашликларга сабаб бўлди.

¹ Беруний. Геодезия. рус. 34–36-бетлар.

² Rescher O. Uber arabische, S. 127.

³ Ritter H. Der. XIX, S. 127.

«Геодезия»нинг қўлёзмасига биринчи марта В.В. Бартольд жиддий аҳамият берди. 1926 йилда у Беруний мукаддимасидаги Амударё дельтасининг тарихига оид парчасини келтиради. Кейинроқ бу парчани С.Л. Волин рус тилига таржима қилиб, тадқиқ қилади. Шу таржима асосида Я. Ғуломов, С.П. Толстов ва бошқаларнинг тадқиқотлари юзага келади.

1934 йил М. Краузе «Геодезия» ва «Қонуни Масъудий»нинг қўлёзмалари асосида Беруний астрономик кузатишлари саналарининг қисқа жадвалини келтиради¹. 1935 йил Ф. Кренков Мофанно ҳақидаги парчанинг араб тилидаги матнини нашр қилади².

Турк шарқшунос олими А.З. Валидий Тўғон «Геодезия»га оид бир неча тадқиқотини нашр қилади. 1934 йил у «Геодезия»нинг тўртинчи боби охиридаги парчанинг³ ва 1936 йил Варанк денгизи соҳилида яшовчилар ҳақидаги бўлимнинг немис тилидаги таржималарини чоп этади⁴. 1941 йил у асарнинг қарийб ўндан бир қисмига тўғри келувчи танланган парчаларнинг араб тилидаги матнини нашр қилади⁵. Шу парчаларнинг айримларини А.М. Беленицкий рус тилига таржима қилган.

1951 йил Калькуттада нашр қилинган Берунийга аталган тўпламда Ф. Кренков ва С.Х. Боронийларнинг «Геодезия»га доир мақолалари босилди⁶. 1955 йил Д. Буало Беруний «Геодезия»сига доир барча тадқиқотларнинг тўлиқ библиографиясини нашр қилади⁷. 1957 йил С. Х. Бороний «Геодезия»га аталган махсус мақоласини чоп этади⁸.

1962 йил П. Г. Булгаков «Геодезия»нинг Истанбул қўлёзмасининг фотокопияси асосида Қоҳирада асарнинг араб тилидаги танқидий матнини нашр қилади⁹. Ўша йилнинг ўзида турк фан тарихчиси М.Т. Танжий ҳам мустақил равишда Анкарада мазкур қўлёзманинг танқидий матнини нашр қилади¹⁰.

1966 йил П.Г. Булгаков ўзи нашр этган араб тилидаги матн асосида «Геодезия»нинг рус тилидаги таржимасини муфассал кириш мақоласи ҳамда филологик ва тарихий-географик изоҳлар билан чоп этди¹¹. П.Г. Булгаков ўзининг кириш мақоласида Беруний илмий биографиясининг «Геодезия»ни ёзиб бўлишигача, яъни 1025 йил октябригача бир қисмини ёритган. Олим бу изоҳларда «Геодезия»даги астрономик, геодезик ва математик масалалар

¹ Krause M. DJ. XXII. S. 267; DJ, XXV, S. 196.

² Кренков Ф. Нубаз фи ахбар ас-Син. 383–384-бетлар.

³ Validi A. Z. Islam and die geographische Wissenschaft. S. 370–372.

⁴ Validi A. Z. Die Nordvölker. S. 39.

⁵ Validi A. Z. Biruni's Picture of the World. P. 54–68.

⁶ Krenkow F. Beruni and the MS Sultan Fatih. N: 3386. P. 196–208; Barani Muslim Researches in Geodesy. P. 11–14.

⁷ Boilot D. J. p. 183.

⁸ Baraniy Kitabut-Tahdid. p. 165–177.

⁹ Беруний. Геодезия. ар.

¹⁰ Танжий. ар.

¹¹ Беруни. Геодезия. рус.

устида тўхталмаган. Бироқ Беруний тавсифлаган асбобларнинг кўринишини тиклаган ва айрим астрономик шаклларни тушунтириб берган. П. Г. Булгаков нашр қилган араб тилидаги матн асосида 1967 йил Байрутда Жамил Али «Геодезия»нинг изоҳсиз инглиз тилида тўлиқ таржимасини нашр қилган¹. 1973 йил Э.С. Кеннеди шу таржима асосида «Геодезия»га тузган инглиз тилидаги изоҳларини алоҳида китоб шаклида нашр қилади². Бу изоҳларда Берунийнинг чизмалари сферада тасвирланиб, батафсил тушунтириб берилган бўлишига қарамай, ундаги формулалар тугал кўринишда келтириб чиқарилмаган ва кўпроқ Беруний ҳисоблашларини қайта такрорланиш билан чегараланилган.

Ниҳоят, К.Н. Норхўжаев ўзининг 1977 йил нашр қилган «Геодезические работы Беруни» номли китобида Берунийнинг «Қонуни Масъудий» китоби билан биргаликда кўпроқ «Геодезия» китоби устида тўхталиб ўтади³. «Геодезия»да Беруний кўрган геодезик масалаларнинг бир қисмини анализ қилади, у қўллаган қоидаларнинг айримларини формулаларга кўчиради ва уларни Ўрта Осиё шаҳарлари учун татбиқ қилади. Маскур китобда К.Н. Норхўжаев чизиқли триангуляция усулини биринчи марта Беруний қўллаганлигини ҳам исботлайди⁴.

«Геодезия»нинг ушбу ўзбек тилидаги таржимаси П.Г. Булгаковнинг Қоҳирада нашр қилган араб тилидаги танқидий матнидан олинади. Ишга «Геодезия»нинг рус тилидаги таржимаси ҳам жалб қилинган бўлиб, таржима жараёнида рус тилидаги нашрда юз берган камчиликлар (масалан, 125, 150, 195, 204, 229 ва ҳ. к. бетлардаги) ўзбек тилидаги нашрда тузатилди ва тушиб қолган парча ва жумлалар тикланди. Бу камчиликларнинг айримлари изоҳларда кўрсатилди.

Изоҳларда асосан математика, астрономия ва геодезия масалаларига аҳамият берилди. Беруний чизмаларини изоҳлашда Э.С. Кеннедининг айрим чизмаларидан ҳам фойдаланилди.

Таржимада Истанбул қўлёзмасининг бетлари бошланадиган жойлар бир чизиқча / ва Қоҳира нашрининг бетлари бошланадиган жойлар параллел икки чизиқча // билан белгиланган ҳамда улар олдидаги қавс ичига шу бетлар рақами қўйиб борилган.

Чизмалардаги араб ҳарфларини «Қонуни Масъудий»даги тартибга кўра лотин ҳарфларга алмаштирилди. Кўрсаткичларда танқидий матннинг бетлари кўрсатилган ва юлдузларнинг номлари курсив билан берилган. Китобдаги сўз боши ва изоҳлардаги сноскаларда адабиёт ва муаллифларнинг номлари қисқартирилган ҳолда берилди, кўрсаткичларда эса булар тўлиқ келтирилган.

А. АҲМЕДОВ

¹ Жамил Али.

² Kennedy E. S. A. Commentary.

³ Нарходжаев К.Н. Геодезические работы Беруни.

⁴ Ўша китоб, 56–57-бетлар.

(22,1) // / РАҲМЛИ ВА МЕҲРИБОН АЛЛОҲ НОМИ БИЛАН

**АБУ-Р-РАЙҲОН МУҲАММАД ИБН АҲМАД АЛ-БЕРУНИЙ
«ТУРАРЖОЙЛАР [ОРАСИДАГИ] МАСОФАЛАРНИ АНИҚЛАШ
УЧУН МАНЗИЛЛАРНИНГ ЧЕГАРАЛАРИНИ БЕЛГИЛАШ»
[КИТОБИДА] АЙТГАН¹:**

Ақллар мададга мухтож бўлган ва кўнгиллар ёрдам истаган бир пайтда, [энди] ақлимга келган [бу] фандаги ихтироларни баён этишим ёки [унинг] ноаниқ [жойларини] тўлдиришим керак, токи у менинг бу [меҳнатим самарасини] тановул қилиб, гўзаллик либосига ўрансин ва у ўз ризолиги билан доимий ва абадий гўзалликни касб этсин. Чунки у ҳам нисбий, ҳам мутлак [маънода] юқори хулқларга эришувчи ва фазилат имтиёзига эга бўлувчидир².

Мен [юлдузларга қараб] ҳукм чиқарувчилар санъатининг³ юзлаб ва минглаб ёриткичларнинг айланишлари, уларнинг тартиблари ва оламдаги аҳволнинг улар билан боғлиқ ҳолда жорий бўлиши ҳақидаги мавзуларига ишонгим келарди. Бироқ мен замонамиздаги кишиларга назар ташласам, улар [дунёнинг] ҳамма тарафида жаҳолат либосини кийганлар ва улар ўзларининг бу [ҳолатлари] билан мактаниб, фазилат эгаларига душманлик қиладилар; кимки илм муҳри билан белгиланган бўлса, уни таъқиб қиладилар ва унга хилма-хил зулм ва жабр етказадилар.

Сўнгра кишилар янглишишда бир-бирларига мос келмасалар ҳам, у [жоҳиллар] энг қабих ва бутунлай зарарли бўлган (2)/ хулқларни мактайдиларки, уларнинг асосийси сабабсиз тамадир. Уларнинг фақат чўзилган кўлигина кўринади, улар пасткашлиқдан жирканмайдилар ҳамда ҳаё ва орият кўчасига кирмайдилар; улар шундай ҳасад кемасига ўтириб олганлар ва ҳар бир фурсатдан фойдаланиб бу [ишларига] ривож берадиларким, ҳатто бу нарса уларни илмни инкор этишга ва унга хизмат қилувчилардан нафратланишга олиб келди.

(23)// Уларнинг ашаддийлари жаҳолатда ўзига ўхшашларнинг [илмга] нисбатан нафратини кучайтириш учун уни адашишдан [иборат] деб ҳисоблайдилар, улар ўзларига илм эгаларини йўқотиш эшигини очиш учун, ҳамда олимларнинг ҳалокати ва илмнинг инкирози билан ўз ҳолатларини сир сақлаш [мақсадида] илмга бидъат тамғасини босадилар.

Улардан инсофли деб аталмиш кўполлик эса, фанни саркашлик кулоги билан эшитадики, оқибатда у ўз пасткашлигига қайтади ва унинг «[фанларда] нима манфаати бор?» деган «доно сўзлари»дан жаҳолат [анқиб], инсоннинг бошқа ҳайвонлардан устунлигидан [беҳабарлигини] кўрсатади. У [устунлик] бу мутлак илмнинг ўзи, бусиз [инсон борлиги] шубҳали бўлиб қолади. Илм ўз зоти билан матлубдир, ҳақиқатан ҳам у барча нарсадан лаззатли. Илмдан

бошқа қандай нарсада манфаат зоҳирроқ ва қандайда фойда кўпроқ бўлади, фақат илм билангина ҳам дин, ҳам дунё учун хайрли ишларни қилиш ва уларга зарар келтиришдан сақланиш мумкин. Агар [илм] бўлмаганида [биз] жалб қилаётган [нарса] ёмонлик эмаслигига ва четланаётган [нарса] яхшилик эмаслигига ишонч бўлмас эди.

У [жоҳил] эслатган манфаатга келсак, агар у [бу ўринда] ўткинчи дунёвий манфаатларни назарда тутган бўлса, улар эмас, агарда [бундан] мақсади саломатлик бўлиб, [бундан] фақат деҳқончилик⁴, савдо, ижара олиш ва (3) / ижара беришни [назарда тутса], булар илмдан холи бўлмаса ҳам, хайрли ишдир, холос. Агарда у саломатликдан кечса, [унинг учун «фойда»] – алкимё, қаллоблик, муттаҳамлик, ўгирлик ва [бировга нисбатан бошқаларнинг] нафратини кўзгатишдир.

Бироқ учинчи бўлинишдаги [манфаат ҳам мавжуд] – ўйлайманки, очкўзлик зулмати қалб ва (24)// кўнгил нуруни тўсган киши бундан сақлана олмайди. Мен бу билан май савдоси, корин ва орқаларни ижарага бериш, энг яқинлар тарафидан энг узоқларга қўшмачи бўлишни назарда тутаман. Қандай қилиб ҳам сақлана оларди! У киши балки ўзи шу [ишни] макташ учун ҳар хил изоҳлашларга киришгандир, чунки у [нарсалар] ўзининг лаззатлиги билан уни хоҳловчиларга булутларидан «фойдалар» ёмғирини ёғдиради.

Мен ўша манфаатлар ҳақида эслаганда, [ғайриилм киши] охират аҳволларидан бирига яқинлашади деб ўйлайман. Хўп, у ўшани назарда тутди дейлик. Маълумки, у юзаки ибодат билан, бунга билимни олдин кўймасдан манфаатга эришолмайди. [Ибодат] эса мафтун қилувчидир ва оламда [хиллари] кўпдир, унга ҳар хил халқлар амал қиладилар; бу халқларда зиддиятлар [мавжуд] бўлганлиги учун уларни [ягона диний] ҳақиқат бирлаштириши мумкин эмас. Мана шу йўналишда [ғайриилм киши] мақсадига қандай йўналса ҳам амал уни оламнинг ўтмишда ва ҳозирдаги ҳолати ҳақида баҳсга олиб келади. Гарчанд у бу баҳсдан холи бўла олса ҳам, ўз йўлида олам тузилишидаги умумийликда ҳам, жузъийликда ҳам мавжуд бўлган тартиб ва интизом ҳақида синчковлик билан фикрлашдан ва уларнинг ҳақиқатини очишга интилишдан холи бўла олмайди. Бу билан у тадбиркорни ва унга хос сифатларни билишга интилади, бу эса уни пайғамбарликнинг (4)/ вожибми ёки тақик эканлигини билишга олиб келади, сўнгра пайғамбарлик даъво қилганлардан пайғамбарни билишни аниқлашга [мажбур] бўлади. [Пайғамбарлик] даъвогарлари кўпдир, уларнинг турличалигидан, шубҳасиз, янглишликдагилари ҳам бўлган.

Аллоҳ таоло бандаларининг энг ақллиларидан мана шу назарни хоҳлаган ва деган: – унинг айтганлари ёруғ ҳақиқатдир: – «... осмонлар ва ернинг яратилиши ҳақида фикр юритадилар: Раббимиз! Сен буни бекорга яратмагансан»⁵. Бу шарофатли оят мен (25)// муфассал баён қилган [нарсаларнинг] ҳаммасини ўз ичига олади; қачонки инсон бундан ҳақиқат [йўлида] фойдаланмаса, илм ва маърифатнинг катта [бойликларини] зое кетказган бўлади. Бу [оятни] у ё

тақлид қилиб ва ҳикоя тарзида олган ёки уни илм ва маърифат билан тадқиқ қилган тадқиқловчи билан тақлидчи орасида қандай фарқ бор-а! «Ахир билувчилар билан билмайдиганлар тенг бўладими! Ҳақиқатан ҳам зеҳнлилар эслай олади!»⁶ – чунки бу асосийларда тақлид қилувчи шахобчаларида тақлид қилувчига ўхшаб, у биринчисини жоҳилликда айблайди. Аллоҳ бу [оят] ҳақиқатига етказувчидир.

Илмларга келсак, – инсон ўз табиати билан уларни қабул қилишга қодир бўлганидан кейин, – унинг оламда борлиғи муддатида ҳукм суришидаги хизмат масалалари бунга [муружоат қилишга] мажбур қилди. Чунки [инсон] ҳожатларининг кўплиги ва қаноатининг камлиги, душманларининг кўплигига қарамасдан, мудофаа қуролларининг йўқлиги, унинг ўзига ўхшашлар билан бир-бирига ёрдамлашиш ва уларнинг (5)/ ҳаммасини унга ва бошқаларга етарли бўлган хизмат билан машгул бўлиш мақсадида жамоат бўлиб тўпланишга мажбур бўлди. [Кишиларнинг] ҳар бири бўлишда қисмларга ажралувчи ва икки баравар тўпланувчи нарсага муҳтож бўлдики, у бажариладиган ишлар билан керакли нарсалар орасида мутаносиблик ўрнатилсин, чунки улар ўз-ўзидан бир-бирига тенглаштирилган эмас ва бу [ишларда] уларга керак бўлган вақтлар ҳам тенг эмас. Шундай [қилиб кишилар] эквивалентлар ва қийматларни истилоҳ қилдиларки, булар эрувчи маъданлар, нафис жавохирлар ва шуларга ўхшашлардан иборат бўлиб, буларнинг мавжудлиги нодир, умри узун ва кўриниши мароқлидир. Улар бу [нарсаларни] одил тақсимлашга [асос] қилиб олганлар, бунга ўғрилар ва золимлар ҳам ўз ораларида муҳтож бўладилар; ҳатто қорабузов ва сақоқуш каби қушлар ҳам бусиз ўтолмайдилар⁷. Улар балиқ овлашда сувнинг саёз жойида икки гуруҳга бўлинадилар: бири қанотларини сувга уриб, (26)// уни тўлқинлантириш билан [балиқни] ҳайдаб овни [бошлайди]; иккинчи [гуруҳ]дагилар балиқни пойлаб туради ва тутади. Сўнгра [бу гуруҳдагилар] ўз-ўзича сувни тўлқинлатаётган гуруҳдагилар [иштирокисиз] балиқни еявермайди, балки улар [балиқларни] тумшукларининг остларидаги халталарга тўплайдилар, токи ҳаммаси [овдан] бўшамагунича. Шундан кейин [балиқни тумшукдаги халтадан] чиқардилар ва баравар тақсимлайдилар. Қудрат Аллоҳдадир, унга ҳамдлар бўлсин!

Сўнгра маданийлашган инсон ўз хирсига кўра уни ўзига мафтун қилган «тахланган кинторлар... нишонли отлар, инъомлар ва ерлар»га⁸ эга бўлиб олди ва бу [нарсаларни] ёки уларнинг ортиқча қисмларини (6)/ бировнинг мулкидан ўзининг мулкига [ҳисоблаб] ўтказишда ёки уларни бу ўтказишда шерик бўлган ўртоқлари билан бўлашишдаги бадалига ёки мерос сифатида ўтказишда ҳисоб ва юза ўлчашга заруран эҳтиёж тушди. Булар [ҳисоб ва юза ўлчаш] иккиси риёзат ва таълимий деб аталган билимларнинг асоси бўлди⁹. Уларнинг амалда қўлланиши геометрия илмидир¹⁰. Илмларнинг манфаати мана шундай.

Зеро, [инсон] турли офатларни ўзига олган ҳаводан нафас олганлиги, хусусият ва сифатлари ўзгариб турадиган сув ва ўсимликларни тановул қилганлиги, у ўзига ташқаридан келувчи ва ичкаридан қаттиқ хуруж қилувчи турли самовий ва ердаги ҳодисаларга дучор бўлиб турганлиги ва уларнинг баъзиларини рад этиш мумкинлиги ҳамда ҳар бир қаршисининг ўзига қаршиси мўлжалланганлиги сабабли, тажриба ва қиёслар тиббиёт ва ветеринария илмларининг асосини кўйишга олиб келди. Кунлар ўтиши билан инсон ривожланиб, физика илмига¹¹ эришди, бу [фан] инсонга ва аксарият ҳайвонларга манфаат келтиради, гарчи унинг билими мутлақ билим олдида сезиларли бўлмаса ҳам.

Маданий [кишиларнинг таъби] нозиклашганлари ва ҳатто нозикмаслари ҳам кўнгил очиш жойларига бориб куй эшитишдан ўзларини тия олмаганлар. Уларнинг диндорларига ҳам куй эшитишга рухсат этилган. Куй эса, агар у меъёрда бўлса, кўнгилга шиддатли таъсир кўрсатади; – ахир кўнгил тартибни қабул қилувчандир. Ҳатто у (7)/ шеъриятда ҳам, ундаги тартибнинг кучлилиги сабабли [оҳангни] топган. Кўнгил ўзи учун куйга солинган [шеъриятга] янада (27) // мойилроқдир, чунки бунда шеърнинг тартиби билан куйнинг оҳанги мужассамлашган. Шундай бўлгач, математиклар шундай [фан] яратдиларки, унда унинг асосларининг ҳақиқатини баён қилдилар ва у «илми мусиқий» деб маълум бўлди¹².

Сўнгра инсонда илмга интилиш [хусусияти] бўлганидан, у ўзидан ғойиб нарсаларни билишга қаттиқ тиришди. У [келажақда ҳар хил] офатлардан эҳтиёт бўлиш ва улардан даф қилиш мумкин бўлганларини даф қилиш учун хушёрликда бўлиш мақсадида ўзининг келгусидаги аҳволини билишга тиришди. Унинг тепасида эса Қуёшнинг ҳавога таъсири туфайли йил фаслларида юз берадиган ҳолатлар ва Ойнинг денгизлар ва намликларга таъсиридан ой чоракларида ҳамда кеча ва кундузда юз берадиган ҳолатлар кетма-кет алмашилиб турарди. Буларни [кузатиш] натижасида унинг тажрибаси ошиб, [инсон] бу икки [ёриткичдан] бошқа ёриткичларни қиёслашга ўтди. Натижада, унда аҳкоми нужум санъати ҳосил бўлдики, бу ўзига хос йўл билан ўзида бўлмаган нарсалар билан адоватсиз ва ноқулайликсиз боради.

Инсон нутққа эга бўлгани ва ўзининг муҳолифлари билан дунёвий ва охираат ишлари ҳақида баҳс-мунозара юритганлиги сабабли ўз сўзларида «мезонга» муҳтож бўлди. Гап ўз зоти билан ростни ҳам, ёлғонни ҳам [ўз ичига олиш] эҳтимоли борлигидан (8)/ [«мезон»] ёрдамида уни изчил текшириш ва шу йўсинда унинг шубҳали ерини тузатиш керак бўлган. Зероки, бу билан мубоҳасаларда [сўзлардан] тузилган силлогизмларнинг¹³ [кишини] адаштирувчи ёлғони ҳам, ҳақиқатни очувчи ростни ҳам аён қилинган. Инсон шу «мезонни» топди. Уни мантиқ дейилади.

Мантиқни билмасдан, ундан нафратланиб, уни ажабланарли атамалар билан атайдиган киши нақадар таажжубланарлидир! Агар у (28) // дангасалик-

ни ташлаб, оромга берилмасдан, гап билан боғланиб келадиган нахв¹⁴, аруз¹⁵ ва мантикни мутолаа қилганида эди сўз, зотан, наср ва назмга¹⁶ ажралишини билган бўларди. Нахв насрда ва аруз назмда [айтилган] сўзнинг меъёрини ўлчовчи ва хатосини тузатувчи аниқ иккита мезон бўлиб қолди, лекин нахв булар иккисининг умумийроғидир, чунки у насрни ҳам, назмни ҳам биргаликда ўз ичига қамраб олади.

Сўнгра, сўз мана шу икки қисмда [наср ва назмда] ҳам сўзловчи мақсад қилган маънодан иборат бўлиб қолди; агар [бирор] маънога эга [жумлалар] тузилиб, улар [бир-бири] билан қиёс қилинса, уларда [маълум] маъно топиллади ёки у инкор қилинади. Шундай қилиб, мантиқ ва унинг қиёслари [ўшандай жумлалар] тузишда мезон бўлиб қолди, бу эса умумийликда нахвга ўхшайди. Шу учала [фан ҳам] «пойга отлари»¹⁷ каби бир-бирига ўхшаш, булардан бирининг қоидасининг бузилиши қолган иккитасига таъсир қилмай иложи йўқ.

Лекин бу икки [фан]дан¹⁸ мантиқ Аристотелга¹⁹ мансуб бўлиб, унинг қараш ва эътиқодларидан эса исломга мувофиқ келмайдиганлари кўрилган эди, чунки унинг қарашлари назарий [билимдан] бўлиб, диндан эмас эди. Унинг даврида юнонлар ва (9)/ румлар²⁰ санам ва юлдузларга топинар эдилар. Шунинг учун энди [баъзи] бемулоҳазалиқдан мутаассиб [бўлган] кишилар охири син билан аталган ҳар бир кишини кофирлик ва даҳрийликка мансуб қилади²¹. Син эса ўша халқларнинг сўзи ва тилида исмнинг ўзагига тегишли бўлмай, у араб тилидаги «мубтадо бихи»нинг²² «рафъи»²³ ўрнида туради. Шунда бирор нарсани тушириб қолдириш ёки унинг эгасига нисбатан эътиборсизликдан уни сохталаштириш, шунингдек, унинг бошқа нарса ҳақида айтган [айрим] хатоликлари деб ҳақиқатдан юз ўгириш бу ҳақда «Танзил»да²⁴ айтилганга зиддир. Аллоҳ таоло айтган: «...сўзга қулоқ солувчилар ва унинг энг яхшисига амал қилувчилар! Булар Аллоҳ тўғри йўлдан бошқариб борувчи одамлардир»²⁵. Ҳа, мантиқ юнонлар тилига ўхшаш алфозда ёзилган ва иборалари янги давр олимларига маълум бўлганга хилоф. Шунинг учун [мантикни тушуниш] масаласи ўз-ўзидан нозик бўлиб, у яна қалтислашади ва [ҳозирги] кишиларга уни англаш оғирлашади, шу сабабли улар ундан узоклашадилар.

(29)// Мана энди биз буларни мубоҳасаларда, каломнинг асосларида²⁶ ва фикҳда²⁷ уларнинг услубидан фойдаланаётганларини кўрамиз, бироқ [буни] ўз одатларига [хос] ибораларда ва улардан нафратланмай [бажарадилар]. Мабодо уларга «Исағужуи»²⁸, «Қатиғуриас»²⁹, «Пари арминяс»³⁰ ва «Аналутико»³¹ларни эслатилса, у [ҳолда] уларнинг бундан жирканганини ва «уларнинг ўлим [хавфидан] маҳрум бўлганларнинг қарашини билан қараётганини»³² кўрасиз. Улар ҳақдирлар, жиноят эса таржимонлар томонидан [қилинган]. (10)/ [Ҳақиқатан ҳам], агар у исмлар араб тилига таржима қилинса ва «Кириш китоби», «Категориялар», «Иборалар», Қиёс ва Исбот» деб айтилса эди, ҳамма уларни эътироз билдирмай, қабул қилган бўларди.

Илмларнинг ҳолати мана шудир. Улар инсон ҳаётидаги зарурий эҳтиёжларининг натижасидир, шунга кўра улар тармоқларга ажралиб кетган. Уларга эҳтиёжнинг пайдо бўлиши эса уларнинг келтирадиган манфаатидадир, лекин улар ёрдамида топиладиган қумуш ва олтинларда эмас.

Ёки араблар тилидаги мана бу балоғани [олайлик]. Агар унинг манфати ҳақида сўралса, бу унинг ўз зотида – фазилатдир. Бу ҳақда пайгамбар алайҳиссалом «Ҳақиқатан нотикликда сеҳрли [куч] бор»³³, деган. Балоғанинг мавжудлиги туфайли ислом ва иймоннинг асли бўлмиш Қуръоннинг ожиз килувчилиги исботланади. Унинг ёрдамида баъзи кишилар бошқаларидан манфаат ундирадидлар, ҳатто ундан фойдаланиш билан [баъзилар] бу дунёнинг хоҳлаш мумкин бўлган энг фароғатли ва омонатли [ҳолатларига] эришганлар, ҳамда вазирлик лавозимигача кўтарилганлар, бу эса халифаликка энг яқин [лавозимдир]. Балки балоғанинг араблар тилидан бошқа тилларга кўчиришда бозори юришмагандир; сен [бошқа мамлакатларда балоға] эгасининг (30)// камбағаллигини кўрасан ва [балоға] унга [фақат] бало келтиради ҳамда очликдан қутқармайди. Бироқ [нотикларнинг] бу қашшоқлиги балоғанинг фазилатини туширмайди, бошқа нарса орқали фароғатга эришган кишининг қадрини ҳам оширмайди, чунки нарсанинг ўз зотидаги фазилати – ундан тасодифан [олинадиган] манфаатда эмас³⁴.

Мен бир вақт йиғинда битта тилшунос билан учрашиб қолган эдим, (11)/ у ерда «Йўллар ва мамлакатлар китоби»³⁵ ҳақида гап кетаётган эди. Шунда мазкур тилшунос ўша [китобни] шунчалик камситдики, ҳатто уни маълум [фанлар] жумласидан чиқариб юбораёзди. У ўзининг сўзларида фойда ҳақидаги гапларга таяниб, мамлакатлар орасидаги масофаларнинг миқдорини топишнинг бефойда эканлигини [уктирарди]. Ажабланишли [ҳеч нарса] бўлмаса ҳам мен ундан таажжубланиб қолдим, чунки хоҳишлар турли ва истаклар ҳар хил бўлади. Айтганларидек, хоҳиш ва истаклар ҳақида хусумат бўлмаса ҳам, уларни [бутунлай] қўйиб юбормасдан, бошқаларнинг [иштирокисиз], бир шахс билан чегаралаш яхшироқдир.

Бу [тилшунос] билан унга қарши чиқувчи ва форс тилини араб тилидан афзал кўрувчи ва унга: «Эганинг рафъда³⁶, тўлдирувчининг насбда³⁷ бўлганидан ва сендаги тилнинг бошқа сабаб ва ажойибликларидан нима фойда бор? Мен араб тилига асло муҳтож эмасман!» деб айтадиган бирор замондошимиз орасида [ҳеч қандай] фарқ йўқ. Унинг бу хитоби [фақат] ўзига нисбатан тўгри, лекин мутлақо эмас.

Қандай қилиб у [тилшуноздан] таажжубланмайин, ахир у Аллоҳ таолонинг [ушбу] сўзларини келтирган-ку: «Айт: Ерда юриб боринглар, кейин қаранглар, ёлғон деб ҳисобловчиларнинг оқибати нима бўлди»³⁸, – У таолонинг яна айтганлари: «Ахир улар (31)// ерда юрмаганми эдилар ва улардан олдин бўлганларнинг оқибати нима бўлганини кўрмаганми эдилар?»³⁹, – унинг яна айтганлари: «Менинг қулим билан тунда чиқ, сизларнинг кетин-

гиздан қувлайдилар»⁴⁰, унинг яна айтганлари: «Туннинг [бир] қисмидан [кейин] оиланг билан йўлга чиқ...»⁴¹ ва бошқалар ёки унинг сайр ва эътибор юзасидан қилинадиган (12)/ тунги юришлар, ғазавот, ҳаж ва ҳижрат ҳақидаги насихатлари. Кейин бу дунёдаги ўзига [тегишли] насибаси – буни эса унутиб бўлмайди – амал тутиш ҳақидаги ва бошқа машаққатли сафарларсиз ҳал қилинмайдиган нарсалар ҳақидаги [насихатлари]⁴². Кейин, унинг – унга мақтовлар бўлсин! – сафарлари, чунончи, Искандар Зулқарнайнинг Қуёш чиқиш ва ботиш жойларига етганлиги, Мусо алайҳиссаломнинг икки денгиз кўшилиш жойига етганлиги⁴³, пайгамбар саллаллоҳу алайҳи васалламнинг Масжид Ал-ҳаромдан⁴⁴ Масжид Ал-ақсога [тундаги] саёҳати⁴⁵, унинг Маккадан Мадинага ҳижрати⁴⁶ ва унинг ғазавотидаги сафарлари ҳамда бу билан кўшиладиган ўтирувчиларнинг айбланиши⁴⁷ ва шуларнинг [ҳаммасидан четлашиб] орқада қолувчиларнинг айбланиши⁴⁸ ҳақидаги [панд-насихатлари].

Ахир уларнинг ҳаммаси ўзини хавф остига қўйиб сафар қилганми ва «захарни ўзида синаб кўрганми» ёки улар йўналишларида азимутларга таянганмилар, қатналган йўллардан юрганмилар, саёҳат йўллари ва булоқлар орасидаги масофаларни ҳисоблаганми эдилар ва [ёки] уларга Аллоҳ таоло томонидан [юборилган] йўлбошчиларининг қадамларини, қоронғилик, қуруқлик ва денгизда (32)// тўғри йўлдан бориш учун, юлдузлар билан боғлаганми эдилар? Ахир йўловчилар [йўлбошчиларга] нисбатан шогирд устозига нисбатан ёки йўл изловчининг йўл кўрсатувчига нисбатан ҳолатидек эмасмидилар?

Саёҳат қилишга аҳволи тўғри келмаган кишига мисол: агар бир шаҳарга келиб унинг йўлларини, бозорларини ва кўчаларини билмаган кишининг хайрон қолиши билан буларнинг ҳаммаси унга аён бўлган шу [шаҳарнинг] бирор аҳли билан солиштирилса, иккисининг ҳолатида (13)/ сокинлик билан безовталиқ ва хайратланиш билан бемалол [ўз йўлида] кетавериш орасида қандай катта фарқ бўлади! Йўллар ҳақида билимга эга бўлган ёки ундан беҳабар кишининг саёҳатдаги аҳволи мисли шундай бўлади.

Агар шуларни билолмаган киши бўлса, у буларни каптарлар йўлбошчиларининг қимматли хусусиятларидан билади – уларнинг кадр-қиммати эса уларга хос бўлган йўл топа олиш ва [жойларни] билиш билан фойда [қелтиришидадир]. Ахир ҳар бир инсоннинг – фақат [инсоннинг] эмас, балки каптарнинг ёки ҳар бир ҳайвоннинг кадр-қиммати [ўз ишини] жуда яхши қилишидадир. Ёки у адашган қарвонлар бошлиқларининг йўлни топишдаги ожизлигидан энг тажрибали туяларининг ёрдамига таянишидан [билади]. Қандай Қароматли Нарса туянинг кадрини [шу даража] кўтарганки, ҳатто инсон, – бу гапирувчи тирик [мавжудот], – унинг ёрдамига муҳтож!

(33)// Агар [йўллар ва масофалар ҳақидаги билимни инкор этган киши] Холид ибн ал-Валиднинг⁴⁹ Ироқ ва Шом орасидаги саҳрони кезиб ўтишда хавф-хатарларга дучор бўлгани ва йўл бошловчи кўзи оғригани туфайли кўриши ожизлашиб йўлни кўролмаганлигига қарамай, [маълум] аломат-

ларга кўра, унинг [аскарларини] сув бор жойга олиб чиққани ҳақидаги хабарни билганида эди, шу [йўл бошловчи] жонидан умидини узган бир қанча одамнинг ҳаётини сақлаб қолганини билган бўларди.

Бизнинг замонамизга яқин [пайтда] Сироф⁵⁰ даргалари⁵¹ орасида денгиз йўлларини яхши биладиган мохир бир денгизчи бўлган эди. Уни Мофанно деб аташарди. Кема эгаларидан бири Хитойга [сузиш] учун уни катта мол эвазига ижарага олди. Хитойга кириш жойларига яқинлашилганида, – (14)/ бу эса дарёларнинг баланд тоғлар орасидан денгизга тушиш жойидаги ўзанидир, – Хитой мамлакатининг биринчи шаҳри ва унинг мақсади бўлмиш Хонфу⁵² [шаҳрига] кириш жойига етишига шамол тўсқинлик қилди. Мофанно Хонфудан бошқа шаҳарга олиб борадиган кириш жойига турди. Кема эгаси эса Мофаннодан денгизга қайтишини сўради, бундан мақсади Хонфуга кириш жойига [бориш] эди. Шунда Мофанно уни денгиздаги бахтсизлик ходисаларидан эҳтиёт бўлишга огоҳлантирди – шу пайтгача (34)// у улардан омон чиққан эди. Лекин [кема] эгаси кўнмади ва кема денгиз гирдобига кайтарилди. Сўнг унга шамол урилиб, уни ҳалок қилди.

Мофанно ўзини ёнидан сузиб кетаётган ёғочга ташлади ва уч кеча-ю кундуз, токи Зобаждан⁵³ Хитойга кетаётган адашиб қолган бир кичик кема учрамагунича денгизда қолди.

Мофанно уларга имо-ишора қилди, унинг шуҳрати туфайли [кемага] олдилар. Унинг борлигидан [кемадагилар] суюндилар ва ундан [кемани] бошқаришни сўрадилар. У эса эвазига ижара талаб қилди. Шунда кема эгаси ғазабланиб, унга: «Ахир жонингни халос қилганимиз етмайдим сенга, сен биздан ҳатто ижара талаб қиляпсан? Омонлик [излашда] сен бизга шерик бўлиб қолдинг-ку!» – деди. У айтди: «Ё мен [кемангизни] бошқармайман ёки менга пул берасизлар. Мен учун ўлим ҳам ва шу аҳволда Хитойга кириб бориш ҳам – бари бир». Кема эгаси деди: «Агар бизни бошқармасанг, сени [аввалги] ҳолингга қайтараман!» У деди: «Хоҳлаганинг!» Шундан кейин уни [денгиздаги] ёғочга улоқтирдилар, сўнг ўзлари кетдилар ва токи ҳалок бўлгунларигача [денгизда] шундай адашиб юрдилар.

Мофанно токи [яна] бошқа адашган кичик бир кема унинг ёнидан ўтмагунича денгизда яна икки кун қолди. (15)/ [Кемадагилар] сўраб унинг ахволдан хабардор бўлдилар ва унинг буларга нисбатан азму қарори [қандай эканлигини] сўрадилар. У айтди: «Ижара талаб қиламан. Ёки бўлмаса мени денгиз гирдобига ташланг», – деди. Шунда унга икки юз мисқол олтин бердилар. У кема рулини ўз қўлига олди ва денгизга лўтни ташлади; – бу эса оғир (35)// кўрғошин [асбоб] бўлиб, бунинг ёрдамида [денгиз] чуқурлигининг ва унинг қаъридаги тоғлар баландлигининг миқдори ўлчанади. [Мофанно лўтни кўтарганида] у [денгиз] тубидаги лой билан чиқди. [Мофанно] уни ҳидлаб кўриб, бундан [кема] турган жойни аниқлади. Сўнг кемани аниқ йўлдан бошлади ва ўзи ҳам соғ-саломат қолди.

Фараз қилайлик, [географияни ёктирмайдиган киши] жойида қолувчилар билан ўтиришни ҳаракатда юришдан афзал кўриб, бу нав билимларга мухтож бўлмасин. Ахир башарият ўзидан берк ва аҳволи ўзига номаълум нарсаларни қаттиқ хирс билан ўрганишга мойилликда яратилган эмасми? Ҳатто болаларнинг ҳам, ярамас [одатлари] ва хулқи бузукликларига қарамай, [ҳар хил] хабарлардан севинишларини кўрасан [киши]. Ўйин-қулгидан зерикканларида эса эртақ эшитмай хотиржам бўлмайдилар ва дам ололмайдилар.

Шунинг учун шаҳарлари маконда ғойиб бўлгани каби ўзлари замонда ғойиб бўлган ўтмишдагиларнинг тарихлари битилган ва хабарлари ёзиб қолдирилган. Лекин ҳозир [янги шаҳарлар] мавжуд, у [қадимги] одамлар эса абадий йўқолганлиги сабабли шаҳарларнинг аҳволи [одамларниқидан] афзалроқдир. Агар тинкани қуритувчи оғир қийинчиликлар ва [инсондан] устун келувчи монеликлар ҳаёлга келмаса эди, [номаълумни билишга интилиш] одамларнинг аксарияти шаҳарларни кезиш ва (16)/ Ернинг ҳар тарафидаги мамлакатларни ўз кўзи билан кўришга қудрати етишини хоҳларди. Агарда бунга ақлий монелик қаршилик кўрсатмаса ёки жисмоний томондан тўсиқлик бўлмаса, камдан-кам киши [ажойиб] ходисаларни кўришдан ўзини тия олади; бу ҳолда у сабр қилиш ва хохишидан ўзини тийишга мажбур бўлади.

Кейин бу нарсаларнинг ҳаммасини тарк этиб, уларни ўз тарафидан инкор этувчи кимсага қолдирайликда, улардан юз ўгирайлик ва биз қибла азимутини⁵⁴ аниқлашга қаттиқ эҳтиёжимиз тушиши ҳамда [қибла] исломнинг устуни ва қутби бўлганлиги учун бу ҳақда бизга керакли нарсани баён қилайлик. Аллоҳ таоло айтган: «Қаердан чиққан бўлсанг ҳам юзингни Масжид Ал-ҳаром томонга ўғир, қаерда бўлсангиз ҳам юзингизни унинг томонига ўғиринг»⁵⁵.

Аввалдан маълумки, (36)// бу томонлар Каъбадан қайси тарафга узоқлашишига қараб турлича бўлади. Бу турличалик Масжид Ал-ҳаромнинг ўзида аниқ кўрингач, ундан бошқа жойларда қанчалик бўлиши мумкин-а! Агар, [Каъбагача] масофа кичик бўлса, унғача йўналишни ҳар бир синчков киши топа олади. Лекин масофа узоқ бўлса, у йўналишни астрономлардан⁵⁶ бошқа киши топа олмайди.

Ҳар бир ҳунарнинг [ўз] билимдонлари бўлади. Улар шаҳарларнинг узунламаларини⁵⁷, яъни шаҳарларнинг шарқ ва гарбга бир-биридан шундай йўналишида узоқлашишини ва кенгламаларини⁵⁸, яъни бу билан улар шимол ва жанубга бир-биридан узоқлашишини, [худди] астрономияда мавжудлик масалаларига оғирликка эга [нарсаларнинг олам] маркази⁵⁹ томон ҳаракатланиши каби [ёндашилганидек] ёндашиб, аниқлаб бўлганлар.

Бироқ инсонлар ишни моҳир усталарга топширмайдилар. Улар ўзлари бирор илмнинг [арзимас] заррачаларига шўнғиганликларидан ажабланиб, унинг асос ва негизларига қарамасдан, қолган [қисмини] ҳам ўзлаштираман (17)/

деб ўйлайдилар ва натижада, унда чувалашиб қоладилар. Ва сиз уларнинг қибла [йўналишини] аниқлашда шамолларнинг эсиш йўналиши ва Ой манзилларининг матолиълари каби бу ишда фойдасиз нарсаларни топиш билан машғулликларини кўрасиз⁶⁰.

Сўнгра, бу илм⁶¹ аҳллари ҳам қиблани [мазкур ҳодисаларга] кўра топа олмайдилар-ку, бу илмдан узоқ бўлганлар қандай топарди!

Буларнинг ҳаммасидан ҳам энг ажабланарлиси юқори кульминацияни⁶² [ўлчаш] билан шуғулланиб, аввало, уни яшаш жойларининг⁶³ ҳаммасида ҳам бир вақтда бўлишига ишонувчи кишидир. У бунга «Қуёш Макка аҳлининг зенитида⁶⁴ туради» деган бошқа бир муқаддимани қўшади. Кейин бу икки [муқаддима]дан «қиёс»⁶⁵ тузади ва «юқори кульминация вақти яшаш жойларининг ҳаммасида битта Қуёш Макка зенитида юқори кульминация пайтида бўлади», дейди. Сўнг натижа қилиб, у «юқори кульминация пайтида Қуёшга юз ўгириш, бу – Маккага юз ўгиришдир», деб айтади.

Лекин бу «қиёсчи» [вақтини] бекорга ўтказган, чунки у ўз қиёсини икки муқаддимага асослаган: бири – ёлғон, иккинчиси – жузъий бўлиб, у буни умумий деб қабул қилган. Бундай [киши] билан, у астрономия (37)// илмдан бутунлай ажралганлиги учун баҳслашиб ўтирилмайди. Лекин биз, у [«қиёсчи»]нинг ўз ақл мулоҳазаларига кўра, унинг «эмаклашини» [текширамыз] ва ундан Макканинг ўзидаги қиёси ҳақида сўраймиз: нима учун у ерда қибла меридиан чизигида бўлмайди? [Шунингдек], Маккадан бир мил⁶⁶ (18)/ миқдорича шарқ ва ғарбга узоқлашган жойлар ҳақида сўраймиз: нега у ерларда меридиан чизиги бўйлаб намоз ўқилмайди, ваҳоланки уларнинг ҳаммасида ҳам бу [чизик] бор – у учун ҳақиқатда битта, астрономлар учун эса ҳиссий битта.

Шу одамлар жумласида «Эчкича»⁶⁷ деб маълум бўлган Қутб [юлдузини] эътиборга олиб [иш кўрадиган] кишидан ҳақиқатга яқинроғи йўқ, чунки унинг турғунлиги юрилган йўл азимутини⁶⁸ тақрибан тўғрилаш [имконини] беради. Агар йўловчи айтарли катта бўлмаган масофаларда шу йўл азимути бўйлаб юрса, Каъбага ёки унинг атрофларига дуч келади. [Аллоҳ] таолонинг: «Юзингизни унинг томонига ўгиринг!»⁶⁹ деган сўзлари ана шунга қаратилган.

Агар бизга шаҳарлар орасидаги масофаларни топишнинг ва [Ер] маъмур⁷⁰ [қисмининг] чегараларини [аниқлашнинг] ҳожати бўлмаганида эди – бир шаҳарнинг бошқасига нисбатан азимути эса шуларга кўра аниқланади⁷¹ – у ҳолда бутун эътиборимизни қиблага жалб қилиш ва ҳаракатимизни унга сарфлашимиз керак бўларди. Ислом эса, Ернинг кўпроқ [қисмини] камради; унинг мулки шарқ ва ғарбнинг энг узоқ [ерларига] етди ва [у ерлардаги] ҳар бир [киши] намоз ўқишга ва қиблага қараб дуо қилишга муҳтож.

Мен бу [масофаларни] тузатиш ёки уларни тузатишга йўл кўрсатиш [борасида] қилган хизматларим учун охиратда мукофотланмайман ва бу дунёда тақдирланмайман (19)/ деб ўйламайман.

Мен илгаридан (38)// Птолемейнинг⁷² «География»⁷³ китобида, Ал-Жайҳоний⁷⁴ ва бошқаларнинг «Йўллар ҳақида китоблар»ида [баён қилинган] усулларни умумлаштиришга, тарқалиб ётган [хабарларни] тўплашга, қийинчиликларни осонлатишга ва шу фанни камолотга етказишга азму қарор қилганман⁷⁵. Мен масофаларни, шаҳар ва жойларнинг номларини тузатишдан бошладим, [бунда] у ерларда юрганлардан эшитганимга ва уларнинг шоҳиди бўлганлардан тўпланган [маълумотларга] таяндим. Олдин кўрган-эшитганлардан баъзиларининг [маълумотларини] бошқасиники билан солиштириб, эҳтиёткорлик [билан иш тутдим] ва бу [маълумотларнинг] тўғрилигига ишонч ҳосил қилдим.

Шу мақсадимга эришиш йўлида ўзим хоҳлаган молу дунёни ҳам, кучимни ҳам аямадим, масофалардан узунлама ва кенгламаларни аниқлаш учун диаметри ўн газ бўлган ярим сфера ясадим⁷⁶, чунки [масофаларнинг] кўплиги ва [ҳисоблашнинг] узунлиги сабабли [математик] ҳисоблашдан фойдаланишга вақт зик эди.

Бироқ мен ҳосил қилинган натижаларни ёзувда битиб, тинчликка ва [бахтсиз] ҳодисалардан сақланишимга ишонмаганлигимдан, ёдлаб олмаган эдим. Қачонки, фалокат мени ғафлатда топгач, ўша мен эслатган нарсаларнинг ҳаммасини нобуд қилди, шунингдек, ҳаракатларимнинг бошқа [маҳсулотларини] ҳам нобуд қилди. Ҳамма нарса йўқ бўлди, «гўёки кеча бой бўлмагандек»⁷⁷. Агар Аллоҳ йўқолганларни қайтарса эди, – у эса бунга кодир, – уларни охирига етказишим қийин бўлмас эди.

Энди эса мен айтаман: агар биз ақлий далиллар (20)/ ва мантикий (39)// тўғри силлогизмлар ёрдамида олам барпо бўлганлигини билишга, бошланишидан ҳақиқатга ва мавжудликка бориб тақалишини била олишга эришсак ҳам, биз бу [силлогизмлар] ва уларга ўхшашлар ёрдамида у бўлақларнинг миқдорини била олмаймиз ва булар ёрдамида олам барпо бўлган санани аниқлаш имконига ҳам эга бўлмаймиз.

Гап шундаки, ушбу таркиб ва тузилишдаги силлогизмни [олайлик]: жисм ўзи билан кетма-кет келувчи пайдо бўлишлардан ажралмасдир; пайдо бўлишлардан ажралмас барча нарсалар ҳам улар каби пайдо бўлишлардир. Демак, жисм пайдо бўлади, у азалдан мавжуд эмас. Натижада, бу силлогизм биринчи шаклда жисмнинг пайдо бўлишлигига олиб келади. Лекин пайдо бўлишлар кетма-кетлигининг чексиз бўлиши мумкин эмас, чунки бу – замоннинг азалдан мавжуд бўлганлигини вожиб қиларди, бу эса амримаҳол. Чунки агар биз айтсакки, ўтмиш замоннинг бўлақларидан иборат, яъни [осмоннинг] сана олинадиган, [миқдоран] ўса оладиган мавжуд айланишларидан иборат ва ҳар бир мавжуд сана олинадиган [нарса] бирдан бошланади ва санокда аниқ чегара билан чегараланади [десак], у ҳолда замон (40)// [бирор] ибтидосидан бошланади ва бирор аниқ онда тугайди [деган бўламиз]. Демак, [ўша

силлогизмдаги] биринчи шаклдан натижа бўлиб замон тугаладиган ва пайдо бўладиганлиги келиб чиқади.

Аммо [замоннинг] ҳақиқий бўлақларини, яъни ўтмиш йиллар, ойлар ва кунларни, уларнинг миқдор – санокларини билишга келсак, у ҳолда ақллар уларни бирор усулдаги қиёс билан билишларининг имконияти (21)/ йўқ.

Замоннинг бошланиши ва олам яратилиши биз фараз қилган бирор лаҳзадан замон онларидан бирор онча олдин келган бўлиши мумкин. Бунинг манбаи [фақат] ишончли [одамдан] эшитганга [асосланиши мумкин], кудратли ва улуғ Тангрининг Китобига ва бошқа тўғри асарларга келсак, улар бу ҳақда бирор нарса демаган, албатта.

(41)// Аммо яхудий, насроний ҳамда собий ва мажусийлар каби бошқа китоб аҳлларига келсак, улар биринчи инсондан сана бошлашда бир-бирлари билан келишадилар⁷⁸. Сўнгра, у [вактнинг] миқдори ҳақида улар орасида катта келишмовчилик бор. Олам яратилиши ҳақида эса улар фақат «Таврот»нинг бошланишидаги [ояти] сабабли бир-бирига эътироз билдирадилар – том маънода бўлмаса ҳам, унинг сўзма-сўз маъноси бундай: «Бошида Аллоҳ осмон ва Ернинг ўзинигина яратган. Ер хароб эди ва Аллоҳ шамоли сув юзида кезиб юрарди». Улар ўша кун олам яратилган ҳафтанинг биринчи кунидир, деб уктирадилар. Лекин у муддат кундуз ва кеча билан ўлчанмайди, чунки буларнинг сабаби – Қуёш ва унинг чиқиш, ботишидир. Қуёш эса ой билан бирга ўша ҳафтанинг чоршанба кунда яратилган. Ахир [шундай экан], қандай қилиб ўша [ҳафта] кунларини биз ҳозир ҳисоблаётган кунлардек, (22)/ деб ўйлаш мумкин! «Танзил»да «сенинг Раббингда кун сиз ҳисоблайдиган минг йилдек»⁷⁹, деб айтилган. Яна бир жойда: «миқдори эллик минг йил бўлган кунда»⁸⁰ дейилган. Демак, бундан кўринадики, у муддат биз ҳозир ўлчайдиган ўлчов билан аниқланмайди ва, демак, уни яратилиш бошланиши жиҳатидан аниқлаш йўли йўқ.

«Таврот» яратилиш чегараланган ўша ҳафтанинг жума кунда биринчи инсоннинг борлиққа [келганлиги] ҳақида айтса ҳам, лекин Аллоҳ таоло малакларнинг [унга] айтганлари ҳақида бундай деган: «Ахир Сен у ерда фасод келтирувчи ва қон тўкувчини яратмоқчимисан, биз эса Сенинг шарафингга мақтов келтирамиз ва Сени муқаддаслаймиз»⁸¹.

Биз [олам яратилиш] ҳолати ҳақида фақат қараб кузатиладиган, ҳосил бўлиши учун, икки тарафдан чегараланган бўлса ҳам, лекин жуда катта муддат керак бўлган қадимги [жараёнларнинг] изларидангина биламиз. Масалан, тошга айланган лой ва (42)// қум билан боғланган ва текис, рангли тошлардан таркиб бўлган баланд тоғлар [ўша излардандир]. Агар кимда-ким бу масала ҳақида чуқур ўйласа ва унга тўғри йўл топса, кўрадики, бу тош парчалари ва шагаллар – аслида тошлар бўлиб, тоғларнинг ёрилиши ва [қояларнинг] урилишидаги парчаланиш [натижасидир]. Кейин улар узок [вакт] жараёнида сув оқими ва шамол таъсирида бўлган ва уларнинг ишқаланиши узок давом этиб,

натижада сийқалаша борган. Уларнинг сийқаланиши бурчаклари ва ўткир кирралари томонидан бошланган, ҳатто уларни йўқ қилиб, силликлаб қўйган. (23)/ Улардан ажралган заррачалар эса қум, сўнгра чангдир. Ўша шагаллар дарёларнинг ўзанларида тўплана бориб, ҳатто уларни тўсиб қўйган. Улар орасидан қум ва чанг ўтиб, улар билан аралашган ва ўзанларда кўмилиб қолган. Устидан [сув] оқимлари ўтиб, улар остда, чуқурликда қолди, аввал эса Ер юзида – устида эди. Совуқ сабабли улар тошга айланган, тошлар олов таъсирида эритилади, чунки совуқ билан қотган нарса иссиқ билан эрийди ва иссиқ билан қотган нарса совуқ билан эрийди.

Агар биз мана шундай текис тошлардан ташкил топган тоғни учратсак – улар орасида бундайлари кўп – биламизки, унинг пайдо бўлиши биз тавсифлаганимиздек ва у ўзгариб турган: бир марта [парчаланиб] пастга тушган ва яна юқорига кўтарилган. Бу ҳодисаларнинг ҳаммасига, албатта, миқдорини билиб бўлмайдиган узок замонлар зарур бўлган ва улар сифати номаълум ўзгаришлар остида юз берган.

Ернинг обод қисми ўша [ҳодисаларга] кўра навбат билан Ернинг [ҳар хил] жойларига [кўчиб] туради. Унинг қисмлари бир жойдан бошқасига кўчганида у билан бирга унинг оғирлиги ҳам кўчган ва [Ернинг] чеккаларида у ўзгариб турган. Ер эса ўзининг оғирлик маркази олам марказида бўлганидагина барқарор ҳолатда бўлади, бу эса [Ер] учун ўша ўзгаришнинг мувозанатланишини тақозо қилади. Бундан [Ернинг] оғирлик маркази, унинг кўчиб турувчи қисмларининг ҳолати ўзгаришига қараб, ўзгариб туради.

(43)// Замон ўтиши билан [қуруклик] қисмларининг (24)/ [Ер] марказидан масофаси бир хил миқдорда, ўзгармасдан турган эмас. Улар кўтарилганида ёки атрофидаги [қум ва тупроқ] билан кўмиб юборилганида сувлар камайган, булоқлар қуриган, чуқур дарё ўзанлари [ҳосил бўлган] ва яшаш жойларида ободончилик қийинлашган, одамлар эса бошқа жойларга кўчган. У хароблик жуда қадим замонларга мансубдир, у харобликнинг обод бўлган [пайти] эса [ўтмишдаги] ўсиш ва ёшликка мансуб. Шу сабабли иссиқ ерлар совиган ва совуқ ерлар исиган.

Абу-л-Аббос ал-Эроншаҳрий⁸² Кермон⁸³ шаҳарларидан бўлмиш Сиржондан⁸⁴ бир фарсах⁸⁵ [масофадаги] ал-Байзо⁸⁶ деб аталувчи қалъада бир вақтлар шу ерда бўлган хурмо дарахтларининг илдизини ўз кўзи билан кўрганлигини айтган. Лекин бу жой совуқлашиб, хурмоларни совуқ урган ва улар қуриган. Унинг даврига келиб, бу жойдан йигирма фарсах узокликдаги атрофда хурмо ўсмаган. Бу ҳодисанинг тўғрироқ баёни [шуки], – шу жой кўтарилганида унинг атрофидаги илгари оққан канал ва анҳорлар қуриган.

Шундай қилиб, [қадим] замонларда денгиз қуруклик ўрнига ва қуруклик денгиз ўрнига кўчган. Агар оламда инсон вужудга келганидан олдин бўлса, [качонлиги] номаълум, агарда ундан кейин бўлса, у [одамларнинг] ёдида сақланмаган, чунки узок муддат ўтиши билан хабарлар унутилади⁸⁷, айниқса,

бўлакма-бўлак, [кетма-кет] юз берадиган ходисаларда [шундай бўлиб], уларни факат махсус [кишиларгина] идрок қила олади.

(44)// [Мисол учун] мана бу Арабистон саҳросини⁸⁸ олайлик. Бир вақтлар у денгиз бўлган, кейин [қум билан] кўмилган, (25)/ бунинг изи у ерда ариқ ва ҳовузлар қавланганида тупрок, қум ва шағал қатламларида кўринади. Сўнгра у ерда сопол, шиша синиқлари ва суяклар топиладики, бу нарсалар у ерга қасддан дафн қилинган деган эҳтимолга йўл қўймайди. У ердан [шундай] тошлар қавлаб олинадики, агар уларни майдаланса орасидан садаф, чиғанок ва «балиқ қулоқлари»⁸⁹ деб аталадиган нарсаларнинг ўзи бутун сақланган ҳолда ёки чириб, тўзиб кетган бўлиб, худди уларнинг шаклидек шаклга эга бўлган бўшлиқлар қолганлиги кўринади. Буларга ўхшаш нарсалар Хазар денгизи⁹⁰ соҳилидаги Боб ал-абвобда⁹¹ ҳам топилади. Бу [нарсаларнинг] ҳосил бўлиш тарихи ҳақида [ҳеч қаерда] бирор маълум вақт эслатилган эмас.

Араблар [Арабистон саҳросида] уларнинг энг биринчи [аждоди] Яқтон⁹² давридан бери яшаб келади. Балки бу саҳро денгиз бўлган пайтда уларнинг маскани Яман тоғлари бўлгандир. Яманликлар эса энг қадимги ва энг тоза қон араблардир. Уларнинг икки тоғ орасидаги тўгондан иборат маданий [иншооти] бўлган, ундаги сув ўша тоғларнинг чўққиларигача кўтарилган ва уни даҳшатли сел ювиб кетмагунича ўнг ва чапдаги икки боғни суғорган. Кейин сув [юзаси] пасайган ва маданият сўнган ва «аччиқ меваси, юлғуни ва бир оз сидри бўлган»⁹³ бошқа иккита бог билан алмашган.

Биз ҳам Журжон⁹⁴ билан Хоразм орасидаги қум саҳросида, (45)// орала-рида «балиқ қулоқлари» бўлган, тошларни (26)/ топишимиз мумкин. Афтидан, ўтмишда у ер кўл бўлган, чунки Жайхуннинг⁹⁵, яъни Балх⁹⁶ дарёсининг йўли Балхон⁹⁷ номи билан маълум [бўлган] шаҳардан у ер орқали Хазар денгизига ўтган. Птолемей⁹⁸ ҳам «География» китобида [Жайхуннинг] Иркония⁹⁹, яъни Журжон денгизига тушиш жойи ҳақида [шундай гапни] айтади. Ҳозир Птолемей билан бизнинг орамизда қарийб саккиз юз йил ўтган¹⁰⁰. Ҳақиқатан ҳам Жайхун ўша вақтларда ҳозир саҳро бўлиб турган жойдан кесиб ўтар эди; у Замм¹⁰¹ ва Амуя¹⁰² орасидаги жойдан ўтиб, то Балхонгача бўлган унинг бўйидаги шаҳар ва қишлоқларни [суви билан] обод қиларди ва Журжон билан Хазар¹⁰³ орасида денгизга тушарди.

(46)// Иттифоко [Жайхуннинг йўлида] тўсиқ пайдо бўлиб, унинг сувларини гузлар ери¹⁰⁴ атрофларига бурди, лекин [яна] унинг йўлини ҳозир Фаммул Асад¹⁰⁵ ва Хоразм аҳолисида – Сикр аш-Шайтон¹⁰⁶ деб маълум бўлган тоғ тўсди. Сув тўпланиб, қирғоқларидан чикқан, ҳатто унинг тўлқинлари зарбасининг излари [ўша тоғнинг] юқориларида қолган. [Сув] оғирлиги ва босимнинг ҳадди ошганидан кейин, у ўша тебраниб турган тош [қояларни] ёрган ва уларни қарийб бир ўтиш [масофасича]¹⁰⁷ жойда кесиб ўтган. Кейин [Жайхун] ўнгга, Фороб¹⁰⁸ тарафига, ҳозир Ал-Фаҳмий¹⁰⁹ деб маълум бўлган ўзан бўйича йўналган. Одамлар унинг иккала қирғоқларида уч юздан ортик

шахар ва кишлоқлар барпо этилган, уларнинг вайроналари ҳатто шу онгача сақланган.

Қисқа муддатдан кейин бу оқимга ҳам аввалги оқимга бўлган тўсиқдек тўсиқ дуч келган. У тўсилиб қолиб, сувини чапга, (27)/ бажаноклар ерига¹¹⁰, Водий Маздубаст¹¹¹ деб маълум бўлган ўзан бўйига бурган. Бу [ўзан] Хоразм билан Журжон орасидаги саҳрода¹¹². Бундан [кейин] узоқ муддат давомида кўп жойлар обод бўлган (47)// ва яна хароб бўлган. Бу жойларнинг аҳолиси эса Хазар денгизи соҳилига кўчган, улар – алонлар ва ослар¹¹³ уруғидан бўлиб, ҳозир тиллари хоразмий ва бажанокий [тилларидан] таркиб топган.

Сўнг сувнинг ҳаммаси Хоразм тарафига оқа бошлаган, ваҳоланки, олдин бу тарафга унинг тўсилган жойи яқинида қоялардан сизиб ўтган қолдиғигина етиб келарди, ҳозир у жой Хоразм текислигининг бошланишида. Сув уни ёриб ўтиб, у ерларни гарқ қилган ва ўша жойдан бошлаб қўлга айлантирган. [Жайхун] сувининг кўплиги ва оқимининг шиддати туфайли олиб келган балчиғидан лойқаланган. [Дарё] кенгайиш [жойида] ундаги лойқаликлар чўка борган; бора-бора унинг куйилиш жойида чўкиндилар қалинлашишидан ер пайдо бўлиб, қуруқликка айланган. Кўл эса, Хоразм [ери] бутунлай ҳосил бўлгунича чекина борган. Кўл узоқлаша бориб, унинг олдида тўсиқ бўлган тоққача етган. Уни сура олиши мумкин бўлмаганидан у шимолга, ҳозир туркманлар яшайдиган ер тарафига оғган. Бу кўл билан Водий Маздубаст яқинида бўлган [кўл] орасидаги масофа узоқ эмас. У [кўл] лойқа ва ўтиб бўлмас шўрхок [сувга] айланганидан туркийчасига «Хиз тенқизи», яъни «Қиз денгизи» деб аталади¹¹⁴.

(48)//, (28)/ Ибн ал-Амид¹¹⁵ «Шаҳарларнинг бино [бўлиши] ҳақида китоб»ида унча узоқ бўлмаган замонларда Рўйонда¹¹⁶ юз берган зилзилани эслатади, [ўшанда] иккита тоғ қулаб, [бир-бири билан] туташган ва уларнинг ораларидан ўтган дарёларни тўсиб қўйган. Сувлар орқага қайтиб, қўлга айланган. Агар сув чиқишига йўл топа олмаса мана шундай бўлади – Урдун¹¹⁷ [дарёси] сувининг тўпланишидан иборат бўлган ўлик Зугар кўли¹¹⁸ [ҳам] шу кабидир.

Шунингдек, сурёнийлар¹¹⁹ тарихларида нақл қилинишича, Искандар [эрасининг] саккиз юз ўттиз саккизинчи йили¹²⁰ – бу эса император Юстиниан подшоҳлигининг иккинчи¹²¹ [йили] – Антакияда¹²² зилзила бўлиб, [ер] чўккан. Қалавзиянинг тепасидаги тоғ ёрилиб, Фиротга тушган ва у тўсилиб қолган, унинг суви эса кўтарилиб, [атрофни] гарқ ва хароб қилган. Сўнгра сув ортига қайтган ва ҳатто [янги] йўл очиб, яна ўз ўзанига қайтган¹²³.

Миср заминини [олайлик]. Аристотель¹²⁴ «Самовий ҳодисалар ҳақида китоб»ида¹²⁵ эслатишича, ўтмишда Нил у ерда ёйилиб оқарди ва уни денгиздек қопларди. Сув борган сари пасая бориб, у ер қурий бошлаган ва кўтарилган ерларида аста-аста яшаш бошланиб, шаҳарлар ва одамлар билан тўлгунича шундай бўлган. Лекин (49)// ҳозир бу маданиятнинг бошланган [вақтини]

билишмайди¹²⁶. Қадимги Миср унинг юкори [қисмидаги] энг биринчи яшаш бошланган шаҳарлардан бўлмиш Фива¹²⁷ шаҳрининг номи билан аталган. У (29)/ ҳозирги Мемфис деб аталадиган азим шаҳар эмас, бу эса Манфдир¹²⁸. Шоир Гомер – Миср [маданиятининг] бошланишига қиёс қилинса, у – янги [одам] – ҳам ўз шеърларида уни Фива деб атаган¹²⁹.

Миср замини денгиз бўлган пайтда, Эрон подшоҳлари Мисрга [қилган] истилоларидан бирида, Қулзум [денгизидан]¹³⁰ у иккала ер орасидаги денгиз бўйини кавлаб кема ғарбдаги Ўровчи денгиздан¹³¹ у ерга – шарққа ўтиши мумкин бўлиши учун, [канал] ўтказишни хоҳлаганлар. Буларнинг ҳаммаси фойда олиш ва фойдани умумийлатиш мақсади учун эди.

Бу мақсадда иш бошлаганлардан биринчиси – подшоҳ Сасистротис¹³² эди; кейин – Дориёвуш¹³³. Улар узок масофада [канал] қазиганлар, у шу онгача сақланган; сув кўтарилиш пайтида унга Қулзумнинг суви киради ва қайтишида – чиқади. Қулзум сувининг баландлиги миқдорини ўлчаб кўришганида қилмоқчи бўлган ишларидан ўзларини тортдилар¹³⁴, чунки Қулзум баландлиги сабабли Миср дарёсининг [сувини] бузади деб кўрқдилар. Кейин Птолемей учинчи¹³⁵ Архимеднинг¹³⁶ қўли билан [ишни] битиради; у бирор зарар [келтирмасдан] мақсадга эришди. Кейинчалик Рум подшоҳларидан бири форслар [канал] орқали Мисрга киришини ман қилиш учун уни кўмиб қўйган¹³⁷.

(50)// Форс¹³⁸, Сижистон¹³⁹ ва Хуросон¹⁴⁰ орасидаги йўқолган маданиятлар қолдиқлари билан тўлиб ётган Каркас Кўх¹⁴¹ деб аталадиган саҳрони [олайлик]. Птолемей уни Хароба Қармония, Кермон Саҳроси деб атайди. (30)/ Форслар айтишича, унга Сижистон атрофидаги мингга яқин суви сероб катта булоқлардан йигилган сув сабабли у ер энг обод мамлакатлардан бўлган. Бироқ Турк Афросиёб¹⁴² уларнинг [сувини] қуритган. Бу мамлакат сувсизланиб, хароб бўлган. Ўша сувларнинг қолгани илгари бўлмаган, Зара қўлига¹⁴³ оққан.

Шом ва бошқа мамлакатлардаги сувсиз саҳроларда, ўсимлик ва ҳайвонотсиз жойларда қолган қадимги излардан улар бир вақтлар шубҳасиз обод бўлганлиги кўринади, чунки у [излар] (51)// фақат сув бўлгандагина бўлиши мумкин эди. Кейин у ерларда сув тугаган. Шунга ўхшаш Басра ботқоқликларида¹⁴⁴ ҳам [қадимда] аҳоли яшаганлигининг изи кўринади. Ахир Дажла илгари ботқоқликларга оқмаганку, у кейин бу ерларга ёриб ўтган ва суви билан [у ерни] қоплаган.

Абу-л-Аббос ал-Эроншаҳрий¹⁴⁵ айтишича, Нишопур¹⁴⁶ чегараларидаги Бушт¹⁴⁷ рустоқида бир канал қазиган ва унинг эллик газдан ортиқроқ чуқурлигида арра билан арраланган учта сарв дарахтининг илдизини топишган. Маълумки, уларни ер юзида арралашган вақтдан уларни устидан мазкур миқдордаги [тупроқ] қоплашигача ўтган муддатни аниқлаб бўлмайди, чунки аниқ ифодалаш учун у муддат жуда узок. Сўнгра, у ерда ёғочнинг сақланганлиги таажжубланарли эмас, чунки у йил бўйи иссиқ ва совуқ алмашиниб турадиган жойдан узоклашганида (31)/ узокроқ сақланади.

Ёки мана бу Журжон дарахтини [олайлик]. Ҳар йили у булоқдан чиқиб туради ва илдизи [сув остида] кимирламай туриб, учи булоқ юзида айланиб ётади. Журжон аҳолисида у ҳақида хурофот бор, унинг бу ҳолати учун унга таъзим қиладилар. [Аслида] у сарв дарахтининг [ёғочидан] бошқа нарса эмас. [Бир вақт] у ўсган ерда зилзила бўлган ва ер ёрилган. Дарахт эса ер ёриғига тушган, кейин ернинг ёриғи унинг устидан ёпилган ва ўша ёриқ сув манбаи бўлиб қолган. Шохлари чириб ва синиб кетган бу дарахтни сув кўтара олмайди. Баҳорда (52)// унинг массаси ошган¹⁴⁸ вақтдагина сув уни кўтара олади ва у кўринади. У [дарахт] илдизининг булоқ тагидан бутунлай сув юзига чиқиб кетишига қаршилик кўрсатадиган бир [қисми] борки, – у ерга шўнғиб ва ушлаб кўрганларнинг айтишича, булоқ остининг тандирга ўхшаган [ерида жойлашган] бўлиб, оғзи юқорига [караган]. [Сув] келган кунларда илдиз ўша [тандирда] қолади ва агар сув ўзининг аввалги миқдорига қайтса, дарахт ўз жойига қайтади. Ўша ер аҳолисининг орасида бу хабарнинг бошланишини биладиган бирор кимса йўқ.

Маълумки, ернинг обод қисми сув кўчиши сабабли кўчиб туради, чунки у сувга тобе. Аристотель «Самовий ҳодисалар ҳақида китоб»¹⁴⁹ида қадимги бир халқ [номидан] ҳикоя қилиб айтадики, [аввал] ер намликдан иборат бўлган. Қуёш билан Ой уни буғлантирган ва баъзи жойларни қуритган. Буғланишдан шамоллар ва об-ҳаво ҳодисалари юз берган. Сувнинг қолган қисмига келсак, бу – денгиздир, у камая боради, (32)/ кичиклашади ва охирида қуриб қолади.

[Аристотель у халқ номидан] ўзи айтган тартибда сўзлаган. Афтидан бунда [гўёки] табиатдан маълум [ҳақиқатларга] зидлик борга [ўхшайди]; агар аввал баъзи мулоҳазалар қилинса], улар табиий мавжудликка мувофиқ келиши мумкин. Гап бундай, астрономия илмининг негизларидан аниқланганки, Ер шарсимон бўлиб, шарсимон оламнинг ўртасидадир ва оғирликлар учун ҳамма тарафдан марказга қараб ҳаракатланиш табиийдир¹⁵⁰. Бундан кўринадики, сув сатҳи ҳам доиравий бўлиб, бундан фақат тўлқинларнинг миқдорича четланади, бу эса унинг зарралари орасида тортишишнинг йўқлигидандир.

Кузатишдан маълумки, ернинг табиий ўрни – сув (53)// остида, бунга далил тупроқнинг сув остига чўкишидир. Сувнинг тупроқ ёки ерга сингиши¹⁵¹, бу – [улар орасида] ҳавонинг тарқалганлигидандир; сувнинг пастга тушиши бир-бирига тортишган тупроқ [зарралари] орасида ҳаво борлиги сабабли рўй беради.

Сўнгра, маълумки, Ернинг зарралари орасида зарурий тортишиш бўлмаганидан, улар унинг маркази атрофида доиравийлашган. Модомики шундай бўлган экан, унинг ҳамма тарафидан бараварига сув қоплаган. «Таврот»да айтилган [олам] яратилишининг бошланишидаги ҳолат мана шундай эди, мен бундан Ер хароб ва хунук бўлган пайтда Тангрининг руҳи сув юзида кезиб юргани ҳақидаги [оятини] назарда тутаман. Шунингдек,

«Танзил»даги¹⁵² [Тангри]нинг «унинг арши аълоси сув устида эди»¹⁵³, деган сўзлари ҳам бу ҳақда гувоҳлик беради.

Худо инсонни яратишни хоҳлаганида, аввал, мақсад қилиб, у ерни танлаган. Унинг табиий шакли, яъни ҳақиқий (33)/ шарсимонлигидан чиққан [қисмлари] ўзида қолиши учун уларни бир-бирига ёпишқоқлик билан ифодалади. У [қисмларнинг] баъзиларини сувдан кўтарди ва ундаги сувни шу қисмни кўтаришда пастда қолган [жойга] кетказди. [Сувнинг] йиғиндиларини у денгиз деб атади ва уни шўр таъм билан таъминлади. Собит ибн Қурра¹⁵⁴ айтганидек, бу – сувни, у [келажақда] яратиш мақсади бўлган инсонни ҳалокатга келтирувчи бузилиш ва чиришдан сақлаш учун ва агар инсон сувга муҳтож бўлса, эҳтиёжига ғамлаб қўйиш учун эди. Инсоннинг ҳамда у ўз ҳожати учун фойдаланадиган ҳайвонларнинг ҳаёти чучук сув билан боғлиқ ва уларнинг яшаш жойлари сувнинг маконидан узоқ бўлганлиги учун Аллоҳ таоло уларга иккита тиришқоқ ишчини – Куёш ва Ойни берди. Буларга сувларни ҳаракатлантириш, тўлқинлатиш, буғга айлантириш ва юқорига кўтаришни вазифа қилиб қўйди. Чунки Ернинг бирор қисмининг сувдан кўтарилиши (54)// Ер, ҳаво ва сувни қўшиб, уларнинг бир-бири билан аралашishi ва қоришишига олиб келади. Лекин ҳароратсиз буларнинг бўлиши ҳеч мумкин эмас эди.

Қачонки [Аллоҳ оламини] яратишида [осмон] сфераларини ҳаракатга келтирганида, уларни ўраган ҳаво оловга айланди. Ёриткичлар [олам] марказига ҳарорат олиб келсин деб, уларга айланма ҳаракат берди. Сўнгра, ҳамма нарса бир хил ўзгармас тартибда бўлиб қолмасин, ўша [сфераларнинг] ўз вақти ва айланиш даври бўлсин деб, уларнинг оғишлари ва Ердан яқин, узоқликларига тафовут киритди, чунки табиат [ҳам] чарчайди ва ҳамма табиий [борлик] дам олишга муҳтож.

Кейин у шамолни (34)/ булут кўринишидаги сув буғларини ўлик, сувсиз мамлакатларга ҳайдашга мажбур қилди. Бундан келадиган ёмғир билан у ердаги ҳайвон ва ўсимликлар ҳаёт кечиради, [ёмғир] суви эса, тоғлардаги бўшлиқларга чўқади ва уларнинг чўққиларида қор бўлиб ётади. Уларнинг [эришидан] дарёлар йиғилиб, улар [яна] денгизга қайтади, бунда дарёлар инсон ва ҳайвонларнинг яшайдиган ерлардан ўтганида булар [сувни] истеъмол қиладилар ва уларнинг ўтишидан манфаат оладилар.

Агар [сув] шўр бўлмаса, бунинг [ҳаммаси] юз бериши мумкин бўлмас эди, чунки буғланишда кетадиган нарсалар ўзи билан ўша буғланадиган нарсанинг тузидан бошқа барча таъмини олиб кетади. Аммо аччиқликка келсак, у тирик жониворга зид, ширинлик эса чучукка нисбатан чиришга яқинроқ, нордон – қуритади, ёрилишга [олиб келади], қўланса, шу билан бирга, у амалда жуда фаол, ҳатто емириб юборади ва унга дуч келган ҳамма нарсани ўзгартиради, унинг, [масалан], темир ва шунга ўхшашларга таъсири сиз учун етарлидир. Тўла қудрат ва мукаммал доноликка эга бўлганга ҳамд бўлсин!

[Аристотелнинг] ўша сўзлари ҳам, денгизларнинг доимо буғланиши ва бир жойдан бошқасига кўчганида уларнинг жойи куриши ҳақидаги [сўзлари ҳам] шунга тааллуқли бўлиши мумкин.

Аммо [денгизларнинг] бутунлай куришига келсак, бу ҳолда ундаги тирик жониворларнинг ҳалок бўлиши, улар уруғининг куриши ва мукамал (55)// тартибнинг бузилишидан ташқари, тўрт унсурдан бирининг – сувнинг йўқолишига олиб келарди, бу эса бўлиши мумкин эмас, куруқ гап.

Бир хил одамлар жануб томонида ҳам куруқлик бор, у ерда ҳам худди шимолдагидек одамлар ва ҳайвонлар [бор] деб ўйлаганлар. Аристотель буни зарурий (35)/ деб қарамаган, лекин мумкинлик чегарасида эканлигига йўл қўйган.

У айтган: «Агар бошқа кутб тарафида бизниқига ўхшаш жой бўлса ва уларнинг ўша кутбга [боғлиқ] барча сифатлари бизнинг кутбга [боғлиқ бўлган бу ернинг] сифатлари каби бўлса, у ҳолда, шубҳасиз у ердаги шамол ва бошқа ҳодисалар худди бизниқидек бўлади»¹⁵⁵. Қандай зўр гапларни айтган-а! Қутбга яқинлашиш ва ундан узоклашиш яшаш жойларидаги¹⁵⁶ об-ҳаво шароитини¹⁵⁷ [белгилайдиган] энг биринчи сабабдир. Куёшнинг кундалик айланишида ҳам шундай, Куёшнинг [турар жой] зенитидан¹⁵⁸ яқин ва узоклиги унинг осмон экваторидан яқин ва узоклигига мосдир.

[Аристотель] шарт қилиб [яна] айтган: «Агар у ерда бизнинг бу ерга ўхшаш бирор жой бўлса, яъни у ҳам сувдан кўтарилган ва ундаги текислик ва ноте-кисликлар [ҳам бизниқига] шаклан ўхшаш бўлса, сўнгра жойнинг об-ҳавоси шароитига таъсир қилувчи экваторга нисбатан масофаси бир хил бўлса, у ҳолда у ерда иссиқ ва совуқнинг таъсири худди бизнинг бу ердагидек бўлади. Иссиқ ва совуқдан келиб чиқадиган бошқа об-ҳаво ҳодисалари ҳам бу ердаги билан бир хил бўлади»¹⁵⁹.

Кейин у [у ердаги] на инсон ва на ҳайвон ҳақида гапиришга ўтмаган, чунки у ҳақда кўз билан кўриб ёки ҳақиқатга асосланиб гувоҳлик бериш [мумкин].

Мана биз [Ернинг] ўзимиз яшаётган тарафида бир параллелда¹⁶⁰ табиий об-ҳаво [шароитлари] ўхшаш бўлган [жойлардаги] одамларнинг ижтимоий (36)/ ва маданий [ҳаётларидаги] аҳволларини (56)// кўриб турибмиз. [Шунинг] учун [меҳнат] қуроллари тайёр, касалликлар енгилган ва жойларнинг об-ҳаво шароитлари бир хил бўлишига қарамасдан, одамлар бир хил жойларда йўқлиги ва бошқасида зич тўпланганлигини фақат танлаш ва хоҳишдан ёки тасодифдан ва ёки ҳали бу ерга инсон етиб келмаганлигидан деб эҳтимол қилиш мумкин.

Бундан ташқари, [Ернинг] шимолий чорагига диаметрал қарши бўлган жанубий чорагининг сувдан кўтарилиши мумкин бўларди, қачонки Ернинг [аввалги] шарсимонлигидан¹⁶¹ чиққан шакли цилиндрик¹⁶² бўлган бўлса. Шарсимонлик Ер ва сув сфераларининг кўшилганидагина аниқ сезиларли бўлади. Ўша цилиндр ўқининг¹⁶³ ўртаси олам марказида¹⁶⁴ бўлиб, оғирлик ҳолатини

мувозанатлаб туради. Шунингдек, Ерда ҳосил бўлган чуқур ботиқликлар сабабли унинг шарсимон бир бўлаги ундан ажралган бўлиши мумкин. Кейин унга ўровчи денгиз суви кирган, унинг сув устида қолган [тоғ] чўққиларигача [қисми] сув билан ишғол қилинмаган. Сув эса, бутун Ерни ўраб туради, ундан фақат [Ернинг] тоғ ҳосил бўлган қисмигина кўтарилиб туради¹⁶⁵.

Инсонлар айтадики, Қуёш намликни қуришиб ва ўзига тортиб буғлантирганида ва денгизлардан уларнинг энг энгил ва энг чучук [қисмларини] кўтарганида, [денгизларда] шўр, ғализ сув [чучуклари] билан аралашган ва улардан ажралмаган ҳолда қолган. Агар биз Қуёш қизитаётган бирор сатҳга ғализ ва энгил сувларнинг ҳар биридан бир томчидан томизсак, кўрамызки, [Қуёш] энгил [сувни] (37)/ буғлантириб, ўрнини қуришиб кўяди, агар унда ранг бўлган бўлса, рангдан бошқа ҳеч қандай асар қолмайди. Ғализини эса ўртасига йиғади ва унинг энгил қисмини буғлантиради; агар унинг ҳаммасини қуришиб бўлса, унинг [доғининг] хошияси биринчи энгил [сувнинг] ўрнига ўхшайди. Қуриш тугаганидан кейин унинг ўртасида, боши Қуёшга қараган дўнглик ҳосил бўлади. Кимда-ким хоҳласа қоғозга суюк ва куюк таркибдаги иккита сиёҳни томизиб, текшириб кўриши мумкин.

«Астрономия олимлари бизга билдирганларки, агар Қуёш зенитдан жанубга ўзининг энг узок масофасига узоклашса, у ўзининг Ердан энг яқин масофасида (57)// бўлади. Биз биламызки, агар Қуёш Ерга яқинлашса унинг таъсири кучаяди ва сувнинг чучук, энгил қисмини қаттиқ буғлантиради ҳамда ўша тарафга [сувнинг] шўр ва ғализ [қисмини] тортиши кучаяди. Шунинг учун шўр сувнинг кўп қисми жанубга, Қуёш зенитида бўлган жойга тортилган ва у тараф денгиз бўлиб қолган, шимол тараф эса қуруклик бўлган».

Улар [яна] айтган: «Бизга, шунингдек, Қуёшнинг апогей¹⁶⁶ деб аталадиган энг узок масофасининг буржлар тартибида¹⁶⁷ қандайдир ҳаракат билан ҳаракатланиши ҳақида хабар қилганлар¹⁶⁸. Биз ўшандан биламызки, агар унинг энг яқин масофаси [Ернинг] шимолий чорагидаги зенитда бўлса, денгиз у ерга кўчарди, қуруклик эса – жанубга».

Уларнинг бу айтганларини бир неча тарафдан қараб кўриш мумкин.

Биринчидан, агарда улар келтирган далил тўғри бўлганида эди, унинг апогей орбитасидаги¹⁶⁹ ёки эпициклидаги¹⁷⁰ энг яқин масофаси жанубда биргина жойнинг (38)/ зенитида бўлмас эди, балки олам айланиши туфайли – тўлиқ айланадан [иборат] параллел устида бўларди. Шунингдек, энг катта узоклашишда – шимолда ҳам. Ўшанда шу параллелнинг ҳаммаси ҳам ва унинг яқинидагилар ҳам денгиз бўлган бўларди. Бу [ҳолда] денгизлардаги сув келишининг Ой [ҳаракати] билан бирга даври алмашганидек, сув келиш ва қайтишлари Қуёш ҳаракати билан бирга давр алмашарди. Агар, ҳа шундай ва жанубда, шимолий маъмур чоракнинг қаршисида қуруклик йўқ, деб айтилса, у ҳолда шимолда, [Қуёш] апогеи ва унинг яқинидаги жойларнинг бир хил зенити остида параллел бўлиб, унинг ҳаммаси ё маъмур ёки

маъмур бўлмаган курукликдан иборат бўларди. Лекин мавжуд [ҳол] бунинг аксича.

Иккинчидан, астрономия олимлари¹⁷¹ Куёшнинг эксцентрик орбитаси ёки эпициклини сезганликлари жиҳатидан, [Куёшнинг] танаси ва миқдори ҳақида хабар берганларидек маълумот бермаганлар. Улар Куёшнинг кузатиб аниқланган ҳаракатидаги нотекислик сабабли уни [бор] деб тахмин қилганлар, аслида бунга йўл қўймасалар ҳам. Агар унинг ҳаракатидаги бу нотекислик бўлмаганида эди, яқинлик ва узоклик [тушунчалари] Куёшнинг [Ердан] ма-софаси билан боғланмас эди.

Абу Жаъфар ал-Хозинда¹⁷² бир мақола бор, у Куёш (58)// ҳаракатидаги бу нотекисликни олам марказида кўз олдига келтириш мумкинлиги ҳақидадир; [ҳаракат] тенглашадиган нуқта¹⁷³ бундан бошқа. Шунингдек, Ой эпициклининг маркази билан ҳам шундай бўлиши мумкин, агарда унинг деферент орбитасидаги¹⁷⁴ ҳаракати нотекис бўлса ва олам марказида текислашса, ёриткичларда эса агарда уларнинг [эпицикл] орбиталари марказларининг эксцентрик (39)/ орбиталаридаги, деферентларидаги ҳаракатлари нотекис бўлиб, ҳаракат экванти [доираларининг] марказларида¹⁷⁵ тенглашса. Шуларнинг ҳаммаси мумкин бўлгани учун бу, аслида [ўша] кишилар то ҳаракат нотекислигидан ташқари апогей ва перигей¹⁷⁶ масалаларини тушуниб олмагунларича, нотўғри [фикрда] эканликларини [кўрсатади].

Учинчидан: агар Куёш жанубга яқин бўлиб, унинг зенитида турганлигидан сувни ўша ерга тортганида эди, у ернинг огирлиги ортиб кетиб, бу, албатта, Ернинг [шимол ва жануб томонларининг] марказидан масофалари тенгсизлигига олиб келарди ва шимол тарафида у [масофа] узокроқ бўларди. Шундай бўлди ҳам, Ибн ал-Амид¹⁷⁷ шунга ишора қилган. Шундай бўлиши керак эди ҳам. Агар Куёш шимолга огса, жануб тараф совуқ бўлади, кейин Ер бутунлай ёки қисман аввалги ҳолига қайтади. Ва шу йўсинда Ернинг ва унинг устидаги сувнинг ҳаракати давом этаверади: бир марта сув келади, кейинги-сида қайтади.

Тўртинчидан: апогей ҳаракатига келсак, у шундай масалаки, баъзиларнинг кузатиши уни зарур деб топади, бошқаларнинг кузатиши эса инкор қилади. Мен уни инкор қилиб айтаётганим йўқ, балки [у масаланинг] қай ҳолдалиги ҳақида [айтмоқчиман]¹⁷⁸. Олам яратилиши, ўтмиш замоннинг узун ва қисқа бўлганлиги мумкинлиги ҳақида юқорида айтиб ўтилди. Худди, шунингдек, апогейнинг битта айланиши ёки ярим айланиши учун у замон етарли бўлмаган бўлиши мумкин, шунга ўхшаш у замон апогейнинг кўп марта айланиши учун етарли бўлганлиги ҳам бўлиши мумкин. Келажак [замонда] ҳам масала шундай. Бу [масала] ҳақида аниқ далиллар жиҳатидан эмас, ёзиб қолдирилган хабарлар жиҳатидангина мулоҳаза юритиш мумкин.

Аристотель бу масаланинг қийинчиликларига (40)/ қандай осонлик билан чап берган-а! У бу [масаладан] ўзининг сўзларини шартлари билан биргаликда силкитиб туширди.

Агар биз бу масалани табиий мезон билан синаб кўришни хоҳласак, Қуёш зенитида бўладиган жойларга яқин ва узоклигидаги таъсири табиий ва мунтазам бўлиши учун ҳаёлимизда тоғ ва денгизларни йўқ дейлик. (59)// Сўнгра, фараз қилайлик, жанубда инсон яшамаслигига сабаб – ўша ернинг зенитида Қуёшнинг перигейда бўлиши, Қуёш таъсир кучининг ортиши эса унинг иккала наъвада ҳам, яъни зенитда ва Ер марказида ҳам, яқинлигига нисбатандир. Перигей¹⁷⁹ ҳозирги замонда кишки Қуёш туриш [нуктасига]¹⁸⁰ яқин ва, демак, жанубда жазирама иссиқдан куядиган ерлар уларнинг зенитида шу Қуёш туришининг параллели¹⁸¹ бўлган [жойлардир]. [Бу ходиса] Қуёш [ўша параллелга] кирганида бўлади. Биз биламизки, бу пайтда Қуёшнинг биринчи – иқлим ўртаси аҳолисининг зенитидан узоклиги қирқ даражадир. Лекин улар бундан азоб чекмайдилар¹⁸². У ҳолда жануб томонида қишки Қуёш туриш параллелидан қирқ даража узокликдаги – у ернинг кенгламаси олтмиш тўрт даража – жойнинг об-ҳавоси ўша пайтда биринчи иқлим ўртасининг об-ҳавоси каби бўлади. Демак, у ерда ҳаёт бўлиши мумкин.

Энди ўша [жойнинг] ҳолатини Қуёш апогейда бўлган пайтда кўрайлик; апогей ҳозир (41)/ ёзги Қуёш туриш параллелида. Агар Қуёш шу [параллелда] айланса, унинг биз жанубда олган жойнинг зенитидан узоклиги саксон тўрт даража бўлади. Шимолда ёзги Қуёш туриш жойидан шундай узокликда бўлган ҳеч қандай яшаш жойи йўқки, биз унга қараб жанубдаги иқлим шароитини аниқласак. Чунки зенити шимолий кутб бўлган жойнинг бу параллелдан узоклиги олтмиш олти [бутун] тўртдан биру олтидан бир даража¹⁸³.

У [жойни] бошқача йўл билан аниқлайлик. Бу шундан иборатки, у жойнинг зенитидан Қуёшнинг энг катта узоклиги саксон тўрт даража бўлиб, кенгламаси олтмиш даража бўлади. Кенгламаси шундай ва бундан анча камроқ бўлган [шимолдаги] жойларда каттиқ совуқ сабабли ҳаёт йўқ. Бунга [яна] сабаб – Қуёшнинг у ердан узоклигида, [аслида] Ерга яқин бўлса ҳам. Агар [Қуёшнинг] ўша жой зенитидан узоклигига Ердан узоклиги ҳам қўшилса, совуқнинг қуввати қанчалик ошарди-а! Демак, шунга ўхшаб, жанубда кенгламаси олтмиш тўрт даража бўлган жойда, Қуёш перигейда бўлганида, биринчи иқлим ўртасининг ҳарорати, (60)// шимолдаги, Қуёш апогейда бўлганида, олтмишинчи кенгламадаги жойнинг совуғи (42)/ билан алмашиши керак. Аммо бу ҳароратга келсак, унинг миқдори тирик жониворлар мавжудлиги эҳтимолига йўл кўяди, совуқнинг миқдори эса ҳалок қилади.

Бу [жойларнинг] ортидаги, жанубий кутб тарафидаги жойларга келсак, ҳарорати мўътадилга мойил бўлса ҳам, у ерларнинг совуғи тобора ортиб, кучая боради. У жойларнинг Қуёш туриш параллелига яқинларида эса ҳарорати кўп ва совуғи камдир, у ерда ҳаёт бўлиши мумкин. Чунки агар экватор яшаш жойи бўлса, у ҳолда жанубий кенгламаси қирқ саккиз дара-

жа бўлган жойда экваторнинг шимолдаги кенгламаси қирқ саккиз даража бўлган жойнинг совуғи билан алмашинади. Бироқ табиий ҳолат у ерда тиррик жонивор бўлишига шу жиҳатдан зидки, улар иссиқ ва совуқлиги куз ва баҳордагига нисбатан бу қадар кескин алмашилишига чидай олмайдилар. Шу сабабга кўра, улар ҳалок қилувчи касалликларга дучор бўладилар. Лекин бошқа сабаблар ҳам бўлиши мумкин.

Шундай қилиб, [Ернинг] маъмур қисмининг шимолда бўлганлигига сабаб у ерда [иклимнинг] мўътадиллиги ва мувозанатлигида, чунки Қуёшнинг у ер зенитида бўлиши ҳарорат ортишини тақозо қилади, [олам] марказидан узоклиги эса [унинг] камайишига олиб келади ва бу иккиси [иклимни] мувозанатлайди. Бундан [жониворларга] келадиган таъсир ҳаддан ортиқлик ва кучайиш тарафларидан узок бўлиб, ё энг яхши [ҳолат бўлмиш] ўртачада (43) / ёки унга яқинроқда туради.

Сўнгра, жанубда [жойнинг] зенитида бўлиш ва [олам марказига] яқинликнинг бирга келишида ҳарорат кучая боради ва унинг таъсири мўътадилликдан узоклашади. Мана шунинг ҳаммаси – доно тадбиркордан бўлиб, тасодифдан ва бекорга эмас. У [иклимдаги] тафовут туфайли яшаб бўлмайдиган жойга сувни ўрнатди ва Ернинг яшаб бўладиган жойини [сувдан] кўтарди.

Ибн ал-Амид айтади: «Агар жануб қуруқлик бўлиб, у ердан шамоллар эганида эди, бу [шамоллар] ҳалокат келтирувчи самумлар бўларди. Лекин [у ерга] намлик қўйилгач, намлик у зарарни йўқотди. Чўл ва саҳролардан эсадиган шамоллар сенга бундан далолат беради, улар куйдирадиган, (61) // ҳалокат келтирувчи бўлади. Шунинг учун Миср иссиқ мамлакат ва Шероз салқин мамлакат бўлиб қолган, чунки Мисрнинг жанубида Судан саҳролари¹⁸⁴ бор, Шерознинг жанубида эса Форс денгизи¹⁸⁵ бор».

Ернинг ҳолати, унинг қисмларининг юзаси бўйлаб кўчиши ва бунинг натижасида унинг ичида бўлган қисмларининг кўчиши ҳақида юқорида айтиб ўтилди. [Шунингдек], бундан бутун Ернинг умумий ҳаракати бўлиши зарурлиги ва ҳатто [бунинг натижасида] Ер [қисмларининг] олам марказидан узокликлари ўзгаришидан яшаш жойларининг табиати ва об-ҳавоси ўзгариши келиб чиқиши ҳақида ҳам [айтилди]. Энди мен айтаман: агар бу кўчишлар тасодифий ва тартибсиз бўлса ҳам ва қисқа замонда сезилмас бўлиб, олам диаметри йўналишида аста-секин жорий бўлса ҳам, у ё марказга дуч келади, ёки [сиртидаги ҳамда ичидаги] иккала ҳаракатдан (44) / таркиб топиб, [оламнинг] тўрт тарафидан ҳар бирига ёки улар орасига дуч келиши мумкин. Бу кўчиш оғирликларнинг бир жойдан бошқа жойга кўчиши сабабли юз берадиган бир дафъа силкинишдан иборат бўлиши мумкин. У ҳолда бу Қуёш оғиши каби астрономия илмининг асосий [катталиклари] таъсир кўрсатиши мумкин, аслида у осмонда ўз миқдоридан [ўзгармас] бўлса ҳам. Бироқ уни аниқлаш иккала Қуёш туришининг баландлигини топиш билан бўлади. Агар

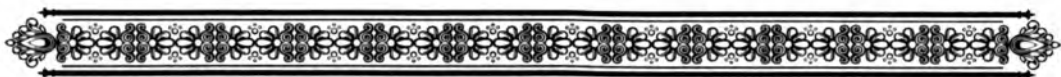
ўша [кўчиш] ҳаракати туфайли бу баландликнинг ортиши ёки камайиши мумкин бўлса, кейин бу [ҳодиса] иккита кузатилаётган Қуёш туришлари орасига тўғри келса, у ҳолда энг катта оғишнинг¹⁸⁶ миқдори ортади ёки камаяди. Кетма-кет ва такрорий кузатиш тасодифан юз берадиган хатоликни кетказади.

Шаҳарларнинг кенгламаларига келсак, [бу кўчишдан] улар сезиларли ўзгаради, ҳатто [кенглама] тарафи ўзгариши мумкин ёки у [ерлар] ҳалокат келтирувчи жойларгача етиб қолиши мумкин ва бунда [у ердагиларни] ҳалок қилади. Шунинг учун [кенгламаларни] доимо кузатиш ва уларни ўлчаб туриш керак¹⁸⁷.

Ўша [кўчиш] кичик миқдорга эга бўлса ҳам, параллак¹⁸⁸ ўзгаришига олиб келади. У [кўчиш] ҳаракатининг узунламага таъсирига келсак, агар у ҳаракат шарққа ёки ғарбга йўналган бўлса, уни аҳамиятсиз деб ҳисоблайман. Агарда жануб ёки шимолга бўлса, таъсири катта бўлиши зарур, чунки ўхшаш ёйларни бир-бирига алмаштирилганида у [ёйларнинг] фарқи бўлиши аниқ ва уларнинг миқдоридоғи фарқ аниқ кўринади¹⁸⁹.

(62)// Мен ҳозир ўз сўзларида интилаётган сўнгги мақсадим, – унга олиб борадиган йўлдан четлашган бўлсам ҳам, – маълум бўлсинки, бу ё умуман олганда, (45)/ Ердаги маълум жойларнинг шарқ ва ғарб орасидаги узунламасини, шимолий ва жанубий кутблар орасидаги кенгламаларини ва улар орасидаги масофаларни ҳамда баъзиларнинг азимутини бошқалариники орқали аниқлаш усулини баён қилишдан иборат. Ёки, хусусан олганда, – ўшаларни ҳозир мумкин бўлганича Шарқ мамлакатининг пойтахти Ғазна¹⁹⁰ учун аниқлаштиришдир. Чунки Ғазна кишилар ҳурматига – тўлик ҳурмат, ҳақиқатан ягона Аллоҳ учундир – интилаётган мен учун ватандир¹⁹¹. Бу ерга агар мен ўз имкониятимга эга бўла олсам, моҳияти хотирамдан чикмаган нарсаларни ўрганиш билан шуғулланаман, бу – [астрономик] кузатиш ва илмий интилишдан иборатдир. [Ғазна] учун қибла [йўналишини] аниқрок топаман, чунки бу иш мен учун хусусий бўлмай, балки мен билан унинг аҳолисига ҳам умумий ва бунда Ғазнадан ўтган ҳар бир [киши] иштирок этади.

Мен Аллоҳдан сўрайман: У ўз миннати ва кенг саховати билан менинг ишимни ўнгласин, мени ҳақиқатга етишимга ёрдам берсин, бунинг йўлини енгил қилсин ва ёритсин, шарафли мақсад йўлидаги тўсиқларни йўқ қилсин. Дарҳақиқат, у хоҳлаган нарсасига кодир, неъматли эгам ва неъматли ҳомийдир.



(63)// ШАҲАР КЕНГЛАМАСИНИНГ ЎЗИНИ МУСТАҚИЛ АНИҚЛАШ ҲАҚИДА СЎЗ

Бунинг усули икки қисмга бўлинади, биринчиси – турғун юлдузларга кўра [аниқлаш], иккинчиси – Қуёшга кўра. (46)/ [Шаҳар кенгламасини] турғун юлдузларга кўра [аниқлаш] усули уч қисмга бўлинади: параллеллари бутунлай кўринувчи бўлиб, Ер устида бўлганларига кўра; параллеллари уфққа уринувчиларига кўра ва параллеллари уфқ билан кесишувчиларига кўра. Буларнинг ҳар бири ҳам уч қисмга бўлинади: ё зенит параллелнинг ичида бўлади, ёки у параллелнинг айланасида, ёинки параллелнинг ташқарисида бўлади¹⁹².

Қуёшга кўра [аниқлашда] параллел уфққа уриниши ёки ундан ажралган ҳоллари истисно қилинади, чунки [Ернинг] обод қисми ўшандай [бўлган] жойларга етмасдан тугайди¹⁹³. Гарчи [кенгламани] уларга кўра аниқлашга эҳтиёж тушса ҳам, фақат турғун юлдузларга кўра [аниқлаш] усулига асосланилади. Сўнгра Қуёш учун зенит параллелнинг ичида ё унинг айланасида, ёки ундан ташқарида бўлиш ҳоллари қолади.

Авалло, параллеллари уфқдан четланган ва абадий кўринувчи деб аталган [ботмайдиган] юлдузлар ҳақида гапирайин.

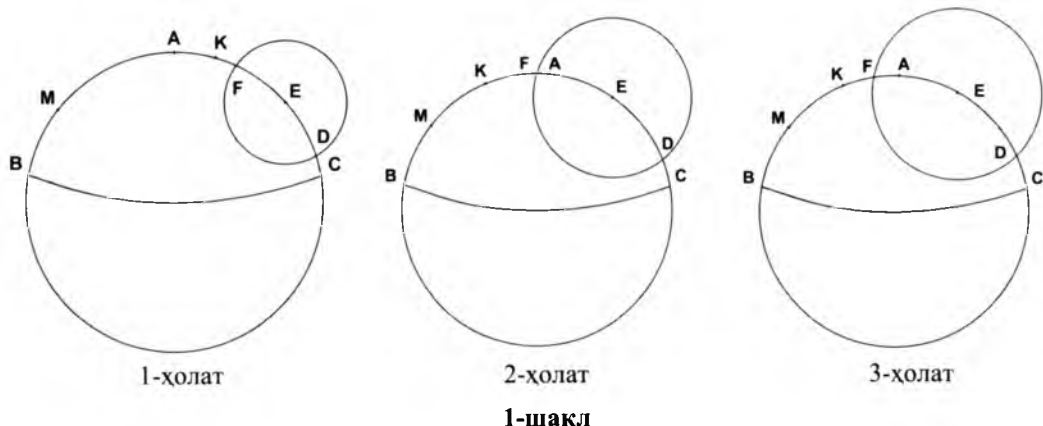
Айтайлик, ABC – осмон меридиани*, BC – унинг уфқининг ярми бўлиб, уфқнинг кутби A да зенит бўлсин. Осмон экваторининг меридиан билан кесишиш жойи M нуқтаси бўлиб, E – [экваторнинг] кутби бўлсин.

ME – доира квадранти, AC – ҳам доира квадранти бўлгани учун, агар уларга умумий бўлган EA [ёйни] ташласак, CE га тенг бўлган AM қолади. Лекин AM – уфқи BC бўлган шаҳарнинг кенгламасидир: у [шаҳар] аҳолисининг зенити – A . EC – (64)// кутбнинг шу ердаги баландлиги ҳиссан шаҳарнинг кенгламасига тенг бўлиб сезилади.

(47)/ E – осмон экваторининг кутби, айна вақтнинг ўзида у экваторга параллел бўлган барча кичик доираларнинг ҳам кутбидир. Демак, у DF параллелнинг [ҳам] кутби. У бўйлаб айланувчи ёриткичларнинг баландликлари ўзгариб туради ва шарқ тарафида F нуқтага етгунича ортиб боради. Шаклнинг биринчи ва иккинчи [ҳолларида] FC – у [ёриткичнинг] энг катта баландлиги, учинчи [ҳолда] FB – жануб томондаги [баландлиги].

Сўнгра унинг баландлиги ғарб томонда D нуқтага етгунича камаё боради. Шунда энг кичик баландлиги шимол томонда CD бўлади. Балки буни қуйилик деб, олдингисини баландлик дейилса [бўлади].

* 1-шаклга қаранг.



Маълумки, шаклларнинг биринчи ва иккинчи ҳолларида ED – иккала баландлик айирмасининг ярмидир. Учинчи [ҳолда] уларнинг тўлдирувчилари DA ва FA бўлади. Агар $[ED]$ ни иккала баландликнинг кичиги бўлмиш CD га қўшилса, бундан шаҳар кенгламаси CE ҳосил бўлади.

Учинчи ҳолатда CD нинг BF га тенг бўлиши мумкин эмас. Чунки бу E нинг A устида бўлишини тақозо қиларди ва F нуқтаси M га етмай қоларди ҳамда M нуқтадан ўтувчи параллел фақат осмон экваторининг ўзи бўлади. Экватор энг катта доира бўлгани учун уфқ билан бир-бирдан ажралган бўлмай, балки у билан кесишади. Лекин биз уни ажралган деб фараз қилган эдик¹⁹⁴.

Бунинг ҳисоби: абадий кўринувчи турғун юлдузлардан бирининг баландликларидан энг кичигини ўлчаймиз, кўпроқ [буни] у осмон ўртаси чизигига¹⁹⁵ етганида [бажарамиз]. Агар бир томонда, заруран (48)/ шимолда бўлсак, иккала [баландликнинг] кичигини каттасидан айирамиз ва қолдиқнинг ярмини уларнинг кичигига қўшамиз: йиғинди шаҳарнинг кенгламаси бўлади. Агарда икки хил томонда (65)// бўлсак, иккала [баландлик] тўлдирувчиларини қўшамиз. Сўнгра бунинг ярмини уларнинг кичигига қўшамиз, йиғинди шаҳар кенгламаси бўлади¹⁹⁶.

Агарда [баландликлар]нинг бири аниқ тўқсон даража бўлса, бунга уларнинг кичиги тўлдирувчисининг ярмини қўшсак, йиғинди шаҳар кенгламаси бўлади. Ёки уларнинг кичигининг ярмини айлана саккиздан бирининг [даражаларига] қўшсак, йиғинди шаҳар кенгламаси бўлади. Чунки учинчи ҳолатда, AD нинг доира квадрантига нисбати, AE нинг доира саккиздан бирга нисбати кабидир; ҳамда AD билан квадрант орасидаги айирманинг AE билан [доира] саккиздан бири орасидаги айирмага нисбати, квадрантининг саккиздан бирига нисбати кабидир.

Иккинчи айирма – DC биринчи айирманинг иккилангани ва иккинчи айирма – энг кичик баландликдир. Биринчи айирма эса қутбнинг баландлигининг доира саккиздан биридан ортиқлигидир.

Шунингдек, агар энг кичик баландликни энг каттасига қўшсак, йиғиндининг ярми қидирилайётган шаҳарнинг кенгламаси бўлади¹⁹⁷. Бунинг исботи:

FK ни CD га тенг қилиб ажратайлик, шунда CFK – иккала баландликнинг йигиндиси бўлади. Лекин EF билан FK эса ED билан DC га тенг. Демак, CFK нинг ярми, яъни CE – шаҳарнинг (49)/ кенгламасидир.

(66)// Бу усулдан фойдаланилган кузатишлардан менга етиб келгани, Муҳаммад ва Аҳмад Бану Мусо ибн Шокирнинг¹⁹⁸ Катта Тобутдаги юлдузлардан Қизларга ёндашган юлдузни Бағдод меридианида кузатганидир; бу [юлдуз] Катта Айиқ юлдузларининг ўн саккизинчиси бўлиб, думининг бошланиш жойидадир¹⁹⁹. Улар унинг баландлигини юқори кульминацияда $60^{\circ}46'$ топдилар, қуйи кульминацияда эса – $6^{\circ}5'$ топганлар. Агар буларнинг кичигини каттасидан айирсак, $54^{\circ}41'$ қолади. Шу қолдикнинг ярми – $27^{\circ}20'30''$. Агар буни икки баландликнинг кичигига қўшсак, йиғинди – $33^{\circ}25'30''$ бўлади, бу Бағдоднинг кенгламасидир.

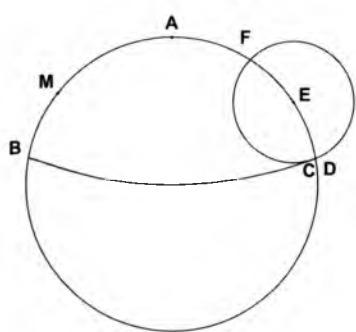
Улар иккиси яна Тобутдаги (50)/ Қизларга ёндашган иккита юлдузнинг бирини Бағдодда кузатдилар, бу – Катта Айиқнинг ўн тўққизинчи юлдузи бўлиб, унинг орқадаги чап сониди жойлашган²⁰⁰. Унинг баландлигини, энг баланд бўлган пайтида – $63^{\circ}13'$ ва энг паст бўлган пайтида – $3^{\circ}45'$ топдилар. Иккала баландликнинг йиғиндиси – $66^{\circ}58'$ бунинг ярми – $33^{\circ}29'$ бўлиб, бу – Бағдоднинг кенгламасидир.

Улар, шунингдек, Қизларнинг ўртасидаги ас-Суҳо²⁰¹ [юлдузига] ёндашган юлдузнинг энг катта баландлигини Бағдодда кузатдилар, бу – Катта Айиқнинг думи ўртасидаги йигирма олтинчи юлдуздир²⁰² ва уни $62^{\circ}3'$ да топдилар. Ўша ерда унинг энг кичик баландлигини $4^{\circ}48'$ [топдилар]. Агар буларни қўшсак, йиғинди $66^{\circ}51'$ бўлади. Бунинг ярми $33^{\circ}25'30''$ бўлиб, у Бағдоднинг кенгламасидир.

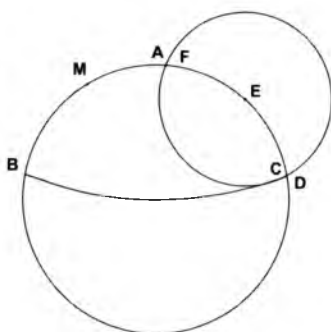
Шу юлдузнинг энг катта баландлигини баъзи нусхаларда $62^{\circ}13'$ топдим. (67)// Бундан [Бағдод] шаҳрининг кенгламаси $33^{\circ}30'30''$ эканлиги келиб чиқади. Балки бу миқдор кузатиш асбобларига яширин қолган ва нусха кўчирувчилар сабабли бўлгандир. Асл [нусхаларда] бу кузатишларнинг саналари кўрсатилмаган. Ўйлайманки, бу ҳижрий икки юз қирқ саккизинчи йилнинг атропофларида [бўлгандир], бу форсларнинг икки юз ўттиз иккинчи йилига тўғри келади²⁰³. [Лекин] Валлоҳу аълам.

Агар кузатилган юлдуз шарқдан осмон ўртасига кўтарилган бўлиб, агар у гарбга оғса, унинг энг кичик баландлиги бўлмайди. Балки у меридиандан ўтишида, [яъни қуйи кульминациясида] уфққа уриниб ўтади. (51)/ Ўша [катта] баландлигининг ярми, агар у шимол тарафида бўлса, шаҳарнинг кенгламаси бўлади. Бу [иккинчи] шаклнинг* аввалги икки суратидан келиб чиқади. Агар учинчи суратидагидек [юқори кульминация] жануб томонда бўлса, CE [ёйи] CAF нинг ярми бўлади. CAF эса квадрант CA билан ўша баландлик тўлдирувчиси AF нинг йиғиндисидир.

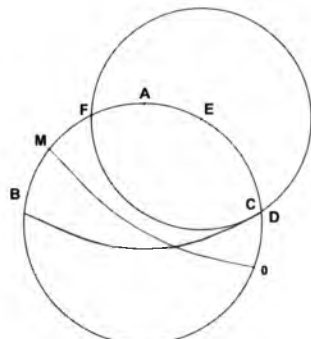
* 2-шаклга қаранг.



1-ҳолат



2-ҳолат



3-ҳолат

2-шакл

Учинчи [ҳолдаги] суратда осмон экватори MO ўтказилган бўлсин. Шунда OC шаҳар кенгламасининг тўлдирувчиси бўлади. Лекин OC [ёйи] FM га тенг, MB эса шаҳар кенгламасининг тўлдирувчиси. Демак, FM ва MB лар тенг. Шунинг учун, агар FB баландликни тенг иккига бўлсак, кенглама тўлдирувчиси MB ни ҳосил қиламиз. AM эса кенглама тўлдирувчисининг тўлдирувчиси, яъни кенгламанинг ўзидир²⁰⁴.

Бунинг ҳисоби: агар баландликни у [юлдуз] жануб тарафда бўлмаса, тенг иккига бўлсак, шу ярим – шаҳарнинг кенгламаси бўлади. Агарда [юлдуз] жануб тарафда бўлса, унинг баландлигининг тўлдирувчисини тўқсон [даражага] қўшамиз ёки унинг баландлигини икки юз етмишдан айирамиз. Сўнгра иккала амалдан ҳосил бўлганни тенг иккига бўламиз. [Ана шу ярим] – шаҳарнинг кенгламаси(52)/ бўлади. (68)//

Агарда кўринишда давом этадиган ва [кеча-кундузлик] параллели уфқдан албатта кўтарилиб турадиган юлдузни учратмасак, демак биз [Ер] экваторидамиз. Бунга [меридиандан] аниқ ўнг ва чапда ботувчи, ҳақиқатда эса диаметрда бўлган юлдузларнинг зенитдан ўтиши гувоҳлик қилади²⁰⁵.

Агар кузатилаётган юлдузнинг [параллели] уфқ билан кесишган бўлса, яъни шарқда чикиб, ғарбда ботувчи бўлса, бундан билинадикки кузатувчининг жойи олам марказининг ўрнида бўлади.

Олам маркази – E , меридиан чизиғи – BC , юлдузнинг параллели – ABD , параллелнинг текислиги билан уфқ текислигининг кесишиш чизиғи – ACD бўлсин*.

Хоҳлаган нарсадан, учта баб-баравар – EK , EL , EM тўғри таёқ ясаймиз ва [маълум] юлдузни ихтиёрий уч (69)// вақтда кузатамиз. Агар улар орасидаги масофа қанча катта бўлса, [кузатиш натижаси] шунча аниқроқ бўлади. [Юлдузнинг] параллелидаги (53)/ уч вақтдаги жойлари G , H ва F бўлсин. Таёқларнинг учларини E нуктада «нармодалар»²⁰⁶ ёрдамида бирлаштирамиз ва уларнинг ҳар бирини ўша битта юлдузнинг учта вақтдаги ҳолатларига

* 3-шаклга қаранг.

Энди бошқа турар жойларга келсак, кунлик параллелидан уфққа туширилган перпендикулярлар, параллелнинг текислиги уфқ [текислигига] огма бўлганлиги учун синусларнинг [асослари] эллипс²¹¹ бўйлаб жойлашади. Шу эллипс, ясовчилари ўша синуслар бўлган [эллиптик] цилиндр²¹² билан уфқнинг кесишиш чизиғидир.

Куёшни [кузатишга] келсак, бунда ҳам ўша уч таёқдан фойдаланиш мумкин. (71)// Унинг нури [ўткир] бўлганлиги учун ҳамда ўша таёқларнинг [Куёш нуридан акланувчи] сояларига кўра ёки икки диоптрларидан ўтувчи нурларига кўра, Куёшни таёқлар давомидаги тўғри чизиқ йўналишида топиш осон бўлганлиги учун [Куёш] билан тажриба ўтказиш осон.

[Шунинг учун] Куёшга кўра шаҳар кенгламасини билиш мумкин. Бунинг учун уфқ текислигида гоятда мунтазам ва аниқ бўлган катта яримсфера ўрнатилади. Яримсфера [сиртининг] ўртасида [шу жойнинг] зенитига мос нукта белгиланади. Бу нукта [зенит бўлиши учун] ундан туширилган шовуннинг ипи сфера сатҳи билан баравар бурчаклар ташкил қилиши керак.

[Зенит] топилганидан сўнг, диаметри бир қарич келадиган чилдирма ҳалқасига ўхшаш доира ясаймиз. Унинг устига, асоси шу доира бўлган, (56)/ тўғри бурчакли конус ўрнатамиз. Конуснинг асосини, айланаси бўйлаб, унинг ичидаги нарса кўринсин ва ўртасидаги нарсани кўл билан олиш мумкин бўлсин деб, панжарасимон [қилиб] ясаймиз.

Сўнгра конуснинг учини ичигача аниқ қилиб тешамиз. Унинг асоси доирасининг сферанинг сиртида сирғанувчи конуснинг [ҳаракатига] қаршилиқ қилмайдиган юпқа ёғочлар билан ўрнатамиз. У [ёғочларда] асос марказининг ўрнини аниқлаймиз.

Кейин конуснинг асосини яримсферанинг сиртига қўйиб, уни секин суриш билан Куёшни кузатамиз. Шунда панжарадан конуснинг ичига қараб, конуснинг учига тешиқдан Куёш нури унинг асосининг марказига тушганини кўрамыз. Сўнгра кундузнинг бирор муддатини кутиб унда уч марта шу кузатишни қайтарамиз. Кейин бир куннинг ўзида топилган сфера сиртидаги учта белгиланган [нуктадан] ўтувчи доиранинг кутбини топамиз. Шу кутб оламнинг шимолий кутбига мос ва рўпара бўлади. У билан зенит орасидаги катта айлана бўйича олинган масофа шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисидир²¹³.

Шунингдек, мунтазам бутун сферани олиб, уни уфққа параллел ёки параллел бўлмаган ихтиёрий сиртга қўйиб сферани шундай ўрнатиладики, (72)// у кўзгалмайдиган ва ҳолатини ўзгартирмайдиган бўлсин. Сўнгра асоси текис бўлган таёқ тайёрланади, унинг [асоси] сферанинг сиртига [бутун] эни бўйича симметрик (57)// тегиб турсин. Таёқни сферага [гир атрофи бўйлаб] тенг бурчаклар ташкил қилувчи ҳолатда ўрнатилади.

Сфера устида шундай жой қидириладики, унда агар таёқни ўша ерга ўрнатилса, сояси кўринмасин. Таёқ асосининг атрофига доира чизилади. Мана шуни бир кун давомида уч марта бажарилади. [Таёқ] нинг асосида

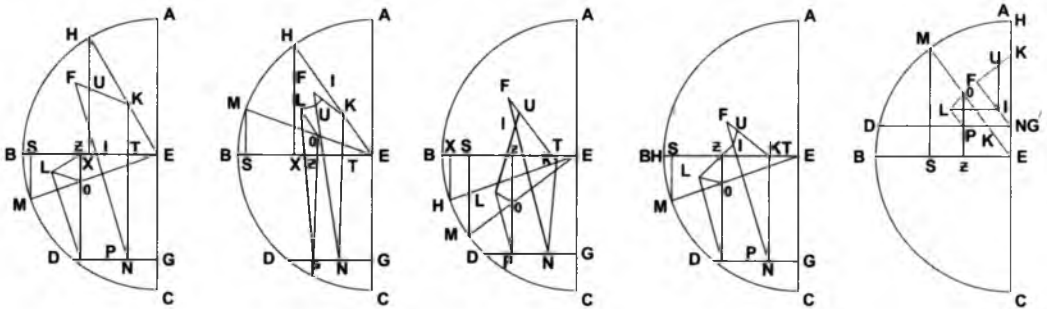
[чизилган] учта доиранинг марказлари белгиланади ва сфера сиртида шу уч марказдан ўтувчи доиранинг кутби кидирилади. Мана шу кутб [олам] шимолий кутбининг зенити остида бўлади.

Сўнгра сферанинг устида шундай жой қолдириладики, агар у ерга таёқни ўрнатиб, ундан учига темир [ўрнатилган] шовун туширилса, у таёқнинг учига бориб тегади, агарда таёқни жойидан олинса, [шовуннинг темирлик учи] унинг асосининг марказига тушади. Шу ҳолда асоснинг маркази шу жойнинг зенити остидаги нуқта бўлади. Бу нуқта билан биринчи нуқта орасидаги катта айлана бўйлаб [олинган] масофа шаҳар кенгламасининг тўлдирувчиси бўлади²¹⁴.

Иккала усул ҳам [аслида] бир нарсанинг ўзи. Фақат бу [кейингиси] осонроқ ва [унга] камроқ вақт сарфланади, қачонки ясалган сфера тайёр бўлса.

Шаҳар кенгламасини, агарда Қуёш ёки ёриткичнинг иккита турли вақтдаги баландликлари ўлчанган ва ҳар бир баландлик учун уларнинг азимути топилган бўлса бундан осон ва яқин усул билан ҳам аниқлаш мумкин.

Айтайлик, ABC доира – уфқ, LEC – ундаги туш чизиғи²¹⁵, BE – тенгкунлик чизиғи²¹⁶ ва GD – уфқ текислиги билан Қуёш параллели текислигининг кесишиш чизиғи бўлсин. BM – биринчи баландликнинг (58)/ тенгкунлик чизиғидан азимут масофаси²¹⁷, BH – иккинчи баландлик азимут масофасининг миқдори бўлсин*.



1-ҳолат

2-ҳолат

3-ҳолат

4-ҳолат

5-ҳолат

4-шакл

M билан E ни ва H билан E ни туташтирамиз ва BE га MS , HX перпендикулярларини туширамиз. Шунда EO – биринчи баландлик тўлдирувчисининг (73)// синусига, EK – иккинчи баландлик тўлдирувчисининг синусига тенг бўлсин. BE га OZ ва KT перпендикулярларини туширамиз ва уфқ текислигига OL , KF перпендикулярларини ўрнатамиз. Шунда OL – биринчи баландлик синусига тенг, KF – иккинчи баландлик синусига тенг бўлади. L билан P ни ва F билан N ни туташтирамиз. Шунда LOP учбурчаги – биринчи баландликнинг учбурчаги²¹⁸, FKN – иккинчи баландликнинг учбурчаги бўлиб, улар

* 4-шаклга қаранг.

ўхшашдир. Чунки бутун кунлик параллелидаги шу кўринишдаги учбурчакларнинг [барчаси] ўхшашдир.

Уфқ текислигига параллел бўлган LI ва IU чизиқларини ўтказамиз. Бундан ўша икки [учбурчакка] ўхшаш бўлган, FUI учбурчаги ҳосил бўлади. EMS ва EOZ учбурчакларининг ўхшашлигидан биринчи баландлик тўлдирувчисининг синуси – EO нинг биринчи азимут аргументи²¹⁹ OZ га нисбати, тўлик синус EM нинг биринчи азимутнинг синуси – MS га нисбати кабидир. Демак, OZ маълум.

Шунга ўхшаш, иккинчи баландлик тўлдирувчисининг синуси EK нинг иккинчи азимут аргументи KT га нисбати тўлик синус EH нинг иккинчи азимут синуси HX га нисбати кабидир. Демак, KT маълум. [Бундан], OZ билан KT орасидаги UI га тенг айирма маълум. Шунингдек, иккала баландлик синуслари – OL ва KF орасидаги айирма ҳам маълум. (59)/ Бу [айирма] эса – UF дир. Демак, маълум FU ва UI ларни квадратловчи²²⁰ FI ҳам маълум. FI нинг FU га нисбати тўғри бурчак FUI синусининг FIU бурчаги синусига нисбати кабидир. FIU бурчаги эса шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг миқдоричадир. Демак, у маълум ва шаҳарнинг кенгламаси ҳам маълум²²¹.

(74)//, (60)/ Бу [ҳисоблаш] амали беш қисмга бўлинади: биринчиси – агар иккала азимут ҳам биргаликда тенгкунлик чизигидан шимолда бўлса;

иккинчиси – агар улар жанубда бўлса; учинчиси – (75)// агар уларнинг бири шимолий, иккинчиси – жанубий бўлса; тўртинчиси – агар уларнинг бири шимолий, иккинчиси – тенгкунлик чизигида бўлса, бешинчиси – уларнинг бири жанубий, иккинчиси – тенгкунлик чизигида бўлса.

Биринчи, учинчи, тўртинчи ва бешинчи ҳолатларга келсак, улар шимолий, оғма параллеллари билан хосланади. Иккинчиси эса шимолий оғма параллелик, жанубий [оғма параллелик] ва оғишнинг йўқ бўлган ҳолатлари учун умумийдир. Шунинг учун бу бўлинишлар учта шаклга муҳтож, лекин биз [уларни] битта [шаклга] қисқартирдик, чунки қуйида келадиган ҳисобий мисол у суратлардан биттасининг ўрнини олади.

(61)/ Мисол келтириш асносида ҳисобни бир оз қисқартираман. Айтаманки, мен ал-Журжонияда²²² [бир неча] масалани – буларнинг орасида унинг кенгламасини ҳам – аниқлаш учун ҳижрий тўрт юз еттинчи йили, тўртинчи ражаб – жума куни, [яъни] Яздигарднинг уч юз саксон бешинчи йили, 26 Озар моҳ – аштоз куни²²³, ўша куннинг тушидан кейин, вақтнинг икки пайтида Қуёшнинг баландлик ва азимутини ўлчадим. Баландлик [биринчисида] – $21^{\circ}10'$, тенгкунлик [чизигининг] ғарбида бунинг азимути – $67^{\circ}30'$ бўлди. Иккинчи [кузатишда] эса баландлик – $14^{\circ}50'$, тенгкунлик [чизигининг] ғарбида бунинг азимути – $52^{\circ}30'$ бўлди.

Биринчи азимутнинг синусини, яъни $55^{\circ}25'58''$ ни биринчи баландлик тўлдирувчисининг синуси – $55^{\circ}57'7''$ га кўпайтирамиз, кўпайтма – 4019636926

6^{IV} кварт бўлади. Буни тўлиқ синусга бўлсак – 51°41'35", яъни биринчи азимутнинг аргументи бўлади.

Шунингдек, иккинчи азимут синусини, яъни 47°36'4" ни иккинчи баландлик тўлдирувчисининг (76)// синуси – 58°0'1" га кўпайтирамиз, кўпайтма – 35780974564^{IV} кварт бўлади. Буни тўлиқ синусга бўламиз, бунда бўлинма – 46°0'53" иккинчи азимутнинг аргументи бўлади.

Иккала азимут аргументларининг айирмаси – 5°40'42" ни ўзини ўзига кўпайтирамиз. Кўпайтма 417875364^{IV} кварт бўлади.

Биринчи баландликнинг синуси – 21°39'54", (62)/ иккинчи баландликнинг синуси – 15°21'38", улар орасидаги айирма – 6°18'16". Айирманинг квадрати – 515108416^{IV} кварт.

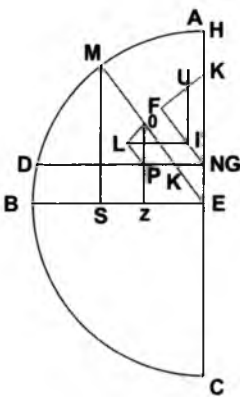
Иккала квадратнинг йиғиндиси – 932983780^{IV} кварт. Бунинг илдизи – 30545" секунд, бу – «гипотенуза»²²⁴.

Иккала баландлик синусларининг айирмасини тўлиқ синусга кўпайтирамиз, кўпайтма – 1361760" секунд бўлади. Уни «гипотенуза»нинг секундларига бўламиз, 44°34'55" чиқади. Бу эса шаҳар, [яъни ал-Журжония] кенгламаси тўлдирувчисининг синусидир. Бунинг ёйи – 47°59'25". Демак, ал-Журжониянинг кенгламаси – 42°0'35" дир²²⁵.

Агар меридиандаги иккала баландликдан бири – заруран энг каттаси, [яъни юқори кульминациядагиси] бўлса, у ҳолда тенгкунлик чизигидаги *AE* [чизиқ] *EH* ҳолатни олади. Шу пайт *EK* – тушдаги баландлик тўлдирувчисининг синуси, *KF* – тушдаги баландликнинг синуси бўлади*. Кейин [ҳисоблаш] амали аввал ўтган [амалга] ўхшаш бўлади. Бироқ бу беш қисмга бўлинади, чунки тушдаги баландлик ё жанубий, ё зенитда, ёки ундан шимолда бўлади. Иккинчи баландликнинг азимути биринчи ҳолда тенгкунлик чизигида деб эҳтимол қилинади ва ундан жануб ва шимолга кетган деб тахмин қилинади. Қолган икки ҳолда фақат шимол томонда бўлади. Мен барча амалларимда ҳам экватордаги турар жойларни (63)/ ва кенгламаси энг катта оғиш тўлдирувчисидан кичик бўлмаган жойларни истисно қиламан, чунки ўша жойларда одамлар яшаши ҳақида бизга аниқ маълумот етиб келмаган.

Ўша [беш ҳолатни] кискартириб, битта шаклни келтираман, чунки бошқа кузатиш мисоллари ҳам шунга қиёс қилинади.

(77)// Мен ўша мазкур санада жума куни²²⁶ Қуёшнинг тушки баландлигини ўлчадим ва ал-Журжонияда уни – 24°28' топдим. *KF* – унинг синуси бўлиб, у – 24°50'59", *KE* – унинг тўлдирувчисининг синуси, у – 54°36'44". Бундан кейин кетма-кет яна иккита ўлчаш [базардим].



5-шакл

* 5-шаклга қаранг.

Агар BM ни биз [тушдан] кейинги [ўлчанган] баландликнинг азимути деб фараз килсак, BM азимут – $67^{\circ}30'$ бўлади. MS – унинг синуси – $55^{\circ}25'58''$. Азимути шу бўлган баландлик – $21^{\circ}10'$ ва LO – унинг синуси – $21^{\circ}39'53''$, OE – унинг тўлдирувчисининг синуси – $55^{\circ}57'7''$. Агар EO ни MS га кўпайтирсак, кўпайтма 40196369266^{IV} кварт бўлади. Агар буни тўлиқ синусга (64)/ бўлсак, $51^{\circ}41'35''$ чиқади, бу азимут аргументи, яъни OZ .

У билан KE , яъни тушдаги баландлик тўлдирувчисининг синуси – $2^{\circ}55'9''$ орасидаги айирма IU , LO билан FK , яъни $3^{\circ}11'6''$ орасидаги айирма – FU . FU нинг квадрати – 131469156^{IV} кварт, IU нинг квадрати – (78)// 110439081^{IV} кварт. Иккала квадратнинг йиғиндиси – 241908237^{IV} кварт. Бунинг илдизи, яъни «гипотенуза» – $15553''$ секунд. LO билан FK орасидаги айирмани тўлиқ синусга кўпайтирамиз, кўпайтма – $687960''$ секунд бўлади. Буни «гипотенуза»нинг секундларига бўламиз, бўлинмада $44^{\circ}13'59''$ чиқади. Мана шу [бўлинма] шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусидир. Унинг ёйи – $47^{\circ}29'42''$. Демак, ал-Журжониянинг кенгламаси – $42^{\circ}30'18''$ дир²²⁷.

Агар BM ёйни туш [чизигига кўра аниқланган] учинчи баландликнинг азимути десак, BM азимут – $52^{\circ}30'$, унинг синуси MS – $47^{\circ}36'4''$ бўлади. Азимути шу бўлган баландлик – $14^{\circ}50'$, унинг синуси LO $15^{\circ}21'38''$; унинг тўлдирувчисининг синуси OE – $58^{\circ}0'1''$ бўлади. OZ азимут аргументи – $46^{\circ}0'53''$, LI эса OZ билан KE орасидаги айирма ва у – $8^{\circ}35'51''$ дир. Унинг квадрати – 957964401^{IV} кварт. FU эса LO билан FK нинг айирмаси ва у – $9^{\circ}29'21''$. Бунинг квадрати – 1166290801^{IV} кварт.

Иккала квадратнинг йиғиндиси 2124255202^{IV} кварт. Бунинг илдизи, яъни «гипотенуза», $46090''$ секунд. (65)/ FU нинг тўлиқ синусга кўпайтмаси – $2049660''$ секунд. Агар буни «гипотенуза»нинг секундларини 65 га бўлсак, $44^{\circ}28'15''$ чиқади. Бу эса шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусидир. Унинг ёйи $47^{\circ}49'56''$. Демак, ал-Журжониянинг кенгламаси $42^{\circ}10'4''$ бўлади²²⁸. Агар иккала баландликнинг бири осмон меридианида, иккинчиси баландликнинг азимути тенгкунлик чизигида бўлса, у ҳолда бунинг шакли ушбу ҳолатда бўлади*²²⁹.

(79)// Буни мен икки дафъа кузатдим. Биринчи [дафъа] Жайхуннинг гарбий [қирғоғида] ал-Журжония билан Хоразмнинг [бош] шаҳри²³⁰ орасидаги қишлоқда – бу қишлоқ Бушканз²³¹ номи билан маълум – хижрий уч юз саксон тўртинчи йили, яъни Яздигарднинг уч юз олтмиш учинчи йили²³², уфқ текислигига ўрнатилган, (66)/ диаметри ўн беш газ бўлган доира ёрдамида кузатдим. [Куёшнинг] йилдаги энг кичик соясига кўра, унинг энг катта баландлигини ўлчадим ва уни $71^{\circ}59'45''$ топдим. Ўша куни соя, тенгкунлик чизигига етганида, унинг миқдорини топдим. Лекин мен [Хоразмни] ташлаб кетишим ва ишларимни тўхтатишга мажбур қилган тартибсизликлар туфайли

* 6-шаклга қаранг.



6-шакл

унинг миқдорини унутиб қўйдим. Шундай бўлса ҳам, у [ўлчашимга] қўра энг катта огишнинг миқдорини $23^{\circ}35'45''$ ва ўша қишлоқнинг кенгламасини $41^{\circ}36'$ [топганимни] эслай оламан²³³.

Иккинчи дафъа хижрий тўрт юз еттинчи йили ал-Журжонияда энг катта баландликни диаметри олти газ ва айланаси даража минутларига бўлинган доира квадранти ёрдамида ўлчадим ва уни $71^{\circ}18'$ топдим²³⁴. Лекин [мен кейин топган] энг кичик баландликнинг [миқдори] сабабли бунга қалбим ишонмади ва уни эҳтиёт қилиб сақлаб қўйдим. Сўнгра баландликнинг тушдаги миқдорлари бир-бирига [жуда] яқин, [хатто] (80)// хиссан тенг бўлиб сезиладиган кунларнинг [энг]

ўртасидаги кунда азимутсиз баландликни ўлчадим. Ўша кун мазкур йил муҳаррам ойининг еттинчиси – жума куни, Яздигарднинг уч юз саксон бешинчи йили тир ойининг 6-си, хурдод куни эди²³⁵.

Баландликни мен $36^{\circ}30'$ дан камроқ топдим; бунинг синуси $35^{\circ}41'22''$ бу LO чизигидир. Тушдаги баландликнинг синуси $56^{\circ}49'57''$ – бу FK [чизиғидир]. Иккала синуснинг айирмаси – $21^{\circ}8'35''$ – бу FU [чизиғи]. Бунинг квадрати (67)/ – 5793493225^{IV} кварт. IU эса тушдаги баландлик тўлдирувчисининг синуси – $19^{\circ}14'12''$ бўлмиш EK га тенг бўлади. Бунинг квадрати 4795839504^{IV} кварт. Иккала квадратнинг йигиндиси 10589336769^{IV} кварт. Бунинг илдизи секундларда «гипотенуза», FI , яъни $102904''$ [секунд]ни назарда тутиляпти. FI нинг IU га нисбати тўғри бурчак FUI синусининг шаҳар кенгламаси миқдорича бўлган UFI бурчакнинг синусига нисбати кабидир. Агар тушдаги баландлик тўлдирувчисининг синусини тўлиқ синусга кўпайтирсак, кўпайтма $4155120''$ секунд бўлади. Агар буни «гипотенуза»нинг секундларига бўлсак, $40^{\circ}22'48''$ чиқади. Бу эса шаҳар кенгламасининг синусидир. Бунинг ёйи – $42^{\circ}17'50''$ ал-Журжониянинг кенгламаси бўлади²³⁶.

Битта нарсанинг ўзи ҳар хил миқдорларда чиқаяпти. Бунга сабаб кузатиш амалининг оғирлигида, чунки самовий улкан доиралар бўлақларини асбоблардаги кичик доираларнинг бўлақлари билан камрашга тўғри келади. Бу эса фақатгина аникликка тақрибан [яқин] натижани беради. Яна сабаб – ватар ва синусларнинг илдизларидан фойдаланилишда ва у ватарлардан баъзиларини, масалан, доира уч юз олтмиш даражасидан бир даражасининг (81)// ватарини аниклаш усулининг йўқлигидадир²³⁷. Шунинг учун синуслар ишлатиладиган амалларда мумкин бўлганича камроқ ҳисоблаш бажариш керак. Ана шунда тақрибий [ҳисоблардан] йиғилиб борадиган [хато]нинг миқдори кичик бўлади. Шунингдек, кузатиб ўлчаш билан топилган [натижани] ҳисоблашдан топилганга кўра афзал кўрмоқ даркор.

Мен ҳам ҳисоблашдан фақат ҳақиқатни [беркитувчи] тўсиклардан ўтиш учун ва баъзи маълумотларни бошқаси асосида – бундаги ҳосил бўладиган натижа ишончли бўлсин деб, синаш учунгина фойдаланаман²³⁸.

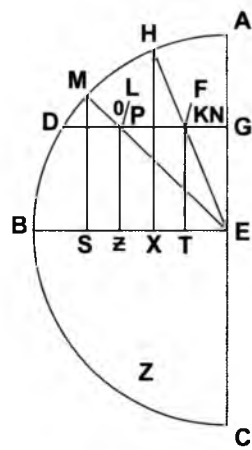
Ал-Журжониянинг кенгламаси, аслида – $42^{\circ}17'$ (68)/ чунки агар биз ўлчаб, топган ёзги Қуёш туришининг баландлиги – $71^{\circ}18'$ дан тўлиқ оғишнинг миқдори, яъни $23^{\circ}35'$ ни айирсак, $47^{\circ}43'$ қолади, – бу шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисидир. Кенгламанинг айнан ўзи, демак, – $42^{\circ}17'$. Мен шунга ишонаман ва текширишларимни шу [миқдорга] асослайман; бу ерда юқоридагидек амал қиламизми ёки энг катта баландликнинг тўлдирувчиси – $18^{\circ}42'$ га тўлиқ оғишни қўшамизми, барибир [ўша миқдор чиқаверади]. Агар ўша [энг катта баландликнинг тўлдирувчисига] тўлиқ оғишни қўшсак, яна $42^{\circ}17'$ – ал-Журжониянинг кенгламаси ҳосил бўлади²³⁹.

Агар кузатувчининг турар жойи [Ер] экваторида бўлиб, шунда ундаги баландликларнинг синуслари параллелнинг текислигида бўлса, у ҳолда LO чизиғи LP чизиғи билан устма-уст тушади*; шунингдек, FK чизиғи FN чизиғи билан устма-уст тушади. Натижада OLP ва KFN учбурчаклари гойиб бўлади. LP ва FN чизиқларининг ҳар бири [юқоридаги ҳолда] PZ ва NT чизиқларининг ҳар бири билан шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисига тенг бурчакни ўраганликлари каби, улар бу ерда ҳам шундай бурчакларни ўрайди. Чунки бундай бўлишига сабаб, улар PZ ва NT ларга перпендикуляр ва бу ерда кенгламанинг тўлдирувчиси тўлиқ квадрантдир.

Шундай қилиб, бу шаклда (69)/ KT ва OZ лар – азимут аргументлари ўзаро тенг бўлади. Қачонки улар иккиси тенг бўлиб чиқса, демак, бундан билинадик, ушбу турар жой осмон экваторининг остидадир.

(82)// Демак, равшан бўладики, агар икки баландликнинг бири осмон меридианида бўлса, EG – азимут аргументининг ўрнида турадиган бўлади ҳамда у тушдаги баландлик тўлдирувчисининг ва шарқий азимутнинг²⁴⁰ ҳар бирининг синусларига тенг бўлади. Лекин бу ерда DB – шарқий азимут бўлиб, у бу ерда энг катта оғишга тенгдир. Агарда тушки баландлик тўлдирувчисининг синуси иккинчи баландлик азимутининг аргументига тенг деб топилса, демак, бу турар жой [Ер] экваторидадир. Азимут аргументи бу ерда абадий шарқий азимутнинг синусига, яъни оғишнинг синусига тенг бўлади²⁴¹.

Агарда Қуёш икки тенгкунлик нуктасининг бирида бўлса, у ҳолда баландликлар синусларининг ўрни BE чизиғида бўлади ва кузатувчи баландликларнинг бирортаси учун тенг кунлик чизигидан бошқа [жойда] азимут топа олмайди²⁴².



7-шакл

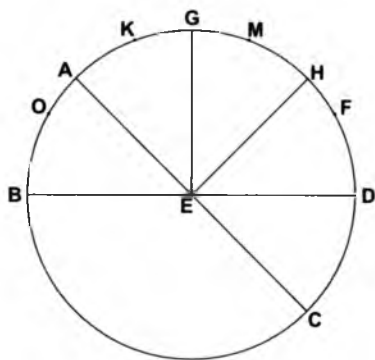
* 7-шаклга қаранг.

Номаълум шаҳарнинг кенгламасини, қачонки айнан бир турғун юлдузнинг ўзи бир вақтнинг ўзида уларнинг иккаласида кузатилиши (83)// тўғри келса ёки шундай икки вақтда [кузатилсаки], улар оралигидаги муддат турғун юлдузларнинг ҳаракати сезилмайдиган [даражада қисқа] бўлса кенгламаси маълум бошқа шаҳарга кўра ҳам аниқлаш мумкин. Шунда агар турғун юлдузнинг шу иккала шаҳардаги баландлиги осмон меридианида ва иккисида ҳам зенитдан (70)/ бир тарафда бўлса, иккала [шаҳардаги] ўша [юлдуз] баландликларининг айирмасини оламиз; агарда улар иккиси – зенитдан жанубда бўлиб, кенгламаси маълум шаҳарда юлдузнинг баландлиги катта бўлса, айирмани унинг кенгламасига қўшамиз, [шунда номаълум шаҳар кенгламаси ҳосил бўлади]; агарда ундаги баландлиги кичик бўлса, айирмани унинг кенгламасидан айирамиз [бунда ҳам ўша кенглама ҳосил бўлади].

Агарда шу юлдузнинг иккала шаҳардаги баландлиги у юлдузнинг юқори кульминациясида²⁴³ ёки юлдуз абадий кўринувчи бўлганида, қуйи кульминациясида²⁴⁴ иккиси биргаликда зенитдан шимолда бўлганида айирмани маълум шаҳарнинг кенгламасига қўшамиз, агарда юлдузнинг ундаги баландлиги кичик бўлса ёки айирманинг баландлиги катта бўлса ундан айирамиз.

Агарда юлдузнинг баландлиги икки шаҳарнинг бирида зенитдан шимолда ва иккинчисида ундан жанубда бўлса, унинг баландликларининг тўлдирувчиларини қўшамиз ва агарда юлдузнинг ундаги баландлиги шимолӣ бўлса, йиғиндини маълум шаҳарнинг кенгламасига қўшамиз ёки юлдузнинг ундаги баландлиги зенитдан жанубда бўлса, ундан айирамиз. Шу амалларнинг барчасида ҳам номаълум шаҳарнинг кенгламаси ҳосил булади.

Бунинг исботи: $ABCD$ – осмон меридиани, BED – G шаҳарнинг туш чизиғи ва AEC – H шаҳарнинг туш чизиғи бўлсин*. Фараз қилайлик, K – юлдузнинг H ва G [шаҳарларнинг] иккисидан ҳам жанубда осмон меридианидан ўтиш жойи ва O – осмон экваторининг $ABCD$ доираси билан (71)/ кесишиш нуқтаси бўлсин.



8-шакл

Агарда «кенгламаси маълум шаҳар G бўлса, юлдузнинг иккала [шаҳардаги] баландликлари – KB ва KA орасидаги айирмани, яъни GH га тенг бўлган AB ни олиб, буни G шаҳрининг кенгламаси – GO га қўшамиз. Йиғинди OH бўлиб, у H шаҳарининг кенгламасидир; чунки KB бизда юлдузнинг G шаҳардаги баландлиги бўлиб, у H шаҳридаги KA баландликдан катта.

Сўнгра H шаҳридаги (84)// баландликни маълум деб фараз қилайлик. У ҳолда бундаги KA баландлик G даги KB баландликдан ки-

* 8-шаклга қаранг.

чик бўлади. Шунинг учун, агар айирма HG ни кенглама OH дан айирсак, G шаҳрининг кенгламаси OG қолади.

Шунга ўхшаш ҳолда, агар юлдузнинг G шаҳарнинг зенитидан ўтиш жойини фараз қилсак, OG маълум бўлади. Уни айирмага қўшамиз, йигинди OH бўлади, чунки G шаҳрининг баландлиги каттадир. Агарда OH маълум бўлса, айирмани ундан айирамиз, OG қолади.

Агарда юлдузни F нукта каби G ва H шаҳарларнинг иккисидан ҳам шимолда деб фараз қилсак, қўшиш ва айириш шартлари [юқоридаги] амалнинг аксича бўлади. Бу шунинг учунки, агар OG маълум бўлиб, FD юлдузнинг кенгламаси маълум G шаҳардаги баландлиги, кенгламаси номаълум H шаҳардаги FC баландликдан кичик бўлса, айирма HG ни OG га қўшсак, йигинди H шаҳарнинг кенгламаси OH бўлади.

Агарда OH маълум бўлиб, маълум H шаҳардаги баландлик – FC , номаълум G шаҳардаги баландлик FD дан катта бўлса, айирма HG ни [маълум] кенглама OH дан айирамиз, қолдиқ OG (72) / G шаҳрининг кенгламаси бўлади.

Агарда юлдуз H [нуктадан] ўтса, амал шунга ўхшаш бажарилади. Агар юлдузни G ва H орасидаги M [нуктада] фараз қилсакки, у G дан шимолда ва H дан жанубда бўлса, у ҳолда HM – унинг H шаҳардаги баландлиги MA нинг тўлдирувчиси ва GM – унинг G шаҳардаги баландлиги MD нинг тўлдирувчиси бўлади. Иккала тўлдирувчининг йигиндиси – HG бўлади. Агар OG маълум ва M юлдуз G дан шимолда бўлса, йигинди HG ни [маълум] кенглама OG га қўшамиз; йигинди бунда OH бўлади. Агарда OH маълум ва M юлдуз (85)// H дан жанубда бўлса, HG йигиндини [маълум] кенглама OH дан айирамиз; OG – [шаҳар кенгламаси] қолади²⁴⁵.

Мен бунга мисол бўла оладиган ас-Суҳо²⁴⁶ жуфт юлдузнинг кузатилишидан бошқа [юлдузларнинг] кузатилишлари ҳақида [хабар] топмадим; бу юлдуз Банот Наъшнинг ўртасидаги учинчи юлдуздир.

Бану Мусо Сурраманраода²⁴⁷ бу юлдузнинг юқори кульминацияда баландлигини [кузатиб], уни $63^{\circ}5'$ топганлар. Юқорида эслатилганидек, улар шу юлдузнинг ўзини Бағдодда кузатиб, баландлигини $62^{\circ}13'$ топганликлари ҳақида айтганлар²⁴⁸. Иккала [баландлик] (73)/ орасидаги айирма – $0^{\circ}52'$. Иккала гал ҳам юлдузнинг баландлиги зенитдан шимолда, Сурраманраонинг кенгламаси уларнинг кузатишида $34^{\circ}12'$ бўлгани учун айирма [$10^{\circ}52'$]ни бундан айирсак, Бағдоднинг кенгламаси $33^{\circ}20'$ қолади. Уларнинг кузатишларидаги [амал] ана шундай. Агар айирмани [Бағдоднинг кенгламасига] қўшсак, яна Сурраманраонинг кенгламасига қайтиб келинади.

Мен айтаман: шу юлдузнинг баландлиги баъзи (86)// нусхаларда $62^{\circ}3'$ топилган²⁴⁹. Шунинг учун айирма $1^{\circ}2'$ бўлади. Агар буни Сурраманраонинг кенгламасидан айирсак, Бағдоднинг кенгламаси – $33^{\circ}10'$ қолади. Бундан аён бўладики, биринчи натижа тўғрироқдир. Иккита ҳар хил натижа чиқишига сабаб – нусха кўчиришдаги [хатоликдан] ҳосил бўлгандир.

Бу усул турғун юлдузлар учун мумкин бўлганидек, Куёш учун ҳам мумкин бўлади, лекин фақат [маълум] сананинг муайян кунида, чунки оғишнинг бир соатдаги ўзгариши ҳам баландликнинг миқдорларига таъсир қилади.

Бунга мисол тариқасида олиш мумкин бўлган ҳикоятлардан дамашклик [олимларнинг]²⁵⁰ ўлчашлари ҳақида топганимни келтириш мумкин. [Улар Дамашқда] хижрий икки юз ўн еттинчи йили, рабиулаввал ойининг йигирма олтинчиси, пайшанба куни, яъни Яздигарднинг икки юз биринчи йили, фарвардин моҳнинг 5-си, исфандармад куни²⁵¹ тушдаги [Куёш] баландлигини ўлчаб, уни $72^{\circ}7'50''$ топганлар. Абу-л-Ҳасаннинг²⁵² ёзишича, у шу баландликни Бағдодда $72^{\circ}14'$ топган. Иккаласи орасидаги айирма – $(74)/0^{\circ}6'10''$. Агар буни Дамашқнинг кенгламасидан айирсак, – у $33^{\circ}30'18''$ топилган эди – $33^{\circ}24'8''$ қолади, бу – Бағдоднинг кенгламасидир.

Яна ўша [ҳикоятларда] айтилганки, тушдаги баландликни Дамашқда хижрий икки юз ўн еттинчи йили, ражаб [ойининг] иккинчиси, шанба куни, яъни Яздигарднинг икки юз биринчи йили тир моҳнинг 9-си, озар куни²⁵³ ўлчаб, $73^{\circ}2'4''$ топилган. Абу-л-Ҳасаннинг айтишича, у шу баландликни Бағдодда $73^{\circ}7'$ топган. Иккала баландлик орасидаги айирма $0^{\circ}4'56''$. Агар буни Дамашқнинг кенгламасидан айирсак, Бағдоднинг кенгламаси – $33^{\circ}25'22''$ қолади.

Шунга яна бошқа мисол: Абу Маҳмуд ал-Хўжандий²⁵⁴ хижрий уч юз саксон (87) // тўртинчи йили²⁵⁵ Райда²⁵⁶ энг катта баландликни $77^{\circ}57'40''$ топган, Райнинг кенгламаси эса $35^{\circ}34'39''$. Мен ҳам ўша йили энг катта баландликни Хоразмнинг кишлокларидан бирида $71^{\circ}59'45''$ топдим; у кишлокнинг кенгламаси $41^{\circ}36'$ эди²⁵⁷. Иккала баландлик айирмаси $5^{\circ}57'55''$ бўлади. Агар айирмани Райнинг мавжуд кенгламасига қўшсак, $41^{\circ}32'34''$ ҳосил бўлади. Бу – ўша кишлокнинг кенгламасидир. Агар шу айирмани кишлокнинг мавжуд кенгламасидан айирсак, $35^{\circ}38'5''$ қолади. Бу – Райнинг кенгламасидир.

Мен бир амални бир-бири билан солиштиришда тушунарлироқ бўлсин ва натижаларнинг бирини бошқаси билан асослашда ишончлироқ хулосага келинсин деб, турли мисоллар келтириб [тушунтиряпман].

Демак, [агар] айнан бир турғун юлдузнинг икки баландлиги бир вақтнинг ўзида ёки бир-бирига (75)/ якин икки вақтда топилган бўлса, у ҳақдаги масала юқорида [баён қилинган усул] билан ҳал қилинади. Агарда бу икки вақт бир-биридан узок бўлса ёки икки шаҳарнинг бирида юқори кульминацияни, бошқасида қуйи кульминацияни ўлчанган бўлса, у ҳолда юлдузнинг узунлама ва кенглама бўйича ўрнини аниқламасдан иложи бўлмайди. Шунинг учун мен буни зижларга қолдирдим, чунки бу [масала] уларга лойиқроқдир²⁵⁸.



**(88)// ЭНГ КАТТА ОҒИШНИНГ ЎЗИНИ МУСТАҚИЛ
АНИҚЛАШ ҲАҚИДА СЎЗ**

Энг катта оғиш²⁵⁹ – осмон экватори билан эклиптиканинг²⁶⁰ кесишиш бурчагининг миқдоридир. Шунинг учун уни тўлиқ оғиш деб ҳам аталади. Экватор билан эклиптиканинг кутблари орасидаги масофа ҳам шу [энг катта оғишга] тенг²⁶¹.

Шаҳарнинг кенгламасидан фойдаланмасдан уни аниқлаш [йўли] икки қисмга бўлинади: бири – Куёшнинг [маълум] шаҳар меридианидаги энг катта ва энг кичик баландликларини аниқлаш билан; бунда агар баландликлар зенитдан бир томонда бўлса, уларнинг айирмаси олинади, агарда улар [зенитдан] икки тарафда бўлсалар, тўлдирувчиларининг йиғиндиси олинади; бу – энг катта оғишнинг иккилангани бўлади. Иккинчи усул: – шу икки баландликдан бирини Куёшнинг ўша кундаги азимути маълум баландлиги билан бирга топиш биландир²⁶².

Биринчи (76)/ усулга келсак, у ҳеч қандай ҳисобга таянмасдан кузатишга асосланганлиги учун ишончга сазоворроқдир. Қадимгилар ва аксарият янги [замон] олимлари ҳам шу усулга кўра ишлаганлар. Уларнинг баъзилари, масалан, Эратосфеннинг²⁶³ амали ҳақида бизга [хабар] етиб келмаган бўлса ҳам Гиппарх²⁶⁴ «Алмажистий»да²⁶⁵ ёзилишига қараганда, у ҳақида ҳикоя қилиб, [Эратосфенга] кўра, иккала Куёш туриш [доираларининг]²⁶⁶ ораси, агар тўлиқ айланани саксон уч ҳисса деб олсак, тақрибан ўн бир ҳисса топганлигини айтган ва Эратосфеннинг бу фикрига қўшилиб, уни маъқуллаган²⁶⁷. Лекин бу [натижа] тақлид қилиш биланми ёки кузатишга асосланган эканлигини у билмайди.

Аммо бу миқдорнинг ўзига келсак, унинг хатолиги равшан. [Гап] шундаки, астрономлар орасида доира қисмлари учун, хусусан, катта айланаларда, уч юз олтмиш сони ишлатилади; [астрономик] асбобларининг ёйлари ҳам шу сонга [кўра] тақсимланади. [Гиппарх Эратосфенга асосланиб] эслатган сон эса амалда, айланаларни бўлишда ишлатилмайди. Бу сонга касрни тўлдириш учун, ё [бирор бошқа сон] алмаштирилган, ёки у муаллифининг ўзига аён бўлган сабабга кўра [қабул қилинган].

(89)// Ўн бирнинг саксон учга нисбати иккала Куёш туриш [доираси] орасидаги тўлиқ айланани уч юз олтмиш билан ўлчанганидаги ёйнинг уч юз олтмишга нисбати кабидир. Агар биринчи [ҳадни] тўртинчига кўпайтириб, кўпайтмани иккинчисига бўлинса, учинчи [ҳаднинг] октавалари ташланган

даражалари касри билан чиқади, гарчи каср у билан тугамаса ҳам. Бу [сон]- $47^{\circ}42'39''2'''10^{IV}7^{V}14^{VI}13^{VII}$ дир.

(77)/ Бунинг ярми – $23^{\circ}51'19''31'''5^{IV}3^{V}37^{VI}6^{VII}30^{VIII}$ бундан кейинги улушлари билан²⁶⁸.

Маълумки, инсониятнинг қурби етган астрономик асбоблардаги энг майда бўлинишлар – терцийларгачадир, бунга ҳам ҳар доим эришиб бўлмайди. Шубҳасиздирки, шу ёйнинг асбоб ёрдамида топилган [касрининг] миқдори шу касрларнинг ўзига [мос] келмайди. Бу касрни [бошқа ҳисоб системасига] алмаштиришда шу [11 ва 83] сонларига мос келтириб бўлмайди, шу билан бирга, у сезги билан кузатиб топиш мумкин бўлганга кўра анча аниқдир. Бу [каср] улушларини [Гиппарх] тақрибий деганлиги менинг айтганимга гувоҳлик беради.

Аммо Птолемейга келсак, у «Алмажистий»нинг биринчи мақоласида айтишича, кўп йиллар давомида [Куёш туришлар баландликларини] осмон меридиани текислигида устунга ўрнатилган ҳалқа ёрдамида кузатган, ҳалқанинг ўқи унинг ичида айланадиган бўлиб, ҳалқанинг текислигида иккита диаметрал диоптрлик бошқа ҳалқа бўлган. У осмон меридиани текислигига ўрнатилган гишт [девордаги] квадрант ёрдамида ҳам [ўлчаш бажарган]. Бунинг маркази юқоридаги жанубий бурчагига ўрнатилган қозикнинг асоси бўлган.

У ҳамма вақт [ўлчаганларида куёш туришлар баландликлари айирмасини] қирқ етти даража ва даражанинг учдан иккисидан каттароқ ва тўртдан учидан камроқ топган. Шунга кўра у таъкидлаб, Эратосфен айтгани ва уни Гиппарх маъқуллаганини топганлигини айтган. У бундай дейишига [сабаб] шуки, бунга ўхшаш [$\frac{2}{4}$ билан $\frac{3}{4}$ орасидаги] фарқда энг каттаси билан энг кичигини [боғловчи сонни] танлаш йўли бор, яъни иккиси орасидаги ўртача миқдорни олиш керак. Бундай (78)/ [сон] Птолемей айтганидек, $47^{\circ}42'30''$ дир, бунинг ярми – $23^{\circ}51'15''$ бўлади. Бирок у оғишлар жадвалини, Гиппарх ва Эратосфеннинг [топганларини] маъқуллаб, $23^{\circ}51'20''$ деб олган, чунки, агар [у олган миқдорда] терцийларни яхлитланса, энг катта оғишнинг миқдори шундай бўлади²⁶⁹.

Птолемейдан кейин, амиралмўминин ал-Маъмуннинг²⁷⁰ замонида бўлган бирорта кузатиш [ҳақида] бизга хабар (90)// етиб келмаган. У Яхё ибн Абу Мансурга²⁷¹ бу ҳисобларни янгилашни буюрди ва у буни Шаммосияда²⁷² амалга оширди. Маълумки, у энг катта оғишни тўлиқ айлананинг икки минг тўрт юздан бир юз эллик етти бўлагига тенг деб топган, – бу эса $23^{\circ}33'$ бўлади, – ва шунга ўз зижидаги жадвалларини асослаган²⁷³. Бу ҳақда ал-Хоразмий²⁷⁴ шу [юқоридагидек] ҳикоя қилади ва бу маълумотларни кўзи билан кўрганларига нисбат беради, чунки у бу ўлчашларни [шаҳсан] ўзи кузатган. У кузатувчилар энг катта баландликни $79^{\circ}6'$ ва энг кичигини $32^{\circ}0'$ топганлар. Булар орасидаги айирма – $47^{\circ}6'$, бунинг ярми – $23^{\circ}33'$ дир. Ушбу кузатиш [ишлари] ҳижрий икки юз ўн учинчи йили, яъни Яздигарднинг бир

юз тўқсон еттинчи йили бўлган²⁷⁵, Яхё ибн Абу Мансур эса, ал-Маъмуннинг Румга²⁷⁶ юришидан аввал вафот этган²⁷⁷.

Сўнгра ҳижрий икки юз ўн тўртинчи йили ёки Яздигарднинг бир юз тўқсон саккизинчи йили²⁷⁸ (79)/ Шаммосияда энг катта баландлик – $80^{\circ}8'$, энг кичиги – $32^{\circ}58'$ топилган. Шунда [энг катта] оғиш, улар – иккиси орасидаги айирманинг ярмига кўра, [тўлиқ] айлананинг тўрт минг уч юз йигирмадан икки юз саксон уч бўлагига [тенг] бўлади, бу эса $23^{\circ}35'$ бўлади²⁷⁹.

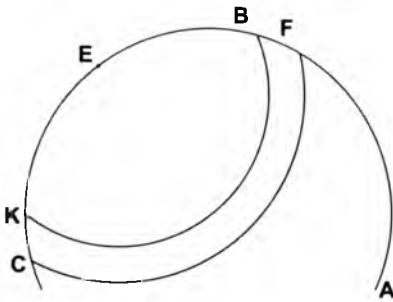
Ал-Маъмун биринчи кузатишни арзимайдиган деб топди, айтилишича у бу [кузатиш натижасини] оғишнинг миқдоридagi фарқ сабабли эмас, балки иккала баландлик фарқининг катталиги сабабли уни хато деб топди. Сўнгра ал-Маъмун Холид ибн Абду-л-Малик ал-Марваррудийга²⁸⁰ Дамашқда ўлчаш бажаришига буйрук берди. Холид Дайр Муррон²⁸¹ тоғида ғишт [деворга] улкан квадрант ўрнатиб, унинг томонини ўн газ қилиб олди²⁸². Мармардан ясалган (91)// бу квадрантнинг айланаси бўйлаб, ўйилган [диопрлик] харакатланувчи асбобни ўрнатди. Бу [диопр] орқали у Куёшни ва квадрантнинг марказидаги қозикни кузатиб турди. Шу асбоб ёрдамида у бир қисми ҳижрий икки юз ўн олтинчи йилда²⁸³ ва бир қисми икки юз ўн еттинчи йилга²⁸⁴ ўтган бутун йил давомида [Дамашқда] кузатиш олиб борди.

Унинг [энг катта] оғишни топиш иши ҳақида айтилганларга келсак, эслатадиларки, у икки юз ўн олтинчи йили энг кичик баландликни – $32^{\circ}56'$ ва [икки юз] ўн еттинчи йили энг катта баландликни – $80^{\circ}3'55''$ топди; [икки юз] саккизинчи йили [яна] энг кичик [баландликни] – $32^{\circ}55'$ топди. Бу учинчи [миқдор] эса ишончли эмас, чунки бу кузатиш билан [олдингиси орасидаги] муддат фақат қарийб бир йилнигина ташкил қилади.

Агар биз биринчисини иккинчиси билан қиёс қилсак, [энг катта] оғиш $23^{\circ}33'57''30'''$ ни ташкил қилади. Агарда иккинчи миқдорни учинчисига кўшсак, (80)/ оғиш $23^{\circ}34'27''30'''$ бўлади²⁸⁵. [Лекин] мен айтган [сабабга] кўра, буни ташлаш керак, чунки Санад ибн Али²⁸⁶ – у Холиднинг ишига назоратчи бўлиб турган эди, – айтишича, у [энг катта] оғишни $23^{\circ}33'52''$ топган²⁸⁷. Бу эса биринчи [миқдорни] иккинчига қиёс қилишдан бўладиган [натижага] мос келади. Шу [миқдорнинг] секундлари эллик етти бўлган бўлиши ҳам мумкин, бироқ у нусхаларни [кўчирилган пайтида] нотўғри ёзилиб қолган.

Менга Холиднинг Дамашқда Куёшнинг меридиандаги баландликларини ўлчаш натижаларини ўз ичига олган жадваллар етиб келган ва уларнинг далолат беришича, Куёш туришлари меридианларда юз берган эмас. Бунга сабаб шуки, у кузатишларда энг катта баландлик ҳижрий икки юз ўн еттинчи йили, жумодилаввалнинг ўн иккинчиси [душанба] куни тушда, яъни Яздигарднинг икки юз биринчи йили, урдибиҳиштмоҳнинг 22-си, бод куни²⁸⁸, $80^{\circ}4'30''$ бўлган; ундан олдинги якшанбада – $80^{\circ}4'10''$, кейинги сешанбада эса – $80^{\circ}4'28''$ бўлган.

Айтайлик, эклиптиканинг *AB* ва *BC* ёйлари тенг бўлсин; *A* – якшанба куни баландлиги топилган нуқта *B* – (92)// душанба куни баландлиги топил-



9-шакл

ган нукта ва C – сешанба куни баландлиги топилган нукта бўлсин*. Маълумки, B нинг баландлиги – учаласининг энг каттасидир; ва бу ё Куёш туриш нуктаси, ёки унга A ва C нукталарга (81)/ нисбатан якинроқ нуктадир. Мабодо, у Куёш туриш нуктаси бўлса, A нуктанинг баландлиги C нуктанинг баландлигига тенг бўларди, чунки бу икки нуктадан [B] нинг иккала тарафидаги масофа ўзаро хиссан тенг бўлади. Лекин [аслида] бу масо-

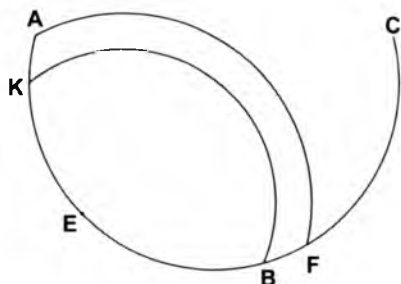
фалар тенг деб топилмаган, демак, B нукта – тенгкунлик нуктаси эмас. Агарда у ёзги Куёш туриш [нуктаси] бўлганида эди, унга якин [нукталарнинг] барчасининг баландлиги узоқ, турганлариникидан катта бўлар эди. C нуктанинг баландлиги A нуктанинг баландлигидан катта, демак, C нукта A нуктага нисбатан Куёш туриш нуктасига якин. Шунингдек, B нукта A нуктага нисбатан унга якинроқ. Демак, у нукта B ва C нинг орасида; айтайлик, E нуктаси бўлсин.

E кутбида EB ва EC масофалари билан BK ва CF параллелларини чизамиз. Кўришиб турибдики, F нуктанинг оғиши C нуктанинг оғишига тенг; демак, уларнинг меридиандаги баландликлари тенг. Аксари зижларда бу хусусда қилинадиган амалга асосан, – гарчи улар тақрибий ва хатолик бўлса ҳам, – F ва A лар баландликлари орасидаги айирма – $0^{\circ}0'18''$ нинг B ва A [нукталар] баландликлари орасидаги айирма $0^{\circ}0'20''$ га нисбати AF нинг AB га нисбати кабидир. AB – Куёшнинг якшанба ва душанба кунларининг туш [пайтлари] орасидаги кўринма [ҳаракатида] ўтган йўлидир. Кузатиш пайтида бу ёйнинг апогейдан масофаси саккиз даража эди, демак, у – $0^{\circ}56'58''48'''$ эди. Шунинг учун AF ёйи – $0^{\circ}51'16''55'''$ бўлади. Лекин AB ва BC ларни тенг деб олганмиз ва FB , KC лар (82)/ тенг. Демак, бундан, AF ва BK тенг ёйлар қолади. BK нинг ярми билан AB нинг йиғиндиси AE бўлиб, у – $1^{\circ}22'37''15'''30^{IV}$ дир. AB нинг AE га нисбати A ва B лар баландликлари (93)// айирмасининг A ва E лар баландликлари айирмасига нисбати кабидир. Демак, A ва E лар баландликларининг айирмаси $0^{\circ}0'29''$ дир. Агар буни якшанба кунисидаги A нинг баландлигига қўшсак, йиғинди – $80^{\circ}4'39''$ бўлади. Мана шу Куёшнинг Дамашқдаги энг катта баландлигидир²⁸⁹.

Энди Куёшнинг Дамашқдаги энг кичик баландлигига келсак, ўша жадвалларда²⁹⁰ хижрий икки юз ўн еттинчи йил, йигирманчи зулқаъда, сешанба кунининг туш пайтидаги ёки форсларнинг икки юз биринчи йили, 25-обонмоҳ²⁹¹, дин кунисида $32^{\circ}54'58''$ топилган; ундан олдинги душанба куни тушда – $32^{\circ}55'0''$ ва ундан кейинги чоршанба куни тушда – $32^{\circ}55'28''$ топилган.

* 9-шаклга қаранг.

Айтайлик, A – эклиптиканинг душанба кундаги нуктаси, B – сешанба кундаги нуктаси ва C – чоршанба кундаги нуктаси бўлсин*. Биринчи ўлчашдаги каби (83)/ E [нуктаси] – A ва B лар орасида Куёш туриш нуктаси бўлиши керак. Шунда C ва F нукталар баландликларининг айирмаси $0^{\circ}0'28''$ нинг C ва B нукталар баландликларининг айирмаси – $0^{\circ}0'30''$ га нисбати CF нинг CB га нисбати кабидир. Лекин ўша кузатиш пайтида



10-шакл

да CB [ёйи] апогейга диаметрал қарши [нуктадан] тўққиз даража узокликда турар эди. Демак, CB [ёйи] Куёшнинг сешанба ва чоршанба кунларининг туш пайтлари орасида нотекис [ҳаракат] билан ўтган йўли бўлиб, $u = 1^{\circ}1'27''36'''$ дир. Шунинг учун CF [ёйи] – $0^{\circ}57'21''46'''$ бўлади. EC ва KB лар тенг бўлгани учун, агар BC ни (94)// FC нинг ярми билан қўшсак, йиғинди – CE бўлади; демак, бу – $1^{\circ}30'8''29'''$ дир. CB нинг CE га нисбати C ва B лар баландликлари айирмаси – $0^{\circ}0'30''$ нинг C ва B лар баландликларининг айирмасига нисбати кабидир. C ва E лар баландликларининг айирмаси эса – $0^{\circ}0'44''$ дир. Лекин E нинг баландлиги – энг кичик баландликдир. Бу ерда чиққан [натижани] C нинг баландлигидан айирсак $-32^{\circ}54'44''$ қолади. Мана шу [айирма] – [Куёшнинг] Дамашқда қишги туриш пайтидаги баландлиги бўлади. Шу икки [энг катта ва энг кичик] баландликка асосан энг катта оғишнинг [миқдори] $23^{\circ}34'57''30'''$ бўлади²⁹².

(84)/ Кишилар [одатда] тадқиқотнинг бундай аниқ бўлишига [аҳамият] бермайдилар, чунки улар ўша жадвалларида энг катта оғишни $23^{\circ}34'51''$ деб топганлар. Гап шундаки, ўша [жадвалларда] энг катта [баландлик] – $80^{\circ}4'30''$ ва энг кичиги эса – $32^{\circ}54'48''$ деб [топилган]. Булар айирмасининг ярми энг катта оғишнинг ўша миқдори, [яъни $23^{\circ}34'51''$] бўлади²⁹³.

Мусо ибн Шокирнинг ўғиллари – Муҳаммад ва Аҳмадга келсак, улар энг катта баландликни Сурраманраода ўлчаб, уни ҳижрий икки юз қирк учинчи йили, сафар [ойининг] йигирманчиси – пайшанба кунининг туш пайтида $79^{\circ}22'$ топганлар²⁹⁴. Энг кичик [баландликни] эса ҳижрий икки юз қирк учинчи йил, шаъбон [ойининг] йигирма бешинчиси, пайшанба кунининг туш пайтида ёки Яздигарднинг икки юз йигирма олтинчи йили, обонмоҳнинг 30-си анирон (95)// куни, – $32^{\circ}13'$ топганлар²⁹⁵. [Шунингдек], ҳижрий икки юз қирк бешинчи йил, рамазон ойининг ўн еттинчиси яқшанба кунининг туш пайтида ёки Яздигарднинг икки юз йигирма саккизинчи йили 1- қўшимча [кун] – ахнуз куни²⁹⁶ [ўша баландликни] яна $32^{\circ}13'$ топганлар. Иккала баландлик орасидаги айирма – $47^{\circ}9'$, бунинг ярми – $23^{\circ}34'30''$ энг катта оғиш бўлади²⁹⁷.

* 10-шаклга қаранг.

Сўнгра улар – [Бану Мусо] бу ҳақда Абу-л-Аббос ан-Найризий²⁹⁸ билан Абу Жаъфар ал-Хозин «Алмажистий»нинг биринчи мақоласига [ёзган] тафсирларида айтишларича, Бағдодда [Дажладаги] кўприк устидаги уйларида кузатиш олиб бориб, ҳижрий икки юз эллик тўртинчи йили (85)/ зулҳижжанинг йигирма еттинчиси – пайшанба куни ёки Яздигарднинг икки юз ўттиз еттинчи йили, кўшимча кунларнинг 3-си, исфандармуз куни²⁹⁹ икки ҳалқалик [асбоб] ёрдамида³⁰⁰ Куёшнинг [туш пайтидаги] энг кичик баландлигини $33^{\circ}5'$ топдилар. Ҳижрий икки юз эллик бешинчи йили, ражаб [ойининг] тўрттинчиси – жума куни ёки Яздигарднинг икки юз ўттиз саккизинчи йили хурдод моҳнинг 1-си – хурмузд куни³⁰¹ Куёшнинг энг катта баландлигини $80^{\circ}15'$ топганлар. Иккала баландлик орасидаги айирма – $47^{\circ}10'$, бунинг ярми – $23^{\circ}35'$ – энг катта оғишдир³⁰².

Улардан кейин, ал-Баттоний деб маълум бўлган, Муҳаммад ибн Жобир ал-Ҳарроний³⁰³, ар-Раққа³⁰⁴ шаҳрида, ғишт деворга [ўрнатилган] алидада ёрдамида энг катта баландликни ўлчаган. У Куёшнинг зенитга энг яқин масофасини – $12^{\circ}26'$ ва ундан энг катта узоқлигини – $59^{\circ}36'$ топган. Булар иккинининг айирмаси – $47^{\circ}10'$ ва [энг катта] оғиш – $23^{\circ}35'$ бўлади³⁰⁵. У бир неча йил қайта-қайта кузатишлар олиб борганлигини айтиб, [энг катта оғишнинг] юқорида эслатилгандек миқдорини топган, у кузатишларнинг аниқ вақтини айтмаган. Лекин биз биламизки, у ўз кузатишларини (96)// Искандарнинг бир минг бир юз тўксон биринчи ва тўксон тўртинчи йиллари бажарган. Бу эса ҳижрий икки юз олтмиш еттинчи ва икки юз етмишинчи йиллари орасига тўғри келади³⁰⁶.

Ундан кейин Сулаймон ибн Исмат ас-Самарқандий³⁰⁷ Балҳда ғишт [деворга ўрнатилган], диаметри саккиз газ бўлган, алидадали квадрант ёрдамида кузатиш олиб бориб, Куёшнинг энг кичик баландлигини $29^{\circ}46'$ топган. (86)/ Лекин Куёш туриши [шу пайт] аниқ меридианда бўлмаган, [Сулаймон] уни [ҳисоблар ёрдамида] меридианга кўчирган, шунда баландлик $29^{\circ}44'44''$ бўлган. Параллакс³⁰⁸ ёрдамида тузатганида у – $29^{\circ}47'17''6'''$ бўлиб қолган. Бу кузатиш ҳижрий икки юз етмиш бешинчи йили, шаъбон [ойининг] еттинчиси – шанба куни ёки Яздигарднинг икки юз эллик еттинчи йили озармоҳнинг 1-си – хурмузд куни бўлган эди³⁰⁹.

Шунингдек, у ҳижрий икки юз етмиш олтинчи йили муҳаррам ойининг ўн тўрттинчиси – сешанба куни, ёки Яздигарднинг икки юз эллик саккизинчи йили, хурдодмоҳнинг 6-си – хурдод куни³¹⁰ Куёшнинг меридиандаги энг катта баландлигини [ўлчаб], – $76^{\circ}54'$ топган. Ўшанда Куёш туриши тушдан кейин бўлган эди. Сулаймон уни [меридианга] кўчирди ва баландлик $76^{\circ}54'4''$ бўлиб қолди. Сўнгра уни параллакс ёрдамида тузатганидан кейин – $76^{\circ}54'41''23'''$ бўлди. Агарда одатдагидек меридиандаги баландликлар ёрдамида ҳисобланса, [энг катта] оғиш $23^{\circ}34'$ бўлади. Агарда Куёш туришларнинг баландликларидан фойдалансак, [энг катта оғиш] – $23^{\circ}34'40''$ бўлади ёки, агар параллакс ёрдамида тўғри оласак, [энг катта] оғиш – $23^{\circ}33'42''8'''30''''$ бўлади³¹¹.

Баъзи ҳикоятларда айтилишича, Мансур ибн Талха³¹² [энг катта] оғишни ўлчаб, уни $23^{\circ}33'$ топган, бошқа ҳикоятларда айтилишича, у оғишни $23^{\circ}34'44''30'''$ топган³¹³. Лекин буларнинг тўғрилиги ишонадиган даражада эмас. Бу фозил олим Хуросондаги Тоҳирий [сулоласи] ҳокимларининг (97)// қолдиғи бўлиб, математик илмлар ва унга ёндош [фанларнинг] моҳир устаси эди. (87)/ Унинг даврида Сулаймон ибн Исмаат кузатишлар олиб борган эди. Балки у Яхё ибн Абу Мансур топган энг катта оғишни, сўнгра бунинг Сулаймон топган [миқдорини] ишлатгандир. [Мансур] бу [олимлар топган натижаларни] кузатиш [натижасида] топилган деб баҳслашаётганларга қарши далил сифатида келтирган бўлиши мумкин. Эшитувчи эса буни [Мансурнинг] ўзи топган деб хаёл қилган ва уни ҳикояларда абадийлаштирган, чунки [Мансур ибн Талха] узунлама ва кенгламаларни ўлчаш ва уларни Хуросоннинг шаҳарлари учун тузатиш билан шуғулланган эди. Бироқ у [энг катта] оғишни ўлчаган бўлиши ҳам мумкин, агар бу ҳақда батафсил баён етиб келганда, [биз бунинг гувоҳи бўлар эдик].

Мансур «[Осмон] сферасининг баёни ҳақида»³¹⁴ китобининг иккинчи мақоласида «биз текширганимиздек, [энг катта] оғиш йигирма уч даража ўттиз тўрт минут ва бир неча секунд» [деган]. Ақл бовар қилишича, секундлар ўттиздан кам, мабодо кўп бўлганида уни яхлитлаб [бирга] тўлдирарди. Шундай бўлса ҳам, бу – ўша текширишни Сулаймондан бошқа одам бажарганлигига далил эмас.

Баъзи эслатмаларда, Марвда энг катта баландлик ўлчаниб, $75^{\circ}52'$ топилганлиги [айтилган], ўша ерда энг кичик [баландликни] $28^{\circ}46'$ топилган. Бу икки баландлик айирмасининг ярми $23^{\circ}33'$ – [энг катта] оғишдир.

Сўнгра Марвда осмон экваторининг баландлиги бир неча бор ўлчаниб, $52^{\circ}20'$ топилгани ва Марвнинг кенгласи – $37^{\circ}40'$ ни ҳосил қилинганлиги эслатилган. Агар осмон экваторининг баландлигини энг катта [баландлик] билан қиёс қилинса, энг катта оғиш $23^{\circ}32'$ бўлади. Агарда уни энг кичик [баландликка] қиёс қилинса, оғиш – $23^{\circ}34'$ бўлади³¹⁵. Бироқ бу ҳикояларда на [кузатиш] вақти ва на [кузатувчининг] (88)/ номи эслатилган эмас. Бундан Марв Мансур [ибн Талха]нинг турар жойи ва мулки бўлганлиги учун [энг катта оғишни] унинг ўзи кузатган деган фикрга келиш мумкин.

Муҳаммад ибн Али ал-Маккий³¹⁶ «Аҳкоми (нужум) санъатига кириш» [китобида] эслатишича, (98)// янги [замон] олимлари энг катта баландликни тўртинчи иқлимда кузатиб, уни – $78^{\circ}8'$ ва [энг катта] оғишни $23^{\circ}34'$ топганлар. Унинг «Осмон ва Ер думалоклигининг исботи ҳақида»ги китоби унинг замони Сулаймоннинг кузатиш [вақтидан] йигирма-ю, яна бир неча йил олдин бўлганлигига гувоҳлик беради. Тўртинчи иқлимнинг кенгласи эса унинг сўзларига кўра, – $35^{\circ}26'$ бўлиши керак³¹⁷.

Маълумки, Мансур ўз кузатишларини фақат Нишопурда ва унга шимолдан ёндош бўлган Марв, Хоразм ерларида олиб борган, чунки у ўша

ерлардан узоқлашмаган. Уларнинг кенгламалари эса мазкур микдордан ор-
тик.

Агар [ал-Маккийнинг] замони бизга якин бўлиб Дайлам давлати³¹⁸ [мав-
жуд бўлган даврдан] илгари бўлмаганида эди, қалбимизга у кузатишни
Абу-л-Фазл ибн ал-Амид бажарган деган хаёл келарди. [Абу-л-Фазл] эса Рай-
да ғишт деворга ўлчаш асбобини ўрнатишни буюриб, унга асосининг диа-
метри бир-бирига бирлаштирилган уч бармоқ бўлган қозиқ тиклаттирган.
Сўнгра қозикнинг ўртасидан ўтувчи ип ёрдамида унинг соясини ўлчаган.

Шу асбоб ёрдамида Абу-л-Фазл ал-Ҳиравий³¹⁹, Абу Жаъфар ал-Хозин-
нинг иштирокида, ҳижрий уч юз қирқ саккизинчи йил рабиулохир ойининг
ўн иккинчиси – чоршанба куни ёки Яздигарднинг уч юз – (89)/ йигирма
саккизинчи йили, хурдодмоҳнинг 28-си, замдод куни³²⁰ Қуёшнинг туш пай-
тидаги баландлигини ўлчаган ва уни $78^{\circ}3'$ топган. Пайшанба [куни], яъни
морисфанд куни уни $78^{\circ}5'$ дан бир оз кам, жума куни, яъни анирон куни –
 $78^{\circ}6'$, шанба куни, яъни тирмоҳнинг ҳурмуз куни $78^{\circ}6'$ дан кам ва якшанба
куни, яъни баҳман куни $-78^{\circ}5'$ топган.

Сўнгра [Райда], у асбоб ёрдамида, ҳижрий уч юз қирқ тўққизинчи йили,
шаввол [ойининг] йигирма биринчиси – жума куни ёки Яздигарднинг уч юз
йигирма саккизинчи йили, озармоҳнинг фарвардин куни³²¹ Қуёшнинг баланд-
лигини ўлчаб, уни $30^{\circ}47'$ топган. Якшанба куни ёки ром куни уни $30^{\circ}46'$ дан
ортиқ топган. Икки Қуёш туриш [нуқталари] орасини $47^{\circ}20'$ топган. Бунинг
ярми – $23^{\circ}40'$ – энг катта оғишдир. Бундан Ҳамал бошининг Райдаги [баланд-
лиги] – $54^{\circ}26'$, (99)// кенгламаси – $35^{\circ}34'$ бўлади³²².

Райнинг кенгламасига келсак, унинг тўғрилигига Абу Маҳмуднинг³²³
ўлчашлари далолат беради, [лекин] бу ҳақда, [баён қилиш] тартиби сақланиши
учун, кейинроқ эслатилади. Аммо [энг катта] оғишнинг [ал-Ҳиравий] топган
микдори ҳамманинг фикрига кўра, шундай бир микдорга ортиқ бўлганки,
ҳатто [бу ҳақда] эшитишга малол келади. У микдор Абу Маҳмуд топганга
қатъий зид келади.

Бундан кейин Шерозда Азуд ад-Давланинг³²⁴ фармони билан [энг катта]
оғишни диаметри ичкарасидан икки ярим газ ёки беш қарич бўлган халқа
ёрдамида ўлчанди: халқанинг бўлинмалари беш минутдан эди.

Кузатиш ишларида Абу-л-Ҳусайн Абдурахмон ибн Умар ас-Суфий³²⁵ бир
неча нафар олимларга раҳбарлик қилди. Улар орасида Абу Саҳл (90)/ Вай-
жон ибн Рустам ал-Кўҳий³²⁶, Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Абду-л-Жалил ас-
Сижизий³²⁷, Назиф ибн Яман ал-Юноний³²⁸, Абу-л-Қосим Ғулом Зухал³²⁹ ва
шуларга ўхшаш олимлар бор эди.

Улар кишки Қуёш туришининг баландлигини ҳижрий уч юз эллик
тўққизинчи йили, сафар [ойининг] иккинчиси – чоршанба куни ёки форслар-
нинг уч юз ўттиз саккизинчи йили, озар моҳнинг 22-си бод куни³³⁰ ўлчаб уни
 $36^{\circ}50'$ топдилар; пайшанбада ёки дайбадин куни³³¹ – $36^{\circ}49'$, жума куни ёки

дин куни³³² – $36^{\circ}50'$ топдилар. Яздигарднинг уч юз ўттиз тўққизинчи йили озармоҳнинг 23-си³³³, дайбадин куни, яъни жума куни ҳам оғишни худди шу [охирги] микдордагидек топдилар.

Сўнгра улар ёзги Қуёш туришининг баландлигини яна ҳижрий уч юз эллик тўққизинчи йили, шаъбон [ойининг] саккизинчиси – пайшанба куни ёки Яздигарднинг уч юз ўттиз тўққизинчи йили (100)// хурдодмоҳнинг 25-си³³⁴, ард куни ўлчаб, уни $83^{\circ}59'$ дан бир оз кам топдилар; жума куни, яъни аштоз куни³³⁵ – аниқ $83^{\circ}59'$, шанба куни, яъни осмон куни³³⁶ – $83^{\circ}59'$ дан озгина кам топдилар. $83^{\circ}59'$ билан $36^{\circ}49'$ орасидаги айирма – $47^{\circ}10'$. Бунинг ярми – $23^{\circ}35'$ эса энг катта оғишдир³³⁷.

Абу-л-Вафо³³⁸ ўзининг «Алмажистий»сида энг катта оғишни кўп йиллар кетма-кет ўлчаганини ва уни $23^{\circ}35'$ топиб, бундан ортиқ бўлмаганини эслатган. Биз биламизки, унинг ўлчашларининг аксарияти Изз ад-Давланинг³³⁹ даврида Бағдоддаги Боб ат-Тибнда³⁴⁰ бўлган. (91)/ Уларнинг анча қисми ҳижрий уч юз олтмиш бешинчи ва [олтмиш] олтинчи йиллари ёки Яздигарднинг уч юз қирқ бешинчи ва [қирқ] олтинчи йилларига тўғри келади³⁴¹; Унинг «Алмажистий»сидан бизга маълумки, Бағдоднинг кенгламасини $33^{\circ}25'$ топган. Бундан билишимиз зарурки, у энг катта баландликни – $80^{\circ}10'$ ва энг кичигини – $33^{\circ}0'$ топган³⁴².

Абу Ҳомид ас-Сағоний³⁴³ «Астрономия қонунлари»³⁴⁴ китобида эслатишича, у Бағдоднинг ғарбий тарафидаги Биркату Залзал³⁴⁵ [деган жойда], диаметри олти қарич ва айланаси беш минутлик бўлимларга тақсимланган ҳалқа ёрдамида ўлчаб олиб бориб, тўлиқ оғишни $23^{\circ}35'$ ва Бағдоднинг кенгламасини $33^{\circ}20'$ топган. Бу [ўлчаб] ҳижрий уч юз етмиш тўртинчи йили ёки Яздигарднинг уч юз эллик тўртинчи йили бўлган эди³⁴⁶. Бундан биз биламизки, у топган энг катта ва энг кичик баландликлар Бану Мусолар топганга мувофиқ келади.

Шараф ад-Давла³⁴⁷ Абу Саҳл ал-Кўхийга бу ўлчашни янгидан [бажаришни] буюрди. У эса (101)// Бағдодда бир уй қурди, уйнинг асоси – диаметри йигирма беш газ³⁴⁸ бўлган шарнинг сегменти, шарнинг маркази эса шу уйнинг шипидаги тешик бўлиб, у орқали Қуёш нурлари кириб, кунлик параллелларини чизади.

Назиф ибн Яман менга хат ёзиб хабар беришича, ёзги қуёш туришини ҳижрий уч юз етмиш саккизинчи йили, эртаси тонгги сафар [ойининг] йигирма саккизинчиси – шанба куни бўладиган кечанинг биринчи соатининг охирида топилган эди. Бу Яздигарднинг уч юз эллик еттинчи йили, хурдодмоҳнинг 30-си – анирон кунига тўғри келади³⁴⁹. Ўшанда Саратон бошининг баландлиги $80^{\circ}10'$ топилган³⁵⁰. (92)/ Сўнгра унинг хатида шак-шубҳа туғдирадиган нарсалар келади. Айниқса, унинг энг катта оғишни ҳисоблашлардан кейин, Птолемей топганидек $23^{\circ}51'20''$, шаҳарнинг кенгламасини $33^{\circ}41'20''$ топилди, деган сўзлари шулар жумласидандир³⁵¹. Абу Саҳлдан олдин ва

кейин бўлган оғишни барча ўлчашларда каср [даражанинг] ярми ва чораги³⁵² бўлган бўлиб, ундан кейин бунчалик фарқ бўлиши мумкин эмас. Бу фарқни Иброҳим ибн Синон³⁵³ ва Абу Жаъфар ал-Хозинлар ўйлаганидек, эклиптика кутбларининг бирор нукта атрофидаги ҳаракатига юклаб бўлмайди. Бу фарқ тартибсиз бир дафъадир. Шу билан бирга, кейинги ўлчашлар кўрсатдики, [энг катта] оғишнинг миқдори ҳеч ҳам ортмаган.

Мен [Назифнинг] бу сўзлари қишки Қуёш туришини кузатишдан содир бўлган деб ўйлайман. Ўша [йиллар] у ёзги Қуёш туришини кузатган бўлиб, бунинг [натижалари] ўзи эслатган аввалги ўлчашлар натижаларига мувофик келган. Кейин ундан шаҳар кенгламасини аниқламоқчи бўлган ва бундан мазкур сон келиб чиққан. Агар бундай бўлмаганда қишки Қуёш туришининг баландлиги $34^{\circ}27'20''$ бўлиши керак эди, асбоблар ҳар доим ҳам секундларни аниқлай олавермайди.

Абу Саҳлнинг ўлчашлари ҳақида мен эслатгандан бошқа хабар етиб келмаган. Шараф ад-Давла бу [кузатиш ишларидан] аввал вафот этди ва ишлар тўхтаб қолди.

Сўнгра Абу Маҳмуд (93)/ Ҳомид ибн ал-Хизр ал-Хўжандий³⁵⁴, Фаҳр ад-Давланинг³⁵⁵ (102)// фармони билан Рай шаҳрининг атрофидаги Таборак тоғида³⁵⁶, меридиан чизигида, оралари етти газ келадиған иккита ўзаро параллел девор ўрнатди³⁵⁷. Сўнгра улар орасига, учидаги тешиги айланасининг диаметри бир қарич келадиған тоқи ўрнатди. Бу [тешикнинг] марказини шу деворлар орасида меридианга ўрнатилған ва диаметри саксон газ³⁵⁸ келадиған доира секстантининг маркази билан устма-уст тушадиған қилди. Кейин у секстантни ёғоч тахта билан ўраб уни мис билан қоплади ва айлананин даражаларидан ҳар бир даражани уч юз олтмишга бўлди. Бу бўлимларнинг ҳар бири эса ўн секунд келар эди, Қуёш чиқаётганида нури шу тешиқдан меридиан чизигига тушар эди.

Абу Маҳмуд тешиқдан ерга тушаётған нурнинг миқдоридек доира ясаб, унинг марказини ўзаро кесишувчи иккита диаметри билан белгилаб қўйди. Доиранин айланаси ердаги нур чегараси билан мос келарди. Унинг марказига кўра, Қуёш билан зенит орасидаги масофа аниқланади.

Энди унинг «[Энг катта] оғишни аниқлаш ҳақида»ги мақоласида келтирган [маълумотларига] кўра, тутған иши ҳақида ҳикоя қиламиз.

У ёзги Қуёш туришини кузатаётған пайтида кетма-кет келувчи икки кунда тушдаги [Қуёш] баландлигини топди. Бу кунларнинг биринчиси – ҳижрий уч юз саксон тўртинчи йили, жумодил-улонинг бешинчиси – шанба куни ёки Яздигарднинг уч юз олтмиш учинчи йили, тирмоҳнинг (94)/ биринчиси – ҳурмузд куни³⁵⁹; иккинчиси эса якшанба куни ёки тирмоҳнинг иккинчиси – баҳман куни эди³⁶⁰. Шунда у [баландликни] $77^{\circ}57'40''$ топди. Бундан у Қуёш туриши ўша икки куннинг ўртасида, ярим тунда бўлған деб хулоса чиқарди.

бир тарафда, уч секунд фарқ қилса, мазкур зиждаги ҳаракатлар [жадва-лига] кўра, Қуёш [эклиптикада] беш минут ўтади.

E қутб атрофида *ED* масофа билан *DF* кичик айланани чизамиз. Шунда *F* нукта – оғиши, баландлиги ва Қуёш туриш [нуктасидан] масофаси *D* нуктаникидек [нукта] бўлади. Демак, (96)/ *H* ва *F* нукталарининг оғишлари орасидаги фарқ уч секунд ва *HF* ёйи – беш минут. Агар [*HF*]ни *KH* га қўшилса, йиғинди $1^{\circ}36'48''$ бўлади, бу – *KF* ёйидир. [Абу Махмуд] буни *F* нуктанинг Жадий бошидан, яъни *E* нуктадан масофаси деб олган. Лекин у бундай эмас, чунки *FE* кидирилаётган нукта бўлиб, *KF* нуктанинг [бир] қисмидир. Лекин *KE* [ёйи] *FH* нинг ярми, чунки *DE* нинг *DF* га нисбати, *DK* нинг *DH* га нисбати каби, яъни яримнинг нисбати каби. Алмаштириш ва ажратиш³⁶³ билан *KE* нинг *HF* га нисбати – яримнинг нисбати, [яъни 1 нинг 2 га] нисбати каби бўлади. Агар *FH* ни *NK* нинг икки бараварига қўшилса, йиғинди *FKD* бўлади. Агар бунинг ярми *EF* олинса, у ҳақиқатдан исталган масофа бўлади. Ёки агар *FH* нинг ярмини *KH* га қўшилса, яна худди ўша натижага келинарди. Агар шу икки амалдан бири бажарилса, бунда $1^{\circ}36'18''$ ўрнига $1^{\circ}34'18''$ ҳосил бўлади.

(105)// У *EF* ёйни шу миқдорда олганидан кейин у билан *AC* орасидаги айирмани $1^{\circ}8'12''$ деб олган. (97)/ Бу эса [қуйидагича] бўлган.

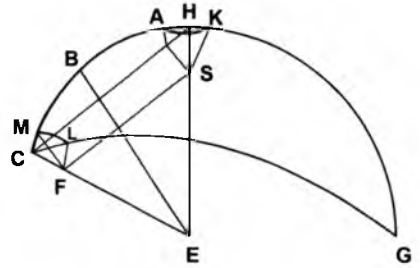
MA [чизиқни] *CE* га параллел чиқарамиз. Шунда *MF* [ёйи] – *AC* ва *EF* ларнинг айирмаси бўлади. *F* [нуктанинг] баландлиги *D* нинг баландлигига тенг ва *FM* ёйи маълум бўлгани учун *F* ва *M* нукталардаги оғишлар фарқ қиладиган [миқдор] $0^{\circ}0'32''30'''$ бўлади. Агар буни *F* нинг, яъни *D* нинг баландлигидан айирилса, – $30^{\circ}53'2''30'''$ қолади. Мана шу – *M* нуктанинг баландлиги бўлиб, унинг қишки Қуёш туриш нуктаси *E* дан узоқлиги *A* нуктанинг ёзги Қуёш туриш [нуктаси] *C* дан узоқлигига тенг бўлади. *M* нуктанинг баландлигини [Абу Махмуд] – энг кичик тенглаштирилган баландлик, *A* [нуктанинг] баландлигини эса – энг катта тенглаштирилган баландлик деб атади. Булар орасидаги айирма, у ҳисоблаб топганидек, $47^{\circ}4'37''30'''$ бўлади. Лекин у [ҳисоблаш] ишларининг давомида, мен айтганимдек, хатога йўл қўйганлиги учун иши муваффақиятсиз бўлиб чиқди ва у топган энг кичик тенглаштирилган баландликнинг миқдори, гарчи сезиларли даражада бўлмаса ҳам, ҳақиқатдагидан фарқли бўлиб чиқди³⁶⁴.

Энди, меридианнинг *HC* ёйи энг катта оғишнинг (106)// иккиланган миқдори ва сферанинг маркази – *E* бўлсин*. *H* ни *E* ва *C* ни *H* билан бирлаштирайлик ва *H* ни ёзги Қуёш туриш [нуктаси], *C* ни – қишки [Қуёш] туриш нуктаси деб фараз қилайлик. Меридианнинг *H* ва *C* нукталарининг ҳар бирида унга перпендикуляр қилиб катта айланаларни ўтказамиз. Шунда *GH* – эклиптиканинг [ёйи], ёзги Қуёш туриш унинг *H* [нуктасида], *GC* ҳам унинг ёйи, қишки (98)/ Қуёш туриши унинг *G* нуктасида.

* 12-шаклга қаранг.

[Абу Махмуд] H ва C [нукталардан] тенг узокликдаги нукталарнинг баландликларини топди; бу нукталар K ва L бўлсин. У ҳолда HK ёйи CE ёйига тенг бўлади.

Олам қутбининг атрофида KA ва LM параллелларини чизамиз. Шунда A [нукта] – K нуктасининг меридиандан ўтиш жойи, M [нукта] – L [нуктанинг] меридиандан ўтиш жойи ва MA – иккита тенглаштирилган баландликнинг айирмаси бўлади.

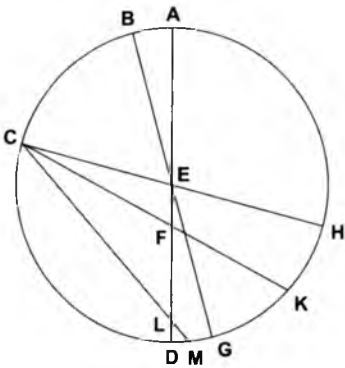


12-шакл

Осмон экваторининг текислиги билан меридиан текислигининг кесишиш чизиғи – MA нуктасининг ўртасига EB чизикни ўтказамиз ҳамда AS ва MF чизикларни унга параллел чизамиз. K билан S ва L билан F нукталарни туташтирсак, [ҳосил бўлган KS ва LF] чизиклар HE ва CE чизикларга перпендикуляр бўлади, чунки улар CG билан ML лар текисликларининг ва HG билан KA лар текисликларининг кесишиш чизикларидир. Бу текисликлар эса HC доирасининг текислигига перпендикуляр. Демак, уларнинг кесишиш чизиклари ҳам унга ва ундаги чизикларга перпендикулярдир. У ҳолда KS [чизик] – HK нинг синуси, SE – KH нинг тўлдирувчиси GK нинг синуси, LF – CL нинг синуси, EF – LC нинг тўлдирувчиси GL нинг синуси бўлади. SF эса MA [ёйининг] ватарига тенг. Бу [миқдорларнинг] ҳаммаси маълум. ESF ва EHC учбурчаклари ўхшашдир. Демак, ES нинг, яъни иккала нуктадан бирининг Куёш туриш [нуктасидан] масофаси тўлдирувчиси синусининг SF га, яъни иккала тенглаштирилган баландлик айирмасининг ватарига нисбати, тўлиқ синус EH нинг иккиланган энг катта оғишнинг ватари CH га нисбати кабилдир. Шунинг учун $(107) // SF$ ватарини, яъни $47^{\circ}55'26''$ ни $(99) /$ тўлиқ синус 60 га кўпайтирилса кўпайтма $2875^{\circ}26'$ бўлади. Буни ёдда сақланади. HK ни, яъни $0^{\circ}28'36''$ ни 90 дан айирилади; бундан $89^{\circ}31'24''$ қолади. Бу эса KG дир. SE унинг синуси бўлиб, $59^{\circ}59'26''$ дир. Ёдда сақланганни у мана шу [синусга] бўлган, бундан $47^{\circ}55'31''35'''$ чиққан. Кейин бу [бўлинмани] у тенг иккига бўлган. Шунда унинг ярми $23^{\circ}57'45''48'''$ чиққан. Бу эса [энг катта] оғиш HB нинг синусидир. Бунинг ёйи – $23^{\circ}32'21''$ оғишнинг ўзидир³⁶⁵.

Аммо Фахрий секстантига келсак, у ўзидан аввал ва кейин ясалган [барча астрономик асбоблардан] катталиги ва аниқлиги билан устун келди. Чунки Абу Махмуд – астурублар ва бошқа асбоб-ускуналар яшаш соҳасида ўз замонасининг яғонаси эди.

Унинг [энг катта] оғишнинг миқдори учун топган натижаси унга асосланиш [мумкин бўлган бошқа натижалар] орасида биринчи ўринда туради; бошқалар топган энг катта оғиш [миқдорининг] ортиқ ёки камлигини унга қиёс қилинади. Ахир у секстантининг ёрдамида секундларгача қандай аниқлик билан топган-а!



13-шакл

Бирок Абу Маҳмуд унинг айтишича ўлчашларига тоқининг учигаги тешик пастга, қарийб, бир қарич (108)// сурилгани сабабли хатолик кириб қолганлигини ва [энг катта оғиш миқдорини] аниқлашдан хурсанд эмаслигини айтган. Бунга у топган оғиш миқдорининг унинг замонида топилган [миқдорлардан] камроқ бўлганлиги далолат беради. Уларнинг айримлари ҳақида айтиб ўтилди, бошқалари ҳақида кейинроқ айтилади.

(100)/ Гап шундаки, агар $ABCD$ – меридиан доираси, E – унинг маркази, A – ундаги зенит,

B – ёзги Қуёш туришининг ундан ўтиш жойи, C – қишки Қуёш туришининг ўтиш жойи бўлса, BC – [энг катта] оғишнинг икки баравари бўлади*. DH – Фахрий секстанти ясалган доиранинг [ёйи] бўлсин, у ҳолда, E – тоқининг учига ўрнатилган тешик бўлади, чунки у секстантнинг марказидир. Назаримизда у олам марказининг ўрнида тургандек бўлади. Ёзги Қуёш туришидаги [Қуёш] нурлари у тешикдан BEG чизик кўринишида ўтади; қишки Қуёш туришининг нурлари эса CEH чизик бўйлаб ўтади. Шунда HG энг катта оғишнинг иккилангани бўлади, чунки BC ва HG ёйлар тенгдир.

Агарда тешикни Абу Маҳмуд айтганидек, қишки Қуёш туриш пайтида пастга F нуқтагача сурилган бўлса, у ҳолда Қуёш нурлари унинг ичига CFK чизик бўйлаб киради. Шунда топилган иккиланган [энг катта] оғиш KG ҳақиқатдаги HG дан кичик бўлади. Ҳар қачон тешик пасая борган сари [энг катта] оғишнинг миқдори камая боради. Ҳатто қишки туришдаги Қуёш нурлари, ёзги туришдаги тушаётган нурлар билан бир жойга тушади. Бунда энг катта оғишнинг топилган миқдори йўқолиб, ҳатто тешик L ҳолатда бўлганда нурлар CM чизик бўйлаб тушади. Шунда қишки Қуёш туриши баландлигининг тўлдирувчиси DM ёзги Қуёш туриши баландлигининг тўлдирувчиси DG дан кичик бўлади. Бу эса, мавжудликка зиддир.

(109)//, (101)/ Шунинг учун кузатувчи синчков бўлиши, ўз амалларининг натижаларини текшириб бориши, амалининг [натижаларидан] камроқ фахрланиб, тиришқоқлигини орттириши ва меҳнатдан қочмаслиги зарур.

Мана шу менга учраган энг катта оғишни ўлчанишларининг охиригисидир. Аммо мен бўлсам, шуларни аниқлаш мақсадига эришишни қаттиқ хоҳлаганим ва бошқа топилиши керак нарсалардан кўра уларни танлаганимдан, гўё уларнинг (102)/ миқдорларини аниқлашдан бирор наф олмасам ҳам, уларни танламаслигим мумкин эмасдек бўлиб қолди.

Шунинг учун ҳижрий уч юз саксон тўртинчи ва саксон бешинчи йиллар³⁶⁶ диаметри ўн беш газ бўлган доираси ва унга тегишли бошқа асбоб

* 13-шаклга қаранг.

ёрдамида ўлчашлар олиб боришга қарор қилдим. Бирок Жайхуннинг ғарбий қирғоғида Хоразмнинг [бош] шаҳридан жанубдаги қишлоқда³⁶⁷ [бажарган ўлчашимда] энг катта баландлик билан азимутсиз баландликнигина ўлчаш имкониятига эга бўлдим. Бу ҳақда шу [баландликларга] кўра, ўша қишлоқнинг кенгламасини аниқлаш мавзуида ҳикоя қилиб ўтилган эди.

[Энг катта] оғишга келсак, у энг катта баландлик билан маълум жой кенгламаси тўлдирувчисининг айирмасига тенг. Демак, шунга кўра унинг [микдори] шу пайт $23^{\circ}35'45''$ бўлади³⁶⁸.

(110)// Шунингдек, агар шу иккала баландлик ишлатилган ўша ўтган шаклда* E дан FG га перпендикуляр чиқарсак, у параллел доираси оғишининг синусига тенг бўлади. Бу эса ўша вақтда Қуёш туришининг параллели бўлади. FU нинг UI га нисбати IE нинг GE га нисбати каби бўлади. Демак, GE маълум. [Сўнгра] GE нинг E дан GF га туширилган перпендикулярга нисбати FI нинг FU га нисбати кабидир. Демак, перпендикуляр маълум бўлиб, у энг катта оғишнинг синусидир³⁶⁹.

Ўша кундан кейин Хоразмнинг буюк кишилари орасида юз берган жанжал ва тартибсизликлар туфайли у [ишларни] тўхтатиб, беркинишга, кейин эса омон қолиш ниятида ватанни ташлаб, ғарибликка юз ўгиришга тўғри келди³⁷⁰. (103)// Шундан сўнг токи замон тақозоси билан [тартиб] яна тикланмагунича, мен бир неча йил қарор тополмай юрдим³⁷¹. Гарчи жоҳил ва нодон кишилар менга ҳасад қилган ҳамда оқил кишилар бу [ишларда] менга ҳамдард бўлган бўлсалар ҳам, мен дунёнинг ишларидан қаттиқ нафратландим.

Сўнгра шаҳид хоразмшоҳ амир Абу-л-Аббоснинг³⁷² (Аллоҳ унинг далилларини равшан қилсин!) – даврида [астрономик] кузатиш ишлари учун бир оз бўш вақтга эга бўлдим ва шаҳар кенгламасини аниқлаш бобида айтиб ўтганимдек энг катта баландлик билан азимутсиз баландлик [қийматларини] ҳосил қилдим³⁷³. Лекин бу йил [мамлакатда] талафот ва вайронгарчилик билан тугади, у [Абу-л-Аббос] эса, узок муддат роҳат ва айшу ишрат билан машғул бўлиб, бунга аҳамият бермади. Бундан кейин бирор муддат тинчлик ҳукм сурди; лекин бу менинг аввалги ҳолатимга ва мен каби кишига энг муносиб бўлган машғулотга қайтишга [имконият] берадиган даражада бўлмади.

Ал-Журжонияда [топилган] энг катта баландликка келсак, у – $71^{\circ}18'$, кенгламанинг (111)// тўлдирувчиси эса ўша шаклдаги [бўлимда] айтиб ўтилганга кўра, $47^{\circ}42'10''$ бўлди. Булар иккиси орасидаги айирма эса $23^{\circ}35'50''$ бўлиб, бу энг катта оғишдир³⁷⁴.

Бошқа усул билан [энг катта оғишни аниқлашга] келганда, агар UI ни IE га кўпайтирсак, кўпайтма 8897635464^{IV} кварт бўлади. Агар буни FU га бўлсак, GE нинг [микдори], яъни $116897''$ секунд чиқади. Лекин биз GE ни [аввал] бўлган нарсамиз, яъни FU га кўпайтиришимиз, сўнгра FI га бўлишимиз ке-

* 6-шаклга қаранг.

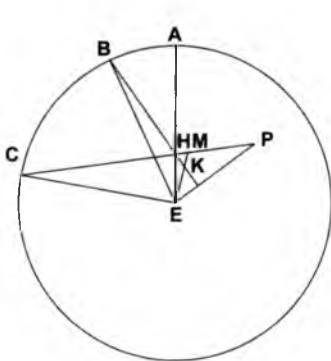
рак бўлгани учун FU га бўлганимизни қисқалик учун ташлаймиз. UI нинг IE га (104)/ кўпайтмасини FI га бўламиз, $24^{\circ}1'5''$ ҳосил бўлади. Бу эса E дан GF , га туширилган перпендикуляр бўлиб, унинг ёйи – $23^{\circ}35'50''$ – энг катта оғишдир³⁷⁵.

Сўнгра Ғазнада ёзги Қуёш туриш пайтида унинг энг катта баландлигини кузатишимга тўғри келди ва уни Яздигарднинг [уч юз] саксон саккизинчи ва саксон тўққизинчи йилларининг³⁷⁶ ҳар бирида саксон даража топдим. Яздигарднинг уч юз саксон саккизинчи йили қишки Қуёш туришида туш [пайтидаги] баландлигини ўттиз икки даража ва [даражанинг] олтидан бешича топдим³⁷⁷. [Шунда] энг катта оғиш $23^{\circ}35'$ бўлади, Ғазнанинг кенгламаси эса $33^{\circ}35'$ дир. Аллоҳ муваффақиятга [эриштирувчидир].

Ҳиндларнинг «Синдхинд» деб машҳур бўлган зижида эслатилган оғиш миқдори аниқ йигирма тўрт даражадир³⁷⁸. Уларнинг амалларини [шу зижни] мутолаа қилиб [ўрганган] киши уни ҳақиқатдан шунчалик узоқ топадики, улар тўғри деб даъво қилган ўлчаш ишларига ишонмайди.

Лекин кишилар (112)// яшаш жойларининг олислиги, ҳаддан ташқари бекитиқчиликлари, ҳиди сезилган арзимас кичик нарсага ҳам очкўзлик билан интилишлари ҳамда нодон бўлишларига қарамасдан ўзларини, оммавий равишда, донолик эгалари деб эътиқод қилишлари, шунингдек, бу амалларнинг бажарилганларига нисбатан осонлиги сабабли улар [ҳиндлар фанига] мутаассибона берилиб, кўз билан кўринганга ишонмайдиганларнинг сони кўпайиб кетдики, улар исботга аҳамият бермайдилар, хунук ишларни қилишдан тортинмайдилар ва илҳом даъво қиладилар³⁷⁹.

Улардан [бири] Муҳаммад ибн Али ал-Маккий бўлиб, «Аҳкоми нужумга кириш» (105)/ [китобида энг катта] оғиш ҳақида эслатишича, бу тафовут уларнинг кузатишларининг олам марказига қиёс қилинганлигидандир. Бошқаларнинг кузатишлари эса Ер сиртига қиёс қилинган. Бу билан [фақат содда] тингловчилар қаноатланиб, улар бу [маъданни] «эритиб» ва «тозалаб»



14-шакл

кўрмайдилар ҳам. Лекин мен бу сўзларни ҳар томонлама танқидий [текширишим] керак, чунки мен ҳақиқатни қандай «маъданда» топган бўлсам ҳам қабул қилишдан қайтмайман.

Боринг, A – кузатувчининг зенити, H – унинг Ер юзидаги ўрни, E – Олам маркази, ABC – осмон меридианининг [ёйи], B – ундаги ёзги Қуёш туриш [нуктасининг] ўтиш жойи, C эса – қишки Қуёш туриш [нуктасининг] ўтиш жойи бўлсин*. Шунда BC – иккала Қуёш туриш [нукталари] орасидаги масофа бўлиб, у энг катта оғишнинг иккиланга-

* 14-шаклга қаранг.

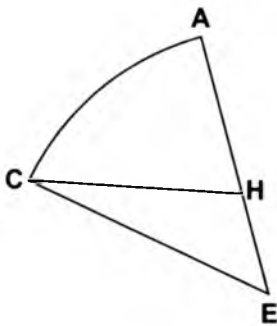
нидир. Ишларини биз [юкорида] ҳисоблаган кишиларга келсак, улар бу [BC] ёйни *HE* ва *HC* чизиклар ёрдамида топганлар. Ҳиндлар ҳақида айтилишига кўра, булар уни *EB* ва *EC* чизиклар ёрдамида топганлар.

Амалда эса буни [топишга] йўл йўқ, чунки олам марказига етиб бўлмайди. Лекин, агарда *HE* ва *EA* нукталарнинг ҳар бири маълум бўлса, ҳисоблашни *H* дан у [марказга] кўчириш мумкин.

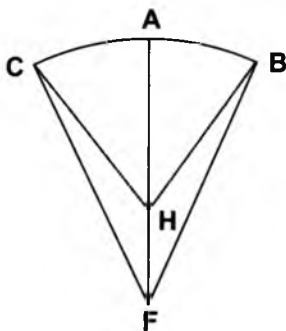
(113)// *BH* ни тўғри йўналишида давом эттирамиз ва унга *EG* перпендикулярини туширамиз. Шу [перпендикуляр] ярим диаметри *EB* бўлган доирада *GBE* бурчагининг синуси бўлади. Худди шунингдек, *CH* ни тўғри йўналишида давом эттирамиз ва унга *E* дан перпендикуляр туширамиз, у *EG* чизик бўйлаб ўтолмайди. Мабодо шу мумкин бўлса, у *EGF* чизиғи бўлсин. *HGF* (106)/ учбурчагида *F* ва *G* бурчаклари тўғри бурчаклар бўлади, бу эса [ҳақиқатга] зиддир. Агар *G* бурчак тўғри бўлса, *F* – заруран ўткир бўлади. Демак, *CH* ва *E* дан тушган перпендикуляр *F* ва *H* чизиклар орасига тушади. Масалан, у *EKM* бўлсин. Бу эса боягидек доиранинг *HCE* бурчагининг синуси бўлади. Шунда *EK* чизикнинг квадрати *EG* ва *GK* чизиклар квадратларининг йиғиндисига тенг бўлади. Демак, у *EG* дан каттадир. Лекин *EK* [чизик] *EM* нинг қисми. Демак, *EM* [чизик] *EG* дан анча катта. Шунинг учун *C* бурчаги *B* бурчагидан катта. Бундан ёзги Қуёш туриш баландлигининг тўлдирувчиси бўлмиш *AHB* бурчаги марказга қиёсан баландликнинг тўлдирувчиси бўлмиш *AEB* бурчагидан *HBE* бурчаги, яъни параллакс [микдорича] ортиқ. Шунингдек, қишки Қуёш туриши учун бўлган *AHC* бурчаги *AEC* бурчагидан *HCE* бурчагича ортиқ. Параллакс [бу ерда ҳам] баландлик тўлдирувчисидан камликдир. Агар иккала баландлик тўлдирувчиларидан иккала параллаксни айириб, кейин улар иккисининг айирмасини олсак, бу [айирма] баландликлар тўлдирувчиларининг параллакслари айирилмагандаги айирмасидан *B* ва *C* бурчаклари орасидаги айирма кичик бўлади; чунки *C* бурчаги *B* бурчагидан катта. (114)// Демак, ҳиндларда [энг катта] оғиш [микдори] бошқа кузатувчилар топганидан кичик бўлиши керак³⁸⁰.

Агарда [ҳиндларнинг тарафдорлари] масалани аксинча қўйиб, ҳиндларнинг ўлчамлари параллакс билан тенглаштирилган, бошқаларнинг ўлчамлари эса у билан тенглаштирилмаган ва Ер (107)/ сиртига қиёс қилинмаган, чунки бу кейингилар ўлчашларини маркази олам маркази деб олинган ҳалқали асбоблар билан бажарган, ҳиндлар эса сояларга кўра ўлчаганлар деб таъкидлайдиган бўлсалар, бу [«маъдан»] ҳам «бўш» бўлиб қолади, гарчи буни уларнинг «қайроқ тоши» билан «қайрасак» ҳам.

Улар учун ҳам, бошқалар учун ҳам параллакснинг энг катта микдори ўндан бир даражанинг ярмидан кичиклиги ихтилофли эмас, [ваҳоланки] уларнинг оғиш [микдорлари] билан бошқаларнинг [шу микдори] орасидаги айирмаси даражанинг тўртдан бири ва олтидан бирини ташкил қилса ҳам. Бирок Ойнинг кенгламаси уларда Птолемейдагидан ярим даража камлик қилади.



15-шакл



16-шакл

Агарда хиндлар [фойдасига] қилган даъволарида маркази E деб олинса, оғишни [ўлчашда] бу даъво пучга чиқади. Агар у даъвода H нукта олинса, уларнинг даъвоси ўринсизлигини Ойнинг кенгламаси [кўрсатади] ва [хиндлар] тарафдорларининг орқага қайтиб, уларнинг ҳам бошқалар каби эканликларини тан олишлари қолади.

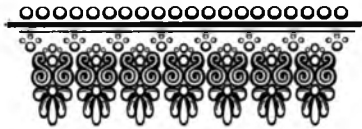
(115)// Энди кузатиш [жойини] Қуёш туриш параллелининг остига ўрнатайликки, B [нукта] зенитда бўлсин*. Шунда энг катта оғишнинг иккилангани кишки Қуёш туриши баландлигининг тўлдирувчиси, яъни AC бўлади. (108)/ Кўринишда эса у AHC дир. Лекин агар марказ E га қиёс қилинса, у – AEC бурчаги бўлади. Бу [бурчак] эса AHC бурчагидан HCE бурчаги [миқдорича] кичикдир. Демак, [бу ерда ҳам энг катта оғиш] кичик бўлиб катта эмасдир. Шундай бўлса ҳам, бу кичиклик шунчалик аҳамиятсизки, агарда [хиндларнинг тарафдорлари] ўйлаб кўрганларида эди, буни бирор [нарсага] тааллуқли деб айтмас эдилар³⁸¹.

Шунга ўхшаш кузатиш жойини Ер экваторига қўяйлик. Бу ҳолда A , B ва C [нукта]ларнинг ўртасида бўлади**. AB – ёзги Қуёш туриш [нуктаси] баландлигининг тўлдирувчиси, AC эса кишки Қуёш туриш [нуктаси] баландлигининг тўлдирувчиси бўлади. Уларнинг йиғиндиси энг катта оғишнинг тўлдирувчисидир. Агар уни кузатиш жойидан [олам] марказига кўчирилса, у BEC бурчакнинг миқдори билан ўлчанади. Бу [бурчак] эса BHC бурчакдан B ва C бурчакларининг йиғиндисича кичикдир. Шундай қилиб, кузатиш ҳолатини қандай ўзгартирсак ҳам масала бир хил ҳолатда бўлаверади. Демак, буни айтган кишининг сўзлари ҳеч қандай маҳсул бермайди. ((109)/, (116)// Энди [айтаманки], биз [юқорида] келтирган – бир-бирига ёрдамлашувчи ва бир-бирини тасдиқловчи барча гувоҳликлар энг катта оғишнинг миқдори йигирма уч даража ва даражанинг учдан бири-ю тўртдан бирича эканлигини ҳамда баъзи бировларда бундан ортиқлик ёки камлик бўлса, бу асбоб сабабли эканлигини кўрсатади. Хусусан, камлик Абу Маҳмуд³⁸² топган [миқдорда], ортиқлик эса Назифнинг³⁸³ ҳикоя қилишича, Абу Сахлнинг³⁸⁴ ўлчаб [топган миқдорича] бўлган. Буларнинг иккисида ҳам [хатолик] албатта асбоб сабабли юз берган. Чунки биз ўша ал-Хўжандий ўлчаган йили [энг катта] оғиш даражаларининг касрини учдан бир-у тўртдан бир [даража] топдик – бундан кам ҳам, ортиқ ҳам эмас.

* 15-шаклга қаранг.

** 16-шаклга қаранг.

Биз эслатиб ўтганларнинг ҳаммасини, кўлёзма нусхаларидаги хатоликларни қайта эслатишдан қутулиш учун ҳамда уларнинг ҳаммасини дафъатан кўз илғаши учун бир жойга тўплаш [мақсадида] жадвалларга ўрнатамиз. Ҳар икки шаҳардаги икки энг катта баландлик орасидаги зарур бўладиган фарк уларнинг кенгламалари орасидаги фарққа тенг бўлиши шарт. Мабодо жадвалда жойлаштирилганларда ихтилоф юз берса, у қуйидаги сабабдан бўлади: энг катта баландлик [энг катта] оғишга тааллуқли, шаҳар кенгламаси эса ундаги энг катта ва энг кичик баландлик орасидаги айирма билан боғлиқ. [Ҳар хил олимлар томонидан энг] катта оғишни топишда ихтилоф бўлганлиги учун иккала [баландлик]ни ёки бирини ўлчашда хато юз берган бўлиши мумкин. Аллоҳ муваффақиятга [йўлловчидир].



(117)//, (110)/ ШАҲАР КЕНГЛАМАСИНИ, ТЎЛИҚ ВА ЖУЗЬИЙ ОҒИШЛАРИНИ УЛАРДАН БИРИНИ БОШҚАСИ ОРҚАЛИ АНИҚЛАШ ҲАҚИДА СЎЗ

Шаҳар кенгламасини ва тўлиқ оғишларидан ҳар бирини алоҳида аниқлаш ҳақида юқорида айтиб ўтилди. Бу икки [миқдор аслида] бир-бирини тўлдирувчи ва бири бошқасини [аниқлашда] ёрдам берувчи миқдорлардир. Буларнинг иккиси бу фандан фойда ҳосил қилишда ёрдам бериши мумкин. Шунинг учун энди бу ҳақда сўз бошлайлик.

Мен айтаман: агарда энг катта оғиш ёки жузъий оғиш, яъни Қуёш туриш [нуктасидан] бошқа [нуктадан ўтувчи] параллелнинг оғиши, маълум бўлса ва биз эса шаҳар кенгламасини аниқлашга ҳимматимиз етмаётган бўлсин. У ҳолда биз Қуёшнинг азимути маълум [бўлган] баландлигини ўлчаймиз. Бу билан бизга шаҳар кенгламаси маълум бўлади. Шунда [баландлик] ё меридианда, ёки тенгкунлик чизиғида бўлиши, ёки ундан жануб ё шимол томонга оғган бўлиши мумкин.

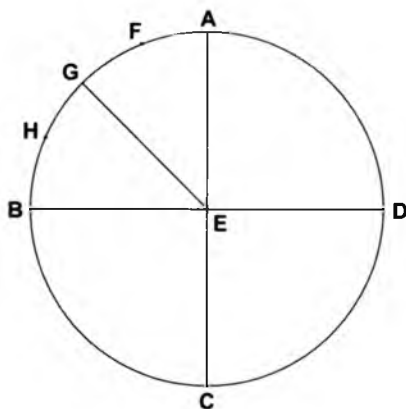
Агар баландлик туш пайтида бўлса, у ё зенитдан жанубда, ёки шимолда, ёки унинг қоқ ўзида бўлиши мумкин.

Буни [тушунтириш] учун $ABCD$ – доираси E маркази билан осмон меридиани, A – зенит, B – жануб нуктаси, EG – меридиан текислиги билан осмон экватори текислигининг кесишиш чизиғи бўлсин*. Шунда AG – қидирилаётган (111)/ кенглама бўлади. Агар [Қуёшнинг] тушдаги баландлиги зенитдан жанубда, яъни B нуктаси [тарафида] олинган бўлиб, Қуёш оғиши жузъий ёки

GH каби тўлиқ бўлсин, барибир (118)// шунда BH – баландлик бўлади. Агар биз баландлик тўлдирувчиси – AH билан Қуёш оғиши – GH орасидаги айирмани олсак, [айирма] AG – шаҳар кенгламаси бўлади.

Агарда баландлик жануб нуктаси – B дан олиниб, Қуёш оғиши FG каби шимолӣ бўлса, баландлик FB бўлади. Баландлик тўлдирувчиси AF ни оғиш FG га қўшамиз. Йиғинди – AG шаҳар кенгламаси бўлади.

Агар Қуёш оғишга эга бўлмаса, баландлик GB бўлиб, унинг тўлдирувчиси AG – шаҳар кенгламаси бўлади.



17-шакл

* 17-шаклга қаранг.

Агарда баландлик квадрантнинг ўзи бўлиб, Куёш оғиши бўлса, AG – шаҳар кенгламасига тенг бўлган [ўша] оғиш бўлади.

Агар тушдаги баландлик шимол нуқтаси D дан DK каби олинган бўлса, баландлик тўлдирувчиси AK ни оғиш GK дан айирамиз. Шунда шаҳар кенгламаси AG қолади.

Агар Куёш оғишсиз, унинг баландлиги тўлиқ квадрант бўлса ёки [Куёш] оғишлик бўлиб, баландлиги оғишнинг тўлдирувчисига тенг бўлса, бу ҳолда биз Ер экваторидамиз³⁸⁵.

(112)/, (119)// Бунга мисол: шу фаслни ёзаётган кунимиз, – бу ҳижрий тўрт юз тўққизинчи йил жумодилохир ойининг бошидаги сешанба куни³⁸⁶, – Қобул³⁸⁷ яқинидаги Жайфур³⁸⁸ қишлоғида эдим. Шунда мени шу жойларнинг кенгламаларини аниқлашга жуда қаттиқ хоҳиш эгаллади. Лекин мен [бу пайт] ўйлашимча ҳатто (Лут ва Нуҳ – иккисига ҳам салом!) – мисли кўрмаган [қаттиқ] синовни [бошимдан] кечираётган эдим. Мен [фақат] Аллоҳнинг раҳмати ва ёрдамига эришишда улардан кейин учинчи бўларман деган умиддаман. Мен баландликни [ўлчаш учун] бирор асбоб [топиш] ва асбоб ясаш учун зарур бўлган бирор ускуна топиш [имкониятига] ҳам эга эмас эдим. Шунда ҳисоб тахтасининг орқасига даражалари олти қисмга бўлинган доира ёйини чиздим, – бу [қисмларнинг] ҳар бири ўн минут бўлади. [Сўнгра] унинг ҳолатини шовунлар билан текшириб кўрдим. [Куёш] баландлиги жануб томонда $45^{\circ}0'$ бўлди, Куёш эса ал-Баттоний зижига кўра, Мезоннинг $26^{\circ}36'$ ида эди. [Шунда] унинг жанубга оғиши $10^{\circ}19'$ бўлади. Уни мен кузатиш билан топилган баландликка кўшдим, йиғинди $55^{\circ}19'$ бўлди. Бу эса Кобул кенгламасининг тўлдирувчисидир, кенгламанинг ўзи эса – $34^{\circ}41'$ ³⁸⁹.

Бошқа мисол: Абу-л-Фазл ибн ал-Амид ҳижрий уч юз қирк тўққизинчи йили шаъбон [ойининг] ўн иккинчиси³⁹⁰ – шанба куни Қосон шаҳрида³⁹¹ [Куёшнинг] тушки баландлигини ўлчашни буюрди. Куёш Мезоннинг $18^{\circ}37'$ ида. Буни у учун Абу Жаъфар ал-Хозин тузган «ас-Сафоих»³⁹² зижи (113)/ ёрдамида $50^{\circ}0'$ топилди; Куёш (120)// оғиши $7^{\circ}20'$, тенгкунлик [нуқтасининг] баландлиги $57^{\circ}20'$, Қосоннинг кенгламаси $32^{\circ}40'$ бўлди. Маълум [бўляптики], баландлик [миқдорида] чалкашлик бор, чунки Қосон [шаҳри] Исфаҳон – бунинг кенгламаси бу миқдордан катта – Рай билан – бунинг кенгламаси ҳам шундай – орасида ўрталикда туради.

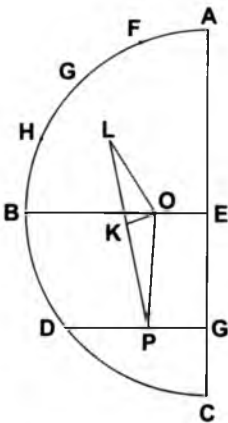
Бунинг аксинчасида, агар бизда [Куёшнинг] тушки баландлиги топилган бўлиб, Куёш оғишини аниқламоқчи бўлсак, буни шаҳар кенгламаси ёрдамида аниқлаш [усули] айтиб ўтилди. Шунда қараймиз, агар [Куёш] баландлиги жануб томондан GB каби шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисига тенг бўлса, Куёш осмон экваторида оғишсиз бўлади. Агарда [баландлиги] BH каби шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисидан кам бўлса, уларнинг айирмаси, яъни – GH жануб томонда [Куёш] оғиши бўлади. Мабодо [баландлиги] BF

каби шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисидан катта бўлса, улар орасидаги айирма, яъни – FG ёки AG шимол томонда [Қуёш] оғиши бўлади. Агарда [Қуёш] баландлиги DK каби шимол тарафида бўлса, шаҳар кенгламаси AG билан баландлик тўлдирувчиси AK нинг йиғиндиси [Қуёш] оғиши GK бўлади.

Бунга мисол: мен ҳижрий тўрт юз еттинчи йили рабиулохир ойининг ўн биринчиси – душанба куни³⁹³ ал-Журжониядаги амирнинг саройида [Қуёшнинг] тушдаги баландлигини ўлчаб $47^{\circ}42'$ топдим ёки бу Яздигарднинг уч юз саксон бешинчи йили меҳр моҳнинг ўнинчиси обон рўз, (114)/ ёки Искандарнинг минг уч юз йигирма еттинчи йили айлул [ойининг] ўн еттинчи куни эди. Бу [миқдор] ал-Журжония кенгламасининг тўлдирувчиси, яъни $47^{\circ}43'$ дан катта бўлгани учун булар орасидаги айирма $0^{\circ}1'$ – Қуёшнинг шимол томонда оғиши бўлади. [Ўша куни] баҳорги тенгкунлик (121)// тушдан бир «текис» соат³⁹⁴ ўтганидан кейин бўлиши керак эди. Бу кузатишни мен «Қуёш ҳаракатини аниқлаш йўлини кўрсатиш» китобимда³⁹⁵ баён [қилинган], Қуёшни ўртача ҳаракатини аниқлашда асос қилиб олдим.

Агар шаҳар кенгламаси ва Қуёш оғишининг иккиси ҳам биргаликда маълум бўлса ва биз [Қуёшнинг] тушдаги баландлигини аниқлашни истасак, жанубий оғишни шаҳар кенгламасининг, тўлдирувчисидан айирамиз ёки бунга шимолий оғишни қўшамиз. Шунда жануб томонда тушки баландлик ҳосил бўлади. Бироқ агар натижа BAK каби квадрантдан катта бўлса, шу пайт биз бу натижани доира ярми бўлмиш бир юз саксон даражадан, яъни BAD дан айирамиз; шунда [Қуёшнинг] шимол томонда тушки баландлиги DK қолади.

Агарда [Қуёшнинг] кузатилган баландлиги азимутсиз доирада бўлиб, қидирилаётган шаҳар кенгламаси бўлса, у ҳолда ўтган шаклдан* шунга ўхшашини кераклигича ўз ҳолатлари ва ҳарфлари билан келтирамиз.



18-шакл

Айтайлик LO – тенгкунлик чизиғи EB да ўлчанган баландлик синуси бўлсин**. LP та (115)/ OK перпендикулярини туширайлик, у Қуёш оғишининг синусига тенг бўлади. LPO бурчаги шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг миқдорича, POL бурчаги – тўғри [бурчак] бўлгани учун қолган PLO бурчак шаҳар кенгламасининг миқдорига тенг бўлади. Ўлчанган баландлик синуси LO нинг Қуёш оғишининг синуси OK га нисбати тўғри бурчак LKO синусининг шаҳар кенгламасига [тенг] OLK бурчак синусига нисбати (122)// кабидир.

Агар Қуёш оғишининг синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани азимутсиз баландликнинг синусига бўлсак, шаҳар кенгламасининг синуси чиқади³⁹⁶.

* 6-шаклга қаранг.

** 18-шаклга қаранг.

Агар шу баландлик билан бирга шаҳар кенгламаси ҳам маълум бўлиб, Қуёш оғишини топмоқчи бўлсак, баландликнинг синуси LO нинг изланаётган OK га нисбати тўғри бурчак LKO синусининг шаҳар кенгламаси бурчаги OLK нинг синусига нисбати кабидир. Агар азимутсиз баландлик синусини шаҳар кенгламасининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани тўлиқ синусга бўлсак, Қуёшнинг шимолдаги оғишининг синуси чиқади, чунки бундай баландлик фақат шимолий параллеллардагина бўлади.

Худди шунингдек, агарда берилган [нарса] – Қуёш оғиши маълум бўлса, кенгламаси маълум шаҳарда азимутсиз баландлик топилади. [Бунинг] учун Қуёш оғишининг синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани шаҳар кенгламасининг синусига бўламиз. Бундан азимутсиз баландликнинг синуси ҳосил бўлади³⁹⁷.

(116)/ Агарда ўлчанган баландликнинг азимути тенгкунлик чизигидан икки тарафнинг бирига четланса, Қуёш оғишини маълум деб фараз қилайлик ва шаҳар кенгламаси топиладиган бўлсин.

Масалан, азимут (123)// бўлсин*. Унинг тенгкунлик чизигидан масофаси BM кузатишдан маълум. EO , яъни ўлчанган баландлик тўлдирувчиси синусининг азимут аргументи OZ га нисбати тўлиқ синус EM нинг BM синусга нисбати кабидир.

Шунинг учун баландлик тўлдирувчисининг синусини азимутнинг синусига кўпайтириб, кўпайтмани ёдда сақласак, кейин уни тўлиқ синусга бўлсак, азимут аргументи OZ чиқади.

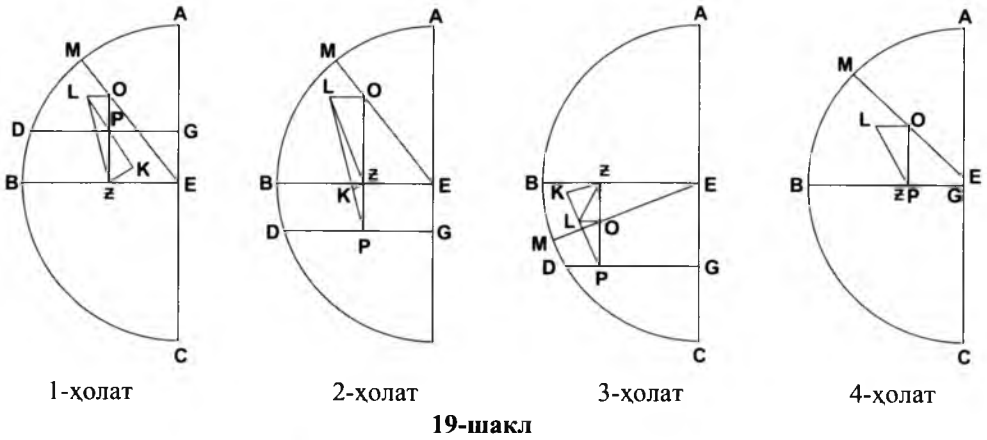
ZL ни чизамиз ва LP га ZK перпендикулярини туширамиз, у (117)/ оғишининг синусига тенг бўлади. ZL нинг квадрати маълум [бўлмиш] LO ва OZ лар [квадратларининг йиғиндисига тенг] бўлгани учун у ҳам маълум. Унинг OZ га нисбати тўғри бурчак LOZ синусининг OLZ бурчаги синусига нисбати кабидир.

Агар ўлчанган баландлик синуси ва азимут аргументининг ҳар бирини ўз-ўзига кўпайтириб, ёдда сақланганни шу кўпайтма йиғиндисининг илдизига бўлсак, OLZ бурчагининг синуси чиқади. Унинг ёйи – бу биринчи [ёйдир].

ZK нинг ZL га нисбати ZLK бурчак синусининг тўғри бурчак ZKL нинг синусига нисбати кабидир. Агар оғиш синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани илдизга бўлсак, ZLK бурчагининг синуси чиқади. Унинг ёйи иккинчи [ёйдир].

Энди жанубий азимут ва жанубий оғиш [бўлган ҳолга] келсак, биринчи ва иккинчи ёйлар айирмаси, биринчи шаклдагидек, шаҳар кенгламасидир. Аммо жанубий азимут ва шимолий оғиш [бўлган ҳолга] келсак, иккала ёйнинг йиғиндисини, иккинчи шаклдагидек, шаҳар кенгламаси бўлади.

* 19-шаклга қаранг.



Азимут шимолий бўлган [ҳолда] иккала [ёй] йиғиндисининг ярим айланага тўлдирувчиси (124)// шаҳар кенгламасидир. Чунки уларнинг йиғиндиси, учинчи суратда OLK ўтмас бурчагидир.

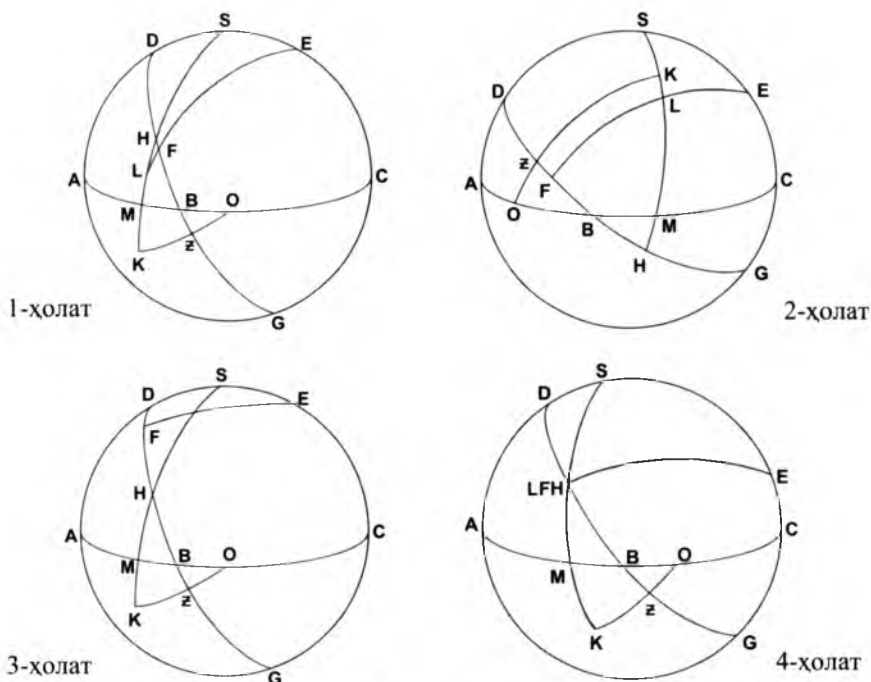
Уни икки тўғри бурчакка тўлдирувчи қолган OLP бурчак шаҳар кенгламасидир. Агар тўртинчи суратдагидек оғишсиз бўлса, (118)/ биринчи ёй учун чиққан миқдор бу шаҳар кенгламасидир.³⁹⁸

(119)/ Агарда берилган шу баландлик, унинг азимути ва шаҳар кенгламаси маълум бўлиб, Қуёш оғишини топиш керак бўлса, [аввал] азимут аргументини топамиз. Шунда OZ маълум бўлади.

((120)/ LO нинг OP га нисбати кенглама тўлдирувчиси OP бурчаги синусининг кенглама OLP бурчагининг синусига нисбати кабидир. Баландлик синусини шаҳар кенгламасининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани кенглама тўлдирувчисининг синусига бўламиз. Кейин бўлинма билан жанубий азимут аргументининг айирмасини ёки унинг шимолий азимут аргументи билан йиғиндисини оламиз; ZP ҳосил бўлади. Унинг ZK га нисбати тўғри бурчак ZKP синусининг кенглама тўлдирувчисининг миқдорига [тенг] KPZ бурчаги миқдорига нисбати кабидир. Агар ҳосил бўлган [ZP]ни шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани тўлиқ синусга бўлсак, Қуёш оғишининг синуси ҳосил бўлади³⁹⁹.

Агар бизга берилган шаҳар кенгламаси ва Қуёш оғиши маълум бўлса ва баландлиги маълумлигида номаълум азимутни топиш талаб қилинса ёки азимут маълум бўлиб, номаълум баландликни топиш керак бўлса, у ҳолда биринчи ҳол учун айтамыз.

ZK – оғиш синуси маълум. KPZ – кенглама тўлдирувчисининг миқдори. ZP нинг ZK га нисбати тўғри бурчак ZKP синусининг KPZ бурчаги синусига нисбати кабидир. Агар Қуёш оғишининг синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусига (121)/ бўлсак, ёдда сакланадиган ZP чиқади. Унинг квадрати ZK ва KP лар [квадрат-



20-шакл

ларининг йиғиндисига] тенг. Шунинг учун агар бўлинмани ва Куёш оғиши синусининг ҳар бирини (126)// ўз-ўзига кўпайтириб, кўпайтмалар айирмасининг илдизини олсак, у KP бўлади. KP нинг KZ га нисбати PO нинг OL га нисбати каби. Агар шу илдизни берилган баландлик синусига кўпайтириб, кўпайтмани Куёш оғишининг синусига бўлсак, OP чиқади. Бу билан шимолий оғишдаги ёдда сақланувчи орасидаги айирма ёки жанубий оғишдаги йиғинди азимут аргументидир. Унинг баландлик тўлдирувчисининг синусига нисбати азимут синусининг тўлиқ синусга нисбати кабидир.

Азимут аргументини тўлиқ синусга кўпайтирамиз ва кўпайтмани баландлик тўлдирувчисининг синусига бўламиз, бундан шу баландлик азимутининг синуси чиқади⁴⁰⁰.

Иккинчи ҳол учун $AGCD$ – осмон меридиани*, DBG – осмон экваторининг ярми, E – унинг кутби, ABC эса – X кутбида уфқ бўлсин. Куёш L да дейлик, у орқали XLM , ELF [катта доира ёйларини] ўтказамиз. LF – унинг оғиши, LM – баландлиги ва BM – азимути бўлади.

Бу [ҳолда] азимут маълум ва баландлик номаълум деб берилган. Бундан BM , MA ва FL , XD лар маълум бўлади.

$Я$ кутбида [доирага ички чизилган] квадрат томонича⁴⁰¹ [радиус] билан KZO доирасини чизамиз. Шунда BO [ёйи] MA га тенг бўлади. ZK [ёйи] H бурчагининг микдоридир.

* 20-шаклга қаранг.

каби. Агар кунлик параллели шарқий азимутининг синусини икки баландлик синусларининг айирмасига кўпайтириб, кўпайтмани ватарга тақсим қилсак, Қуёш оғишининг синуси ҳосил бўлади⁴⁰⁴.

(125)/, (129)// Бунга мисол мен ўлчаган икки баландлик ва уларнинг азимутлари бўлиб, мен [аввал] эслатиб ўтганимдек⁴⁰⁵ уларнинг миқдорлари FU , UI ва KT топилган эди.

Агар иккала азимут аргументлари орасидаги айирма – $5^{\circ}40'42''$ ни энг катта баландлик синуси – $21^{\circ}39'54''$ га кўпайтирсак, кўпайтма кварталларда 1594353348^{IV} бўлади. Агар буни иккала баландлик синусининг (126)/ айирмаси – $6^{\circ}18'16''$ га бўлсак, $19^{\circ}30'48''$ чиқади. Шу [бўлинма] билан энг катта азимутнинг аргументи орасидаги айирма $32^{\circ}10'47''$ дир. Агар буни иккала баландлик синусларнинг айирмасига кўпайтирсак, кўпайтма 2629263512^{IV} кварт бўлади. Агар буни ватарнинг секундлари $30545''$ га бўлсак, [бўлинмада] $23^{\circ}54'38''$ чиқади. Бу эса Қуёш оғишининг синусидир. Унинг ёйи – $23^{\circ}29'6''$ ⁴⁰⁶.

Бу [натижа] биз излаётган нарса учун ишончли эмас, чунки у ҳисоблашнинг сўкмок йўлларида «тараддудланиб» туради. Шаҳар кенгламаси эса ишончлироқдир, чунки у ҳисобга эмас, ишончли ўлчашга асосланган. Бирок мен уни ҳар тарафлама текширдим, жумладан [эклиптиканинг тенгкунлик нуктасидан] турли тарафда жойлашган энг катта даражаларининг [баландликларини] ҳам бирма-бир текширдим. Шунда мен уларнинг осмон меридианида кузатиш билан топганим икки баландлигини кўшиб, йиғиндини тенг иккига бўлдим, бу яримлар $47^{\circ}43'$ бўлиб, – шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисига тенг.

Баъзи [баландликларга] мисол: хижрий тўрт юз еттинчи йил рабиулаввал ойининг йигирма олтинчи якшанба куни, яъни Яздигарднинг уч юз саксон бешинчи йили шаҳривар моҳнинг 25-си ард куни⁴⁰⁷ [Қуёшнинг] тушдаги баландлигини $53^{\circ}35'$ [топдим]. Ундан бир кун олдин – шанба куни тушдаги баландлик $53^{\circ}58'$ бўлди. Қуёш эса шу пайт Ҳабаш «Зижи»даги ((127)/ ҳисобга кўра Сунбула буржининг (130)// $15^{\circ}22'$ да эди. Агар бундан ўша йили ўз кўзим билан [кўриб] топган шу зиждаги ҳисоб билан топилган орасидаги айирмадан – ўн бир минутни айирсак, Сунбула буржининг $15^{\circ}11'$ да бўлади⁴⁰⁸. Шунга асосан шу бурж ўртасининг ал-Журжонияда осмон меридианидаги баландлиги $53^{\circ}36'$ бўлади.

Шунингдек, рабиулохир ойининг йигирма олтинчиси – сешанба куни, яъни меҳр моҳнинг 25-си – ард куни⁴⁰⁹ топилган тушдаги баландлик $41^{\circ}53'$, ундан кейинги чоршанба куни эса баландлик $41^{\circ}30'$ бўлди. Қуёш ўша пайт Ҳабаш «Зижи»даги ҳисобга кўра. Мезон⁴¹⁰ буржининг $15^{\circ}2'$ да эди. Бундан ўн бир минутни айириш билан ўша [буржнинг] $14^{\circ}51'$ да бўлади. Шу бурж ўртасининг ал-Журжония осмони меридианидаги баландлиги, демак, $41^{\circ}52'$ дир. Агар иккала баландликни қўшсак $95^{\circ}28'$ ҳосил бўлади. Бунинг ярми –

42°44' [шу ал-Журжония] шахрининг кенгламасидир. Шу ўлчашларнинг ҳаммаси тенгликни ёки бир минут ортиқлик ё камликни беради.

Шунингдек, биз бир квадрат лавҳа ясаб, унинг ўртасида бир белги қилиб, унга котангенслар⁴¹¹ учун хоҳлаган навдаги ихтиёрий бўлақларга ажратилган бир таёқ ўрнатишимиз мумкин. [Таёқнинг] бўлақлари «бармоқлар» учун ўн икки ёки «қадамлар» учун олти ярим, ёки даражалар учун олтмиш бўлиши мумкин. Сўнгра циркулнинг оғзини Қуёшнинг ўша вақтдаги оғиши (128)/ котангенсининг миқдорича очамиз ва [лавҳадаги] белгиланган жойни унинг маркази қилиб, ўша очилиш билан доира чизамиз. Кейин таёқни марказга перпендикуляр қилиб ўрнатамиз. Лавҳани меридианга кўндаланг қилиб ўрнатайлик, яъни унинг [чет]томони тенгкунлик чизиғига урилиб турсин. Таёқни биз Қуёш оғиши (131)// турган кутб тарафига қўямиз. Кейин лавҳани секин-секин ҳаракатлантириб, ўша томонида шундай айлантирайлик-ки, у тенгкунлик чизиғига параллеллигини ёки уринишини сакласин. Натижада соя учи ўша чизилган доиранинг айланасида бўлади. Демак, [бундан ҳосил бўлган] лавҳа ва уфқ текислиги орасидаги бурчак шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг миқдорига тенг бўлади. Бу шунинг учунки, кунлик параллеллар осмон экваторига нисбатан алмуқантаротлар⁴¹² уфқка нисбатан турганидек туради. Агар биз баландликни [кунлик] параллелларининг оғиши деб қарасак, у ҳолда ҳар бир параллел шу [оғиш] учун [осмон экваторининг] алмуқантароти бўлади. Битта алмуқантаротнинг айнан ўзининг сояси биттадир⁴¹³.

Демак, агар соя шу оғиш алмуқантаротининг чизилган айланасига етса, лавҳанинг осмон экватори текислигига етгани сезилади, таёқ эса олам ўқининг йўналишида бўлади. Бунда мазкур бурчак [шаҳар кенгламасининг тўлдирувчисига] тенг бўлади, чунки осмон экватори билан уфқ текисликлари шу бурчак остида кесишади.

Бу шундай бўлади, қачонки туш чизиғининг ҳолати маълум (129)/ бўлса. Агарда у номаълум бўлса, лавҳани шундай жойга ўрнатиш керак-ки, бунда соянинг чеккаси [чизилган] доиранинг айланасида бўлсин. Агар [шундай жой] топилган бўлса, [лавҳа]нинг юқоридаги томонининг ўртасидан шовун туширилади, бунинг тушган жойи билан, [лавҳанинг] пастки томонининг ўртаси [чизик, билан] туташтирилади, мана шу чизик туш чизиғи бўлади.

Шаҳар кенгламаси, Қуёш оғишини бунинг учун кузатилган биргаликда [фойдаланиладиган] баландликлари ва азимутлари ёрдамида аниқлаш усуллари ана шундай. Кенгламаларнинг турличалиги сабабли параллелларга ҳам турличалик хос бўлгани учун [шаҳар кенгламаси ва Қуёш оғишини аниқлашда] шундай бир бошқа нарсаларни топиш мумкинки, буларнинг ёрдамида қидирилаётган икки нарсанинг бирини аниқлаш лозим бўлади. Шарқий азимут ва кундуз ёйининг ярми шулар жумласидандир⁴¹⁴. Агар буларнинг бири кузатишдан аниқланган бўлса, бунга қидирилаётган [кенглама

ва огишининг] маълум бўлган битгасини биргаликда олиб иккинчисини топиш мумкин.

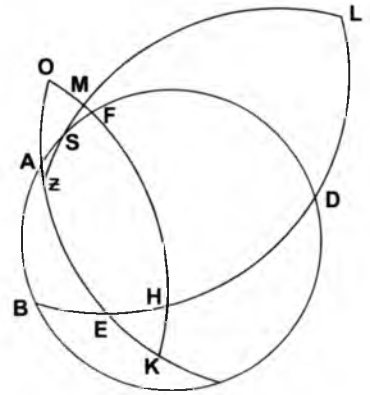
(132)// Айттайлик, $ABCD$ – осмон меридиани, $ЛЕС$ – кутби F бўлган осмон экватори, $ВЕD$ – фаразий турар жойнинг уфки, H – [Куёш] даражасининг чиқиш⁴¹⁵ жойи бўлсин*. У ҳолда HE – шу даражанинг шарқий азимути бўлади, чунки бу $[HE]$ гўё кенгламаси DF маълум бўлган шаҳарда ҳисоблаб топилган.

Шарқий азимут EH синусининг даража оғиши HK синусига нисбати квадрант ED синусининг шаҳар кенгламасининг тўлдирувчиси

(130)/ DC нинг синусига нисбати каби. Агар шарқий азимут синусини шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани тўлиқ синусга бўлсак, даража оғишининг синуси чиқади. Шунингдек, агар оғиш HK маълум деб берилса, шаҳар кенгламаси DE номаълум бўлса, нисбат яна ўтгандагидек бўлади. Агар даража оғишининг синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани шарқий азимутнинг синусига бўлсак, шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синуси чиқади⁴¹⁶.

Агар сув ё кум асбоблар ёрдамида шаҳарнинг кундуз ёйи ўлчанган бўлса, унинг ярми – KA , кундуз тенгламаси – KE бўлади. Агарда бунда шаҳар кенгламаси маълум ва оғиш номаълум бўлса, ўз айланалари бўйлаб HDL , $HFMO$, $ЕАО$ [ёйларини] давом эттирамыз ва H кутбида [айланага ички чизилган] квадрат томонича масофа билан $LMXZ$ ёйини чизамиз. AZ [ёйи] EK га, XA [ёйи] DF га ва FM ёйи HK га тенг бўлади. У ҳолда DC га тенг бўлган EX [ёйи] синусининг XM синусига нисбати квадрант FA синусининг CK га тенг бўлган AO [ёйи] синусига нисбати кабидир. Демак, XM маълум ва унинг тўлдирувчиси XZ ҳам маълум. XZ синусининг EK га тенг бўлган AZ нинг синусига нисбати DC га тенг бўлган XF нинг синусининг HK га тенг бўлган FM нинг синусига нисбати кабидир. Шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусини кундуз (131)/ тенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамыз ва кўпайтмани тўлиқ синусга бўламыз, (133)// синус чиқади. Унинг ёйини оламиз ва ёйини тўқсон [даражадан] айирамыз; кундуз тенгламаси синусининг шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтмасини қолган [айирманинг] синусига бўламыз. Бундан [Куёш] даражаси оғишининг синуси чиқади⁴¹⁷.

Агар даражанинг оғиши маълум ва шаҳар кенгламаси [ҳамда шарқий азимут EH] номаълум деб фараз қилинса, EH синусининг DH синусига нисбати квадрант FK синусининг KC синусига нисбати кабидир. Бундан DH маълум. Унинг тўлдирувчиси HE синусининг EK синусига нисбати FH синусининг



22-шакл

* 22-шаклга қаранг.

FD синусига нисбати кабидир. Демак, *FD* маълум. Агар даража огиши тўлдирувчисининг синусини кундуз тенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани тўлик синусга бўлсак, синус ҳосил бўлади. Уни ёйга айлантириб, ёйини тўксон [даражадан] айирсак ва айирманинг синусига даража огиши тўлдирувчисининг синусини кундуз тенгламасининг синусига кўпайтмасини бўлсак, шаҳар кенгламасининг синуси чиқади⁴¹⁸.

Шарқий азимутнинг ҳам, кундуз тенгламасининг ҳам иккиси кузатиб [аниқланган] ва шаҳар кенгламаси билан даража огишининг иккиси ҳам номаълум бўлсин. *FH* синусининг *HD* синусига нисбати квадрант *FK* синусининг *KC* синусига нисбати кабидир. Агар биз шарқий азимут тўлдирувчисининг синусини тўлик синусга кўпайтириб, кўпайтмани кундуз тенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўлсак [Куёш] даражасининг огиши тўлдирувчисининг синуси чиқади. *FH* синусининг *FD* синусига нисбати *HE* (132)/ синусининг *EK* синусига нисбати каби бўлгани учун, агар даража огиши тўлдирувчисининг синусини кундуз тенгламасининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани шарқий азимут синусига бўлсак шаҳар кенгламасининг синуси чиқади⁴¹⁹.

Мана шу [айтилганлар] ўша ҳолларни ўз ичига олади. (134)// Мақсадимиз учун зарур бўлган иқлимлар ҳақида эслатиш ҳам булар билан боғлиқ. Чунки сен иқлимларнинг кенгламалари миқдорлари бир-бирига мос келган икки-та қўлёзма нусхани камдан-кам учратасан. Ҳатто иш шунга бориб етдики, [иқлимларнинг кенгламалари] ҳақидаги қарашларни ҳам, шариатдаги оқим ё мазҳабларнинг асосчиларига нисбат берилганидек, кишиларга нисбат бериладиган бўлиб қолди. Бу [иқлимларнинг кенгламалари] кузатиш билан аниқланадиган нарсалардан эмаски, [бунда кузатиш аниқлигига боғлиқ бўлган] турличаликка эга бўлсин. [Иқлим тушунчаси] бирор назария ва ё тафаккур қилиш билан ҳам боғлиқ эмаски, бунда [назарий] оқимлар ҳар хил услубларга бўлинсин. Бу аниқ асосга эга бўлиб ҳамма бу ҳақда келишган.

Ўйлашимча иқлимлар кенгламаларининг миқдори ҳақидаги келишмовчилик фақат (133)/ энг катта оғиш [миқдорининг] турличалиги жиҳатидангина келиб чиққан. Сўнгра айлана даражаларининг синусларини аниқлашда икки-та турли [халқ] – румлар ва ҳиндларнинг усулларидаги хатоликлар сабаб бўлган, бундан кейин уларнинг жадвалларида, қўлёзма нусхаларда мавжуд хатоликлар сабаб бўлиб, буларнинг ўзи ҳам улар орқали ҳисоб бажарилганда хатоликларга олиб келади.

Аввало [Ернинг] маълум қисми сиёсат ва идора қилишни осонлатиш нуқтаи назаридан еттита айланма [шаклли] бўлақларга бўлиниб, олти-та айлана еттинчисини ўраб туриб, улар ўзаро тенг⁴²⁰. Бунинг сабаби шуки подшоҳларнинг энг буюклари ўзига Эрон шаҳрини ватан қилиб олган, (135)// бу – Ироқ, Форс, Жабал ва Хуросонни [ўз ичига олади]. Уларнинг орасида яратилишнинг бошларида, ҳали инсон бу мамлакатларда [кенг] тарқалма-

ган пайтларда бу ерларга эга бўлганлари бор. [Кейинчалик] уларга ўхшаш бошқа [подшоҳлар], албатта [иклимларнинг] ўртадагисида ўрнашишлари керак бўлган. Бу эса уларни [бошқаларининг] ҳаммасига баробар туришига ва мақсадлари ва интилишлари ҳам уларга бир хил бўлишига қаратилган ҳамда улардан олинадиган солиқларни [олишни] осонлатган.

Уларнинг орасида шундайлари ҳам бўлганки, улар [бу мамлакатларнинг ҳаммасига] эга бўла олмаган, айниқса, Искандар давригача [шундай бўлган]. Бироқ улар бу [мамлакатларга] кўрқув солиб турганлар; шу сабабли у [подшоҳларга] солиқ тўлаб ўзларини омон тутганлар, уларга, ҳар хил усуллар билан яқинлашиш мақсадида лаганбардорлик қилганлар. Шунинг учун улар ўзларидан бошқа подшоҳларнинг мамлакатларигача масофалар бир хил бўлишига интилганлар, чунки булар билан ўз хохишларича иш тутишни истар эдилар. Атрофдаги барча подшоҳлар улардан кўрқиб, улар билан яхши муносабатни [сақлашга] интилар эдилар. Бу қисмлар (134)/ «кешвар» деб аталган бўлиб, бу форсчадаги «чизик» сўзидан олинган⁴²¹. Гўёки [улар бу] белги билан чизик билан ажратилганга ўхшаш унинг ичидаги нарсани ажратмоқчи бўлганлар.

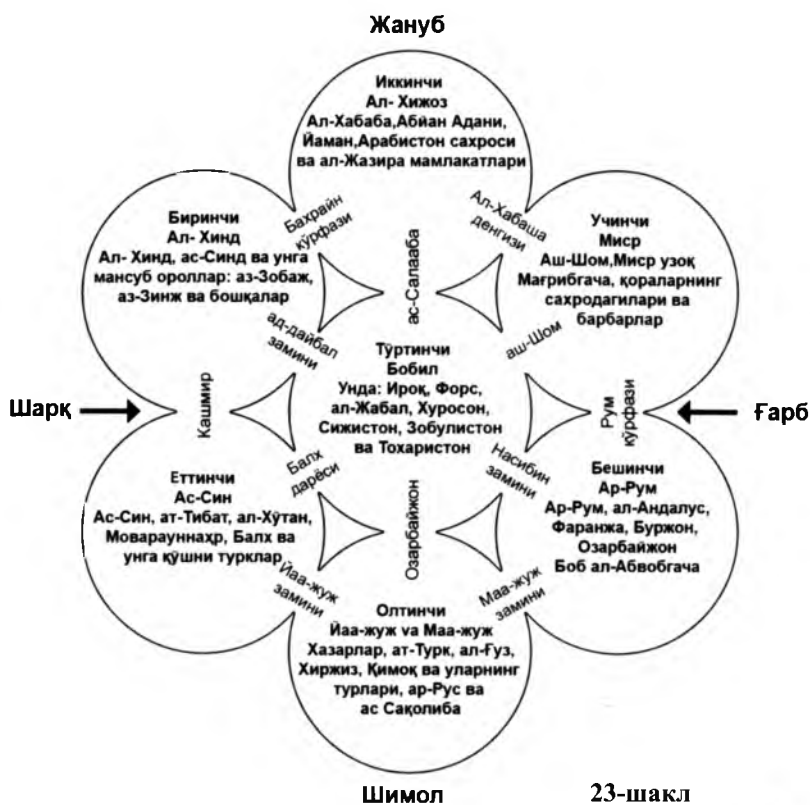
Иқлимларнинг биринчиси – ўртадагиси, бу – Эрон шахридир. Лекин улар буни ҳисобда ҳам ўртада бўлсин деб, тўртинчи ўринга қўйганлар⁴²². Мана бу [иклимларнинг] тасвири бўлиб*, уларнинг бири бошқасидан ажратилган⁴²³.

(135)/ Лекин бу қисмларга [ажратиш] билан табиий аҳволнинг қонуниятлари ва астрономиянинг қоидалари орасида бирор боғлиқлик йўқ. Бу [ажратишлар] инсонларнинг кўринишидаги фарқ сабабли мамлакатлардаги мавжуд фарқдан ёки уларнинг ахлоқ ва қилмишларидан, ёки тиллари ва динларидан, ёки қаҳр билан тажовуз қилиш натижасида келиб чиққан.

Аммо Ғарб халқларига, хусусан, юнонлар ва бошқаларга келсак, улар ҳамма нарсада ҳам мақсадга мувофиқ ва ҳақиқатга яқин йўлга мойил эканликлари сабабли узунлик ва йўлларни ўрганишда Шарқ билан Ғарб оралиғини [ўтишда экваторга] параллелликни назарда тутганлар. Бунда улар фақат тоғлар, денгизлар ёки шамолларнинг йўналишидагина юз бериши мумкин бўлган фарқларнигина учратдилар. Бу масалани улар (136)// шимоллий кутб тарафига ва ундан қайтишдаги йўллардан ўтишда таҳлил қилиб, [турли иқлимларда] хавонинг иссиқлик ва совуклигида, (137)/ Қуёш ва юлдузларнинг зенитдан огишида, Кутб ва унинг атрофидаги юлдузларнинг баландлигининг ўзгаришида ва шу йўналишларда кечадан кундузга [ўтишда] фарқ борлигини кўрдилар.

Шундан сўнг улар [Ернинг] маъмур қисмини энг аниқ намоён бўлган фарқларга, яъни кеча ва кундузнинг фаркига кўра етти иқлимга ажратдилар. Улар буни [экваторга] параллел чизиклар билан ажратган бўлиб, булар [Ернинг] маъмур қисмининг Шарқдаги энг чеккасидан бошланиб, унинг Ғарб-

*23-шаклга қаранг.



даги тугайдиган [жойларигача] етади. Улар биринчи иқлимнинг ўртасидан бошладилар ва буни ёзда (136)/ энг узун кундуз ўн уч соат бўлган жойлар деб танладилар, иккинчи [иқлимнинг] ўртаси деб энг узун кундуз ўн уч ярим соат бўлган жойларни танладилар; шунга ўхшаш кейинги иқлимларни ҳам уларнинг ўрталарида энг узун кундуз ярим соатдан ортиб борадиган қилиб танладилар, токи еттинчи иқлимнинг ўртасида энг узун кун ўн олти соатга етмагунича [ва шу билан тугатдилар], чунки бу ерлардан наридаги ерларнинг аҳолиси кам ва ваҳшийларга ўхшайди. Бундай одамлар жамоаси бўлган энг узоқ ер, бу – Йура⁴²⁴ мамлакати. У ерга Ису⁴²⁵ мамлакатидан ўн икки кунда келинади, Исуга эса Булғордан⁴²⁶ йигирма кунда келинади. [Улар] ё ўзлари тортадиган, ёки уларнинг итлари қўшилган ва устига озиклари ортилган ёғоч каналарда юрадилар ёки оёқларига боғланган бошқа [сирғанувчи] нарсаларда⁴²⁷ [юрадилар] ва улар ёрдамида қисқа муддатда узоқ// масофаларни босиб ўтадилар.

Йуранинг аҳолиси ўзининг ваҳшийлиги ва ҳурковичлиги туфайли савдо [ишларида] молларини бирор четга кўядилар ва ўзлари ундан узоқлашадилар. Денгиздаги Ланка⁴²⁸ ерининг аҳолиси ҳам чиннигул⁴²⁹ билан савдо қилишда шундай иш тутадилар.

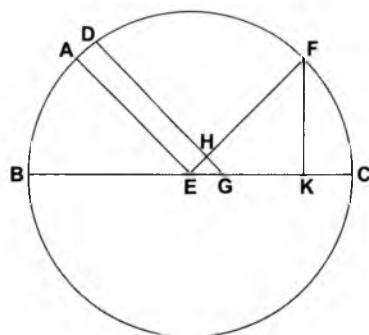
Мана шу биз эслатган сабабга кўра биринчи иқлим ўртаси аниқланган бўлиб, у инсон деб ҳисобланадиган аҳоли яшаш жойининг бошланиши қилиб

танланган. Гап шундаки, экватор ғарбда, денгизда, ғарбий коратанлилар мамлакатининг ортида бошланади. Кейин у уларнинг Нилнинг бошланиш [жойларига] яқин бўлган (137)/ чўл ва сахроларидан [ўтади]. Кейин – Нубия⁴³⁰ ортидаги занжийлар Софаласидан⁴³¹. Кейин [шарқда] жойлашган Дибажот⁴³², Воквоқ⁴³³ ороллари ва Зобаж оролларида [ўтади]. Экватор нарисида яшайдиган барча кишилар йирткич хайвонларнинг хусусиятларига эга, чунки улар [ўша хайвонлар каби] одамни ейдилар⁴³⁴. Кейин экватордан шимолроқда яшайдиган одамларда бу хусусиятлар бир оз камайиб боради, токи биринчи иқлимда яшайдиган [одамларда бутунлай йўқолмагунича]; бу ерда эса одамлар маданийлашган, хулқ-атворлари яхши, одамларнинг ахлокига ўхшайди, улар мактовга сазовор ҳаёт кечиради.

Энди биз шу ерда иқлимларнинг кенгламаларини тузатишимиз, Ердаги жойларнинг кенглама бўйича чўзилишларига хос [нарсаларни] айтишимиз керак. Худо хоҳласа, биз буни фойдали деб топамиз.

(139)// Менинг фикримча айтаман: агар ўтган шаклда* HK ни – энг катта оғиш, KE ни эса ҳар бир иқлимнинг бошланиш ва ўртасидаги энг узун кундузнинг тенгламаси деб фараз қилсак, юқорида кундуз ёйига кўра кенгламани аниқлаш ҳақида айтиб ўтилган усулга кўра уларнинг кенгламалари аниқланади.

Шунингдек, $ABCD$ доираси – E марказида осмон меридиани доираси, AE – у билан осмон экватори [текислигининг] кесишиш чизиғи, DG – у билан [кунлик] параллелининг кесишиш чизиғи. BEC – у билан уфқ [текислигининг] кесишиш чизиғи бўлсин**. Осмон экваторининг кутби F дан FHE чизиғини ўтказамиз. HE – [кунлик] параллели оғишининг (138)/ синуси, GE – шарқий азимутнинг синуси, HG – параллелдаги кундуз тенгламасининг синуси, яъни HD тўлиқ синус деган ҳолда. Агар биз уни катта доиранинг даражаларига алмаштирсак, синус унинг масштабида HD параллел оғиши тўлдирувчисининг синуси бўлади. Чунки агар биз кундуз тенгламасини синус қилсак, [у] HG бўлади. Унинг тўлиқ синус HD га нисбати алмаштирилган HG нинг параллел оғиши тўлдирувчисининг синуси HD га нисбати каби бўлади. Шунинг учун кундуз тенгламасининг синусини параллел оғиши тўлдирувчисининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани ёдда сақлаймиз ва уни тўлиқ синусга бўламиз, алмаштирилган HG чиқади. GE нинг квадрати у [HG] билан HE квадратларининг йиғиндисига тенг. Бу [GE] нинг HG га нисбати EF нинг FK га, яъни FC нинг синусига нисбати кабидир. Шунинг учун



24-шакл

* 22-шаклга қаранг.

** 24-шаклга қаранг.

алмаштирилган GH ва HE нинг ҳар бирини ўз-ўзига кўпайтирамиз ва ёддагини булар йиғиндисининг илдизига бўламиз. Бундан шаҳар ва иқлимнинг кенгламаси чиқади⁴³⁵. HE – барча иқлимларда энг узун C кундузда бир хилдир, чунки у – энг катта оғишнинг синуси. У $24^{\circ}0'57''38'''$ га тенг. Бунинг квадрати кварталларда 7474985764^{IV} кварталдир. Шунингдек, HD – энг катта оғиш тўлдирувчисининг синуси бир хил миқдорда бўлиб $54^{\circ}59'5''^{436}$ га тенгдир.

Мен охирги амални⁴³⁷ [бошқаларидан] афзал кўраман, чунки синуслар жадвалидан бир хил синусларни ва бир хил ёйларни аниқлашга эҳтиёж тушади. Иррационал илдизлардан топилган (139)/ тақрибий қийматнинг [аниклиги] синуслардан топилган қийматга караганда камдир, чунки бу [охиргиси] содда ва ягона [амалдан ҳосил] бўлган, аввалгиси эса мураккаб ва кўп қарра [амалдан] ҳосил бўлган.

Агар иқлимларга ажратишни энг узун кундуздаги соатлар [миқдорига] қараб бажарилсаки, иқлимларнинг ўртасида бирор куннинг бошқасидан ортиқлиги ярим соат эканлиги эътиборга олинса, маълумки [иқлимларнинг] бошланиш ва охирлари уларнинг ўрталаридан чорак соатча [узукликда] бўлади. Шунинг учун [қўшни иқлимнинг] бошланиш ва охирлари ҳам [аввалгисидан] ярим соат олдинда бўлади.

Буларнинг [ҳаммасини] юқорида айтганимдек ҳисобладим ва намуна учун жадвалга жойлаштирдим⁴³⁸.

Иқлимларни боши, уларнинг ўрталари ва охирлари	Энг узун кундузи		Кундуз тенгламаси			Кундуз тенгламасининг синуси			Алмаштирилган кундуз тенгламасининг синуси			Шаркий азимутнинг синуси			Кенгламанинг синуси			Кенглама		
	соатлар	минутлар	даражалар	минутлар	секундлар	бўлақлар	минутлар	секундлар	бўлақлар	минутлар	секундлар	бўлақлар	минутлар	секундлар	бўлақлар	минутлар	секундлар	даражалар	минутлар	секундлар
Биринчи иқлим боши, унинг ўртаси.	12	45	5	37	30	5	52	52	5	23	28	24	36	49	13	8	23	12	39	5
Иккинчи иқлим боши	13	0	7	30	0	7	49	54	7	10	44	25	3	58	17	11	3	16	38	34
Унинг ўртаси, учинчи иқлим боши ва унинг ўртаси	13	15	9	22	30	9	46	25	8	57	33	25	37	58	20	58	16	20	27	29
Унинг ўртаси, учинчи иқлим боши ва унинг ўртаси	13	30	11	15	0	11	42	20	10	43	48	26	18	13	24	28	33	24	4	30
Тўртинчи иқлим боши, унинг ўртаси ва бешинчи иқлим боши	13	45	13	7	30	13	36	58	12	28	53	27	3	58	27	40	8	27	27	40
	14	0	15	0	0	15	31	45	14	14	6	27	52	2	30	35	39	30	39	27
	14	15	16	52	30	17	25	1	15	57	56	28	50	19	33	13	1	39	36	59
	14	30	18	45	0	19	17	11	17	40	45	29	49	18	35	34	11	36	21	29
	14	45	20	37	30	21	8	6	19	22	25	30	51	23	37	40	20	38	53	36

Унинг ўртаси.	15	0	22	30	0	22	57	40	21	2	52	31	56	3	39	32	45	41	13	52
Олтинчи иқлим	15	15	24	22	30	24	45	44	22	41	55	33	2	44	41	12	49	43	23	5
боши ва	15	30	26	15	0	26	32	14	24	19	33	34	11	1	42	41	55	45	22	8
унинг ўртаси																				
Еттинчи иқлим	15	45	28	7	30	28	12	1	25	55	36	35	20	27	44	1	1	47	11	26
боши ва	16	0	30	0	0	30	0	0	27	30	0	36	30	31	45	11	41	48	52	21
унинг ўртаси	16	15	31	52	30	31	41	2	29	2	37	37	41	13	46	14	13	50	24	34
еттинчи иқлим																				
охири																				

(142)//, (143)/ Маъмур ерлар еттинчи иқлимдан кейин, ё биринчи иқлимдан олдин бирданига тугамайди, балки улар секин-аста айрим кичик жойлар бўйлаб камайиб боради, чунки биринчи иқлимдан жанубда иссиқ кучли-лиги сабабли [жамики] нарсаларни куйдириб юборади, бунга фақат кўллар [ёнига] ва тоғлар [орасига] ўрнашган жойларгина қаршилик кўрсатиши мумкин. У ерда [биринчи иқлимдан жануброқдаги] Судан саҳролари шундай, [у ерлар иссиқдан] куйиб кетган бўлиб, кўкатлар ўсишига тўсқинлик қилади; ҳайвонлар [ҳаётининг] пайдо бўлиши эса, шу [кўкатларга] боғлиқдир; шу ҳаёт учун асос бўлган ҳаво мўътадиллиги ҳам у ерларда йўқ. Лекин у ерларга ёндош оролларда ҳаёт [мавжуд] бўлса ҳам, уларнинг аҳолисини инсон каторида ҳисоблаб бўлмайди.

Совуқ ҳам шунга ўхшаш. Еттинчи иқлимдан шимолда у [тирик нарсаларни] ҳалок қилади; ўзининг шиддатлилиги, қаҳратонлиги, муддатининг узунлиги ва қорининг кўплиги билан ҳайвонлар [ҳаётининг] асоси бўлган ўсимликларнинг ўсишига тўсқинлик қилади, чунки [у ерларда қор] асло ердан кетмайди ёки кетса ҳам фақат қисқа муддатга кетади. Бироқ у ерда баъзи яшаш жойларининг [мавжудлиги] бу [қийинчиликларни] енгиллаштиради. Шимолий жойларнинг совуқ ва қор сабабли маъмур жойлардан ажралганлигини кўрамиз. Шундай бўлса ҳам, Варанк денгизи⁴³⁹ деб маълум бўлган ва Ўровчи денгизидан⁴⁴⁰ славянлар [ерларининг]⁴⁴¹ шимолига бурилган денгиз [қирғоғида ҳам] яшаш жойларини топамиз.

Бу халқ у [денгизнинг] қирғоғида ўша серқор ва совуқ жойларга рўпара жойларда яшаса ҳам бу [жойларнинг] совуқлиги [у ерларга] нисбатан айтарли миқдорда шиддатли эмас.

У кишилар орасида ҳатто шундайларини ҳам топамизки, улар ов ёки бостириб бориш билан ёз кунларида ўша денгизда Шимолий қутб азимути бўйлаб шундай жойларга етадиларки, (144)/ у ерларда ёзги Қуёш туриш пайтида Қуёш уфқ устида айланади; у кишилар эса, буни ўз кўзлари билан кўрганлари ва кеча бўлмайдиган жойларга етганлари билан ўзаро фахрландилар⁴⁴².

(143)// Аммо [Ернинг] маъмур қисмининг шарқ ва ғарб тарафларига давом этиши мумкин эмаслигига келсак, бунга ҳаддан ташқари иссиқлик ёки совуқлик томонидан монелик йўқ. Бунга сабаб, аввал айтилганидек, илохий

мақсадга кўра, табиатдан холи, [Ернинг] маъмур қисмининг умумий сувдан кўтарилганлигидир. Бу шуни кўрсатадики, [Ернинг] маъмур [қисми] давомсиз алоҳида бўлак бўлиб, унинг атрофини ўровчи сувлар [чегаралаб туриши] керак. Шунинг учун унинг ҳам шарқ, ҳам гарбда заруран чегараси бўлиши керак.

[Ернинг] маъмур [қисмининг] жанубидаги, яъни Хитойнинг шарқ [тарафларида] ўровчи [денгиздан] ажралган денгиз экватор бўйлаб Хитойга, сўнг Ҳиндистонга, сўнг Форсга, сўнг араблар мамлакатига параллел равишда, токи Қулзум [денгизидаги] кўлтиқ билан чегараланмагунича давом этади. Ҳар бир жойда у ўша ерда унга параллел бўлган [мамлакат] номи билан аталади.

Ўровчи денгиздан Зинжнинг ғарбида Расун⁴⁴³ деб аталувчи бурунда ажралган денгиз, шунингдек, экватордан жанубда Судан мамлакатларига Занжийлар Софаласига параллел равишда давом этади. Бу ерларнинг иккиси ҳам Куёш, Ой ва ёриткичларнинг зенитлари остида ётади, шунинг учун (145)/ у ерларда iklim юмшоқ ва у ердаги [денгизларнинг] сувларида енгиллик билан сузиш мумкин.

Аmmo ғарб тарафидаги Ўровчи [денгизга] келсак, бу сувларнинг энг буюгидир,– унда саёзликлар кўп, аксарият ҳолларда унинг чуқурлиги камайиб, гўё у лойка булоққа ўхшаб, ботқоқ бўлиб туради. Шунинг учун унинг йўлларида [сузиш] қийин ва унинг йўллари маълум эмас.

Шу сабабли, денгизчилар улардан ташқарига ўтмасин деб Андалуснинг рўпарасига ўз белгилари ва устунларини ўрнатган. Балки ўша вақтларда у [устунлар] ўрнатилган жойлар куруклик бўлган ва кейин юқорида айтилган ёки бошқа сабабларга кўра, уларни сув босган.

(144)// Фозил [олимлардан] бири ўзининг Ҳамза ибн ал-Ҳасан ал-Исфохонийга⁴⁴⁴ ёзган хатида Ғарбда кўрган ажойиботлари ҳақида ҳикоя қилиб айтадики, у кемада бир бўғоздан ўтган, бу эса Шом денгизини⁴⁴⁵ Ўровчи денгиз билан туташтирадиган тор жойдир; Андалус тарафидан ҳам, Танжа⁴⁴⁶ ва Сус ал-Ақсо⁴⁴⁷ мамлакатлари тарафидан ҳам кирғоқлар кўриниб турарди. Шунда у сувга караб, унинг остида йирик қоялардан [ясалган] кўприкни кўрган. Шу ерда ҳозир бўлганлардан бири: «Бу – Искандарнинг иншооти» дебди. Бунга Андалусликлар: «Э Искандаринг куриб кетсин. Ахир қандай қилиб у бу [кўприкни] қура оларди, бу ерларни [забт] қила олмаган бўлса? Бу – қадимги Гераклнинг ишларидан!» деб хитоб қилди.

Ўйлашимча, «География»⁴⁴⁸ китобида эслатилган Геракл [номли] бўғоз шу [кўприкнинг] ўзи бўлса керак⁴⁴⁹. (146)/ Шубҳасизки, кўприк сувдан кўтарилиб турган, чунки у бўғознинг устига қурилган. Кейин эса сув кўтарилиши билан у [сув] остида қолган.

Ўровчи денгизнинг шарқ тарафига келсак, [у ерда] қоронғилик кўп бўлиб, [шамол] тўхтаб қолади, у ерда сузишнинг хавфи катта.

Кишилар фикрича, [Ернинг] маъмур қисмининг гарб ва шарқидаги иккала денгиз бир-биридан ажралган. Сўнгра, у денгизларда сузиб, шамолдан кемаси ҳалокатга учраганларнинг ҳикояларига кўра, у [денгизлар] учрашади деган фикрга келади. Ҳатто бизнинг замонимизда шундай нарсалар бўлдики, улар ўша фикрни қувватлабгина қолмай, балки исботлади ҳам⁴⁵⁰. Гап шундаки, Ўровчи денгизда, унинг Шом денгизи билан туташган жойининг рўпарасида кемаларнинг тўқилган тахталари топилган. Бундай [тахталар] Ҳинд денгизиде, у ерда магнит кўплиги сабабли [тўқилган бўлиши мумкин], лекин Ғарб денгизиде эмас, чунки бунисида кемалардаги [тахталар] темир михлар билан бирлаштирилади ва тўқилмайди. У [денгиздаги] бундай [тахталарнинг] топилиши иккала [денгизнинг] туташганлигига далилдир. Лекин бу [туташиш] Кулзум [денгизи] тарафида эмас, чунки у билан [Шом денгизи] орасида тор куруклик⁴⁵¹ бор. (145)// Кейин, уларнинг денгиз томонидан шимолда туташishi эҳтимолдан узоқ, чунки бу ҳолда Ҳинд денгизиде синган бу тахталар ундан шарқий томондаги туташishi бўғозидан ўтиши керак бўлар эди⁴⁵². Кейин шимолдаги қутб зенити остидаги жойдан айланиб ўтиши ёки [Ернинг] маъмур қисмига рўпара бўлган ҳамда у билан бирга [Ернинг] кўйи [қисмига] мансуб бўлган шимолий чорагидан ўтиши (147)/ керак бўлар эди⁴⁵³.

Бу [нарсаларнинг] ҳаммаси [шундай] бўлиши мумкин эмас. Балки уларнинг [Ер] маъмур қисмининг жанубида туташishi эҳтимолга яқин. Хусусан бунга [далил шуки], уларнинг туташishi ҳақида ҳикоя қилувчиларнинг айтишига қараганда, шарқий сувлар, гарбий сувлардан баланд; шунингдек, юза ўлчовчилар Кулзум [денгизининг] сувини Шом денгизига тушувчи [судан] баландлик топганлар. Шу баландлик сувни келтирувчи Ойнинг шарқдан гарбга ҳаракатига [параллел] равишда сув оқишидан бошқа сабаблар билан бирга келиб чиққан бўлиши мумкин. Мен бу [масалалар] ҳақида сув келиши ва қайтишига бағишланган алоҳида китобимда баҳс юритаман⁴⁵⁴, агар Аллоҳ ўз миннати билан ёрдам берса.

[Яна] ўша турган нарсамизга қайтиб айтаманки, мен еттинчи иқлимнинг охири деб аниқлаган жойнинг ортидан, то кенгламаси энг катта оғиш тўлдирувчисига тенг бўлган жойгача энг узун кун йигирма тўрт соатга етгунича ўса боради. Энг узун кунга тегишли бўлган узунлик ва қисқаликнинг ўша миқдорлари қишки Қуёш туриши пайтида энг узун кечага ҳам тегишли. Агар кузатувчи шу жойдан яна шимол тарафига узоқлашса, Қуёш унинг оғиши турар жой кенгламасининг тўлдирувчисидан катта бўлган жойда уфқ устида айланади ва бу – яхлит бир кун деб ҳисобланади⁴⁵⁵.

Унинг миқдорини аниқлаш учун турар жойнинг кенглама тўлдирувчисини оғишлар жадвалидан топиб, унинг рўпарасидаги (146)// мос (148)/ даражаларини⁴⁵⁶ олиш керак; бу [даражалар] – энг узун куннинг бошланиш жойи бўлган даражанинг баҳорги тенгкунлик нуқтасигача [эклиптик] масофаси бўлади. Шу масофани бир юз саксондан айириш керак, бундан қолган [даражалар]

Энг узун кун тугалиш жойи даражасининг баҳорги тенгкунлик нуқтасидан масофаси бўлади. Сўнгра [эклиптикадаги] шу икки ҳақиқий [узунлама]га кўра, берилган вақтда тузатилган апогей ёрдамида ўртача Қуёш топилади, кейин Қуёшнинг шу икки нуқта орасидан ўтишидаги ўртача ҳаракатнинг вақти аниқланади. Мана шу [вақт] ўша ердаги энг узун куннинг миқдори бўлади⁴⁵⁷. Кейин кузатувчи узунлама бўйича [шимолга сурилгани] сари бунинг миқдори орта бориб, унга баҳорги ва ёзги квадрантларнинг кунлари қўшилади; унга қарама-қарши [тарафда] эса [худди шунингдек] кеча орта бориб, бунга кузги ва қишки квадрантлардаги кечалар қўшилади. Агар амалда бўлмаса ҳам, ҳаёлда [шимолга] узоклашиб, токи Шимолий қутб зенитининг остига етилганида бутун йил, осмону фалакнинг гардиш сифатида айланиши туфайли бир кундуз ва кечадан иборат бўлади.

Турар жойларнинг кенгламаларини энг узун кун ва Қуёш даражасига кўра аниқлаш ҳақида [юқорида] айтиб ўтилди. Энди уни [яна] бу [қутбдаги] жойлар учун қайтариб ўтиришнинг ҳожати йўқ.

Биз кўраётган нарсалардан Муҳаммад ибн ас-Саббоҳнинг⁴⁵⁸ тўлиқ шарқий азимутнинг⁴⁵⁹ иккита кетма-кет келувчи тенг муддат охиридаги учта шарқий азимутга кўра ҳисоблаш усули ҳақида айтиш қолди. У бу [усулни] ўз мақоласида абстракт равишда исботсиз баён қилган. Унинг усули [бир оз] камчиликларга асосланган бўлса ҳам (149)/ яхши. Мен унинг ҳисобини мақоласида [ёзилганига] кўра баён қиламан. Унинг исботи эса менинг баъзи ўлчашларимда келтирилган мисолларим билан равшан бўлади.

Аммо унинг [мақоласида] келтирганига келсак, у айтган: «Шарқий азимутни Қуёш чиқаётган пайтидаги уфққа параллел ўрнатилган дискдаги алидада ёрдамида ўлчаймиз ва унинг синусининг иккиланганини (147)// «биринчи» [деб] ёдда сақлаймиз. Шунингдек, қарийб бир ойча ўтганидан кейин шарқий азимутни ўлчаб, унинг синусининг иккиланганини «иккинчи» деб ёдда сақлаймиз. Сўнгра уни айни ўша муддатга тенг муддат ўтганидан кейин – иккала муддат [йилнинг] бир чорагида бўлиши шарт – ўлчаймиз ва бунинг синусининг иккиланганини «учинчи» деб ёдда сақлаймиз. Кейин «биринчи» ёдда сақланувчини «учинчи» ёдда сақланувчига кўпайтирамиз ва кўпайтмадан «иккинчи» ёдда сақланувчининг ўз-ўзига кўпайтмасини айирамиз. Айирманинг илдизини [илдиздан] «чиқарилган ватар» деб атаймиз. Сўнгра «биринчи» ва «учинчи» ёдда сақланувчиларни қўшиб, йиғиндининг ярмини ўз-ўзига кўпайтирамиз. Кўпайтмани «иккинчи» ёдда сақланувчининг ўз-ўзига кўпайтмасидан айирамиз. Айирманинг илдизини «перпендикуляр» деймиз. Кейин «чиқарилган ватар»ни «иккинчи» ёдда сақланувчига кўпайтирамиз ва кўпайтмани «перпендикуляр»га бўламиз. Бундан тўлиқ шарқий азимутнинг синуси чиқади⁴⁶⁰.

Мен, агар шаҳар кенгласи маълум бўлса, шарқий азимутга кўра даража оғишини аниқлашни юқорида айтганман.

алмаштирамиз. Бунинг учун: EX ярим диаметрнинг у энг катта оғиш синуси бўлса, шу масштабдаги XO га нисбати EX нинг, у тўлиқ синус бўлганида, шу масштабдаги XO га нисбати каби. Бу алмаштириш аввал ўтган амалнинг худди ўзидир⁴⁶¹.

Сўнгра AI ва AK ёйлари айирмасини FL ва IK ёйларига тенг деб оламыз ва EMI , ELK [чизикларни] ўтказамиз. Шунда XM , ML айирмалар [берилган] ёйларга ўхшашлигидан⁴⁶² ўзаро тенг бўлади. Бу [ҳисоблашда] у [йўл қўйган] камчилик кузатишнинг икки муддати (152)/ тенг бўлгани сабабли FI ва IK ёйлари тенг деб олиншидадир⁴⁶³.

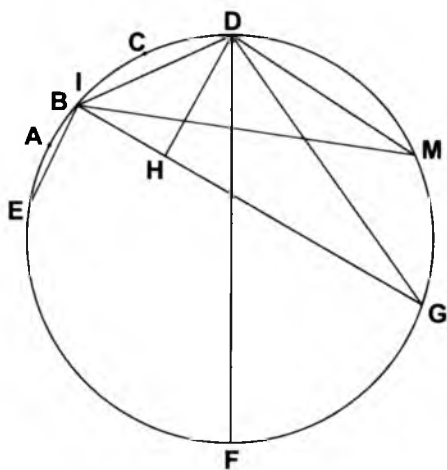
(149)// Энди булар [айтиб] ўтилганидан кейин [Мухаммад ибн ас-Саббоҳнинг] амалига қайтамиз. Бунга мисол қилиб, [Куёшнинг] тушдаги баландликлари [кузатилган] учта кузатишни [келтирамиз], буларнинг оралари бир ойнинг кунлар [сонига тенг].

Уларнинг биринчиси – ҳижрий тўрт юз еттинчи йил сафар [ойининг] учинчиси – чоршанба куни ёки Яздигарднинг уч юз саксон бешинчи йили мурдод моҳнинг иккинчиси – баҳман куни тушдаги баландликни ўлчанишидир⁴⁶⁴. Уни Хоразмда⁴⁶⁵ $69^{\circ}11'$ топдим. Агар топганимиздек, шу шаҳарнинг кенгламаси $42^{\circ}17'$ бўлса, оғиш – $21^{\circ}28'$ бўлади.

Иккинчиси – ўша йили (153)/ жума куни, яъни шаҳривар моҳнинг иккинчиси, баҳман куни⁴⁶⁶ туш пайтидаги баландликдир. У – $61^{\circ}43'$, оғиш эса – $14^{\circ}0'$ топилди.

Учинчиси – ўша йили якшанба куни, яъни меҳрмоҳнинг иккинчи – баҳман (150)// куни⁴⁶⁷ туш пайтида [ўлчанган]. Баландлик, уни – $50^{\circ}55'$, оғиш $3^{\circ}12'$ топилди. Энди шу учинчини – биринчи, биринчини – учинчи деб, [бирор] заруратдан эмас, балки тенгкунлик нуқтасига энг яқин биринчиси бўлиши учун айтамыз.

Энди $ABCD$ доираси – оғиш доираси бўлсин*. Ундаги A нуқта тенгкунлик нуқтасига қарама-қарши ётади деб фараз қилайлик. Унинг AB ёйини биринчи оғишга тенг қилиб ажратиб оламыз, у – $3^{\circ}12'$. AG [ёйи] иккинчи оғишга тенг ва у – $14^{\circ}0'$. AD [ёйи] учинчи оғишга тенг бўлиб, у – $21^{\circ}28'$. AE ёйини AB ёйига тенг қилиб, DG ёйини DE ёйига тенг қилиб ажратамыз ва BE , BD , BG ларни ўтказамиз, BG га DH перпендикулярни туширамиз. Шунда BE ватари – биринчи оғиш синусининг иккилангани бўлади. Уни



26-шакл

* 26-шаклга қаранг.

«биринчи ёдда сақланувчи» дейлик, $y - 6^{\circ}41'15''$ га [тенг]. AC синусининг иккилангани DG ватарига тенг бўлади, чунки DG [ёйи] DE га тенг. $AC -$ бу DG га тенг бўлган EBD нинг ярмидир. Демак, DG ватари $- 29^{\circ}1'50''$; бу «иккинчи ёдда сақланувчи».

Шунга ўхшаш BG ватари AD нинг иккиланганига тенг бўлади, чунки агар DM ни GB га параллел чиқарсак, MG ёйи DB ёйига тенг, MD ёйи (154)/ BE ёйига тенг, BDG ёйи эса, DB ва BA ёйлари иккиланганларининг [йиғиндисига] тенг бўлади. Шу иккала иккиланганлар йиғиндисининг ярми AD ёйидир. Демак, BG ватари $43^{\circ}54'55''$ бўлади. Бу «учинчи ёдда сақланувчидир».

$GBE -$ шу доира [ичига чизилган] синик чизикдир. Унда MG ва MB [чизикларини] чизамиз. Шунда доира ичида $MGBD$ тўрттомонли [учбурчак] ҳосил бўлади. (151)// «Алмажистий» китобининг биринчи мақоласидан аниқланишига кўра, MB ва GD диаметрларининг бир-бирига кўпайтмаси MG нинг DB га кўпайтмаси билан GB нинг MD га кўпайтмасининг йиғиндисига тенг булади⁴⁶⁸. Бироқ GD ва MB лар тенг, шунингдек, MG билан DB ва MD билан BE лар ҳам бир-бирига тенг. Демак, GD нинг квадрати DB нинг квадрати билан GB ва BE лар кўпайтмасининг [йиғиндисига] тенг.

GD нинг квадрати GH ва HD лар квадратларининг йиғиндисига тенг, DB нинг квадрати BH ва HD лар квадратларининг йиғиндисига тенг бўлгани учун GH ва HD квадратларининг йиғиндиси BH ва HD лар квадратларининг йиғиндиси билан GB нинг BE га кўпайтмасига [кўшилганига] тенг. DH нинг квадрати [баробарнинг] икки тарафида ҳам иштирок этгани учун уни ташласак, GH нинг квадрати HB нинг квадрати билан GB нинг BE га кўпайтмасига [кўшилганига] тенг бўлиб қолади. Демак, GBE [чизик] H [нуқтада] тенг иккига бўлинган ва B да икки ҳар хил бўлакка бўлинган битта тўғри чизикқа ўхшайди. Демак, GH [бу ерда] HB ва BE лар йиғиндисига тенг⁴⁶⁹.

Агар BE «биринчи ёдда сақланувчи»ни «учинчи ёдда сақланувчи» $- BG$ га кўпайтурсак, (155)/ кўпайтма 3812460925^{IV} кварт бўлади. Агар буни «иккинчи ёдда сақланувчи» DG нинг квадрати $- 10940340100^{IV}$ кварталдан айирсак, BD нинг квадрати $- 7127879175^{IV}$ кварт қолади. Бунинг илдизи $84427''$ секунд қолади. Бу эса BD , яъни «чиқарилган илдиз» [микдоридир].

H [нуқта] $- GBE$ синик чизикнинг ўртаси, BE ва BG лар «биринчи» ва «иккинчи ёдда сақланувчи»ларнинг йиғиндиси бўлганидан улар йиғиндиларининг ярми GH улар яримларининг йиғиндисига тенг. Демак, у биринчи оғиш $- AB$ нинг синуси билан учинчи оғиш $- AD$ синусининг йиғиндисига тенг ва $y - 25^{\circ}18'25''$. Бунинг квадрати $- 8300121025^{IV}$ кварт. Агар буни «иккинчи ёдда сақланувчи» DG нинг квадратидан айирсак, DH нинг квадрати, яъни 2640219075^{IV} кварт қолади. Бунинг илдизи $-$ «баладлик» $- 51383''$ секунд бўлади. (152)// Шу доирада DF диаметрни чиқарамиз ва FG [чизикни] ўтказамиз. Шунда DBH , GFD бурчаклар GD ёйига [тиралган] бўлгани учун тенгдир; FGD , DHB бурчаклар тўғри бурчаклардир. Демак, FGD ва DHB уч

бурчаклар ўхшаш. Бундан BD нинг DH га нисбати FD нинг DG га нисбати каби.

Агар «биринчи» BD ни, яъни «чиқарилган ватар»ни «тўртинчи» DG га, яъни «иккинчи ёдда сақланувчи»га кўпайтирсак, кўпайтма 8823465770^{IV} кварт бўлади. Агарда буни «иккинчи» – DH , яъни «перпендикуляр»га бўлсак, «учинчи» – FD , [яъни] $47^{\circ}42'$ (156)/ ҳосил бўлади. Бунинг ярми $23^{\circ}51'$ – энг катта оғишнинг синуси, бунинг ёйи – $23^{\circ}25'19''^{470}$. [Ёйнинг] бу [микдори ўлчаб] топилган микдордан мумкин бўлмаган [даражада] орқада қолади. Бу камчилик икки жиҳатдан юз беради: бири – бунда синуслар ва илдизларнинг кўп ишлатилиши; иккинчиси – BC ва CD ёйлар тенг бўлсин деб, иккала муддатни тенг деб олишдаги камчилик. Бу фақат ўртанча кузатиш апогей ё перигейнинг айнан ўзида бўлганидагина мумкин бўлади. Бу эса бизнинг замонамизда бўлиши мумкин эмас, чунки улар ҳозир Қуёш туришларига яқин. Шунингдек, уларнинг икки томонидан [йилнинг] бир чорагининг ўзида иккита тенг ёй ёндошиши мумкин эмас; [шу билан бирга] бу ёйларнинг атрофларида оғиш катта фарқ қилмайди.

(157)/, (153)// Муҳаммад ибн ас-Саббоҳнинг бошқа усули ҳам бўлган, унинг мақоласининг менда бўлган нусхасидаги хато туфайли у менга [ноаник колган].

Абу Наср Мансур ибн Али ибн Ироқ⁴⁷¹ ҳам бир усул ихтиро қилган, бу ё [Ибн ас-Саббоҳнинг бизга етмаган иккинчи] тўғри усулига тўғри келади ёки бу учинчи усул бўлиб, унинг [моҳияти] бундай.

[Абу Наср Мансур] «Алмажистий аш-Шоҳий»да⁴⁷² айтган: «Қуёшнинг шарқий азимутини ўлчаймиз, бунинг синусининг иккиланганини «биринчи ёдда сақланувчи» деймиз. Бундан кейин [йилнинг] битта чорагидаги хоҳлаган [муддатимизни] кутамиз. Сўнгра яна [Қуёшнинг] шарқий азимутини ўлчаймиз ва унинг синусининг иккиланганини «иккинчи ёдда сақланувчи» деймиз.

Иккала ёдда сақланувчини кўшиб, унинг ярмини тўлиқ синусга кўпайтирамиз ва кўпайтмани Қуёшнинг эклиптикадаги иккала ўлчаш орасидаги ҳаракат тўлдирувчисининг синусига бўламиз. Бўлинмани ўз-ўзига кўпайтирамиз ва ундан ёдда сақланувчиларнинг бирининг бошқасига кўпайтмасини айирамиз. Ҳосил бўлганнинг илдизини оламиз ва уни тўлиқ синуснинг иккиланганига кўпайтирамиз. Кўпайтмани эклиптикада иккала ўлчаш орасидаги Қуёш ҳаракати синусининг иккиланганига бўламиз. Бундан тўлиқ шарқий азимут доирасининг диаметри чиқади⁴⁷³.

Ўтган мисолдагига ўхшаб, AB – биринчи шарқий азимут, BC – иккинчи шарқий азимут бўлсин*. AB [ёйи] иккиланганининг ватари BE ни чиқарамиз. Бу – «биринчи ёдда сақланувчи» бўлади. BG эса BC ёйи иккиланганининг ватари, у «иккинчи ёдда сақланувчи» бўлади.

* 27-шаклга қаранг.

(158)/ Мисол учун AB – мен ўлчаган учта оғишдан биринчиси бўлсин, $u = 3^{\circ}12'$; бундан BE [ватари] $6^{\circ}41'15''^{474}$ бўлади. BC – иккинчи оғиш бўлсин, $u = 14^{\circ}5'475$ га [тенг], унда BG [ватари] $29^{\circ}1'50''$ га тенг бўлади.

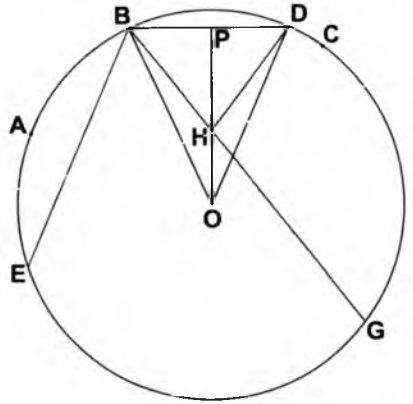
EBG [ёйини] D нуқтада тенг иккига бўламиз ва BG га DH перпендикулярини туширамиз. Шунда йиғиндининг ярми GH – $17^{\circ}51'32''$ бўлади. DC [ёйи] AB га тенг бўлгани учун $[AD]$ ёйи BC га (154)// тенг бўлади. BD эса икки шаркий азимутнинг айирмасидир. Унинг шу доира квадратига нисбати иккала ўлчаш орасидаги Қуёш кўринма ҳаракатининг эклиптика квадратига нисбати кабидир.

Бу муддат вақт тенгламаси билан тенглаштирилмаган ўттиз кундан иборат. Бу муддатдаги Қуёшнинг кўринма ҳаракати Ҳабаш ал-Ҳосиб «Зижи»га кўра $29^{\circ}17'$, бунинг тўлдирувчиси – $60^{\circ}43'$. Шу тўлдирувчининг синуси – $52^{\circ}19'57''$ бўлади.

Шу доиранинг маркази O бўлсин, OB ни ўтказамиз. Шунда DOB [бурчаги] иккала ўлчаш орасидаги Қуёш ҳаракатининг миқдорига [тенг] бўлади. DOB бурчагини OP чизиги билан тенг иккига бўлайлик. У ҳолда DOP бурчаги ўша ҳаракат ярмининг миқдорига [тенг] бўлади, ADP бурчаги эса ўша ярим тўлдирувчисининг миқдорига [тенг] бўлади.

Лекин DOP бурчаги DGB бурчаги [тиралган] ёйнинг ярмига [тиралган], демак, улар тенг. DOP , DGH уч бурчакларда P , H бурчаклар тўғри бурчак, улар ўхшаш. Демак, DGH бурчаги DHG учбурчакка (159)/ ташки чизилган доирада ва у $14^{\circ}38'30''$, яъни у Қуёш ҳаракатининг ярмига [тенг]. GDH бурчаги унинг тўлдирувчиси бўлиб, $75^{\circ}21'30''$ га тенг; бунинг синуси – $58^{\circ}3'5''$. HG нинг GD га нисбати GDH бурчаги синусининг тўғри бурчак DHG нинг синусига нисбатига тенг. Агар иккала ёдда сақланувчи йиғиндисининг ярми HG ни тўлиқ синусга кўпайтирсак, $3857520''$ секунд ҳосил бўлади. Агар буни GDH бурчагининг синусига бўлсак, $18^{\circ}25'55''$ чиқади; бу DG [ватаридир]. Унинг квадрати 4402986025^{IV} қварт бўлади. DG нинг квадрати DB нинг квадрати билан GB нинг BE га кўпайтмасининг йиғиндисига тенг бўлгани учун иккала ёдда сақланувчининг бир-бирига кўпайтмаси, яъни 2520258650^{IV} қвартни айирсак 1882727375^{IV} қварт қолади. Бунинг илдизи $43390''$ секунд бўлиб, бу BD нинг [миқдоридир]. Бунинг ярми DP нинг ўша доира яримдиаметри DO га нисбати DP нинг у Қуёш ҳаракати ярмининг синуси бўлганидаги [масштабидаги миқдорининг] у тўлиқ синус бўлганидаги [миқдорига] нисбати кабидир.

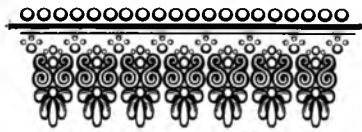
Агар DP ни тўлиқ синусга кўпайтирсак, $1301700''$ секунд ҳосил бўлади. Агар буни (155)// Қуёш ҳаракати ярмининг синуси – $15^{\circ}9'59''$ га бўлсак,



27-шакл

23°50'28" чиқади. Бу эса ўша ярим доиранинг диаметри DO дир. Бунинг ёйи 23°24'46" – энг катта оғишдир. Бу [микдор ҳам] биринчи усул билан топилганга яқин чиқди⁴⁷⁶.

(160)/ Мен шаҳарларнинг кенгламалари, энг катта оғишлари, жузъий оғишлари ва уларга боғлиқ бўлган тушдаги баландликлар, азимутли баландликлар, шарқий азимутлар ва кундуз ёйларининг баъзиларини бошқасидан аниқлаш ҳақида айтганларим қўйилган мақсад учун кифоядир. Мен кенгламани аниқлаш [масаласидан] қутулдим, энди узунлама масаласи қолди.





(156)// ШАҲАРЛАР УЗУНЛАМАЛАРИ АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ ҲАҚИДА СЎЗ

Кенглама амалда мавжуд бўлган нуқта томонига⁴⁷⁷ худди шу нуқтадек мавжуд (161)/ доирадан⁴⁷⁸ бошлаб олинадиган, [яъни ҳисобланадиган] бўлгани учун унинг бошланиши ва охири чегаралангандир. Сўнгра узунлама ўша доирада ёки унга параллел [доирада] олингани учун – доира эса битта узлуксиз айланма чизик– унда нуқта амалда йўқ, фақат фаразий ёки бирор бошқа нарсага қўшимча қилиб олингани сабабли, узунлама амалда на бошланиш ва на охирга эга бўлади.

Бирок [Ернинг] маъмур қисми [шу] айлананинг тўлиқ ҳаммасини қопламагани учун, унинг шарқ ва ғарбдан узунламасида иккита чегараси бўлади⁴⁷⁹. Шу масала билан шуғулланувчилар ҳосил қилган [натижаларга] кўра, бу икки чегара иккала қутбдан ўтадиган доиранинг бири остида бўлиб қолди. Шундай қилиб, Ернинг маъмур қисми унинг доирасининг ярмигача чўзилган бўлиб қолди. Бу эса ҳақиқатда мақсадга мувофиқ [ҳолат] бўлди, чунки юза ўлчаш масалаларида икки масофадан энг кичигини – кенглама ва энг каттасини – узунлама дейиш тўғрироқдир.

Маъмур [ерларнинг] иккала чеккасидаги аҳолиси узунламаларни шу чегараларнинг [биридан] ўлчай бошладилар. Хитойлар, ҳиндлар ва форсларга келсак, улар шарқ томонидан, румликлар, юнонлар ва мисрликларга келсак, улар ғарб тарафидан, Океан⁴⁸⁰ деб маълум бўлган Ўровчи денгиздаги бешта оролдан ўлчай бошладилар. Бу [ороллар] Мағриб заминининг рўпарасида туради ва «Ал-Холидот» ҳамда «ас-Суъадо ва-с-Саъода» ороллари деб аталади⁴⁸¹. Соҳилдан тақрибан икки юз фарсах узоқ турса ҳам, улар маъмур [ерларнинг] бошланиш [жойидир]⁴⁸². (157)// Шу оролларга кўра, Птолемей [маъмур ерларнинг] шарқий чегарасини [узунламанинг] бир юз саксон даражаси бош [нуқта бўлган жой] қилиб белгилади.

(162)/ Аммо Шарқ халқларига келсак, улар ҳам шу усулга асосланганлар ва маъмур [ерларнинг] узунламасини ярим доира қилиб белгилаганлар, унинг бошланишини эса ўзларининг тарафларидаги [энг чекка] жойдан олганлар. Улар маъмур [ерларнинг] узунламасини ярим доира деб олишларига сабаб, бу агар айнан битта Ой тутилиши шарқий чегарада ботишда кузатилса, шунингдек, ғарбий чегарада чиқишда кузатиладиган бўлганлигидандир; чиқиш билан ботиш орасидаги [вақт] эса қарийб ўн икки соат бўлади.

Иккала усул [бир-бирига] қиёс қилинганда айнан битта турар жойнинг узунламаси шарқий усул [тарафдорларникида] ғарбий усул тарафдорлари топган узунламанинг [ярим айланага] тўлдирувчисидан ўн даража ортик чиққан⁴⁸³.

Ал-Фазорий⁴⁸⁴ ўз зижда бу фарқ унда ўн уч ярим даража деб таъкидлайди. Агар [узунламанинг] бошланиши деб ал-Холидот ороллари танланса, у ҳолда ярим айлананинг учи Шарқдаги топилган чегарага ўша мазкур миқдорча етмайди. Башарти [ярим айлананинг] бошланиши деб Шарқдаги топилган жой олинса, у ҳолда унинг охири ғарбда [Ўровчи] денгизнинг соҳилида ўша оролларга [мазкур миқдорча] етмайди. Шу сабабли [олимлар] эслатган шаҳарлар узунламалари фарқланди ва Бағдоднинг узунламаси уларнинг баъзиларида етмиш даража ва бошқаларида саксон даража бўлиб қолди⁴⁸⁵.

Узунламанинг мутлақ маъноси мана шудир. Энг аввал биз унга Ерни [картографик] тасвирлашда⁴⁸⁶ эҳтиёжимиз тушади. (163)/ Кимда-ким [узунламаларда] синчковлик билан иш тутса, маъмур [ерларнинг] бошланиш ва охирини [танлашга] мансуб бўлган, мен эслатган фарқ унга халал бермайди, агар у [мазкур фарқни] текшириш ва қиёс (158)// қилишда бирор нарсани [қўлдан] бой бериб юбормаса, унинг амалларига зарар етмайди. Аммо кимда-ким уларни тақлид [қилиб] қабул қилса ва уларнинг аҳволини Шарқ ва Ғарб [олимлари] фикри орасидаги фарқ билан [солиштириб] ўрганмаса-да, биргаликда бир жадвалга жойлаштира, унинг амаллари уни, хусусан, [Ой] ва Қуёш тугилишларида чалкашликларга олиб келиши аниқ. Чунки у шаҳарлар орасидаги [узунлама] айирмасини аниқлаш учун [бошлангич] узунламаларга эҳтиёжи тушади⁴⁸⁷. Биз агар, ўша [айирмани] топаётган бўлсак, [Ернинг маъмур қисмининг] ўша охир ва бошланишларига эҳтиёжимиз тушмайди, балки биз буларнинг ўзини [узунламалар айирмаси] ёрдамида аниқлаштира оламиз, башарти бизга вақт Птолемейга ва шу масала билан шугулланган унинг ўтмишдошларига ёрдам бергани каби ёрдам беради. Агар мен аҳволим ҳақида юқорида эслатганларим эътиборга олинса, бундай қулай [шароитнинг] мавжуд бўлиши нақадар қимматли.

Аммо шаҳарлар узунламалари ва узунламалар айирмасини, яъни уларнинг меридианлари орасидаги экватор ёйи ёки экваторга параллел бўлган унга ўхшаш доиранинг ёйини аниқлашга келсак, астрономия фанининг асосларидан биламизки, зенитлари битта меридиан доирасида бўлган икки шаҳар узунламалари орасида фарқ бўлмайди ҳамда уларда туш пайти бир вақтга (164)/ тўғри келади⁴⁸⁸. Чиқиш ва ботишлар эса, агар у икки [шаҳар] экваторда [жойлашиб] у [билан бирга] айланса, иккиси учун бир хил вақтга тўғри келади, агар ундан четда бўлса фарқланади. Агарда [шаҳарлар] экватордан шимолда бўлса, у ҳолда шимолга кўпроқ оғган шаҳарда [Қуёш] чиқиши бошқасидагидан олдин бўлади, ботиш эса ундан кейин бўлади. Мабодо улар

экватордан жанубда бўлса, чиқиш шимолга кўпроқ оған шаҳарда бошқасидагидан кейин, ботиш эса ундагидан олдин бўлади.

Агарда иккала шаҳар ҳам битта параллелнинг айнан ўзида бўлса, улар кенгламаларининг айирмаси (159)// бўлмайди. Улар меридианларининг оралиғи узунламаларининг айирмасидир⁴⁸⁹. Шу параллелда у шаҳарлардаги [Қуёш] чиқиш ва ботиш [вақтлари] орасидаги фарқ [узунламалари] айирмасининг худди ўзидир⁴⁹⁰.

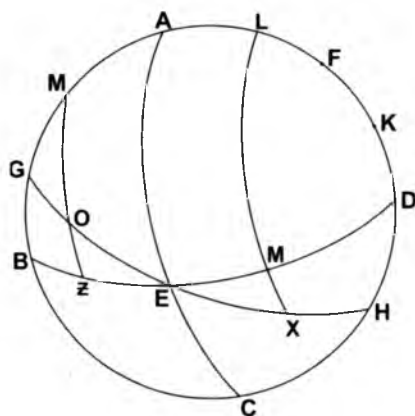
Агар иккала шаҳар меридиан доираларининг биттасида бўлмаса ва битта параллелда бўлмаса, уларнинг узунламалари ҳам, кенгламалари ҳам турлича бўлади. Меридианларининг оралиғи эса улар узунламаларининг айирмасидир. [Қуёш] чиқиш ва ботиш [вақтларига] келсак, булардаги фарқ [мазкур] икки ҳолатдан таркиб топади.

Шунинг учун икки шаҳар орасида [мумкин бўладиган] ҳолат уч қисмга бўлиниши зарур: биринчиси – кенгламалари тўғри келиб узунламалари фаркли бўлади; иккинчиси – узунламалари мос келиб, кенгламалари фаркли бўлади; учинчиси – уларнинг ҳаммаси ҳам фаркли бўлади⁴⁹¹.

Уларнинг [узунлама ва кенгламада] мос келиши, хусусан, сезгилар билан [ҳосил қилинган натижани эътиборга] олмай аниқ текширилганда мумкин бўлмайди. Ҳақиқатдан эса Ердаги ҳар қандай икки (165)/ нуктанинг кенглама ва узунламалари фаркли бўлади, бироқ асбоблар, улардаги фарқнинг миқдори кичик бўлгани сабабли ўлчовга олмайди. Буларни кўз билан кўриш учун чизмадаги шаклига қарасак зарар қилмайди, чунки кўнгил хиссий мисол билан ақлий тасаввур қилиш даражасига кўтарилади.

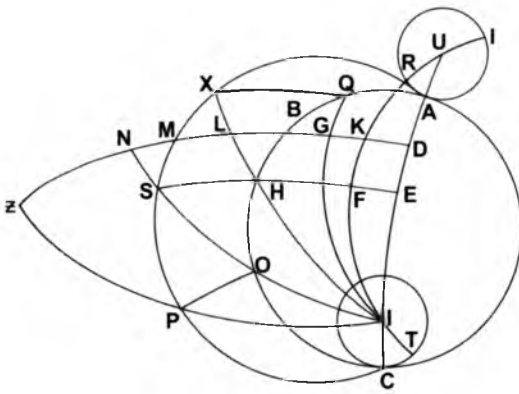
Биринчи қисм учун $ABCD$ – меридиан*, AEC – осмон экваторининг ярми, AF – уфқи BED бўлган шаҳарнинг кенгламаси, $AK - F$ [нуктадан] шимолга оған шаҳарнинг кенгламаси, GEH – унинг уфқи. Фараз қилайлик, LMX параллели оғиши шимолий бўлган параллелларнинг бири бўлсин, бундан маълумки, бу параллелда [Қуёш] чиқиши GEH уфқининг X нуктасида BED уфқининг M нуктасидаги чиқишдан XM миқдорича олдин содир бўлади. Бу [миқдор] эса иккала шаҳар туш вақти орасидаги айирмадир.

(160)// Фараз қилайлик, POZ параллели экватордан жанубда бўлсин. Кўриниб турибдики, бу параллелда [Қуёш] чиқиши GEH уфқининг O нуктасида BED уфқининг Z нуктасидаги чиқишдан кейин содир бўлади ва бу шимолий параллелдаги чиқишга тескари бўлади; OZ эса шу параллелда иккала шаҳар туш вақтлари орасидаги айирмадир⁴⁹².



28-шакл

* 28-шаклга қаранг.



29-шакл

Экватордаги чиқишга келсак, у E нуктасида бўлиб, иккала уфқ учун умумийдир. Чунки тенгкунлик [нуктасининг] чиқиш жойи меридианнинг кутбидир. Бу эса иккала шаҳар учун битта, демак, чиқиш жойи ҳам битта. Шу биз айтганларни ифодаловчи [шакл] мана бу*.

(166) Сўнгра, иккинчи қисм учун $ABCD$ – уфқ, AEC – меридиан, E – зенит, DBZ – экваторнинг ёйи, I – унинг шимолий (161)// кутби, U – жанубий кутби ва EX – оғиши шаҳар кенгла-

маси DF га тенг бўлган параллелнинг [ёйи] бўлсин. I ва U кутбларида уфққа уринувчи AR ва TC параллелларини чизамиз*. EX параллелида F нуктасини бошқа шаҳарнинг зенити деб фараз қиламиз. U , F ва I [нукталаридан] катта доирани ўтказамиз, IT унинг [ёйи] бўлсин. Мана шу доира [зенити] F бўлган [шаҳарнинг] меридиани бўлади.

F кутбида [айлана ичига чизилган] квадрат томонига масофа билан RMT ярим доирани чизамиз. FK , IT ва UI [ёйларнинг] ҳар бири, F нинг DE га тенг кенгламаси бўлади. Шунда иккала шаҳар орасидаги узунлама айирмаси (167)/ уларнинг туш вақтлари орасидаги айирмадан иборат; бу – ё экваторда DK [ёйи] ёки KX параллелида EF [ёйи] бўлади. EF эса DK га ўхшаш. У иккала [шаҳар] орасидаги [Куёш] чиқиш вақтининг фарқи EX параллелида TIX [ёйдир], бу эса EF га тенг бўлади.

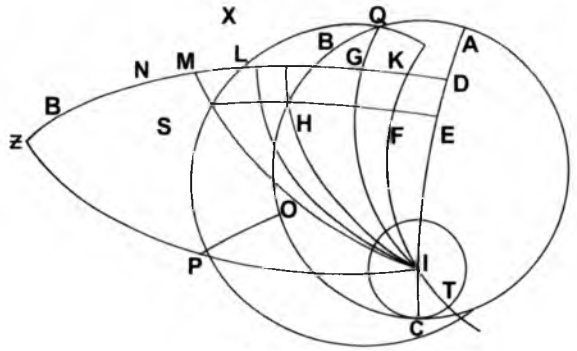
Буни [исботлаш] учун I кутбидан экваторга IHL ва IXN ёйларини чиқарамиз. Маълумки, битта кенгламадаги битта параллелда кундуз тенгламаси битта бўлади. Демак, BL , MN ёйлари тенг. DB ва KM [ёйларининг] ҳар бири доира квадрантидир. Демак, DL KN га тенг. Иккиси учун умумий бўлган KL ни ташласак, LN га тенг KD қолади. Лекин HX LN га ва EF DK га ўхшаш. Демак, HX EF га тенг.

Энди [Куёш] чиқишини EX параллелидан шимолдаги бошқа параллелда деб фараз қилайлик. Айтайлик, (162)// унинг иккала уфқ орасидаги [қисми] OP бўлсин. I кутбидан экваторга ION ва IPZ ёйларини чиқарайлик. BN ва MZ ёйлари тенглигидан DN ва KZ ёйлари тенг бўлади, KN булар орасидаги умумий [ёй]. Агар буни ташласак, DK га тенг бўлган NZ қолади. OP эса NZ нуктага ўхшаш. Бу параллелда ҳам [Куёш] чиқиш вақтининг фарқи узунламалар айирмасига ўхшаш ёй [микдори] билан ўлчанади.

Экваторга келсак, унда DB ва KM ёйлари квадрантлар, KB уларнинг умумий қисми. [Агар у ташланса] DK га тенг BM қолади.

* 29-шаклга қаранг.

Сўнгра, фараз қилайлик, QS ёйи (168)/ EX параллелидан жана нубдаги параллелнинг иккала уфк орасидаги [ёйи] бўлсин. I кутбидан Q ва S нукталарига IGQ ва ILS ёйларини чиқарамиз. GB ва LM ёйларининг тенглигидан DG ва KL ёйлари бир-бирига тенг бўлади. KG уларнинг умумий қисми. Бундан DK га тенг GL қолади.



30-шакл

Лекин QS [ёйи] GL га ўхшаш, демак, EF ва QS лар ҳам бир-бирига ўхшаш. Демак, кенгламалари тенг бўлган икки шаҳардаги [Куёш] чиқиш ва ботиш вақтларининг фарқи уларнинг туш вақтлари орасидаги фарқнинг миқдорига тенг экан⁴⁹³.

(169)/, (163)// Учинчи қисм учун шу шаклнинг керак қисмини қайтарамиз*. Фараз қилайлик, F [нукта] EX параллелида бўлмасин. У ҳолда F нинг кенгламаси – FK [ёйи] E нинг кенгламаси – DE [ёйи]дан катта бўлади. Шунинг учун T [нукта] C [нукта ётган] доирада бўлмайди. Демак, IT [ёй] FK га тенг бўлиб, DE га тенг бўлган IC дан катта.

I кутбидан кундуз тенгламаси бўладиган ёйларни чиқарамиз. Шунда LB оғиши – HL , кенгламаси – IC бўлган кундуз тенгламаси бўлади. BL синусининг тўлиқ синусга нисбати LH аксланган соясининг IC [ёйи] тўлдирувчисининг аксланган соясига нисбати кабидир. MN – XN оғишдаги кундуз тенгламаси. MN синусининг тўлиқ синусга нисбати аксланган соя NX нинг аксланган соясининг⁴⁹⁴ тўлдирувчисини IT га нисбати кабидир. Аралаш пропорциянинг тартибини [ҳосил қилиш] учун айтамызки, BL синуси – биринчи [ҳад]нинг LH – соя – иккинчи [ҳад]га нисбати тўлиқ синус – бешинчининг IC тўлдирувчининг сояси – олтинчига нисбати кабидир. LH [синуси] иккинчига тенг бўлган NX соясининг учинчи – MN синусига нисбати тўртинчи – IT тўлдирувчининг соясининг бешинчи – тўлиқ синусга нисбати каби. Аралаш пропорциянинг тенглигидан BL синусининг MN синусига нисбати IT тўлдирувчи соясининг IC тўлдирувчининг соясига нисбати кабидир.

Лекин IT нинг тўлдирувчиси (164)// IC нинг тўлдирувчисидан кичик. Демак, (170)/ BL нинг синуси MN нинг синусидан кичик, буларнинг ёйлари ҳам худди шунингдек. Мабодо улар тенг бўлиб қолса, LN ёйи DK ёйига тенг бўларди. Унда HX ёйи ҳам DK ёйига ўхшаш бўлиб қоларди. Лекин бу ёйлар ҳар хил бўлгани учун бу ўхшашлик бўлмайди.

Бироқ DL [ёйи] E шаҳар уфқида LH оғишлик туш [ёйидир], KN эса шу оғишнинг F шаҳри уфқидаги туш [ёйи]. Булар иккисининг айирмаси – LN

* 30-шаклга қаранг.

эса *EX* параллелида иккала уфқдаги [Қуёш] чиқиш вақтларининг айирмасидир.

Юқорида айтилганга ўхшаш маълум бўладики, *BQ* [ёйи] – *E* шахри уфқида *QO* оғишдаги кундуз тенгламаси бўлиб, у *F* шахри уфқида *ZP* оғишдаги кундуз тенгламаси *MZ* га тенг эмас. *OP* га ўхшаш бўлган чиқиш [вақтлари] айирмаси *QZ* бўлиб, у *DQ* ва *KZ* туш [ёйларининг] айирмасидир⁴⁹⁵.

(171)/, (165)// Учала қисм учун умумий ҳолат шуки, агар чиқиш ва ботиш иккала уфқ [айланаларининг] кесишиш нуқталарига тўғри келса, улар иккала шаҳарда ҳам бир вақтнинг ўзида юз беради. Лекин биринчи қисмда улар тенгкунлик [нуқтасининг] чиқиш ва ботиш жойида бўлади. Кейинги икки қисмда эса улар тенгкунлик чизиғидан узоқлашади ва уларнинг азимутлари бу [чизиқдан] бирор узоқликда бўлади. Мен бу икки нуқтани аниқлаш [амалини] узунламани аниқлашдан кейин келувчи жойга қолдирдим, чунки улар фақат узунлама ва кенглама билан биргаликдагина аниқланади.

Маълумки, агар чиқиш *LM* ёйида бўлса, у шарқий *F* шаҳарда *E* шаҳардан олдин бўлади. Мабодо у *UR* ёйида бўлса, *F* шаҳарида *E* шаҳаридан кейин юз беради. Бундай нарсани фақат олам [тузилишини] ҳақиқатан тасаввур қила оладиган кишигина кўз олдига келтира олади.

Шунга ўхшаш бошқа ҳолатлар ҳам борки, исботни ўзи учун асосий нарса деб билмаган киши уларни инкор қилмоқчи бўлади. Масалан, агар биз Далвнинг⁴⁹⁶ йигирма тўрт даражасида бўлган Қуёшнинг ўттиз олти даража кенгламадаги [кундуз ёйининг] шарқидаги баландлигини қирқ икки даража деб фараз қилсак, шу пайт [уфқда] Жавзонинг тўққиз даражаси⁴⁹⁷ чиқаётган бўлади. Агар яна Қуёш [кундуз ёйининг] шарқида баландлиги қирқ икки даража ва шунда у Ҳутнинг йигирма уч даражасида⁴⁹⁸ бўлса, бу [ҳолда] ҳам Жавзонинг тўққиз даражаси чиқувчи бўлади⁴⁹⁹.

Буни билмайдиган кишининг энг биринчи хаёлига келадиган нарса шуки, биринчи чиқувчи [даражадан] (172)/ буржлар тартибида бўлган [иккинчи даражага] эклиптика бўйлаб масофа, Қуёшнинг [эклиптика] бўйлаб биринчига нисбатан иккинчи ўрин орасидаги ёйига яқин бўлиши керак. Абу Наср Мансур ибн Али ибн Ироқнинг бу маънони тўлиқ ёритадиган, менга [ёзган] хати бор⁵⁰⁰.

(162)// Ҳозир эса мен айтаман: агар бирор шаҳарнинг бошқа шаҳардан узунлама бўйича узоқлигини аниқлашни истасак, бунинг учун биз уларнинг иккисида вақтнинг айнан бир онини билишимиз керак. Бу икки шаҳарда чиқиш ва ботиш [вақтининг] фарқлиги сабабли кундуз ва кечаларнинг бошланишлари, охирлари ва ўрталари турлича бўлганлиги учун бир-биридан узоқлашган икки шаҳарда кундуз ё кечанинг ўтган [қисмига] нисбатан айтилган бир вақтни топиш мумкин эмас. Шунинг учун улар иккисида бир оннинг ўзидаги вақт турлича бўлиб, у фақат улар уфқларининг бир нуқтасида Қуёш чиқиш ва ботишидагина мос келади.

Сўнгра Ер ва сувнинг сфериклиги, шаҳарлар орасида тоғлар ва чуқурликларнинг мавжудлиги ва кўриш бурчагининг кичрайиб бориб, уларга етилганда [кичрайиш] максимумига етишидан кўз билан кўриш мумкин бўлмай қолиши сабабли, шу иккала шаҳарда бир вақтнинг ўзида ерда бирор белги тайинлашга келишиб бўлмайди. Энди улардан бир оз хавога кўтарилиб, айтамыз: хавода бирор ҳодиса рўй бераётган вақти, хавонинг [шу ҳодиса рўй бераётган қисми] Ердан унча узок бўлмаганлиги учун маълум эмас. Чунки чакмоқлар, момақалдирокларнинг рўй бериш ҳамда «думли ва кокилли»⁵⁰¹ юлдузларнинг учиш пайтини билиб бўлмайди, балки бу [камлик], у ҳодисаларнинг (173)/ иккала шаҳарда бир вақтнинг ўзида кўринишига тўсиқлик қилади. Шунинг учун улардан янада баландроқ бўлганларига кўтарилайлик.

Самовий ҳодисаларга келсак, буларнинг энг биринчиси [Куёш] чиқиши ва ботиши бўлиб, улар [бизга] маълум эмас. Биз ҳозир шуни билмоқчимиз ва уни аниқлаш ҳақида баҳс юритамиз. Ҳилолларнинг⁵⁰² кўриниши ҳам шунингдек чиқиш ва ботишга алоқадор. Лекин улардан бу маънода ҳам, бошқача [маънода] ҳам фойдаланиб бўлмайди. Чунки буни фақат улар билан амал қилиш илмини эгаллаган кишигина билади.

Иккала ёриткичнинг тутилишига⁵⁰³ [мурожаат қилиш қолади]. Куёш тутилишига келсак, унинг тутилиши унинг зотан ўзида юз бермасдан, балки уни кузатаётган [кузатувчининг] кўзига нисбатан [юз бераётган] бўлиб, уни ундан узок ва иккала кузатувчига яқин бўлган Ой тўсаётган бўлади.

Сўнгра уларнинг [кузатиш] жойлари турлича бўлгани учун уларга кўринган тутилган [қисмнинг] катталиги, унинг [фазалари] вақтининг миқдори ва чегаралари турлича бўлади. Шу сабабдан бу масалада [Куёш тутилишига] ишониб бўлмайди. Шунинг учун Ой тутилиши танланди.

[Ой тутилиши] унга [тушадиган] Куёш нуруни булар иккиси орасида бўлган Ер тўсиб қолиши [натижасидир]. Маълумки, бу ҳодиса Ойнинг зотан ўзида рўй беради. Агарда кимки унга турли жойлардан назар ташласа, (167)// унинг айнан вақтида ва ҳақиқий ўзини кўради. Бу энг тўғри ва ишончга лойиқ бўлиб, астрономлар (174)/ узунламаларни тузатишда Ой тутилишларини танлаганлар. Фақат Абу-л-Фазл ал-Ҳиравий булардан мустасно – бу юлдузшунослик санъатида ўтмишдаги уламои фозиллардандир. У «Ас-Соҳибийга кириш»⁵⁰⁴ асари биринчи мақоласининг ўнинчи бобида хатога йўл қўйиб айтган: «Узунламаларга эришиш Куёш тутилишлари орқали тўғри бўлади, чунки аслида Куёш тутилиши Ойнинг Ер марказига нисбатан Куёшга рўпара туришидир. Биз эса Ернинг марказидамыз». Шундай деб, у соатларни [ўлчаш] амалини биз унинг айтганини келтирганимизга асослаган.

Мен шунга аминманки, Куёш тутилиши у айтганидек бўлиши мумкин, қачонки ҳақиқатда ҳам биз Ернинг марказида бўлсак. Лекин биз у ерда эмасмыз. [Куёшни] тўсувчи [Ой] Ерга яқиндир ҳамда унинг бундан узоклигининг

сезиладиган миқдори бор. Шунинг учун унинг кўриниши [ҳар хил жойда] фарқланади, [яъни параллакси бўлади]. Балки шу Ойнинг Ер марказига нисбатан Қуёшга рўпара туришига сабаб тутилишдир, чунки шу ерда тутилиш юз беради. Сўнгра бу тутилишнинг Ер юзидаги кўпгина шаҳарларда таъсири бўлмайди. Балки шундай бир Қуёш тутилиши Ер юзида кўриниши мумкин бўларки, бунда Ойнинг Ер марказига нисбатан унга рўпара туриши зарур эмасдир. Бунда амал ҳақиқатдаги билан ҳиссан сезиладиганнинг орасида фарқ бўлмаслигини кўрсатмайди. Лекин зижларни текшириш [Абу-л-Фазлга] шундай миқдорни кўрсатардики, бу (175)/ унинг айтган сўзларини рад этарди.

Ой тутилишининг мавжудлигини аниқлашни [айтиб] ўтган бўлсак, энди икки шаҳар орасидаги узунлама айирмасини аниқлашга ўтайлик. Бундан олдин биз улар иккисида вақтларни асбоблар (168)// билан аниқлашни тартиб-лаштирайлик ҳамда мумкин бўлганича, тутилиш бошланиши⁵⁰⁵ ва тўлиши, «очилиш» бошланиши⁵⁰⁶ ва охири вақтларини аниқроқ топишга киришайлик.

Тутилиш кузатувчига [тутилувчининг] бир сегментини⁵⁰⁷ қоплаганидагина аниқ кўринади. Баъзи зижларнинг эгалари бу [сегментни] бир бармоқ, яъни тутилувчи танасининг ўн иккидан бир қисми билан чегаралайдилар. Шунингдек, унинг вақтини замонларда⁵⁰⁸ $1^{\circ}49'$ ва соатларда бу $0^{\text{h}}7'16''^{\text{509}}$ деб чегаралайдилар. Мана шу [миқдорга] ҳақиқий тутилишнинг боши кўринмасидан олдин ва ҳақиқий очилишнинг охириги кўринмасидан кеч келади. Бу ўлчашларга ва тажрибада синашларга асосланган.

Бироқ бундай деювчининг гаплари андак ноаниқдир. Менинг фикримча, бу нарсада бир бармоқ миқдори кўплик қилади. Чунки соя билан Ой уринишининг [бошланиши] сезилмаган ҳолда ҳам уларнинг озгина кесишгани сезилади. Бу ерда Қуёшдагидек эмас, чунки унда кўз унинг нурларига тўғри қараб бардош бера олмайди ва ундан таъсирланиб, аламли азият чекади. Агар инсон унга узоқ муддат қараса, кўзи хиралашади ва кўриши заифлашади. Шунинг учун [Қуёшнинг] сувдаги аксини тасаввур қилиш осон, чунки унда (176)/ танаси аниқ кўринади ва нурлари кам бўлади. Шунга ўхшаш Қуёш тутилишларини ёшлик чоғларимда кузатаверганимдан кўришим ёмонлашиб қолди. Лекин соя айланаси бутунлай қоронғи бўлмайди, шунинг учун Ой тутилишларининг ранглари фарқланади. Бунга сабаб шуки, Ой соядан ўтаётган жойида соя эгасидан узоқдадир. Соянинг хусусияти шундан иборатки, унинг чегараси фақат соя эгасининг яқинида аниқ бўлади. Агарда соя нур билан аралашса ҳақиқий соя билан тоза нур орасида аниқ чегарага эга бўлган нарса ҳосил бўлади. Буни тик ўрнатилган ҳар қандай таёқнинг соясидан ҳам (169)// кўриш мумкин; бунда нур соя билан таёқнинг яқинида ва ундан узоқда уринишига эътибор бериш керак. Шунингдек, Ернинг [Ойдаги] сояси ҳам Ердан узоқ бўлгани учун унинг атрофини [нур ва соя билан] аралашган тунсимон нарса ўраб туради. Шунинг учун [соя] қоронғилигининг айланаси аниқ сезилмайди, акс ҳолда ёритилган қисмнинг қоронғи қисм билан чегар

раси кузатувчидан узоқ бўлмаган масофаларда уларнинг уринишигача сезилганидек, унинг энг яқин чегараси сезилган бўлар эди. Лекин бу иккала кузатувчи учун умумий, бундан уларнинг бирига насиб қилгани ёки шунга яқини иккинчисига ҳам насиб қилади.

Биз замоний соат деб маълум бўлган «эгри» соатларни эслатиб ўтирмаймиз, (177)/ чунки улар иккисининг амаллари тунда [бажарилади], «эгри» соатлар эса соя ўлчагич асбобларга кўра маълум бўлиб, булар фақат Қуёш [нурига] асосланган⁵¹⁰. Ўша соатлар [Ой тутилишлари билан амал қилишда] «текис» соат⁵¹¹ бўлиши зарур. Бунга уч нарса асос бўлади; чиқиш, ботиш ва булар орасида ўртадаги [ҳолат] бўлиб, бу тақрибан ярим кечадаги тутилишдир, чунки [тутилиш пайтида Ойнинг ҳолати] Қуёшга диаметрал қарши бўлади.

Тутилиш [ҳодисаси] ҳақиқий чиқиш, ёки ҳақиқий ботиш [пайтларида] ёки ҳақиқий осмон ўртасида бўлади; ёки шу учта жойдан улар оралиғига четланган бўлиши мумкин. Шунда кузатилган тутилиш соатлари кеча бошидан ёки ўртасидан ўтган [соатлар] бўлади; ёки кеча охиригача ё ўртасигача қолган [соатлар] бўлади⁵¹². Мана шу тутилиш вақтларининг еттига ҳолатидир⁵¹³. Агарда иккита кузатиш билан ҳосил қилинган иккита вақтнинг бирини бошқаси билан солиштирилса, – буларнинг ҳар бирида еттига ҳолат бор деб тахмин қилинади, – булардан бирлашмалар ҳосил бўлиб, уларнинг сони бирдан еттигача бўлган натурал катор⁵¹⁴ ҳадлари йиғиндиси бўлиб, еттининг бир билан йиғиндиси ярмининг еттига кўпайтмаси, яъни йигирма саккизга тенг бўлади⁵¹⁵. Лекин шаҳарлар бир жуфтни ҳосил қилувчи ҳар қандай икки вақт билан алмашилиши мумкин. Бу ҳолда уларнинг сони эллик олти бўлади. Буларнинг ҳар бирида икки шаҳарнинг кенгламалари (170)/ биргаликда маълум бўлади, ёки (178)// биргаликда маълум бўлмайди, ёки бири маълум, иккинчиси номаълум бўлади. Агарда уларнинг бири номаълум ва бошқаси маълум бўлса, [шаҳарлар] орасида улар билан алмашилиш бўлиши эҳтимол. Бу эса ҳар бир бирлашма учун яна тўртта мумкин бўлган ҳолатни беради. Шунга кўра, ҳаммаси бўлиб икки юз йигирма тўрт ҳолат бўлади⁵¹⁶.

Бундай микдорга [назарий] тақсимлаш олиб келади, лекин буларнинг [ҳаммасини] бирма-бир таҳлил қилиниши зарур эмас. Мана шундай мантиқий тақсимлаш Абу Закариё Яҳё ибн Адийни⁵¹⁷ айтувчининг «Турган ўтирган эмас» жумласида ўн олти минг уч юз саксон тўрт ҳолат бор дейишга олиб келди⁵¹⁸. Сўнгра унинг кўпайтиришдаги хатосини тузатдилар ва бу [кўпайтма] ўн саккиз минг тўрт юз ўттиз икки ҳолатдан иборатлигини айтдилар⁵¹⁹. Бунга Абу-л-Қосим ал-Ҳасулий⁵²⁰ кўшиб, уни йигирма беш минг саксон саккиз [ҳолатдан] иборат эканлигини таъкидлади. Шу икки [кўпайтмага] Абу Саҳл Исо ибн Яҳё ал-Масихий⁵²¹ [яна] кўшиб, менга ёзган хатида унинг бир юз йигирма саккиз минг минг минг ва тўрт юз саксон минг минг ва беш юз олтмиш минг ҳолат эканлигини айтган. Ўша вақт

у менга [яна] ёзиб, кўшимча ҳолатларни топганлигини айтган, бунга кўра у йиғинди яна ҳам ортиб кетади. У менга бу хусусдаги амаллари ҳақида хабар беришни ваъда қилган.

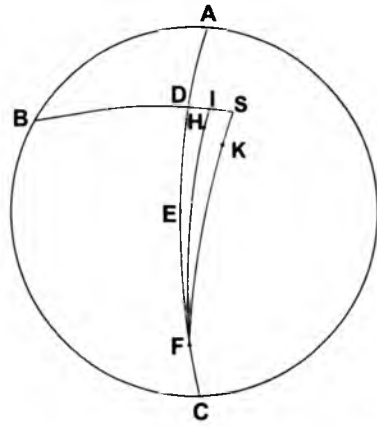
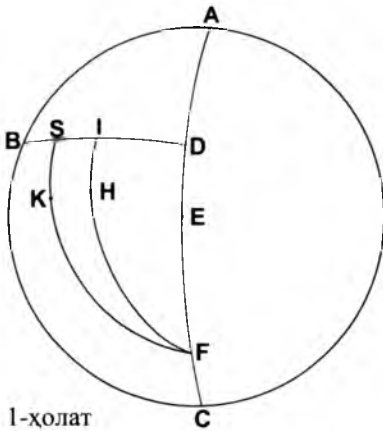
Бу [тутилиш ҳолатларининг] бирлашмалари (179)/ қуйидаги сабабга кўра бир-бирини қисқартиради: агарда осмон ўртаси чизиғи билан боғлиқ бўлган [вақт] топилган бўлса, иккала шаҳарнинг ёки улардан бирининг кенгламасини билишнинг ҳожати йўқ, чунки меридиан кенгламага эга бўлмаган «тўғри» сферанинг⁵²² уфқларидан биридир. Мабодо, [тутилиш вақти] бир тарафда меридиан (171)// ва иккинчи тарафда уфқ билан қўшилган бўлса, у ҳолда шу уфқ шаҳарининг кенгламасини билиш кифоя.

Сўнгра бу [ҳолатлар]нинг бир-бирига эквивалентлари бор бўлиб, уларнинг [тутилиш] ҳолатлари ўхшаш, [лекин у] осмон ўртаси чизиғидан⁵²³ икки тарафда – шарқий ва ғарбий квадрантларда кўринади. Кенгламаларнинг бирортасига ҳам эҳтиёж тушмайдиган ҳолатлар олтига; булардан иккитаси алоҳида, тўрттаси эквивалентлик сабабли иккита шаклга келади, шундай қилиб, улар тўрт ҳолатни ташкил қилади. Уларнинг биринчиси – иккала шаҳарда ҳам тутилишнинг осмон ўртаси чизиғига тўғри келиши. Иккинчиси – унинг иккала шаҳарда ҳам ярим кечадан олдин бўлиши, бунга эквивалент бўлган ҳол иккала шаҳарда ҳам [тутилиш] ярим кечадан кейин юз берганида бўлади. Учинчиси – [тутилиш] уларнинг бирида осмон ўртаси чизигида, иккинчисидан – ярим кечадан олдин бўлиши, бунга эквивалент бўлган [ҳолат]; уларнинг бирида – осмон ўртаси чизигида, иккинчисидан – ярим кечадан кейин бўлишидир. Тўртинчиси – уларнинг бирида ярим кечадан олдин, иккинчисидан – ундан кейин бўлган ҳолатдир⁵²⁴.

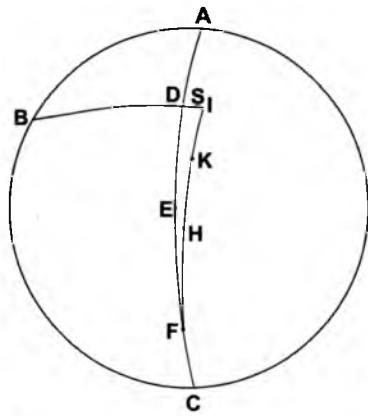
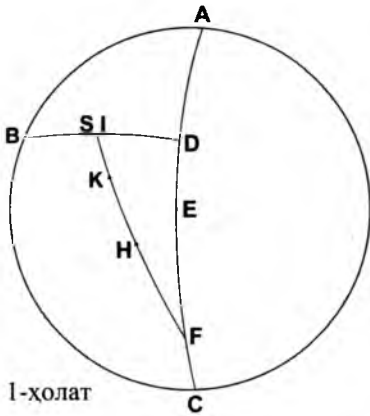
Шу тўртта ҳолатнинг биринчисига келсак, агарда иккита кузатувчи учун иккала шаҳарда тутилиш осмон ўртаси чизиғига тўғри келса, бу шаҳарлар [Ернинг] битта чорагида бўлганида (180)/ узунлама айирмасига эга эмас. Бу эса улар орасида кенглама айирмаси бўлишлигини такозо қилади. Акс ҳолда иккала шаҳар устма-уст тушиб қоларди. Буни тоғлар [мавжудлигига кўра] тушунтириш амримаҳол. Бу шаҳарлар [Ернинг] ҳар хил чоракларида бўлиб, улар меридианлардан бирининг айланасида, яъни узунламаларининг айирмаси яримайлана бўлиши ҳам мумкин эмас. Агарда тутилиш уларнинг бирида кеча меридианида бўлса, худди шу пайт иккинчисидан кундуз меридианида бўлиши керак эди. Лекин Ой тутилиши туш пайтида осмон меридианида бўлиши мумкин эмас. Бу очик-ойдин нарса, мисолларнинг ҳам ҳожати йўқ⁵²⁵.

(172)// Иккинчи ҳолат учун ABC бир шаҳарнинг уфқи, $ЛЕС$ унинг меридиани, E – зенити, DB эса – F қутбдаги осмон экваторининг ёйи бўлсин*. Айтайлик, FHI – иккинчи шаҳар меридианининг [ёйи] ва ундаги зенит H бўлсин. Тутилиш эса K [нуктасида] дейлик.

* 31-шаклга қаранг.



31-шакл



32-шакл

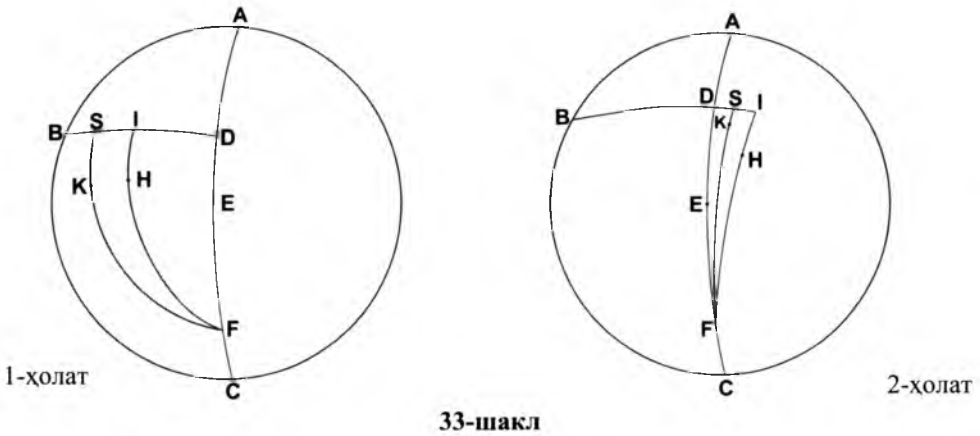
FKS [ёйини] чиқарамиз. Шунда шаклнинг биринчи [ҳолатида] *DS* [ёйи] *E* шаҳарида ярим кечагача қолган [вақт] бўлади, *SI* эса *H* шаҳрида қолган [вақт] бўлади. Шаклнинг иккинчи [ҳолатида] эса бу иккала [ей ҳам] ярим кечагача ўтган вақт бўлади.

DS билан *IS* орасидаги айирма *DI* бўлиб, бу *E* ва *H* шаҳарлар меридианларининг оралиғидир. Бу эса (181) улар узунламаларининг айирмасидир⁵²⁶.

Маълумки, агар иккала шаҳарда осмон ўртасигача қолган ёки ундан ўтган [вақт] бир нарсанинг ўзи бўлса, у ҳолда иккала шаҳар ҳам битта меридианда бўлиб, узунлама айирмаси бўлмайди. Бу эса биринчи ҳолатга келади.

Учинчи ҳолат учун тутилиш *H* шаҳрининг меридианида бўлиб*, шаклнинг биринчи ҳолатида ярим кечагача қолган [вақт] ва шаклнинг иккинчи [ҳолатида] (173) *E* шаҳрида ундан ўтган [вақт] *DS* бўлсин. Бу эса иккала [шаҳар] узунламалари айирмаси *DI* нинг айнан ўзидир⁵²⁷.

* 32-шаклга қаранг.



(182)/ Тўртинчи ҳолат учун FKS [ёйи] E ва H шаҳарлари меридианларининг орасида шундай жойлашсинки* IS [ёйи] H [шаҳри] ярим кечасидан ўтган [вақт] ва шаклнинг биринчи ҳолатида E [шаҳри] ярим кечасигача қолган [вақт] бўлади. [Шаклнинг] иккинчи ҳолатида эса SI [ёйи] H нинг ярим кечасигача қолган ва SD [ёйи] E нинг ярим кечасидан ўтган вақт бўлади. Булар иккисининг йиғиндиси – DI узунламалар айирмаси бўлади⁵²⁸.

(174)// Мана шу бирлашмалар йиғиндисидagi олтита ҳолатдир⁵²⁹.

Иккала шаҳардан бирининг кенгламасини билиш зарур бўлиб, иккинчисиники бўлмаган [ҳолларга] келсак, улар ўн иккита. Буларда эквивалентлик бўлгани учун олтита ҳолат бўлиб қолади. Бу [ҳолларда] кенгламалардан бирини [билишга] эҳтиёж тушиб бошқасига тушмаслигига сабаб, иккала вақтдан бири осмон ўртаси чизиғи билан боғлиқ, – бунга [юқорида кўрилган] биринчи ҳолатлар ўхшаш, – иккинчи вақт эса кенгламага эга уфқдан бошлаб олинади, унинг учун кенгламани билиш керак.

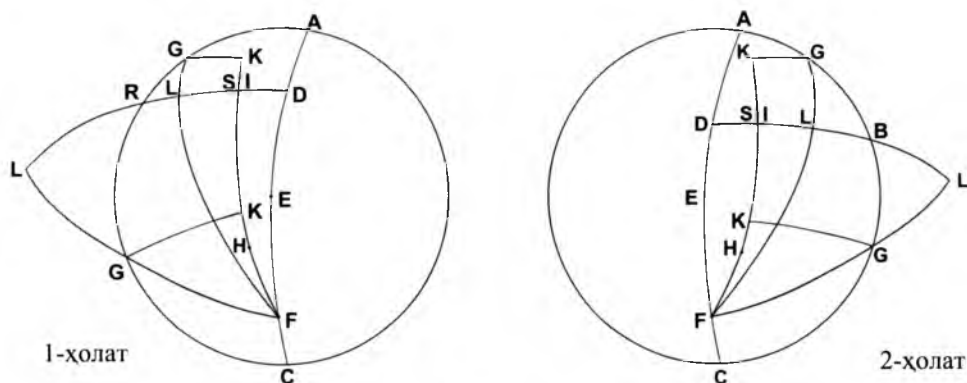
(183)/ Шунда [вақт ёйининг] ҳолати ва шакли маълум бўлади.

Шу олтита [ҳолатдан] биринчиси: иккала шаҳарнинг бирида тутилишнинг осмон ўртаси чизиғида бўлиши, иккинчи шаҳарда [тутилишни] кузатишда ўлчанган вақт, – кечанинг [Куюёш ботишидан] ўтган [қисми]. Бунга эквивалент бўлган ҳолат, – бу [иккинчи шаҳарда] кузатишда топилган [вақт] кечанинг қолган қисми бўлиши.

Иккинчи [ҳолат]: икки [шаҳарнинг] бирида тутилишнинг осмон ўртаси чизиғида ва иккинчисида шарқ уфқида бўлиши. Бунга эквивалент [ҳолат] – [тутилишнинг] ғарб уфқида бўлишидир.

Учинчи [ҳолат]: икки [шаҳарнинг] бирида [тутилишни] кузатилгандаги [вақт] – ярим кечагача қолган ва иккинчисида кеча бошидан ўтган вақт бўлиши. Бунга эквивалент [ҳолат]: [тутилишни] кузатилгандаги [вақт] шаҳарларнинг бирида ярим кечадан олдин ўтган иккинчисида [ярим кечадан] кеча охиригача қолган [вақт] бўлиши.

* 33-шаклга қаранг.



34-шакл

Тўртинчи [ҳолат]: [тутилишни] кузатишдаги [вақт] ярим кечагача қолган [вақт] ва иккинчисида тутилишнинг шарқ уфқида бўлиши. Бунга эквивалентлик – кузатилган [тутилишнинг вақти] уларнинг бирида ярим кечадан олдин ўтган [вақт] ва иккинчисида ғарб уфқида бўлишидир.

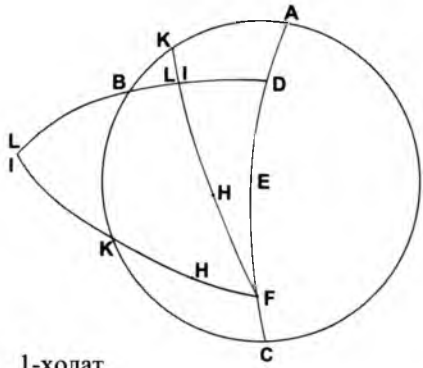
Бешинчи [ҳолат]: кузатилган тутилиш вақти бирида кеча бошидан олдин ўтган ва иккинчисида ярим кечадан олдин ўтган бўлиши лозим. Бунга эквивалентлик – уларнинг бирида ярим кечагача ва иккинчисида кеча охиригача қолган вақт бўлишидир.

(175)// Олтинчи [ҳолат]: уларнинг бирида шарқ уфқида бўлиши, иккинчисида ярим кечадан қолган қисмида (184)/ кузатилиши. Бунга эквивалент ҳолат – уларнинг бирида ғарб уфқида бўлиши, иккинчисида ярим кечагача қолган [вақтда] кузатилиши. Мана шулар олтига ҳолат бўлиб, эквивалентликлар билан жуфтлашиб, ўн иккита ҳолат бўлади.

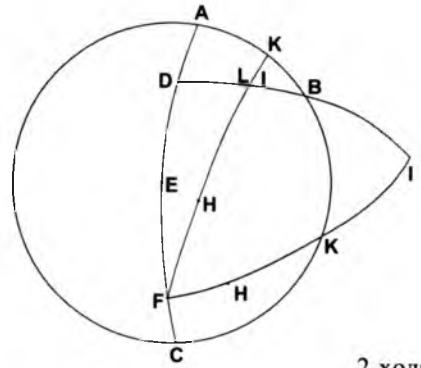
Уларнинг биринчиси учун K [нукта] – H шаҳрининг меридианидаги тутилиш бўлсин*. Тутилиш параллели KG ни чиқарамиз ва FGL [ёйни] ўтказамиз, Шунда SL [ёйи] KG га ўхшаш бўлиб, у [шаклнинг] биринчи суратида E шаҳрида кечанинг ўтган [қисми]. Иккинчи суратда кеча охиригача қолган [вақт] маълум. BL [ёйи] – E шаҳрида тутилиш кундузининг тенгламаси. Биз уни билишимиз керак бўлгани учун DE кенглама бизга маълум бўлиши керак. BL ни аниқлагандан кейин қараймиз, агар тутилиш параллели шимолий бўлса, уни ўтган [вақт ёйи] SL дан айирамиз, агар жанубий бўлса, буни $[SL]$ га қўшамиз. Бизда SB ҳосил бўлади. Бунинг тўлдирувчиси – SD айнан DI нинг ўзи бўлиб, бу иккала шаҳар орасидаги узунлама айирмасидир⁵³⁰.

Маълумки, агар тутилиш параллели осмон экваторида бўлса, «доир» ёйи [ўтаётган вақт]нинг ўзи иккала узунлама айирмасининг тўлдирувчиси бўлади⁵³¹.

* 34-шаклга қаранг.

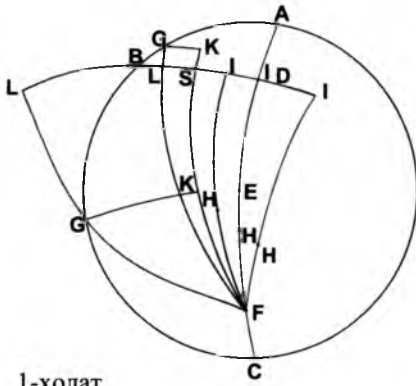


1-ҳолат

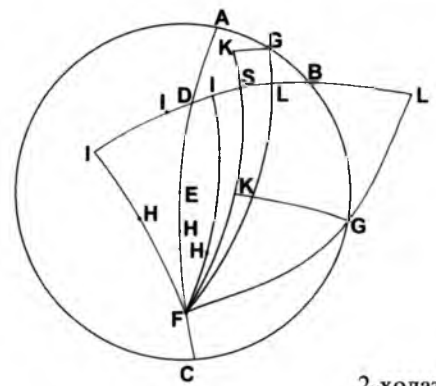


2-ҳолат

35-шакл



1-ҳолат



2-ҳолат

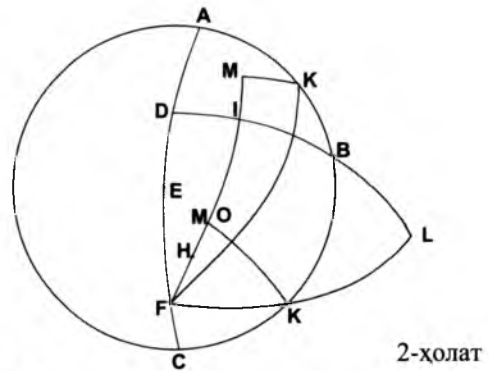
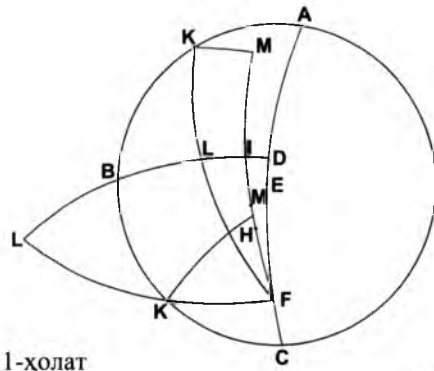
36-шакл

(185)/, (176)// Иккинчи ҳолат учун K тутилиш E шаҳрининг уфқи учун ва H шаҳрининг осмон меридиани учун умумий бўлсин*. Маълумки, BL [ёйи] E шаҳрида тутилиш кундузининг тенгламасидир. Агарда у шимолий бўлса, тенгламани квадрант DB га қўшамиз, агарда жанубий бўлса, ундан айирамиз. Шунда DI – иккала шаҳар узунламалари айирмаси ҳосил бўлади⁵³². Мабодо, тутилиш параллели осмон экваторида бўлса, иккала шаҳар узунламалари айирмаси тўла квадрант бўлади⁵³³.

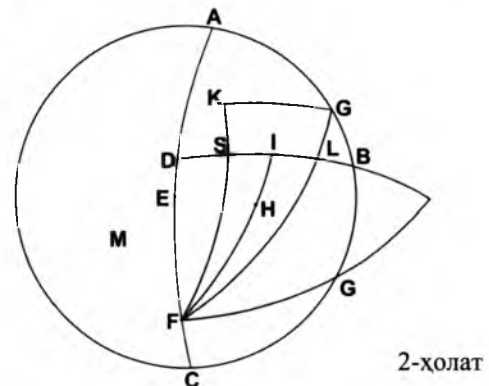
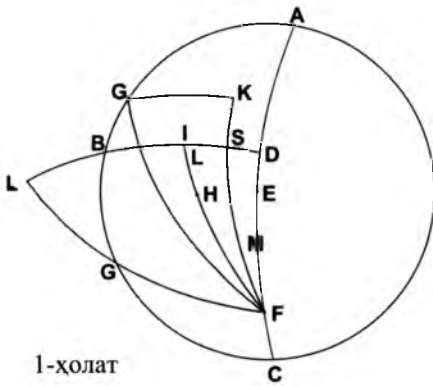
(186)/ Учинчи ҳолат учун $SL - KG$ та, яъни шаклнинг биринчи суратида кеча бошидан олдин ўтган вақт ёйига ўхшаш бўлсин**, иккинчи [суратида] [кеча] охиригача қолган [вақт] маълум бўлади. SI – биринчи суратида кеча ярми H дан кейин қолган вақт, иккинчисида ундан олдин ўтгани бўлиб, у маълум бўлади. $BL - E$ шаҳрида тутилиш кундузининг тенгламаси. Агар у шимолий бўлса, уни SL дан айирамиз, агарда жанубий бўлса, уларни қўшамиз; SB ҳосил бўлади.

*35-шаклга қаранг.

** 36-шаклга қаранг.



37-шакл



38-шакл

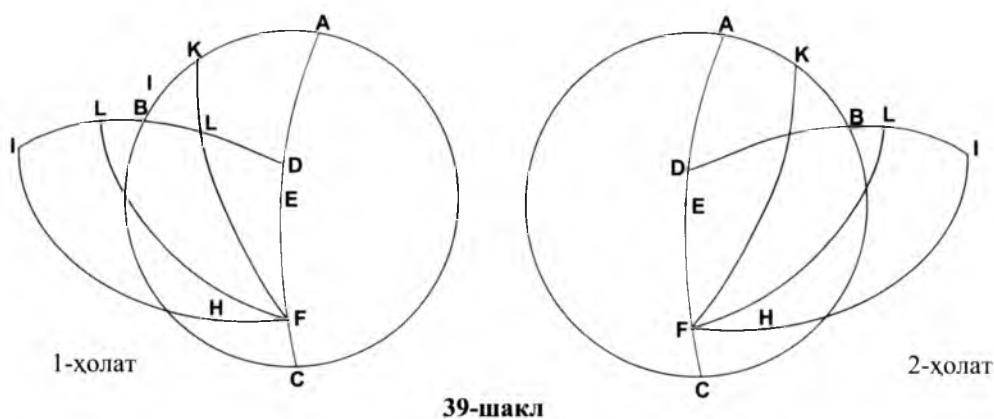
Агар тутилиш параллели осмон экваторида бўлса, ўтган [вақт] SB нинг айнан ўзи бўлади, уни SI га қўшамиз. Агарда йиғинди тўла квадрант бўлса, иккала шахар битта меридианда бўлиб, улар орасида узунлама айирмаси бўлмайди. Агарда шундай бўлмаса, у [йиғинди] билан квадрант орасида айирма бўлиб, бу узунлама айирмасидир⁵³⁴.

(187)/, (177)// Тўртинчи ҳóлат учун K [нукта] E [шаҳри] уфқида тутилиш [жойи], LI [ёйи] MK га ўхшаш бўлсин*. Бу шаклнинг биринчи суратида кеча ярми H гача қолган [вақт], ундан ўтган қисми иккинчи [суратида].

Агар тутилиш кундузи тенгламаси BL ни LI дан у [тенглама] шимолий бўлганида айирсак ва жанубий бўлганида унга қўшсак, IB ҳосил бўлади. Бунинг тўлдирувчиси DI – иккала шахар орасидаги узунламалар айирмасидир.

Маълумки, агар тутилиш осмон экваторида бўлса, у ҳóлда IB [ёйи] – H шаҳри меридианигача қолган ёки ундан ўтган [вақт] бўлади. Тўлдирувчи DI қидирилаётган [нарсадир]⁵³⁵.

* 37-шаклга қаранг.



39-шакл

(178)// Бешинчи ҳолат учун SL [ёйи] шаклнинг биринчи суратида E шахрида кеча бошидан бери ўтган [вақт] KG га ўхшаш бўлиб, унинг охиригача қолган қисми эса иккинчи [суратида] бўлсин*. SI уларнинг биринчисида ярим кеча H дан ўтган [қисми] ва иккинчисида унғача қолган қисми бўлсин. BL [ёйи] E шахрида тутилиш кундузининг тенгламасидир. (188)/ Агар у шимолий бўлса, уни SL дан айирамиз, агарда жанубий бўлса SL га қўшамиз, SB ҳосил бўлади. Агар у осмон экваторида бўлса, SB нинг ўзи – бу заруран маълум – SL нинг ўрнида бўлади. Шунда SB ва SI лар айирмаси IB бўлиб, у DI , яъни икки шаҳар орасидаги узунлама айирмасининг тўлдирувчисидир⁵³⁶.

Олтинчи ҳолат учун $K - E$ уфқида тутилиш, LI – шаклнинг биринчи суратида ярим кеча H гача ўтган [вақт], иккинчисида унғача қолган [вақт] ва BL – тутилиш кундузининг тенгламаси бўлсин**. Агар [тенглама] шимолий бўлса, уни LI га қўшамиз, агарда жанубий бўлса, ундан айирамиз; IB ҳосил бўлади. Агар у осмон экваторида бўлса, берилган LI – айна IB нинг ўзи бўлади. Агар IB га квадрант DB ни (189)/ қўшсак, йигинди DI – икки шаҳар орасидаги узунлама айирмаси бўлади⁵³⁷.

(179)// Мана шулар ўн икки ҳолат бўлиб, эквивалентлик сабабли улар олтига қисқарган.

Умумий сони йигирма саккизта бўлган ҳолатлардан яна ўнтаси қолди. Уларнинг саккизтаси, эквивалентлик сабабли тўрттага қисқаради, қолган иккитаси эса содда [ҳолатлардир]. Демак, бу навда ҳаммаси бўлиб олтига ҳолатдир.

Уларнинг биринчиси, қачонки иккала шаҳарда [кузатиб] топилган [вақт] биргаликда кеча бошидан ўтган [вақт] бўлса, бунга эквиваленти у [шаҳарларнинг] иккаласида кеча охиридан қолган [вақт] топилиши керак.

Иккинчиси, бу уларнинг иккаласида биргаликда шарқ уфқида кеча бошининг топилишидир. Бунга эквивалентлик улар иккисида биргаликда ғарб уфқида кеча охирининг топилишидир.

* 38-шаклга қаранг.

** 39-шаклга қаранг.

Учинчиси, уларнинг бирида шарқ уфқида топилиши, иккинчисида эса кеча бошидан бирор муддат ўтган бўлишидир. Бунга эквивалентлик, уларнинг (190)/ бирида ғарб уфқида топилиб, иккинчисида кеча охиригача [муддат] қолган бўлишидир.

Тўртинчиси, уларнинг бирида [вақт] кеча бошидан ўтганда олинган бўлади, иккинчисида эса [тутилиш] кеча охирида ғарб уфқида бўлади. Бунга эквивалентлик, уларнинг бирида кеча охиригача қолган [вақтни] олингани, иккинчисида эса [тутилиш] шарқ уфқида бўлганида рўй беради.

Бешинчиси, уларнинг бирида ўтган вақтни кеча бошидан олинганида ва қолганини эса иккинчиси [шаҳарда] кеча охиригача олинганида бўлади.

Олтинчиси, шаҳарларнинг бирида [тутилиш] шарқ уфқида, иккинчиси эса ғарб уфқида бўлганида рўй беради.

Мана шулар олти ҳолатдир.

(180)// Уларнинг биринчиси учун MO ёки биринчиси учун MO ёки H [шаҳри] уфқиники бўлсин. Тутилиш параллели KGM ни чиқарамиз. FGL ва FMP ларни ўтказамиз. Шунда H шаҳрида кеча бошидан бери ўтган [ёй] LP бўлади, у GM га ўхшаш; E шаҳрида шундай [ёй] SP бўлиб, у KM га ўхшаш.

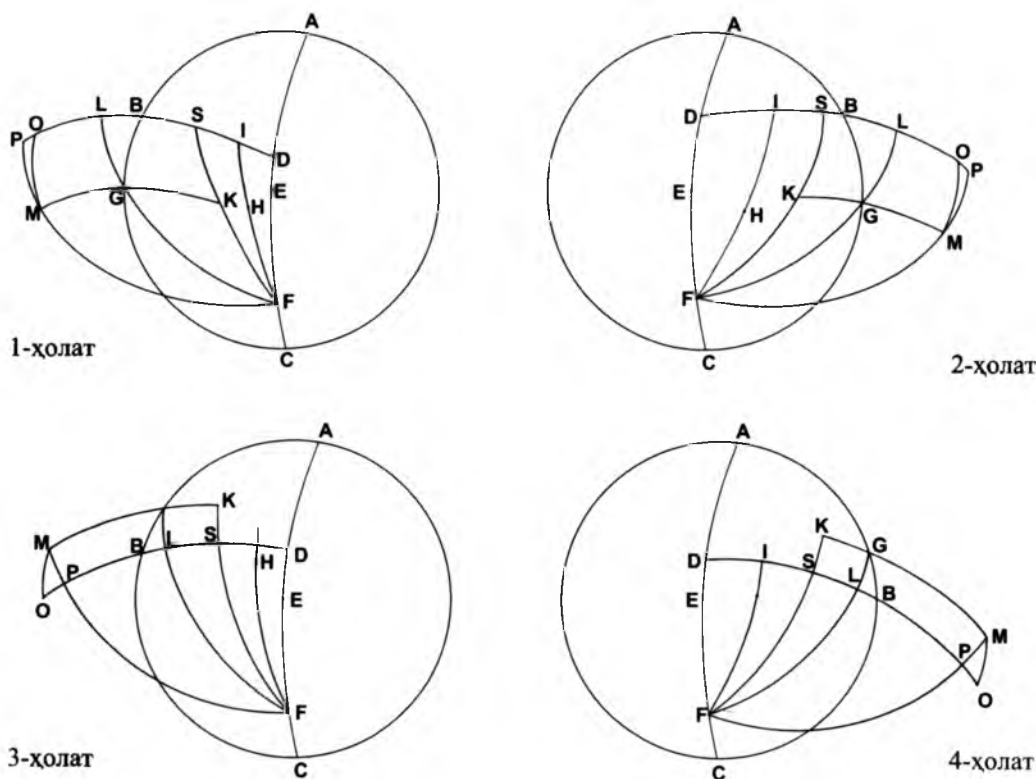
Бу иккинчисининг жанубий бўлганида ҳар бир [ҳолати] учун ёйлар, кўплигидан шаклда чалкашлик бўлмасин деб алоҳида суратни ажратамиз*. Кўришиб турибдики, E шаҳрида тутилишининг кундуз тенгламаси BL , OP эса H шаҳрида унинг кундуз тенгламаси. Агар DE ва IH тенгламалар тенг бўлса, улар тенг бўлади, тенг бўлмаса, тенг бўлмайди. SP ва SL лар маълум бўлгани учун уларнинг айирмаси ҳам маълум.

Агар BL ва OP лар тенг бўлса ёки тутилиш (191)/ осмон экваторида бўлса, у ҳолда LP икки шаҳар орасидаги узунлама айирмаси бўлади. Бунга [сабаб] шуки, LP OB га тенг [бўларди] ва DB , IO ларнинг ҳар бири доира квадранти; уларга (181)// умумий бўлган [ёй] IB ; буни ташласак DI га тенг бўлган BO қолади.

Агарда улар тенг бўлмасдан тутилиш осмон экваторида бўлмаса, LP га кеча бошидан бери ўтган [вақти] бошқа шаҳардаги [кеча бошидан бери] ўтган [вақтидан] катта бўлган шаҳардаги тутилишнинг кундуз тенгламасини, яъни, OP ни кўшамиз [ёки айирамиз], LO ҳосил бўлади. Сўнгра ундан иккинчи шаҳардаги тутилишнинг кундуз тенгламасини, яъни, BL ни айирамиз [ёки кўшамиз], бундан DI га тенг бўлган BO қолади⁵³⁸.

(192)/ Иккинчи ҳолат учун биламизки, тутилиш иккала шаҳар уфқларининг кесишиш [чизигида] бўлиши зарур. Агарда қуёшнинг оғиши йўқ бўлса, иккала шаҳар узунламаларида фарқ бўлмайди: чунки бу кесишиш тенгкунлик [нуқтасининг] чиқиш ва ботиш [жойларида]дир. Агар улар битта меридианда бўлса, улар тенгламаларида заруран фарқ бўлиши лозим.

* 40-шаклга қаранг.



40-шакл

Агар тутилиш оғишга эга бўлса, [бунинг учун] $KM - H$ шахри уфқининг [ёки] бўлсин. Шунда BS [ёки] E [шаҳрининг] уфқида [тутилиш] кундузининг тенгламаси бўлади, қачонки оғиш шимолий бўлса; SM [ёки] H [шаҳри] уфқида [тутилиш] кундузининг тенгламаси бўлади*, буларнинг йиғиндиси $BM - DI$ га ва иккала узунлама айирмасидир.

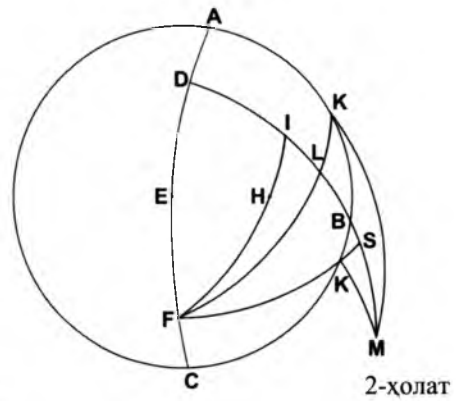
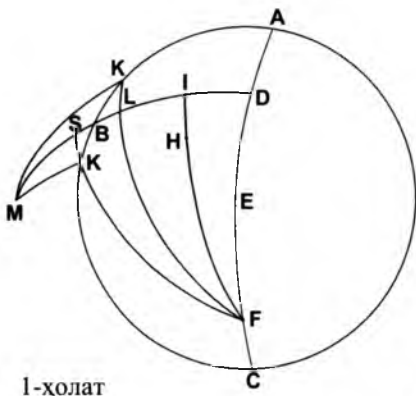
Агар оғиш жанубда бўлса, у ҳолда LB [ёки] E [шаҳри] уфқида [тутилиш] кундузининг тенгламаси, LM эса [тутилишнинг] H [шаҳри] уфқидаги кундуз тенгламасидир; буларнинг айирмаси $BM -$ қидирилаётган нарса⁵³⁹.

(193)/, (182)// Учинчи ҳолат учун E [шаҳри] уфқида K -тутилиш ва $OM - H$ шахри уфқининг ёйи бўлсин**. Шунда [шаклнинг] биринчи суратида $LP - H$ шахрида тутилиш бошидан бери ўтган [вақт], унинг қолгани эса [шаклнинг] иккинчи суратида [кечанинг] охиригача қолган [вақт] бўлади.

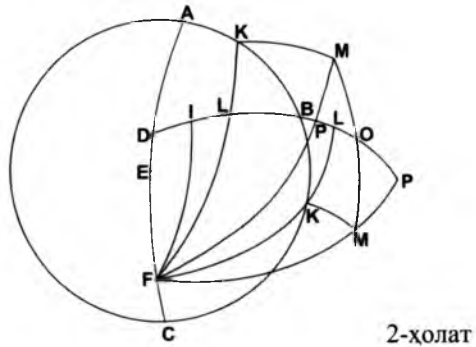
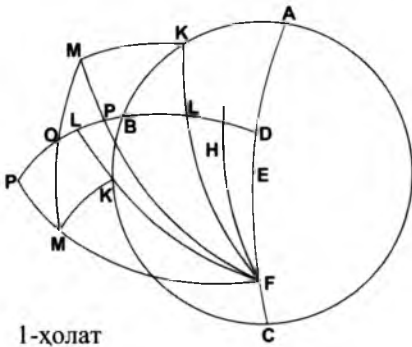
BL [ёйи] E [шаҳри] уфқида тутилиш кундузининг тенгламаси, OP эса H [шаҳри] уфқида унинг кундуз тенгламаси. Қидирилаётган нарса OB бўлиб, у DI га тенг.

* 41-шаклга қаранг.

** 42-шаклга қаранг.



41-шакл



42-шакл

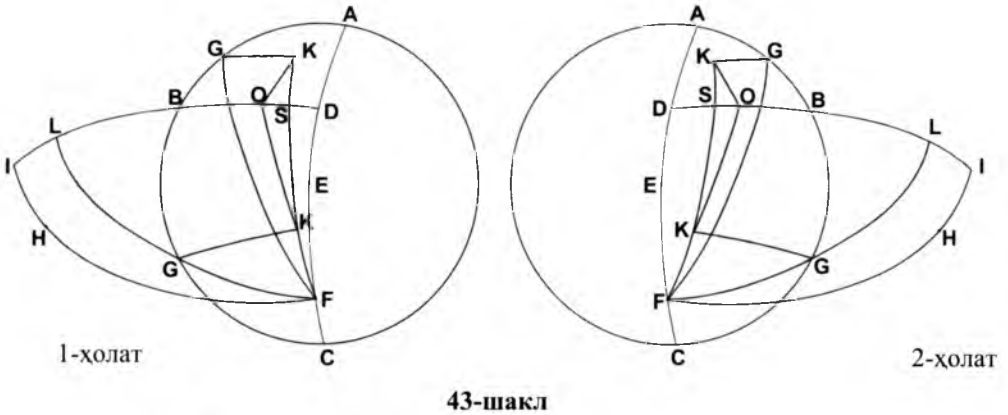
Агар иккала шаҳар кенгламалари тенг бўлса, BL ва OP лар тенг бўлади ёки тутилиш осмон экваторида бўлса, LP – ўтган ёки қолган [вакти] OB га тенг бўлади.

Агар кенгламалар тенг бўлмай, тутилиш шимолий оғишга эга бўлса, BL ни LP га қўшамиз, сўнгра йигиндидан OP ни айирамиз; агарда жанубий оғишга эга бўлса, OP ни LP га қўшамиз, сўнгра BL ни йигиндидан айирамиз; шунда иккала шаҳар узунламалари айирмасига тенг бўлган OB қолади⁵⁴⁰.

(194)/Тўртинчи ҳолат учун шаклнинг биринчи суратида E шаҳрида кечанинг ўтган [қисми] ёки иккинчи суратида кечанинг охиригача қолган [қисми] KG га тенг бўлган (183)// SL бўлсин*. KO – H шаҳрида ботиш уфқининг [ёйи], K – ундаги тутилиш, SO – H шаҳрида [тутилиш] кундузининг тенгламаси, LB эса E шаҳрида [тутилиш] кундузининг тенгламаси бўлсин.

Агар [тутилиш] шимолий оғиши бўлса, SL дан BL ни айирамиз, жанубий бўлган ҳолда BL ни SL га қўшамиз. Бундан BS ҳосил бўлади; SD – унинг тўлдирувчиси. Сўнгра DS ни SO га қўшамиз; йигинди DO бўлади. Буни

* 43-шаклга қаранг.



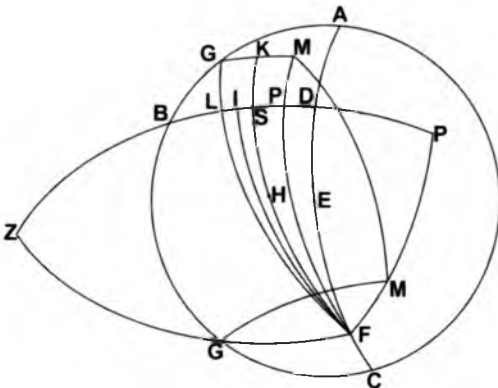
43-шакл

квадрант OI га қўшилса, йиғинди DI – иккинчи шаҳар орасидаги узунлама айирмаси бўлади⁵⁴¹.

Бешинчи ҳолат учун MO^* – H шаҳри ғарбий уфқининг [ёйи], KM га ўхшаш $SP-H$ шаҳрида кеча охиригача қолган [вақт], PO – ундаги тутилишнинг кундуз тенгламаси, KG га ўхшаш SL эса E шаҳрида кеча бошидан бери ўтган [вақт] ва BL ундаги тутилишнинг кундуз тенгламаси (195)/ бўлсин.

Агар тутилиш оғиши шимолий бўлса, BL ни SL дан айирамиз, BS қолади; SD – унинг тўлдирувчиси, OP ни SP дан айирамиз, OS қолади; бунинг тўлдирувчиси – SI . DI нинг SI билан йиғиндиси қидирилаётган нарсадир.

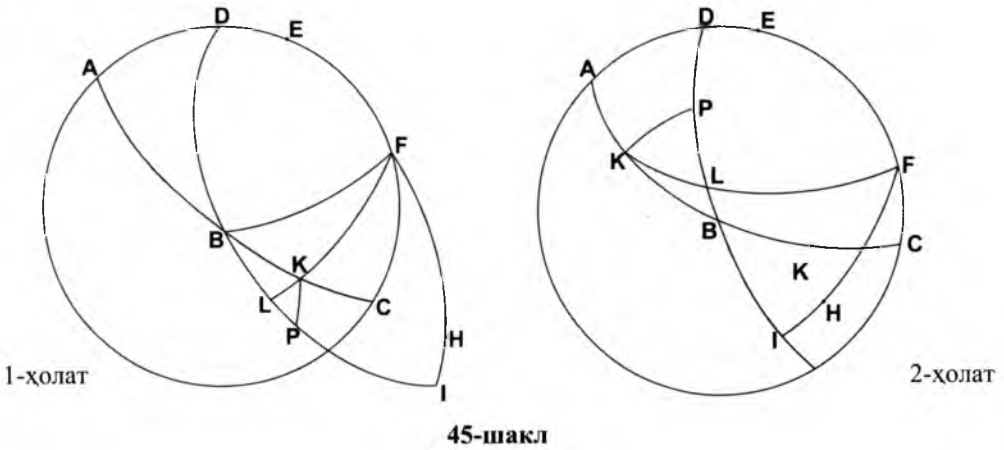
Агар [тутилиш] жанубий [оғишга эга] бўлса, BL ни SL га қўшамиз; йиғиндиси – BS (184)// OP ни SP га қўшамиз, йиғинди OS бўлади. Шунинг учун биз қисқа қилиб айтамыз; ўтган ва қолганни қўшамиз, яъни SL ва SP ни; йиғинди LP бўлади. Иккала шаҳардаги тутилишнинг кундуз тенгламаларини қўшамиз, яъни OP ва BL ларни. Сўнгра иккала йиғиндидан айирма оламиз.



44-шакл

OB [ҳосил] бўлади. Буни бир юз саксон даражадан айирамиз; шунда иккала шаҳар орасидаги узунлама айирмаси қолади, чунки акс ҳолда биз OS ва SB ларнинг ҳар бирини тўқсондан айиришга ва иккала [айирмани] қўшишга мажбур бўлардик. Шунинг учун барибир, шундай қиламизми ёки уларнинг йиғиндисини икки марта тўқсондан айирамизми, барибир иккита тўлдирувчининг йиғиндиси қолади. Бу исталган нарса⁵⁴².

* 44-шаклга қаранг.



45-шакл

(196)/ Олтинчи ҳóлат учун $K - E$ [шаҳрининг] шарқий уфқидаги тутилиш, $KP - H$ шаҳри гарбий уфқининг ёйи бўлсин*. Бизнинг максадимиз жанубдаги шимолий чоракни [олишдир], чунки бунда амал ўхшаш [ва қулай] бўлиб, иккала сурат биттада мужассамлашади.

Маълумки, $BL - E$ шаҳрида тутилишнинг кундуз тенгламаси, LP унинг H шаҳридаги [кундуз] тенгламаси.

(185)// Агар улар иккиси шимолий бўлса ва уларнинг йиғиндиси BP ни ярим айланага, яъни IP нинг BD га йиғиндисига қўшсак, йиғинди $DBI -$ шарқ томонидан улар узунламаларининг айирмаси бўлади. Бу айланага тўлдирадиган қолган [қисми] эса ғарб томондан улар узунламаларининг айирмасидир.

Агар иккинчи суратдагидек, иккиси ҳам жанубий бўлса, улар йиғиндисини ярим айланадан айирсак, шарқ томондан улар иккиси [узунламаларининг] айирмаси қолади. Бу – шунинг учунки, DJ [ёйи] квадрант IP билан тўлдирувчиси BP бўлган DP нинг йиғиндисидир. DI нинг ярим айланадан айирмаси бу BP нинг миқдоридир⁵⁴³.

Бу ерда энг яхшиси икки масофанинг энг қисқаси билан амал қилишдир.

(197)/ Бундай ҳóлатдаги [тутилишларда] иккала шаҳар аҳли оёқларининг товонлари бир-бирига йўналган бўлади. [Ернинг] шу мавжуд маъмур қисмида бу ҳóлат Хитой ва Андалус аҳолиси учун хос, чунки улар ораси [узунлама бўйича] қарийб ярим айланадир. Лекин бу [мамлакатларда] тик турган [кишиларнинг] қоматлари битта тўғри чизик бўйлаб йўналмайди, чунки бу ҳóлда иккита шаҳарнинг тарафи [узунламада] фарқланиши билан бирга, қоматлари бир-бирига диаметрал [карама-қарши] бўлиши учун уларнинг кенгламалари тенг бўлиши керак бўларди.

Муътазиллар⁵⁴⁴ исботлаш йўлидан четланиб, [ҳамма нарсага] ҳайрон бўладилар: улар [кўпчилик орасида] келишилган нарсага (186)// [асоссиз]

* 45-шаклга қаранг.

этироз билдирадидлар. Ҳақиқатда шубҳа уйғотадиган нарсаларда эса улар «Сен [буни] қандай инкор эта оласан?» дейиш билан чегараланадилар, чунки ҳақиқатни ёлғондан ажратиш эмас, балки мана шундай [усул] уларнинг баҳсларига асос ва айтган сўзларига ёрдам бўлади. Шунинг учун улар [мен] айтганлардан ҳадиксирайдилар ва уни тасаввур қила олмайдилар ҳам. Буни [рад] этиш учун улар сафсатабозликда адаша бошлайдилар. Улар буни тушуниб ва билиб етгунларигача, мавзуларига зид нарсани эшитишдан (198)/ васвасага туша бошлайдилар.

[Уларга] мисол – уларнинг имоми Абу Ҳошимдир⁵⁴⁵. У – (Аллоҳ уни кечирсин!) Аристотелнинг «Само ва олам»⁵⁴⁶ номли китобини варақлаб чиқишга муяссар бўлди ва ундан сувнинг думалоклиги ҳақида эслатилган мавзунини ўқиб олди. [Сўнгра шу китобнинг мазкур] варақларини йўкотади ва сув уни ўз ичига олган идишнинг шаклига киради ва квадрат идишда квадрат бўлади, бешёқлида – бешёқли ва думалоқда – думалоқ бўлади, деб эълон қилди. Унга Абу Бишр Матта ибн Юнус ал-Қинобий шундай бошлаб жавоб бердики⁵⁴⁷, [бунда] унга ҳеч ким тенг кела олмайди. [Гап] шундаки, улар иккиси бир мажлисда учрашиб қолган, шунда Абу Ҳошим «Само ва олам» китобини йиртганлигини хабар қилган. Шу пайт Абу Бишр ўрта бармоғи билан оғзидан сўлагини олиб, унга татиб кўришни таклиф қилди ва: «Худо ҳақи татиб кўр, буни бир оз тузлаш керак!» деди.

Агар мен [Абу Бишр]нинг ўрнида бўлганимда эди, [Абу Ҳошим]нинг қулоғига кичкириб, уни бундай шайтонлаш бухронидан қайтсин деб бармоғини тишлаб олган бўлардим.

Улар [муътазилийлар] билан гаплашиш фойдасиз: бу вақт ва умрни бе-корга ўтказишдан иборат. Уларнинг имомлари улар орасида хатолиги ва зарурий ҳақиқатга хилофлигига қарамай, – бутун юнонлар мамлакатини кезиб ўтиб, муътазилийларсиз ҳақиқатга эришган [кишига] қараганда таъзимга лойиқроқ ҳисобланадилар⁵⁴⁸.

Мана шулар мен ҳисоблаган йигирма саккизта Ой тутилишлар бирлаш-маларидир. Бунда мен экваторда яшовчиларни (187)// ва жанубий кенглама-ликларни эътиборга олмадим ва шимолий мамлакатлар билан чегараландим, чунки мана шу [йигирма саккизта ҳолатни] тушунган киши шуларга кўра [жанубий кенгламаларга боғлиқ бўлган], қолган [ҳолатларни] ҳам тасаввур қила олишига ишондим. (199)/ Биз учун фойдаланишга қулайроғи биринчи навбатда ярим кечадан бошлаб олинганлар бўлиб, уларга кўра биз на икка-ла шаҳарнинг кенгламасини ва Қуёшнинг ўрнини ва на унинг оғишини би-лишга эҳтиёжимиз тушмайди. Шунда кундуз тенгламаларини топишдаги ҳисоблардан ҳам қутуламиз, бундан синусларга кўра юз берадиган [хатолар] ҳам бўлмайди, чунки агар уларни кичиклиги сабабли асбоблар ва [сезги-ларнинг] ожизлиги сабабли инсон сезмайдиган [бошқа] хатоларга қўшилса, сезиладиган бўлиб қолади.

Сўнгра, батафсил баён қилганимга яқун ясаб, айтаман; агар бизга иккала шаҳарда ярим кечага нисбатан ўлчанган вақт берилса, қараймиз – агар иккала [шаҳарда] ҳам [тутилиш] осмон ўртаси чизиғида бўлган бўлса, у ҳолда иккала шаҳар ҳам битта меридианда бўлиб, улар узунламаларида фарқ бўлмайди. Агар шаҳарларнинг бирида ярим кечада, иккинчисида ундан олдин бўлган бўлса, у ҳолда биринчиси иккинчисидан унда [тутилиш] биринчисига нисбатан ярим кечадан олдин келган [вақти] миқдорича шарқийдир. Агар иккинчисида ярим кечадан кейин бўлган бўлса, бу шаҳар биринчи шаҳардан тутилишнинг унда ярим кечадан кеч қолиши миқдорича шарқийдир. Агар иккисиди ҳам [тутилиш] ярим кечада бўлса, у ҳолда иккаласида уларнинг ярим кечасига қолган соатларнинг айирмаси улар орасидаги узунлама айирмасидир. Соатлар қай бирида ортиқ бўлса, ўшаниси ғарброкдагисидир. (200)/ Агар иккисиди ҳам ярим кечадан кейин бўлса, у ҳолда уларнинг ҳар биридаги ярим кечадан ўтган соатлар айирмаси улар орасидаги узунлама айирмасидир. Қай бирининг соатлари ортиқ бўлса, ўшаниси шарқрокдагиси. Агарда иккисининг қолган ёки ўтган соатларининг айирмаси бўлмаса, иккала шаҳар узунламалари фарқли эмасдир. Агар [тутилиш] уларнинг бирида ярим кечадан кейин, иккинчисида ярим кечадан (188)// олдин бўлса, у ҳолда биридаги ярим кечадан олдин ўтган [вақтнинг] иккинчисида ярим кечагача [вақт] билан йиғиндиси – улар орасидаги узунлама айирмаси. Қай бирида тутилиш ярим кечадан кейин бўлса, ўшаниси шарқрокдагисидир.

Кузатувчи аҳамият бериши керак бўлган [тутилиш] ҳолатлари мана шулардир.

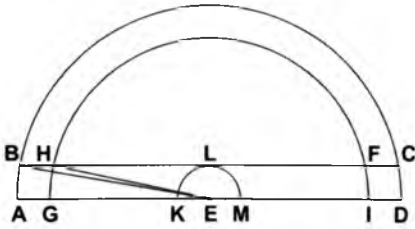
Сўнгра, агар иккита кузатувчи кузатаётган [тутилиш вақти] кеча боши ё охиридан бошлаб олинса, уни ярим кечага келтириш мумкин. Чунки Қуёш ўрни маълум, кейин [юқоридаги] мулоҳазаларни эътиборга олиш керак бўлади. Юқорида ўтганларга кўра, бошқа [тутилиш] турларини санаб чиқиш узоққа чўзилгани сабабли уларни ҳисоблаб аниқлаш [мумкин].

Мен эслатган тутилиш оғишига келганда, бу ерда Ойнинг оғишлари, унинг тез ўзгариши сабабли эътиборга олинмайди, Аслида бу билан Қуёш даражаси надирининг оғишини назарда тутганман, бу эса маълум ва тутилишнинг ўртасига алоқадор⁵⁴⁹. Бироқ тутилиш вақтида кузатилган Ой (201)/ оғишини ҳам тақрибий топиш мумкин.

Баъзи инсонлар фикрича, кеча бошида тутилиш бошланишини кузатиб бўлмайди ва кеча охирида «очилиш» охирини кузатиб бўлмайди дейди.

Бунинг [исботи] учун $ABCD$ – Қуёш [суткалик] орбитасининг⁵⁵⁰ ҳақиқий уфқ⁵⁵¹ устида кўринадиган ярим доираси, [ҳақиқий] уфқ – AED , Ер шарининг ярми – KLM бўлсин*. BLC ни Ерға уринма ва AD га параллел қилиб чикарамиз; у кўринма уфқда бўлади. AD ва BC чизиқлари Қуёш [параллели]

* 46-шаклга қаранг.



46-шакл

доирасидан AB ёйини кесади, бу [бутун айланага] қиёсан катта эмас ва ҳиссан сезилмайди. Унинг миқдорига AEB бурчак мос келади ва у уч минутдан камдир⁵⁵².

Сўнгра Ой орбитаси – $GHEI$ бўлсин, у ҳолда HG [ёйи] Ой орбитасига қиёсан сезиларли бўлади. Агар Ой, ҳисобга кўра, G да чикса, H га етмагунича кўринмайди; (189)//

MEG бурчакнинг миқдори балки олтидан беш даражадан ортиқроқдир⁵⁵³.

Агар тугилиш бошланишини кеча бошида деб фараз қилсак, Қуёш D да, соя маркази G да, унинг диаметрининг ярми ҳақиқий уфқ устида бўлади. Агарда Қуёш Ердан узоқ бўлиб қолса, бу эса соя қалинлигини орттиради, шу билан бирга, Ой ҳам Ердан узоқ бўлиб қолиб, ҳатто унинг параллакси кичрайса, у ҳолда параллакснинг энг кичик миқдорида жавзахирнинг сфераси⁵⁵⁴ деб аталувчи энг (202)/ катта соя кўринади. Шунда [Ойнинг соя билан] уриниши тугилиш бошланишида Ер устида бўлиши [эхтимолдан] узоқ эмас. Ой Ерга қанчалик яқин бўлса, шунчалик соя қалинлиги, Ой унинг ёнидан ўтганида орта боради. Шунда ҳолат гўё ўзаро кифояликка ўхшайди, айниқса, агар бунда Қуёш Ердан узоқлашадиган бўлса, соя қалинлиги анча ортади. Шундай қилиб, бу ҳақида айтилган нарса текширилганда [ҳақиқатдан] узоқ бўлиб қолади⁵⁵⁵.

[Ой] очилишининг тугалишида ҳам ҳолат шундай бўлади. Агар Қуёшни A нуктада, соя марказини I да деб фараз қилинса, Ой билан соянинг уриниши, албатта, F [нукта] устида бўлади. Шуни [назарда тутиш керакки], Птолемей ўзининг «Оптика китоби»нинг⁵⁵⁶ бешинчи мақоласида ишора қилиб [айтишича], кўриш нури ҳаво билан эфирнинг учрашишида синади, ҳатто бу бирор нарсанинг кўринма уфққа етишидан олдин шарқда кўринишига ва уфқдан ажралганидан ғарбда [кўринишига] (203)/ сабаб бўлади⁵⁵⁷.

(190)// Тугилишни иккала кузатувчи ҳам ҳамма замонларини топиб, ҳар бир шаҳарда топилган ҳар бир замонни бошқа шаҳардаги унга [мос] қарама-қарши замон билан солиштириши керак. Ҳар бир жуфт «муқобил» замондан⁵⁵⁸ тугилиш ўртаси ва [тутилишда] «тўхташ» ўртаси⁵⁵⁹ топилади. Мен «муқобил» [замонлар] деб, тугилиш бошланишини «очилиш»⁵⁶⁰ охири билан солиштиришдаги ва тугилиш тўлиши билан «очилиш» бошланишини солиштиришдаги [замонларни] назарда тутаман. Чунки ҳар бир сифатнинг бўлаги ўзига қарама-қаршисини инкор қилади, масалан, [тутилиш] бошланиши – охирини, тугилиш – очилишни ва ҳар бир [бўлак] кидирилаётганини топишда бир-бирига ёрдамлашади. [Қаранг], номаълум ва маълум масалалар орасида энгиллик ва оғирликда қанчалик фарқ бор-а!

Ушбу [тутилиш] замонларини Ойга кўра ўлчанмайди, чунки бунда унинг ҳаракатлари ва ҳолатларига [хос] шартларни билиш зарур бўлади.

Бу замонлар – бир-биридан узоқда турган икки диёр ахллари бир пайтнинг ўзида кузатаётган [битта] ҳодисанинг [рўй бериш] вақтларидир. Улар буни ҳар хил йўл билан топишади.

Баъзилар [тутилиш замонларини] тенг замонларда тенг бўлиб сезиладиган узлуксиз ҳаракатларга кўра аниқлайдилар. Илгари буни сувга кўра [ўлчаш] расм бўлган эди. Бирок кўп тарафлама [олиб қаралганда] сувда бир жинслилик йўқ. Масалан, унинг манбаига нисбатан юмшоқлик ёки ғализлик бўлиб, ҳатто бу унинг зотан ўзига мансубдир, чунки унинг ўзи [шундай бўлиши] лозим. [Сувнинг] мана шу икки фавқулодда хусусиятлари хавонинг сифати бир жинсизлигига [ҳам] боғлиқ, сув эса ҳаво билан ишқаланишига кўра, унинг таъсирига [берилувчан]дир [Шунга] ўхшаш, сувнинг ҳажми ортиши билан унинг ҳавога нисбатан босими (204)/ ҳам ортади, ҳажм камайиши билан босим ҳам камаяди ва шунга ўхшашдир. Шунинг учун кишилар [сувдан фойдаланиш] ўрнига қум ҳаракатларига ўтдилар. Баъзилар [тутилиш замонларини] юлдузларнинг баландликлари ва шу баландликларнинг азимутлари орқали аниқлайдилар. Булар ҳаммасининг асосида Қуёш даражаси надирининг ўрнини аниқлаш ётади.

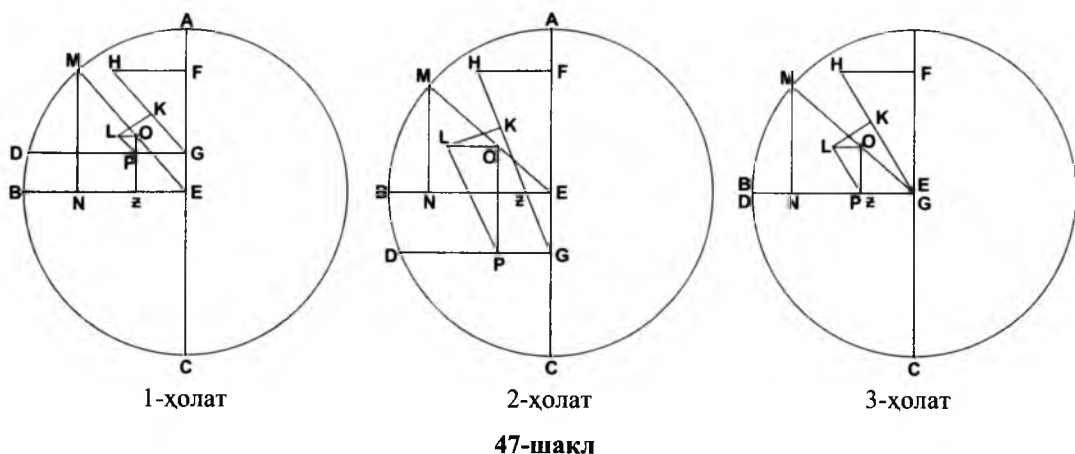
Агар [тутилиш] замони сув ё кумга кўра ўлчанган бўлса, (191)// у ҳолда уларнинг ҳажми ва вазнларининг ўлчами маълум ва бу ҳақда сўзлашнинг ҳожати йўқ.

Агарда турғун юлдузларнинг баландликлари ўлчанган бўлса ва улар бир нечта бўлса, у ҳолда баъзи [юлдузларга кўра] топилганни бошқасиникига солиштириш ҳақиқатга яқинроқ олиб келади. Бунда ё юлдузларнинг фақат баландликлари ўлчанади, ёки баландликларининг азимутлари⁵⁶¹ ўлчанади, ёки иккала амал биргаликда қўшилади. Агарда зижларда ўшандай чалкашликлар бўлмаганида эди, бу ерда мен бу ҳақда гапни чўзиб ўтирмас эдим. Бирок амал тутаётган [киши] балки бунда тўғрини нотўғридан ажрата олмас.

Агар юлдузнинг баландлиги ўлчанган бўлса, унинг синусини юлдузнинг кундуз ўкига⁵⁶² кўпайтирилади ва кўпайтмани унинг тушки баландлигининг синусига бўлинади; бўлинмани кундуз ўкидан айирилади. Шунда қолган айирма [айни] вақт билан юлдузнинг туш [пайти] орасидаги ёйининг ўқи бўлади. Агар унинг ёйини олиб, баландлик шарқий бўлганида унинг тўғри сферадаги ўтиш даражасининг⁵⁶³ матолиъидан айирилса⁵⁶⁴ ва баландлик ғарбий бўлгани уни [тўғри сферадаги ўтиш даражасининг] матолиъига қўшилса, [маълум] вақт учун тўғри сферадаги осмон ўртаси даражасининг матолиъи⁵⁶⁵ (205)/ ҳосил бўлади⁵⁶⁶.

Бунинг нисбати учун ўша уфқ доираси – ABC , тушки чизик – AEC , тенгкунлик чизиғи – EB , уфқ текислиги билан [юлдузнинг] параллели текислигининг кесишиш чизиғи – DG ва кундуз учбурчаги⁵⁶⁷ FHG бўлсин*. У ҳолда FH – унинг [юлдузнинг] тушки баландлигининг синуси, HG – унинг кундуз

* 47-шаклга қаранг.



ўқи бўлади. Вақт уч бурчаги⁵⁶⁸ – OLP бўлсин, у ҳолда LO – [ёриткичнинг] шу берилган вақтдаги баландлигининг синуси бўлади.

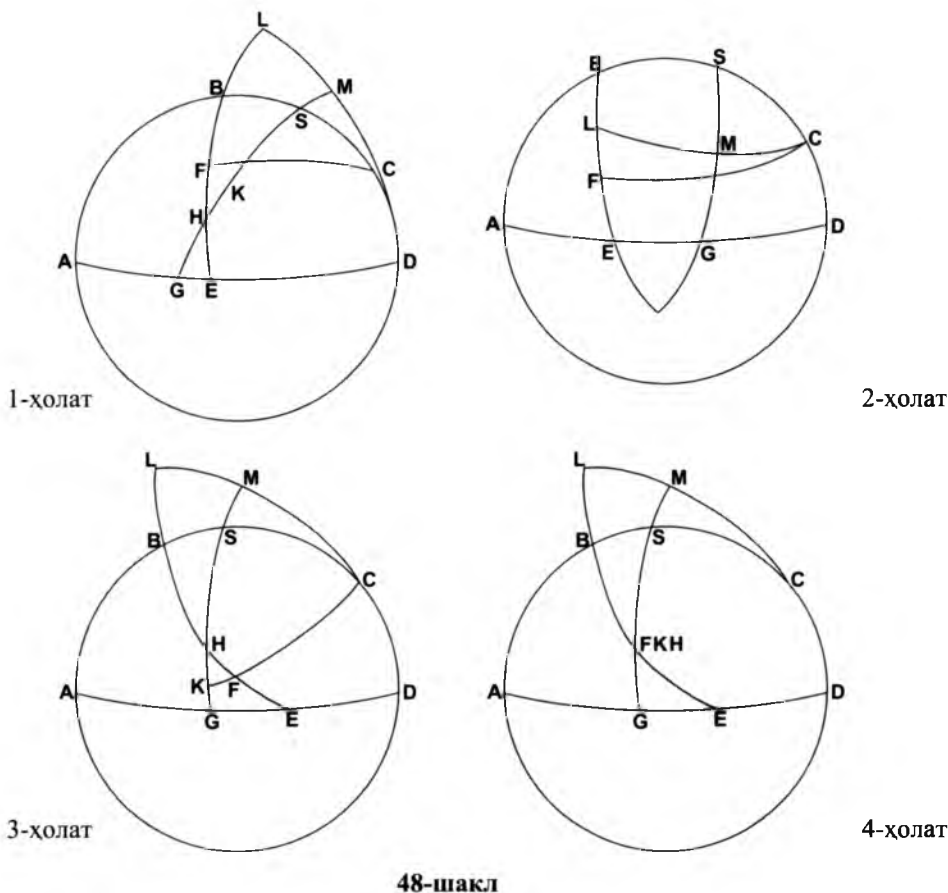
Иккала учбурчакнинг ўхшашлигидан, OL нинг LP га нисбати FH нинг HG га нисбати каби бўлади. Агар биринчини (192)// тўртинчига кўпайтириб, кўпайтмани учинчига бўлсак, иккинчи, яъни LP ҳосил бўлади.

LK ни PG га параллел чиқарамиз. Шунда KG LP га тенг бўлади ва HK – [ёриткичнинг] параллелида HL га ўтказилган ёйнинг ўқи қолади. Бу ёй [HL] ёриткичнинг тушгача қолган [вақтини билдиради], агарда вақт учбурчаги OLP кундуз учбурчагидан шарқ тарафда бўлса; агарда у бундан ғарб тарафда бўлса, бу [ёй] тушдан [кейин] ўтган [вақт] бўлади.

Осмон экваторининг кутби билан L юлдуздан ўтган доира эклиптика-ни юлдузнинг ўтиш даражаси орқали, экваторни эса шу даражанинг тўғри сферадаги матолиъи орқали ўтади. Бу доира билан осмон меридиани орасида HL ёйига ўхшаш ёй ҳосил бўлади. Агар юлдуз ўзининг туш пайтига етмаган бўлса, осмон ўртаси (206)/ даражасининг матолиъи шу ёйнинг миқдорича илгарига сурилган бўлади. Агар шу ёйни ўтиш даражасининг матолиъи-дан (193)// айирсак, осмон экватори билан осмон меридианининг кесишиш жойига етамиз.

Агар ёриткич ўзининг туш [пайтидан] ўтган бўлса ҳам осмон ўртаси [даражасининг] матолиъини мана шу ёйни ўтиш даражасининг матолиъига кўшсак, мазкур нуқтага етамиз⁵⁶⁹.

(207)/ Агар ўлчанган нарса баландликсиз азимут бўлса, шаҳар кенглама-си тўлдирувчисининг синусини азимут тўлдирувчисининг синусига кўпай-тирамиз ва кўпайтмани биринчи деб ёдда сақлаймиз. Сўнгра уни тўлиқ си-нусга бўламиз. Чикқан синуснинг ёйини оламиз ва бунинг тўлдирувчисининг синусини иккинчи деб ёдда сақлаймиз. Кейин уни шаҳар кенгламасининг синусига кўпайтирамиз ва кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз. Бўлинмани азимут тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз ва кўпайтмани тўлиқ си-



48-шакл

нусга бўламиз⁵⁷⁰. Бундан синус қолади, унинг ёйини оламиз ва бу ёйни ёдда сақлаймиз.

Сўнгра биринчи ёдда сақланувчини юлдуз оғиши тўлдирувчисининг синусига бўламиз. Бўлинмани юлдуз оғишининг синусига кўпайтирамиз ва кўпайтмани иккинчи ёдда сақланувчига бўламиз. Бўлинма синус бўлади, унинг ёйини оламиз. Агар оғиш шимолий бўлса, шу ёй билан ёдда сақланган ёй орасидаги айирмани оламиз. Агарда оғиш жанубий бўлса, иккала ёйни қўшамиз. Ҳосил бўлган [айирма ё йиғинди ёй] юлдуз билан унинг туш пайти орасида ё унгача қолган, ёки ундан ўтган [вақт] бўлади. Мабодо, юлдуз оғишга эга бўлмаса, ёдда сақланган ёй унинг учун ё тушгача қолган, ёки ундан ўтган [вақт] бўлади⁵⁷¹.

Бунинг исботи учун $ABCD$ – осмон меридиани, AED эса S кутбида уфк ва EBL – (208)/ C кутбида осмон экватори бўлсин*. Ёриткич K бўлсин. Унга S орқали баландлик доираларидан бирини⁵⁷², масалан, у SHG бўлсин – ўтказамиз. Шунда EG – тенгкунлик чизиғига асимут масофаси бўлади.

* 48-шаклга қаранг.

Баландлик доираси билан осмон экваторининг кесишиш нуктаси – H кутб бўлган ва квадрат томонича масофа билан DML квадрантини чизамиз. Унга HBL ва HSM [ёйларини] чиқарамиз. (194)// Мана шу секторда шаҳар кенгламасининг тўлдирувчиси SC синусининг CM синусига нисбати тўғри бурчак CMS синусининг MSC бурчаги, яъни азимут тўлдирувчиси GA нинг микдорига тенг [бурчак] синусига нисбати каби бўлади. Демак, CM маълум.

Бизга SC синусининг MSC бурчаги синусига кўпайтирилганига тенг бўлган CM синусининг тўлиқ синусга кўпайтмаси керак бўлгани учун буни ўз вақтида унга навбат келгунича биринчи деб ёдда сақлаймиз.

Ўртача баландлик тўлдирувчиси деб аталувчи SH синусининг шаҳар кенгламаси SB синусига нисбати квадрант HM синусининг CM нинг тўлдирувчиси, ML синусига нисбати каби. Демак, SH нинг синуси маълум. Шунингдек, ML нинг синусини ҳам, кейинроқ унга эҳтиёжимиз тушишлиги сабабли иккинчи деб ёдда сақлаймиз.

SH синусининг HB синусига нисбати квадрант SG синусининг азимут тўлдирувчиси GA синусига нисбати кабидир. Демак, HB маълум, у ёдда сақланувчи ёйдир, чунки у ҳисобга олинади. Юлдуз (209)/ оғишининг тўлдирувчиси KC синусининг CM синусига нисбати тўғри бурчак CMK синусининг CKM бурчаги синусига нисбати кабидир. CM синусининг тўлиқ синусга кўпайтмаси – бу биринчи ёдда сақланувчи. Демак, CKM бурчаксининг синуси маълум. Унинг иккинчи ёдда сақланувчи – ML синусига нисбати FH синусининг юлдуз оғиши KF синусига нисбати кабидир. Бундан FH маълум.

[Шаклнинг] биринчи ва иккинчи суратларида FH билан HB орасидаги айирма FB – юлдузнинг туш пайтигача қолган ёки ундан ўтган [вақтидир]. У иккала [ёйнинг] йиғиндиси учинчи суратда – FB . Тўртинчи суратда эса HB ёйи FB нинг айнан ўзидир. Бу ёйга кўра осмон ўртаси [даражасининг] матолиъини топиш баландлик бобида ўтилганга ўхшаш бўлади⁵⁷³.

(210)/, (195)// Агар баландлик ва азимут биргаликда ҳисобланган бўлса, [шаклнинг ҳамма] суратларида EOM баландликни юлдузнинг тоши тушиш жойи O даги марказдан чиқарамиз ва MN перпендикулярни EB га туширамиз. Шунда юлдуз баландлиги тўлдирувчиси EO синусининг азимут аргументи OZ га нисбати ярим диаметр EM нинг азимут синуси MS га нисбати каби бўлади*. Чунки EO нинг квадрати OZ ва ZE лар квадратларининг йиғиндисига тенг.

Агар биз азимут аргументининг квадратини баландлик тўлдирувчиси синусининг квадратидан айирсак, EZ нинг квадрати қолади. EZ [бу ерда] KL га тенг. KL эса юлдузнинг ўз параллелида осмон меридианигача қолган ёки ундан ўтган [ёйнинг] (196)// синусидир, яъни шундай масштабдаки, бунда юлдуз параллелининг ярим диаметри унинг оғиши тўлдирувчисининг синусига тенг. Чунки (211)/ у бизда ярим диаметрнинг бўлақларида чиқади.

* 47-шаклга қаранг.

Демак, *EO*, *MN* ва *OZ* лар ҳам мана шу масштабда [топилган]. Энди у масштабни алмаштириш керак.

Бунинг учун *KL* нинг параллел ярим диаметрига – у оғиш тўлдирувчисининг синусига тенг дейилганда, нисбати *KL* нинг параллел ярим диаметрига – у тўлиқ синус дейилгандаги синусига нисбати кабидир.

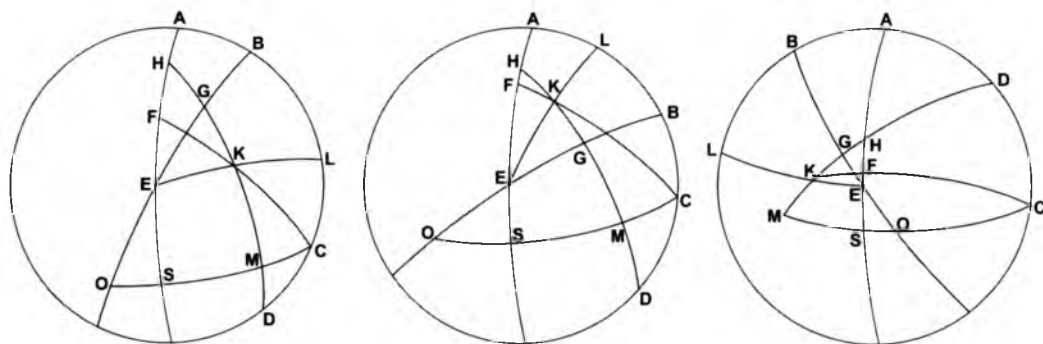
Шунга кўра, бизда ҳосил бўлган *KL* ни тўлиқ синусга кўпайтирамиз ва кўпайтмани параллел оғиши тўлдирувчисининг синусига бўламиз. Шунда параллелнинг [масофасидаги] синусга алмашади. Шу пайт уни ёйга айлантирамиз ва унинг ёйидан берилган вақт учун тўғри сферада осмон ўртаси [даражасининг] матолиъини топамиз⁵⁷⁴. Сўнгра осмон ўртаси даражасининг Куёш ботаётган вақтдаги матолиъи билан шу матолиъ орасидаги айирмани оламиз ва уни Куёш бухтига⁵⁷⁵ кўпайтирамиз, бу эса Куёшнинг [ўша берилган] вақт учун кеча билан кундузда ўтган тенглаштирилмаган йўлининг [ёйидир]. Кўпайтмани уч юз олтмишга бўламиз. Бўлинмани Куёшнинг ботиш [пайтидаги] даражасининг надирига кўшамиз. Бундан Куёшнинг [берилган] ўша вақтдаги [даражасининг] надири ҳосил бўлади⁵⁷⁶.

Биз ўтган амалларда унинг оғишидан фойдаланган эдик, ўшанда мен юлдузнинг оғиши ва ўтиш даражасини ҳам олган эдим. Булар иккиси ҳақида зижларда шундай чалкашликлар келтирилганки, улар [ҳатто] кўз ёшини келтиради. Бу зижлардаги нарсаларга ишониб бўлмайди, ҳатто уларнинг муаллифлари ҳақида яхши фикр бўлишига ва уларнинг илм-фандаги мартабалари улуғ бўлишига қарамасдан. Ҳар ҳолда улардаги иллатларни кетказсак ёмон бўлмайди.

Аммо ёриткичнинг оғишига келсак, ал-Хоразмийнинг «Зижи»да⁵⁷⁷ ва (212)/ «Синдҳинд»га⁵⁷⁸ эргашувчи барча муаллифларда уни [ёриткичнинг] экватор чизиғидан⁵⁷⁹ узоқлиги деб аталади. Ҳабашнинг «Зижи»да⁵⁸⁰ – унинг орбитасининг оғиши⁵⁸¹, ан-Найризий⁵⁸² ва ал-Баттонийларнинг «Зиж»ларида⁵⁸³ – осмон экваторидан узоқлигидир⁵⁸⁴.

Биз эса ёриткич даражасининг [эклиптикада] Ҳамал [буржидан] узоқлигини тўғри сферадаги матолиъи деймиз ва уни матолиъилар жадвалига киритамиз, сўнгра унинг қаршисида [кўрсатилган] мос даража [микдорини] оламиз ва уни «узунлама» деб [шартли равишда] атаймиз. «Узунлама»нинг оғишини олиб унинг тарафини аниқлаймиз. Агарда у ва юлдуз кенгламаси бир тарафда бўлса, (197)// уларни кўшамиз, агарда улар иккита ҳар хил тарафда бўлса, кичигини каттасидан айирамиз. Шунда қолдиқ каттасининг тарафида қолади.

Сўнгра юлдузнинг иккала Куёш туриш нуқтасидан яқинроғигача бўлган масофани оламиз ва шу масофанинг оғишини олиб, унинг тўлдирувчисининг синусини ўша айирма ёки йиғиндининг синусига кўпайтирамиз. Кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз. Бундан юлдузнинг айирма ёки йиғинди тарафидаги оғишининг синуси чиқади⁵⁸⁵.



1-холоат

2-холоат

3-холоат

49-шакл

Бунинг исботи учун $ABCD$ – тўрт кутбдан ўтувчи доира⁵⁸⁶ $EA - C$ кутбидаги осмон экваторининг [ёйи], $BE - D$ кутбидаги эклиптиканинг [ёйи] бўлсин*. Шунда B – Күёш туриш нуқтаси бўлади.

Юлдузни K нуқта деб фараз қилайлик ва $DKGH$ [ёйини] чизайлик; у ҳолда G унинг даражаси бўлади. CKF ни чизамиз, бу ерда KF [юлдузнинг] осмон экваторидан масофаси, EG – юлдуз даражасининг тенгкунлик [нуқтасидан] масофаси бўлади.

(213)/ GH BE га перпендикуляр бўлгани учун GE EH га нисбатан тўғри сферадаги матолиъи ўрнида бўлади. Агар биз GE нинг [узунламасини] тўғри сферадаги матолиъ деб олсак, унда «узунлама» деб олинган унинг мос даражалари EH бўлади. Шу «узунлама»нинг (T гиши HG – осмон экваторидан шимолда ва юлдуз кенгламаси KG [шаклнинг] биринчи суратида эклиптикадан шимолда, учинчи суратида эса ундан жанубда. HG ва GK лар битта доиранинг [ёйлари] бўлгани учун уларнинг йиғиндиси биринчи суратда ва айирмаси иккинчи суратда – KH бўлади.

H нуқтасини кутб деймиз ва квадрат томонича масофа билан $CMSO$ доирасини чизамиз. Шунда MS унинг [бирор] миқдори ва CM бунинг тўлдирувчиси бўлади. OG ва OM лар GM доирага перпендикуляр бўлганлигидан O [нуқта] GM нинг кутби, MO ва CS ларнинг [хар бири] квадрант бўлади. Умумий бўлган MS ни ташланганидан кейин SO га тенг CM қолади. GO – (198)// квадрант.

У ҳолда EO ёриткич даражаси G нинг тенгкунлик нуқтасидан энг яқин масофаси GB га тенг бўлади. Унинг оғиши – SO . Бу оғишнинг тўлдирувчиси MS эса GHE бурчагининг миқдоридир. Йиғинди ё айирма NK синусининг ёриткичнинг осмон экваторидан қидирилаётган оғиши KF синусига нисбати квадрант NM синусининг MS синусига нисбати кабидир. Бундан KF маълум.

Агар хоҳласак, EKL ёйини чиқарамиз. Шунда DK синусининг KL синусига нисбати квадрант DG синусининг (214)/ GB синусига нисбати каби бўлади.

* 49-шаклга қаранг.

Агар юлдуз кенгламаси тўлдирувчисининг синусини иккала тенгкунлик [нуктасидан] унга энг яқин масофасининг синусига кўпайтирсак ва кўпайтмани тўлиқ синусга бўлсак, KL нинг синуси чиқади. Унинг тўлдирувчиси KE маълум, бунинг синуси эса [шартли] «бўлак».

KE синусининг KG синусига нисбати квадрант LE синусининг LB синусига нисбати кабидир. Агар юлдуз кенгламаси синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани бизга аввал топилган синус ёйи тўлдирувчисининг синусига бўлсак, LB синуси чиқади. Бунинг ёйини оламиз, у ёдда сақланувчидир.

Агар юлдузнинг кенгламаси ва унинг даражасининг оғиши бир тарафда бўлса, ёдда сақланувчини энг катта оғишга кўшамиз. Агар улар икки хил [тарафда] бўлса, ёдда сақланувчи билан энг катта оғиш орасидаги айирмани оламиз. Шунда LA ёйи ҳосил бўлади.

Мабодо, ёдда сақланувчи [ёй] энг катта оғишга тенг бўлиб қолса, юлдуз осмон экваторидан оған бўлмайди.

LA синусининг EL синусига нисбати KF синусининг EK синусига нисбати кабидир. Агар ҳосил бўлган [LA ёй] синусини «бўлак»ка кўпайтирсак ва кўпайтмани тўлиқ синусга бўлсак, юлдузнинг осмон экваторидан оғиши – KF нинг синуси ҳосил бўлади. Бу эса биз истаган нарсадир⁵⁸⁷.

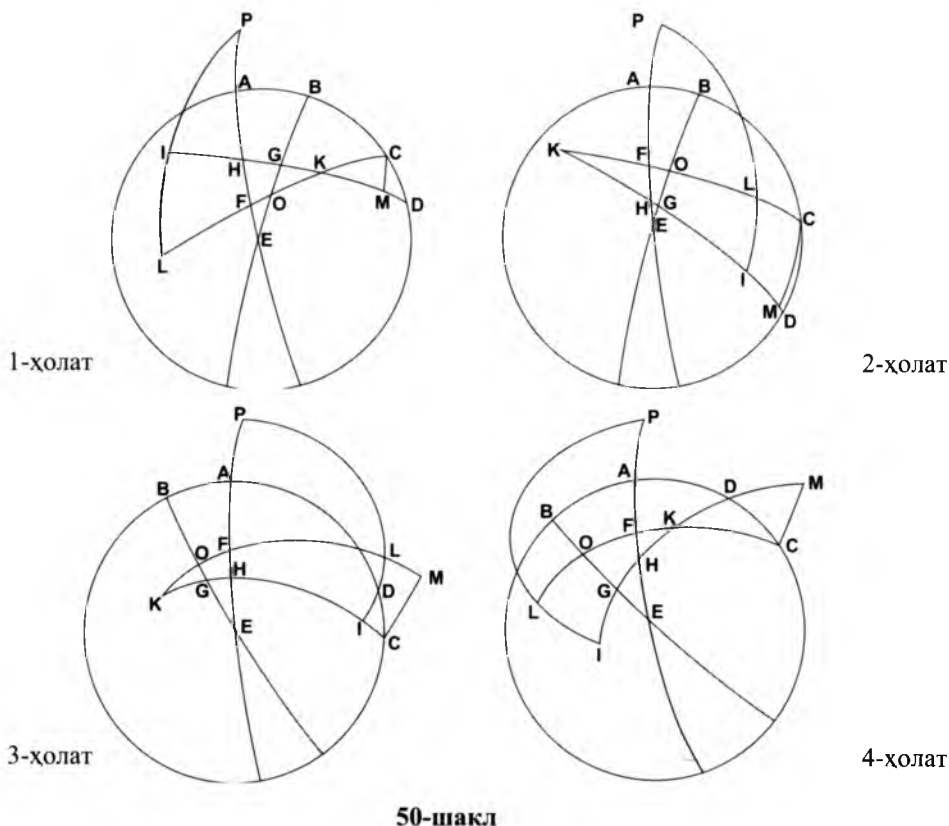
(215)/, (199)// Энди, оғишни билгандан кейин, юлдузнинг осмон ўртаси чизигидаги ўтиш даражасига келсак, бунинг учун KI , KL [ёй]ларнинг ҳар бирини квадрантга тўлдирайлик*. K қутбида квадрат томонидан масофа билан LIP доира квадрантини чизамиз. Тенглама тўлдирувчиси PH синусининг HK нинг тўлдирувчиси HI нинг синусига нисбати квадрант PF синусининг FK нинг тўлдирувчиси LF нинг синусига нисбати кабидир. Агар айирма ёки йиғинди тўлдирувчисининг синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани юлдузнинг осмон экваторидан оғиши (216)/ тўлдирувчисининг синусига бўлсак, синус ҳосил бўлади; унинг ёйини оламиз ва бу ёйни тўқсон [даражадан] айирамиз, тенглама қолади.

Худди шунингдек, KH синусининг HF синусига нисбати KC синусининг CM синусига нисбати кабидир. Биз бу [CM ёй]ни BG нинг, яъни Қуёш туриш нуктасига энг яқин масофанин оғиши [SO] га тенг деган эдик.

Агар йиғинди ё айирма синусини ёриткич даражасининг Қуёш туриш нуктасидан энг кичик масофаси оғишининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани юлдузнинг осмон экваторидан оғиши тўлдирувчисининг (200)// синусига бўлсак, тенглама синуси чиқади.

Агар ёриткич даражаси қишки Қуёш туришидан ёзги Қуёш туришига ўтиладиган ярмида, баҳорги тенгкунлик эса буларнинг ўртасида бўлиб, ёриткичнинг оғиши, [шаклнинг] биринчи суратидагидек шимолий бўлса ёки иккинчи яримда бўлиб, унинг оғиши, учинчи суратдагидек жанубий бўлса,

* 50-шаклга қаранг.



тенглама ёйи HF ни «узунлама» тугайдиған жой H га қўшамиз. У ҳолда у F гача етади.

Агарда [ёриткич даражаси] ёзги Куёш туришидан кишки Куёш туришига ўтиладиган яримда бўлса ва кузги тенгкунлик улар ўртасида бўлиб, унинг оғиши тўртинчи суратдагидек шимолий бўлса, ёки – иккинчи яримда бўлиб, унинг оғиши иккинчи суратдагидек, жанубий бўлса, тенглама HF ни «узунлама» охири H дан айирсак, F га етамиз. [Мана] шу F ўтиш даражасининг тўғри сферадаги матолийнинг етадиган жойидир. Агар унинг ёйи [HF] ни олсак, у ҳолда (217)/ [жадвалда] унинг рўпарасидаги мос даража O нинг даражаси бўлади, бу эса осмон ўртаси чизигидадир]⁵⁸⁸.

(218)/, (201)// Мен Абу Али ал-Ҳусайн ибн Абдуллоҳ ибн Синонинг⁵⁸⁹ Шамс ал-Маъолийнинг⁵⁹⁰ қизи Заррин Гисуга⁵⁹¹ ёзган, «Журжон [шаҳри] узунламасини тузатиш ҳақида» рисоласини кўрган эдим⁵⁹². Унинг рисоласида хабар беришича, [Заррин Гису] шу ишни [бажаришни] унга буюрган, лекин у узунламалари маълум шаҳарларнинг аҳолиси билан бу ишда кўмаклашишга келишиб олмаган, шунингдек, ўша йили келишувчи тарафлар фойдаланиши мумкин бўладиган Ой тутилиши ҳам бўлмаган. Шунинг учун у бу (масалани ҳал қилишда) Ойнинг меридиандаги баландлигидан фойдаланган. У Ойнинг

[кульминациядаги] баландлигини қандайдир бир вақтда ўлчаган, лекин бу [вақтни] у аниқ кўрсатмаган ва баландликни $80^{\circ}6'$ деб топган.

Сўнгра [зиж ёрдамида] Ойни [Журжоннинг ихтиёрий олинган меридианига] келтирган, шунда у Бағдод билан Журжон оралиғини узунлама бўйича саккиз даража ва ўша пайтда Ой [Журжоннинг] осмон ўртаси чизиғида деб олган⁵⁹³. Ойнинг кенгламаси ва оғишини ҳисоблаб, ўша пайтдаги Ойнинг [кульминацион] баландлиги, аввал у ҳисоблаган Журжон кенгламасига кўра, мана шу [ихтиёрий] ҳисобланган [узунлама] даражасида $80^{\circ}4'$ бўлиши кераклигини аниқлаган.

У [мана шу] пайт Ой Журжоннинг [ихтиёрий олинган] меридианидан ўтиши керак деган хулосага келди. Шунда у [ҳисоблашда] давом этиб, шундай даражани аниқладики, агар Ой унда бўлса, унинг [кульминацион] баландлиги мана шу маълум кенгламада [Бағдод орқали] топилгандагига тенг бўларди. У бунга фақат аввалги саккиз даражага яна бир даража ва [даража] учдан бирини қўшгандагина эриша олган. Шунда Бағдод билан Журжон оралиғи узунламада $9^{\circ}20'$ бўлган.

Кейин у айтишича, буни ўша вақтда Бағдод учун Ойнинг ҳолатини текшириш билан синаган, шунингдек, Ой баландлигини у (219)/ «Ман-киб ал-Фарас»⁵⁹⁴ [юлдузига] ва бошқа турғун юлдузларга уринаётганида ўлчаганлигини ҳам айтган.

Бу усул берилган [масалани ечишда] назарий жиҳатдан тўғри, аммо амалда эса [ечимни] топиш қийин, чунки у зижда [берилган] нарсаларга таклид қилишга асосланган бўлиб, унга кўра Ойнинг [барча] ўринлари ва ҳолатлари ҳисобланган. Таклид [қилиш] (202)// Журжон узунламасида [Ибн Синонинг натижасига қараганда ҳақиқатга] яқинроқ. Ойнинг [ҳолатига хос] сабабларни унинг ҳаракат тезлиги ва бундан келиб чиқувчи параллакси сабабли аниқлаш камдан-кам [ҳолларда] мумкин бўлади. Булардан исталаётган нарсани топиб ҳам бўлмайди. Ҳатто узунлама ва кенгламаси маълум шаҳар учун Ойнинг осмон ўртаси [чизиғида] туриш вақтини аниқлаш узун ва чалкаш нарса-ку, қандай қилиб бу [вақтдан] номаълум узунламани аниқлаб бўлади?

Ҳар ҳолда, бу – шу вақтда осон ёки мумкин бўлишига сабаб бўладиган исталаётган [нарсани] топишга киришиш йўлларида биридир. Бироқ Абу Али ибн Сино, ўзининг зукколиги ва хабардорлигига қарамай, таклид қилишга мухтож бўлган нарсаларида, хусусан, мана шу [ечими] кидирилаётган масала юзасидан ишончга нолайиқдир.

Зижнинг эгасига⁵⁹⁵ келсак, у ўз зижини тузатгани билан тўғрилигини даъво қилади, унинг учун бу [зиж] кузатиш ўрнида туради. Бунинг учун у [узунламаси] кидирилаётган шаҳарда тутилишни ўлчашни ва [шу тутилиш вақтини] зиж тузилган шаҳар учун ҳисоблашни буюради.

Ҳабаш ал-Ҳосибнинг «Зиж» ана шундай. У [зижда] зиж тузилган жой – Бағдод учун тутилиш замонларини ҳисоблашни, сўнгра уни узунлама-

си кидирилаётган шаҳарда ўлчашни ва шу иккала «муқобил» замон орасидаги нарсаларни (220)/ солиштиришни буюради. Агар [кузатилаётган тутилиш ўртасининг вақти] ҳисоб билан топилгандек бўлса, у ҳолда [шаҳарларнинг узунламалари] бир хил бўлади, агар ундай бўлмаса, кузатилган ва ҳисобланган [тутилиш] соатларини қўшиб, уларни ўн бешга кўпайтирамиз. Кузатилган [шаҳар] ҳисоблангандан шарқроқда бўлса, [кўпайтмани] Бағдод узунламасига қўшамиз, агар ғарброқда бўлса, уни Бағдод узунламасидан айирамиз. Шунда ўша шаҳарнинг узунламаси ҳосил бўлади⁵⁹⁶. Бу зижнинг менда бор нусхаларидаги шу рисолаги бузилган бўлганлиги учун унга мазкур миқдордагина асосланиш мумкин.

Аммо иккала [«муқобил»] замон⁵⁹⁷ ўртасини топиш эса бу ҳисобчилар тутадиган йўл бўлиб, унда хатолик кам ва унинг миқдори кичик бўлади ва ҳатто энг катта билан энг кичикнинг ўртасида бўлади. Узунламалар (203)// айирмасини, кузатилган [шаҳар] шарқроқда бўлганида Бағдод узунламасига қўшишнинг [сабабига] келсак, бунинг маъноси тўғри. Лекин у [келтирган] сўзлар бу [масалани] билмайдиган кишини хатоликка олиб келиши мумкин.

Бу шунинг учунки, агар [тутилиш] кузатилган шаҳар Бағдоддан шарқ тарафда бўлса, [албатта] узунламалар айирмасини Бағдод узунламасига қўшиш керак. Чунки у Бағдоддан олдин туради ва [Қуёш] унга олдин етади. Лекин унинг соатлари Бағдоднинг соатларидан кўп, – [аслида] вақт иккаласида битта бўлса ҳам, чунки ундаги Қуёш ботиши Бағдоддаги ботишидан олдин бўлади.

Агар кузатаётган киши тажрибакор бўлса, унинг ишларида чалкашлик бўлмайди, (221)/ агарда у тақлидчи зижчилардан⁵⁹⁸ бўлса, тутилиш соатлари кам бўлган шаҳарда соатлари кўп бўлган шаҳарга қараганда олдин бўлади, деб ўйлайди. Бундан [ташқари] кеча бошидан бошлаб олинган [тутилиш] соатлари билан аввал [айтиб] ўтилган қийинчиликларга боғлиқ.

Абу Али Муҳаммад ибн Абду-л-Азиз ал-Ҳошимий⁵⁹⁹ эслатиб айтадики, хижрий уч юз йигирманчи йили зулқаъда ойининг ўн тўртинчиси – жума кечаси⁶⁰⁰ Ой тутилиши бўлган; бунинг учун Бағдод ҳисоблаган. Сўнгра уни ар-Раққада кузатиб, соатлар айирмасини 0°28' топган, замонларда бу 7°0' бўлади⁶⁰¹. Бу эса Бағдод билан ар-Раққа орасидаги узунлама айирмаси эканлигини [айтган].

Унинг бу амали билан [шундай бир] мислсиз сабаблар [содир] бўлганки, бу ҳақида айтиб ҳам бўлмайди. Гап шундаки, [унда] ар-Раққадаги соатлар Бағдоддагидан кўп бўлган. Маълумки, ар-Раққа ундан ғарбда ва ғарбий соатлар кам бўлиши керак. Балки бу нусха кўчирувчиларнинг эҳтиёткорлиги камлигидан, хусусан, алифбо ҳарфларини ва ҳисоб рақамларини кўчиришларидаги хатолик сабабли бўлгандир. У хатоликлардан бири шуки, ар-Раққанинг кенгламаси ал-Баттонийнинг топганига кўра 36°1', Бағдоднинг кенгламаси 33°25'. Иккала шаҳарда топилган тутилиш [вақти] кеча бошидан бери ўтган

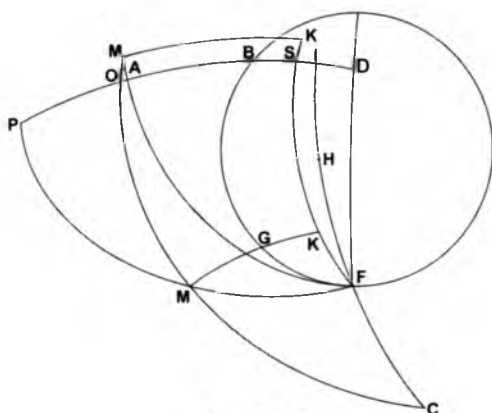
[вакт] бўлиб, (204)// бу юқорида эслатилган тутилиш [замонлари] жуфт бир-лашмаларининг учинчи навидаги биринчи ҳолатига тўғри келади.

Бағдод билан ар-Раққа битта параллелда эмас, (222)/ чунки бу ҳолда улар соатлари орасидаги фарқ кидирилади [узунлама айирмасининг] мутлак ўзи бўларди. Шунинг учун буларда шу мавзу ҳақида тутилиш оғишининг тарафини изоҳланаётгандаги ва иккала шаҳарда кундуз тенгламаларини топиш ҳақида эслатилганларни эътиборга олиш керак эди.

Баъзи китобларда маълум бўлишича, қадимги [олимлар] шаҳарлар узунламаларини Мисрдаги Искандария [меридианига] киёс қилиб, тутилишларни кузатиш билан аниқлаганлар⁶⁰². Улар бу [шаҳарда] тутилишлардан бирининг соатларини ($4^h30'$), ар-Раққада $5^h20'$ топиб, кичигини каттасидан айирганлар, айирмада ($0^h50'$) қолган. Бу иккала шаҳар узунламалари айирмасидир⁶⁰³.

Бу айтилганлар кузатишдан олинганми ёки иккала узунлама айирмаси топилгандан кейин аниқлаш учун мисол [тариқасида] берилганми, бу ҳақда қатъий ишонч билан айта олмаيمان. Лекин ҳар ҳолда асос бўлиб яна учинчи навнинг биринчи ҳолатидаги вазият олинганлиги [шубҳасиз], чунки Искандариянинг кенгламаси $30^{\circ}58'$, ар-Раққаники эса юқорида айтилганидек. Аммо Муҳаммад ибн Исҳоқ ас-Сарахсий⁶⁰⁴ ўз «Зиж»ида шу маънода эслатиб, айтган: «Қуббадаги⁶⁰⁵ Ой тутилишининг соатларини ҳисобланг, сўнгра уни ўз шаҳрингизда кузатганингиз билан солиштиринг, Ой даражасининг кундуз тенгламасини ҳисобланг. Агар Ойнинг кундуз ёйининг ярми тўқсон [даражадан] кўп бўлса, кундуз тенгламасини кузатилган [тутилиш] соатларига қўшинг; агарда (205)// тўқсон [даражадан] кам бўлса, кундуз тенгламасини кузатилган [тутилиш] соатларидан айиринг. Сўнгра бу билан Қубба учун ҳисобланганнинг(223)/ орасидаги айирмани олинг. Агар Қубба соатлари кўп бўлса, айирмани тўқсонга қўшинг, агар Қуббанинг соатлари кам бўлса, уни тўқсондан айиринг. Шунда шаҳарнинг шарқдан [бошлаб олинган] узунламаси қолади. Агарда тутилишнинг кундуз тенгламасини қўшиш ва айириш шартлари тескари олиниб, кундуз ёйининг ярми тўқсондан кичик бўлганида қўшиладиган ва катта бўлганида – айириладиган қилиб қўйилса тўғри бўлади, акс [ҳолда] нотўғри»⁶⁰⁶.

Буни изоҳлаш учун ўтган ҳолатлардан баъзисини қайтарамиз. Қуббанинг кенгламаси йўқ уфқи ABF бўлсин*, [ас-Сарахсий] кузатиш ўрнида ишлатадиган жижи шу [уфқ] учун ту-



51-шакл

* 51-шаклга қаранг.

зилган. F – шимолий кутб бўлиб, уфққа «боғланган» бўлсин. E – экваторнинг D нуқтасидаги зенит. Кузатиш шахри – H ва унинг меридиани – FHI бўлсин.

Қуббанинг ҳисобланган тутилиш соатлари BS бўлиб, у KG га ўхшаш. [Берилган] H шахарда топилган [соатлар] – SP бўлиб, у KM га ўхшаш. Унинг мақсади DI га тенг BO ни топишдир. Маълумки, OP – шимолий [шаҳардаги] кундуз тенгламаси бўлиб, уни SP дан айириш ва жанубийсида [унга] қўшиш керак, токи OS нуқта ҳосил бўлгунича. Бу билан BS орасидаги айирма OB – қидирилаётган нуқтадир.

Кундуз ёйининг ярми фақат шимолий оғишга эга бўлган [шаҳарда] тўқсонга қўшилади, шунингдек, фақат жанубий (224)/ оғишда тўқсондан айирилади. Шунинг учун кундуз тенгламасини шимолий оғиш учун айирилади ва жанубий оғиш учун қўшилади⁶⁰⁷.

Муҳаммад (206) // ибн Исҳоққа ўхшаган [олим] бу масалада фақат паришонлик билан адашиб кетиши мумкин. Кўпинча олимлар қарама-қарши нарсаларнинг шартларини ҳисоблаётганларида [паришонлик сабабли] янглишадилар.

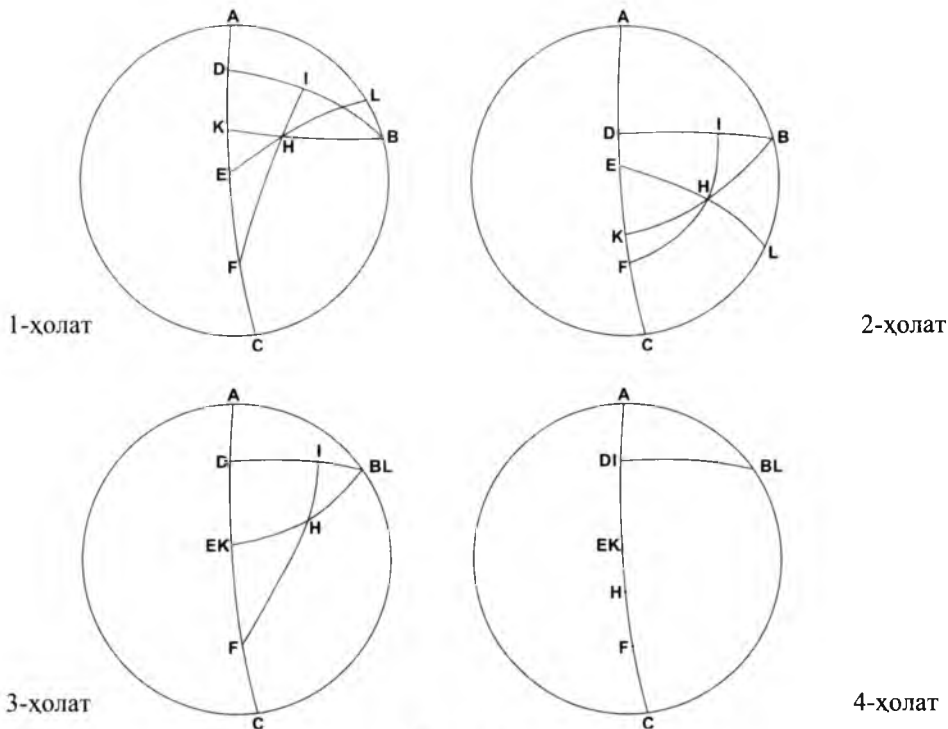
Энди Қуббага келсак, у [Ернинг] маъмур [қисмининг] ўртасида жойлашган. Унинг ўрни ҳақида [Ернинг маъмур қисмининг] чегаралари ҳақида юқорида эслатилган келишмовчилик билан боғлиқ ҳар хил қарашлар бор. Бу ҳақда шарқ олимларининг айтганларини олиш керак, чунки бошқалар бу ҳақда айтмаган. Улар таъкидлайдиларки, [Қубба] Бағдоддан бир соат ва учдан бир соат шарқда⁶⁰⁸. Агар Қуббадан фойдаланилса, шаҳар узунламасини шарқдан бошлаб ҳисобланади, бунинг зарари йўқ, чунки бу амал келишмовчиликка эмас, келишилганга асосланади.

(225)/ Агарда иккита шаҳарнинг узунлама ва кенгламалари билинган бўлса, буларга боғлиқ бўлган ҳолатларнинг бирини иккинчисига такқослаш билан аниқланади; булар – уларнинг иккиси орасидаги масофа, бирининг иккинчисидаги азимути ва иккала уфқнинг кесишиш нуқталари бўлиб, бу зарурий ҳолатдир. Чунки уфқлар катта доиралардан иборат. Бу жуда манфаатлидир.

207// Айтайлик, ABC – E шахрининг уфқи, AEC – унинг меридиани, BD – осмон экватори, FHI – иккинчи шаҳарнинг осмон меридиани ва H – шу [шаҳар аҳлининг] зенити бўлсин*. У ҳолда IH – шу шаҳарнинг кенгламаси, DE – E шахрининг кенгламаси ва ID улар орасидаги узунлама айирмаси бўлади. H шахри аҳлининг зенитидан ўтувчи иккала баландлик доираси EHL ни ўтказамиз. У ҳолда H зенити E уфқида шу доира остида бўлади. BL – шу азимутнинг тенгкунлик чизигидан узоклиги, AL – унинг меридиан чизигидаги масофаси ва HE – иккала шаҳар орасидаги масофа.

Ўша [нарсаларни] аниқлаш учун BHK доирасини чизамиз. HF синусининг HK синусига нисбати квадрант FI синусининг ID синусига нисбати ка-

* 52-шаклга қаранг.



52-шакл

бидир. Агар азимути қидирилайётган шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг синусини иккала узунлама айирмасининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани тўлиқ синусга бўлсак, НК синуси ҳосил бўлади; буни «тенгланган узунлама»⁶⁰⁹ дейилади.

BH синусининг *HI* синусига нисбати квадрант *BK* синусининг(226)/ *KD* синусига нисбати кабидир. Агар азимути исталаётган шаҳар кенгламаси синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани «тенгланган узунлама» тўлдирувчисининг синусига бўлсак, *KD* синуси чиқади; буни «тенгланган кенглама»⁶¹⁰ дейилади. Шунга кўра азимутнинг тенгкунлик чизиғига нисбатан ҳолати аниқланади. Агар у шаҳар кенгламасидан кичик бўлса, унда азимут тенгкунлик чизигидан ғарбда бўлади; агарда катта бўлса, азимут ундан шимолда бўлади; агарда унга тенг бўлса, [азимут] тенгкунлик чизиғининг ўзида бўлади. Агарда шундай бўлса, яъни тенгкунлик чизиғида бўлса, иккала уфкнинг кесишиш нуқталари у учун амал бажарилайётган шаҳарда жануб ва шимол нуқталари бўлади, (208)// «тенгланган узунлама»нинг ўзи эса масофа бўлади.

Сўнгра, агар улар ҳар хил бўлса, шаҳар кенгламаси билан тенгланган кенглама айирмаси *EK* бўлади. *BH* синусининг *HL* синусига нисбати квадрант *BK* синусининг *EK* нинг тўлдирувчиси *KA* нинг синусига нисбати кабидир. Агарда «тенгланган узунлама» тўлдирувчисининг синусини шаҳар кенг-

ламаси билан «тенгланган кенглама» айирмаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани тўлиқ синусга бўлсак, масофа *HE* нинг тўлдирувчиси *HL* нинг синуси чиқади.

HE синусининг *HK* синусига нисбати квадрант *EL* синусининг *LA* синусига нисбати кабидир. Агар «тенгланган узунлама» синусини тўлиқ синусга кўпайтириб, кўпайтмани масофа синусига (227)/ бўлсак, бўлинмада меридиан чизиғидан азимут масофасининг синуси чиқиб, унинг тарафида азимути қидирилаётган шаҳар бошқа шаҳарнинг туш [чизиғидан] шарқ ва ғарб томонлардан бирида бўлиб, бизга у узунлама миқдорини билдиради. Шунингдек, *HB* синусининг *BL* синусига нисбати *HE* синусининг *EK* синусига нисбати кабидир. Агар хоҳласак, «тенгланган узунлама» тўлдирувчисининг синусини шаҳар кенгламаси билан «тенгланган кенглама» айирмасининг синусига кўпайтириб, кўпайтмани масофа синусига бўламиз. Шунда тенгкунлик чизиғидан азимут масофасининг синуси чиқиб, бунинг тарафини бизга «тенгланган кенглама»нинг жануб ва шимол тарафларидан [қайси бирида] эканлигини кўрсатади.

(228)/ Уфқларнинг кесишиши *L* нуқтадан [бошланган] квадрантнинг бошида бўлади, чунки *H* ва *E* уфқларнинг кутблари, *EHL* доираси эса уларнинг тўрт кутбидан ўтади. Шу айлананинг *H* ва *E* орасидаги [ёйи] уфқлардан бирининг иккинчисига максимал оғиши бўлади. Мана шу [ёй] уларнинг кесишиш бурчагини билдиради, кесишиш нуқтаси эса ундан тўлиқ квадрантча [узукликда] туради⁶¹¹.

Энди, агар иккала шаҳар узунламасида фарқ бўлмаса, уларнинг кенгламалари фарқ қилади ва [бу ҳолда] азимут меридиан чизиғида бўлади. Агар азимути қидирилаётган шаҳарнинг (209)// кенгламаси кам бўлиб, шимол тарафда бўлса, [иккала ҳолда ҳам] улар кенгламаларининг айирмаси – улар ораларидаги масофа бўлади⁶¹².

Бу фандан мусофирлар манфаатдорлигидан ташқари, уларга мақсадларидаги шаҳар азимутида бўлишларига ва ундан четланганларида шу азимутларга [қайтиш имкониятини берганлиги] учун, хусусан хужум ва кечасидаги босқинчилик натижасида бошпанасиз қолганларга ёки ўз ҳаётини сақлашга ва душман хужумидан қутулишга интилаётганларга фойдалилигидан ташқари, (229)/ у мусулмон миллатидаги катта ва кичикларга, китоб аҳлларига ва зиммийларга ўз диний ибодатларини бажаришлари лозимдир⁶¹³.

Гап шундаки, ислом [динидагиларнинг] қибласи – «Алмасжид ал-харом»дир⁶¹⁴, агар ҳар бир шаҳарда Макканинг ўрни аниқланса⁶¹⁵, унинг шу шаҳардаги азимути аниқланган бўлади, бу эса қибла азимутидир.

Макканинг кенгламаси маълум. Бу ҳақдаги фикрлар турлича бўлишига қарамай, кенгламанинг йигирма иккинчи даражасининг қандайдир минутларидадир, чунки ҳисобчилар уни йигирма бир даража деб [яхлитлаб] оладилар⁶¹⁶. Айтишларича, Мансур ибн Талха ат-Тоҳирий⁶¹⁷ (210)// унинг

кенгламасини аниқроқ билмоқчи бўлган ва уни бу миқдордан учдан икки даража ортиқ топган. Бу эса Ҳабаш айтган ал-Маъмун [даврида топилган] унинг [кенгламасига] мувофиқ келади. Айрим кишилар айтишича, бу ортиқлик учдан бир даражадир.

Макканинг узунламаси ҳам маълумдир. Мансур ибн Талха билан боғлиқ ҳикояга қараганда унинг узунламасини у олтмиш етти даража топган⁶¹⁸. Бу миқдор Ҳабаш ал-Ҳосибнинг «Масофалар ва [самовий] жисмлар ҳақида китоб»ида⁶¹⁹ эслатганларига мувофиқ келади; унинг [шу китобида] айтишича, ал-Маъмун бир неча [олимларга] Маккада Ой тутилишларини кузатишни буюрган. Ўшанда унинг туш пайти билан Бағдоднинг туш пайти орасидаги фарқ уч даража топилган. Агар Бағдоднинг узунламаси етмиш даража бўлса, у ҳолда Макканинг узунламаси олтмиш етти даража бўлади.

Биз кўрамизки, инсон ўзининг куч ва ҳаракатини ўзига озуқа топишга сарфлаб, бунда ўзини ҳар қандай хавф-хатар ва қийинчиликларга дучор қилади, ваҳоланки у ўз умрида кунига бир ё икки марта унга эҳтиёжи тушади. Бироқ у бир кеча-кундузда беш марта бажарилиши зарур бўлган нарсдан (230)/ ўзини беғам ва ғофил колдиради, гўёки унинг буни билмаслиги кечирарли деб ўйлайди, ваҳоланки буни [бажариш] ва билиб олиши учун унга имкониятлар ва куч-қудрат берилган.

Яҳудийларнинг ҳам [азимутни билишга] эҳтиёжлари тушади, чунки улар [ибодатларида] узунлама ва кенгламаси маълум Байт ул-Муқаддасдаги ҳайкалга юзларини ўгирадилар. Шунингдек, ислом [динининг] бошланишидаги ўн саккиз ой [давомида] пайғамбарга эргашувчилар ҳам [мусулмонларнинг] белги ва шиорлари қилиб, тескари бурилганлардан фарқ қилиш учун шу шаҳарга юз ўгирганлар⁶²⁰.

Насронийлар тенгкунлик [даражасининг] чиқиш [нуктасини] аниқлашга эҳтиёжлари тушади, чунки уларнинг ўзаро «ота» деб аталувчи улуғлари юзларини фирдавсга буришларини тавсия қилган. Улар бунга ўз ораларида тўғри ҳисобланадиган яна бир муқаддимани қўшганлар, у шундан иборат – фирдавс [яъни жаннат] дунёнинг шарқ тарафларидадир ва бундан натижа чиқариб, (211)// чиқиш [нукталарининг] ўртадагисига юзни ўгириш керак, чунки у бунга энг маъқули ҳамма нарсанинг энг яхшиси – унинг ўртаси, деб ҳисоблаганлар.

Масофа ёйига келсак, у сферадаги энг катта айланани уч юз олтмиш даража деб олган масштабда чиқади. Ер олам сферасининг марказида бўлганлиги⁶²¹ ва унинг ёйлари сферанинг ёйларига ўхшашлиги сабабли Ер юзидаги масофалар ҳам Ер юзидаги энг катта айланани уч юз олтмиш даража деб олинган даражада топилади. Лекин бу [даражанинг] миқдори юза ўлчовчилар фойдаланадиган қадам, газ, қулоч⁶²², мил ва фарсахларда (231)/ маълум эмас. Агар бир даражанинг ҳиссаси шу ўлчамларда маълум бўлса, у ҳолда Ер айланаси ҳам ва бунга боғлиқ бошқа нарсалар ва Ер

[ёйларининг] бўлаклари ҳам маълум бўларди. Агар бирор ёйдаги берилган икки нуқта орасидаги [масофа бирор бирликда] ўлчаниб, унинг бутун айланага нисбати аниқланса, бундан бир даражанинг ва [Ернинг бутун] айланасининг [шу бирликдаги] миқдори аниқланади.

Китобларда нақл қилинишича, қадимги [олимлар] ар-Раққа ва Тадмур⁶²³ шаҳарлари битта меридиан чизиқдалигини ва улар ораси тўқсон мил эканлигини топганлар⁶²⁴. Маълумки, бундан бир даражанинг ҳиссаси олтмиш олти мил ва миллинг учдан иккиси бўлади. Бу эса улар орасидаги кенглама айирмаси $1^{\circ}21'$ бўлишини тақозо қилади. Биз айтган эдикки, ар-Раққанинг кенгламаси – $36^{\circ}1'$, Тадмурнинг кенгламаси – $37^{\circ}22'$ ⁶²⁵ деб. Лекин айтилган хабарда [қандайдир] чалкашлик бор, чунки ундаги эслатилган иккала жойнинг кенгламаси бу миқдорларга мос келмайди. Эҳтимол, хатолик [китобларнинг] нусхаларига хосдир. Шунинг учун бунда ишонч кам бўлгани сабабли [Ер] айланасини бундан ҳисобламадим. Шу ҳикояни Муҳаммад ибн Али ал-Маккий «Осмон ва Ернинг думалоқлигининг исботи ҳақида» китобида келтириб айтганки, Тадмурнинг кенгламаси – ўттиз тўрт даража ва ар-Раққанинг кенгламаси ўттиз беш даража ва учдан бир даража деган.

Ал-Фазорий эса ўз зижида Ер айланаси ҳиндларда олти(212)// минг олти юз фарсах, – агар фарсах ўн олти минг газ – эканлигини айтган⁶²⁶. Ҳермесда⁶²⁷ эса у, – (232)/ агар фарсах ўн икки минг газ, тўққиз минг фарсах дейилган⁶²⁸.

Ҳиндларнинг айтганларига кўра, уч юз олтмишдан бир даражанинг фарсахлардаги ҳиссаси ўн саккиз-у учдан бир [фарсах] бўлади. Агар ҳар бир фарсах уч мил бўлса, бир даражада эллик беш мил бўлади. Ҳар бир мил эса беш минг уч юз ўттиз уч-у учдан бир газдир⁶²⁹. Ҳермеснинг айтишига қараганда [бир даражада] йигирма беш фарсах бор, бу етмиш беш мил бўлади, ҳар бир мил эса тўрт минг газдир⁶³⁰. Сўнгра ал-Фазорий баъзи олимлар ҳар бир даражанинг миқдорини юз мил деб олганлигини айтган, бундан Ер айланаси ўн икки минг фарсах бўлган⁶³¹.

Абу-л-Фазл ал-Ҳиравий ўзининг «Мадҳал ас-Соҳибий» [асарида] айтдики, ал-Маъмуннинг давридаги энг охириги йўл ўлчаниши – бу Мадинатус-салом⁶³² билан Сурраманрао орасини ўлчаш бўлган, булар меридианлардан айнан биттасининг остида жойлашган ва улар орасидаги кенглама айирмаси бир даражадир. Ўшанда [олимлар] меридианнинг бир даражасини Ерда узунлиги миллиларда $56^{\circ}40'$ бўлган [ёйга] мос келишини топганлар, бунда бир милда тўрт минг [қора] газ бор деб олинган⁶³³.

Ўйлашимча, бу ерда Абу-л-Фазл янглишган ва ишончга лойиқ эмас, чунки бу ўлчаш (213)// ҳақида, бошқаларига ўхшаш, ишонарли хабар етиб келмаган. Шуни ҳам айтиш керакки, (233)/ Сурраманраонинг кенгламаси кўпчиликнинг фикрига кўра $34^{\circ}12'$, Бағдоднинг кенгламаси 33° бўлиб, бунинг минутлари бор, улар ё – $20'$ ёки $25'$. Ҳабаш ўзининг «Масофалар [ва самовий жисмлар] ҳақида китоб»ида шу охириги минутлардан фойдаланган. Демак, шу икки шаҳар узунламаси орасидаги фарқ ё $0^{\circ}52'$, ёки $0^{\circ}47'$ бўлади.

Бу – бир даражадаги фарқдир. Агар уни уч юз олтмиш марта кўпайтирилса, у фарқдан кўп миллар йиғиладики, булар [шаҳарлар орасидаги ҳақиқий кенглама айирмасини] ками билан олинганида [Ер айланасининг миқдорини] жуда орттириб юборади ва [бу фарқни] орттирилганда уни жуда камайтириб юборади⁶³⁴. Шу билан бирга, ўша икки шаҳар Дажла бўйида [жойлашган], Дажла эса шимол билан жануб орасидаги [масофани] меридиан чизигининг тўғри йўналишидан ўтмайди, балки гарбдан шарққа чўзилган мураккаб эгилиш билан [ўтади]. Шунингдек, бу икки шаҳар орасидаги [масофа] фарсахларини, агар кўчишлар⁶³⁵ бўйича ҳисобласак, – йигирма икки [фарсахдир], – бу – олтмиш олти мил бўлади. Ахир эллик олти-ю учдан икки мил қандай қилиб топилган?

Ал-Маъмуннинг ўлчашлари у юнонларнинг китобларидан бир даражанинг ҳиссаси беш юз стадия эканлигини ўқиб олганидан кейин бўлган⁶³⁶. Бу улардаги шундай ўлчамки, унинг ёрдамида масофаларни ўлчайдилар. У таржимонларда бу ўлчамнинг миқдори ва уни аниқлаш ҳақида қониқарли хабар топмади. Ўшанда Ҳабашнинг Холид ал-Марваррудий ва бошқа бир гуруҳ олим ва мохир (234)/ ҳунармандлар, дурадгор ва мисгарларнинг сўзларига кўра айтишига қараганда, ал-Маъмун шу ўлчаш ишларини бажариш учун асбоблар яшаш ва жой танлашни буюрган.

Шунда Синжор саҳросида⁶³⁷ Мосулнинг атрофида бир жой танланган бўлиб, унинг марказидан узоқлиги ўн тўққиз фарсах ва Сурраманраодан қирк уч фарсахда бўлган. У ернинг текислиги ҳаммани қаноатлантирди. Сўнгра ўша ерга асбобларни ўрнатдилар ва унда бир жойни танлаб, у ерда Қуёшнинг тушки баландлигини ўлчадилар⁶³⁸. Кейин улар икки гуруҳга бўлиниб, (214)// Холид ер ўлчовчи ва ҳунармандлардан иборат бир тоифа билан бирга шимолий кутб йўналишида кетди. Али ибн Исо ал-Астурлобий⁶³⁹ ва Аҳмад ибн ал-Бухтурий аз-Зарроълар⁶⁴⁰ бир тўда билан жанубий кутб йўналишида кетдилар. Ҳар бир тоифа олимлар Қуёшнинг тушдаги баландлигини оғиш туфайли ўзгаришидан ташқари яна бир даражагача ўзгарганини топгунларича ўлчайвердилар. Улар йўл-йўлакай масофани ҳам ўлчаб, унга ўқ ўрнатиб кетаверган эдилар. Орқага қайтганларида йўлни иккинчи марта ўлчадилар. Иккала тоифа аввал ажралишган жойларига яна йигилдилар ва Ер [айланаси] бир даражасининг [миллардаги] ҳиссаси эллик олти мил⁶⁴¹ эканлигини топдилар.

Ҳабаш айтадики, у шуни Холид Яҳё ибн Аксам ал-Қозийга⁶⁴² [оғзаки] баён қилаётганини эшитган ва шунинг ҳаммасини эшитганидек [ёдда] сақлаган. Абу Хомид ас-Сагоний⁶⁴³ ҳам Собит ибн Қуррадан⁶⁴⁴ мана шундай хикоя қилган. Ал-Фарғонийдан⁶⁴⁵ хикоя қилиб айтадиларки, «ўша мазкур миллардан кейин яна учдан икки мил келади».

(235)/ Мен ҳам топдимки, шу барча эслатилганлар мана шу учдан икки милни тасдиқлайди. Лекин буларнинг [йўқлиги], «Масофалар ва самовий жисмлар ҳақида китоб»нинг нусхасидан тушиб қолганлиги билан исботла-

ниши мумкин эмас. Чунки Ҳабаш ундан Ер айланасининг [узунлигини], унинг диаметри ва бошқа масофаларини ҳисоблаган. Агар текширсанг, унинг топган [натижаси] бир даражани фақат эллик олти мил деб топганига [асосланганини] кўрасан.

Ушбу икки хил натижаларни ўша икки тоифа [олимлардан] бошланган деб ўйлаш эҳтимолга яқинроқ. Мана шу фарқ янгидан текшириш ва ўлчашлар учун таянч жой бўлиб қолди. Лекин бу [ўлчашда] ким мен билан бўлади? Бундай [киши] (215)// кучли бўлиши керак, чунки у ўлчаш ерларида катта масофаларни [ўтиши], шунингдек, ўзини у ерларда изғиб юрган [душманларнинг] ёмонлигидан кўриклаши керак бўлади.

Мен бу [мақсад] учун Журжонга ёндошган Деҳистон⁶⁴⁶ билан ўғуз-туркларининг диёри оралиғидаги жойларни танлаган эдим. Лекин менга тақдир ёндашмади, сўнгра буни топишга берган аҳамиятим ҳам ёрдам бермади⁶⁴⁷.

Ушбу жадвалда мен милларнинг даражалардаги ҳиссаларини Ҳабаш ал-Ҳосиб ва ал-Фарғонийларнинг берган хабарига кўра жойлаштирдим. Кейинги ишларда булар тайёр турса [фойдали] бўлар.

Милларнинг даражалардаги ҳиссалари жадвали:

Фарсаҳлар	Миллар	Ҳабаш ал-Ҳосиб				Ал-Фарғоний			
		Даражалар	Минутлар	Секундлар	Терцийлар	Даражалар	Минутлар	Секундлар	Терцийлар
0	1	0	1	4	17	0	1	3	32
	2	0	2	8	34	0	2	7	4
	3	0	3	12	51	0	3	10	35
1	4	0	4	17	9	0	4	14	7
	5	0	5	21	26	0	5	17	39
	6	0	6	25	43	0	6	21	11
2	7	0	7	30	0	0	7	24	42
	8	0	8	34	17	0	8	28	14
	9	0	9	38	34	0	9	31	46
3	10	0	10	42	51	0	10	35	18
	11	0	11	47	9	0	11	38	49
	12	0	12	51	26	0	12	42	21
4	13	0	13	55	43	0	13	45	53
	14	0	15	0	0	0	14	49	25
	15	0	16	4	17	0	15	52	56
5	16	0	17	8	34	0	16	56	28
	17	0	18	12	51	0	18	0	0
	18	0	19	17	9	0	19	3	32
6	19	0	20	27	26	0	20	7	3
	20	0	21	25	43	0	21	10	35
	21	0	22	30	0	0	22	14	6

7	22	0	23	34	17	0	23	17	39
	23	0	24	38	34	0	24	21	10
	24	0	25	42	51	0	25	24	42
8	25	0	26	47	9	0	26	28	14
	26	0	27	51	26	0	27	31	46
	27	0	28	55	43	0	28	35	17
9	28	0	30	0	0	0	29	38	49
	29	0	31	4	17	0	30	42	21
	30	0	32	8	34	0	31	45	53
10	31	0	33	12	51	0	32	49	24
	32	0	34	17	9	0	33	52	56
	33	0	35	21	26	0	34	56	28
11	34	0	36	25	43	0	36	0	0
	35	0	37	30	0	0	37	3	31
	36	0	38	34	17	0	38	7	3
12	37	0	39	38	34	0	39	10	343
	38	0	40	42	51	0	40	14	7
	39	0	41	47	9	0	41	17	38
13	40	0	42	51	26	0	42	21	11
	41	0	43	55	43	0	43	24	42
	42	0	45	0	0	0	44	28	14
14	43	0	46	4	17	0	45	31	45
	44	0	47	8	34	0	46	35	18
	45	0	48	12	51	0	47	38	49
15	46	0	49	17	9	0	48	42	21
	47	0	50	21	26	0	49	45	52
	48	0	51	25	43	0	50	49	25
16	49	0	52	30	0	0	51	52	56
	50	0	53	34	17	0	52	56	28
	51	0	54	38	34	0	53	59	59
17	52	0	55	42	51	0	55	3	32
	53	0	56	47	9	0	56	7	3
	54	0	57	51	26	0	57	10	35
18	55	0	58	55	43	0	58	14	7
	56	1	0	0	0	0	59	17	39
	57	1	1	4	17	1	0	21	11
19	58	1	2	8	34	1	1	24	42
	59	1	3	12	51	1	2	28	14
	60	1	4	17	9	1	3	31	46

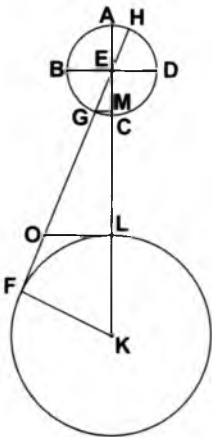
(238)/, (218)// Птолемей «География» китобининг учинчи бобида уш-буга ишора қилади⁶⁴⁸: «Агар [ўлчанаётган] доира меридиан бўлмасдан кенглама ва узунламалари маълум иккита жойнинг меридианлари ораларида ётса ва шу доира билан биз келаётган жой меридиани ташкил қилган бурчак, яъни меридиан чизиғидан азимут масофасининг бурчаги маълум бўлиб, биз бунинг миқдорини – битта азимут лозимлигидан – ёдда сақласак, у ҳолда

шу масофани ўлчаб, Ернинг тўлиқ айланасининг ҳаммасида [қанча] стадия борлигини аниқлаш мумкин».

Буни азимутни аниқлаш учун юқорида келтирилган шаклда [кўриш мумкин]*: агар IH ва DE лар маълум H ва E шаҳарларининг кенгламалари, DI – улар орасидаги маълум узунлама айирмаси, EH ⁶⁴⁹ – ўлчанган масофа маълум ва AEL – азимут бурчаги маълум бўлса, у ҳолда EH масофа даражаларда маълум бўлади. Чунки FH синусининг HK синусига нисбати квадрант FI синусининг LD синусига нисбати кабидир. Демак, HK маълум. HK синусининг HE синусига нисбати AL синусининг квадрант LE синусига нисбати кабидир. Бундан HE маълум. Унинг уч юз олтимишга нисбати EH масофанинг Ерни ўровчи катта доира айланасининг узунлигига нисбати кабидир⁶⁵⁰.

Агар азимут бурчаги номаълум бўлса, [юрлган] йўлда (239)/ тўғри чизик бўйлаб тўғри азимут бўйича йўналиш керак, шунда бу бурчакка эҳтиёжимиз тушмайди. Иккала кенгламани ва иккала узунлама айирмасини топганиндан кейин, юқорида азимутни аниқлангани каби, EH ни аниқлайсан, чунки ҳамма [гап] шу маънода [айтилаяпти].

Шу ерда саҳролардан юрмасдан ҳам Ер айланасини аниқлашнинг бошқа усули бор, (219)// у ҳам бўлса шундай; денгиз соҳилидаги ёки текис пастликдан кўтарилиб турган баланд тоғга чиқамиз. Агар биз шундай [жойни] денгиз [соҳилида] ёки саҳрода топсак, у ерда Қуёш чиқиши ёки ботиши унинг дискининг ярми кўзимиздан ғойиб бўлгунича кузатамиз. Ўшанда биз унинг қуйилашишини алидадалик армилляр сфера билан ўлчаймиз. Ўша [асбоб], масалан, $ABCD$ [доираси], алидаданинг ҳолати, гўё – HG , [Қуёшнинг] қуйилашиши – BG , унинг тўлдирувчиси GC бўлсин.



53-шакл

Агар, мазкур икки [олам] тарафи⁶⁵¹ йўналишидаги текис жой топилмаса, биз армилляр сферани [баландга] осиб, унинг шу ҳолатида битта кўзимиз билан алидаданинг иккала тешигига шундай қарайликки, ундан Ернинг осмон билан уринган жойи кўринсин. Шунда алидада биринчи $[HG]$ ҳолатда бўлади. Алидада бўйлаб тўғри йўналган нурлар чизиғи $HEGF$ бўлади**. F [нуктасини] Ер маркази K билан туташтирамиз. Сўнгра тоғ баландлиги EL ни ўлчаймиз ва GM перпендикулярини тушираамиз. Бу ҳолда EGM , EKF уч бурчаклари ўхшаш бўлади. Тўлиқ синус (240)/ EG нинг қуйилашиш тўлдирувчисининг синуси – GM га нисбати EK нинг KF га нисбати кабидир. Агар бу [нисбатларни] ажратсак⁶⁵², EG нинг унинг GM дан

* Юқоридаги 52-шаклга қаранг.

** 53-шаклга қаранг.

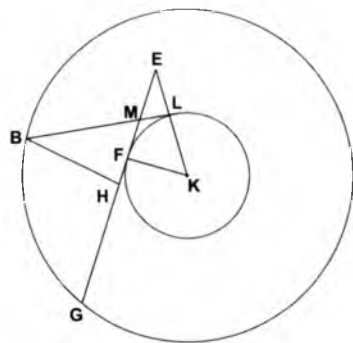
ортиклигига – бу эса BG нинг аксланган синусига тенг нисбати EK нинг унинг KF дан ортиклиги, яъни EL га нисбати кабидир. Бундан EK маълум ва EL ҳам маълум. Шунда LK EL ўлчанган масштабда маълум бўлади. Агар Ернинг яримдиаметри аниқланган бўлса, унинг айланаси ҳам маълумдир.

Шунингдек, агар LO ни Ерга L да уринадиган қилиб чиқарсак ва E бурчак маълум бўлса, EL нинг LO га нисбати қуйилашиш бурчаги EOL синусининг қуйилашиш тўлдирувчиси OEL бурчаги синусига нисбати кабидир. Бундан LO маълум, у эса OF га тенг, [демак] EO маълум. Булардан EF ҳам маълум, бунинг KF га нисбати қуйилашиш тўлдирувчиси синусининг қуйилашиш синусига нисбати кабидир. Демак, KFE учбурчагининг томонлари маълум⁶⁵³.

(241)/, (220)// Айнан мана шу усул билан ал-Маъмун Ер айланасини ҳисоблаган. Абу Таййиб Санад ибн Али⁶⁵⁴ ҳикоя қилиб айтадики, ал-Маъмун Румга юрган пайтида бу ҳам у билан бирга бўлган⁶⁵⁵. Шунда ал-Маъмун ўз йўлида шарқ тарафи денгиздан кўтарилиб турган тоғнинг ёнидан ўтган. Шунда ал-Маъмун Абу Таййибни чақириб, унга тоққа чиқишни ва унинг чўққисида Куёшнинг ботаётган пайтидаги қуйилашишини ўлчашни буюрган. У бу [ишни] бажарган ва Ернинг айланасини қуйидаги амал билан ҳисоблаган.

Айтайлик, LF – Ернинг K марказидаги айланаси, тоғ [чўққисидан туширилган] перпендикуляр – LE ва LB кўринма уфқда [ётган] бўлсин*. EG ни F да Ерга уринадиган қилиб чиқарайлик. Шунда BG баландлик доирасида қуйилашиш бўлади. KF ни туташтирамиз ва EG га BH перпендикулярини туширамиз. У қуйилашишнинг синуси бўлади, чунки M [нуктаси] марказ ўрнида турибди, MG эса яримдиаметр. Бундан MH – қуйилашиш тўлдирувчисининг синуси маълум бўлади; MB – тўлиқ синус. Демак, BMH уч бурчагининг томонлари маълум ва EFK уч бурчагига ўхшаш. MS нинг MH га нисбати EK нинг KF га нисбати кабидир. Нисбатни ажратилса, (221)// BM нинг MB ва MH лар айирмасига нисбати EK нинг EL га нисбати кабидир. Демак, LK маълум. Биз истаган нарса шу эди⁶⁵⁶.

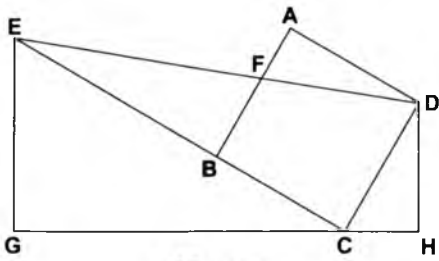
(242)/ Тоғнинг баландлигини⁶⁵⁷ аниқлашга келсак, бу масофаларни аниқлашдаги йўллардан биридир. Бунинг учун юзаси бир газга бир газ бўлган квадрат тахта ясайлик, у $ABCD$ тўғрибурчакли бўлсин**. Унинг AB , AD томонларини хоҳлаганимизча қисмга бўлайлик, фақат уларнинг масштаби ва сони тенг бўлса бас. Унинг B ва C бурчакларида квадратнинг текислигига перпендикуляр бўлган иккита қозикни ўрнатамиз, D бурчагида эса ик-



54-шакл

* 54-шаклга қаранг.

** 55-шаклга қаранг.



55-шакл

кита диоптрли ёки иккита қозикли айланувчи алидадани ўрнатамиз, бунинг узунлиги квадратнинг диагоналикдек.

Сўнгра тоғнинг қидирилаётган баландлиги – EG , уфк текислиги – GC бўлсин. Асбобни уфкка перпендикуляр ўрнатамиз ва уни кўтариб, тушириб, C бурчагидан, C ва B қозиклар (243)/ тоғ чўққисини – бу эса – E , бекитгуни-

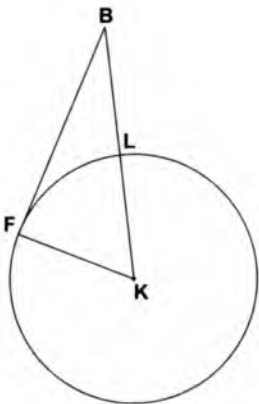
ча қараб турамиз. Асбобни шу ҳолатида қўзғалмас қилиб ўрнатамиз. D дан тош ташлайлик, у H га тушади. Кейин C дан H гача – тош тушиш жойигача масофани квадрат томонининг қисмларида аниқлаймиз. Сўнгра D кутбга қайтамыз ва алидадани кўтариб, тушириб турамыз, токи (222)// [тоғ] чўққиси E ни икки диоптрдан кўргунамизча ёки уни иккала қозик бекитгунича. Гўёки шунда бўлган бўлиб, тоғ чўққиси F да бўлсин.

DAF , ECD уч бурчақлар ўхшашлигидан FA нинг AD га нисбати DC нинг CE га нисбати каби бўлади. AD нинг қисмларини DC – газга кўпайтирамыз ва кўпайтмани AF нинг қисмларига бўламыз, бундан CE газларда чиқади. Унинг EG га нисбати DC нинг CH га нисбати каби. Чунки DCH , ECG бурчақларининг иккаласининг ҳам ва ECG ва CEG ларнинг иккаласининг ҳам [мос томонлари] тўғри бурчак остида кесишади. Агарда умумий бўлган ECG бурчагини ташласак, CEG бурчагига тенг бўлган DCH бурчаги қолади. EC ни CH га кўпайтирамыз ва кўпайтмани квадрат томони DC нинг қисмларига бўламыз, бундан қидирилаётган EG чиқади⁶⁵⁸.

(244)/ Мен ҳинд заминида Нандна қалъасида⁶⁵⁹ бўлишимга тўғри келганида – у қалъанинг ғарбида ундан баланд тоғ кўтарилиб турар эди – бунинг жанубида саҳрони кўрдим, шунда менинг хаёлимга бу ерда ўша усулни текшириш фикри келди.

Мен тоғнинг чўққисида туриб, Ер билан ложувард (223)// рангли осмоннинг аниқ уринаётганини кўриб турдим. Кўриш чизиғи вертикал чизиққа тушаётган перпендикулярдан $0^{\circ}34'$ га қуйилашди. Тоғнинг баландлигини ўлчаб, уни $65^{\circ}3'18''$ газ топдим, бу ўша жойда қўлланадиган ассиёб гази⁶⁶⁰ эди.

Айтайлик, EL – шаклда [тоғ баландлиги], F бурчаги тўғри бурчак, K бурчаги қуйилашиш $0^{\circ}34'$ миқдорига тенг, E бурчаги унинг тўлдирувчиси – $89^{\circ}26'$ бўлгани учун, EFK уч бурчагининг бурчақлари маълум*. Шу билан бирга, унинг томонлари ҳам EK тўлиқ синус



56-шакл

*56-шаклга қаранг.

бўлган масштабда маълум бўлади. Бу масштабда $FK-59^{\circ}59'49''$ бўлади. Бу билан тўлиқ синус орасидаги айирма $0^{\circ}0'11''$ дир, бу эса EL перпендикулярнинг [миқдори]. Лекин у газларда маълум, унинг газларининг LK газларига нисбати $0^{\circ}0'11''$ нинг $59^{\circ}59'49''$ га нисбати кабидир. EL газлари $652^{\circ}3'18''$ нинг LK нинг бўлаклари $59^{\circ}59'49''$ га қўпайтмаси $39121^{\circ}18'27''23''42^{IV}$ га тенг. Агар буни $0^{\circ}0'11''$ – EL нинг бўлакларига бўлсак, бўлинма $12803337^{\circ}2'9''$ бўлади, бу эса EK нинг газлари бўлиб, Ернинг ярим диаметридир. Бундан, унинг айланаси – $804781\ 18^{\circ}30'39''$, уч юз олтмишдан (245)/ бир даражанинг миқдори – $223550^{\circ}19'45''$. Агар бу миқдорни тўрт мингга бўлсак, бўлинмада бир даражанинг миллари – $55^{\circ}53'15''$ чиқади⁶⁶¹. Бу Ҳабашнинг айтганидан қанчалик узоқ-а! – Аллоҳ муваффақиятга [етказувчидир].

(224)// Демак, юқорида айтганларим исботланди. Энди менинг мақсадим эса Ердаги бошқа шаҳарларга нисбатан ўрни маълум муайян шаҳарнинг узунламасини аниқлашдир. Бу шаҳар Ғазна бўлиб, ҳозиргача мен унинг фақат узунламасинигина аниқлаганман. Аммо унинг узунламасини юқоридаги [тутилиш] ҳолатларига кўра аниқлашга келсак, бунга халакит берган баъзи сабабларга кўра мумкин бўлмади. Агарда мен буларнинг [жиддий] сифати билан ўзимни окласам ўз-ўзимча Аллоҳ неъматларига зоҳиран ва ботинан кофирлик қилган бўлардим, шу билан бирга, менга неъматини сочган валинеъматга ҳам [шундай қилган бўлардим].

Лекин мен тангрига ёлбориб, ошиқона киришган ишимни (246)/ осонлаштиришини сўрайман. Ахир менинг изланиш учун қилган азму қароримни руҳим ва баданимдаги хатарли [дармонсизликни] шифолаш билан боғлиқ тўхташ сусайтиргани йўқ-ку. Балки [аксинча] мен уларни изчиллик (225)// билан ҳосил қилишга ва даҳшатли соатларда [келадиган] ажалдан олдин уларни тугатишга ошиқардим. Шунинг учун мен унинг ўзидан бу дунёда ҳам, охиратда ҳам мендан миннатини аямаслигини сўрайман.

Шундай [қилиб], «География» китобида эслатилган Ердаги жойлар узунлама ва кенгламаларининг кўпчилиги, эшитишга кўра тўпланган, улар орасидаги масофалар ҳақидаги [хабарларга] асосан ҳисобланган. Шубҳасиз, Птолемей [бунда] энг тўғри усул билан иш кўрган. Бошқалар эса ё шу усулдан фойдаланган, ёки ундан четланган, лекин [ҳаммаси] асосланган, эшитилган [хабар] бўлган.

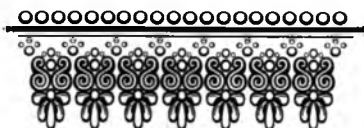
Ўтмишда бу мамлакатларнинг барчасидан ўтиш жуда қийин бўлган, чунки уларнинг аҳолиси орасида диний зиддият бўлган, бу эса мамлакатлар бўйлаб юришга монелик қиладиган энг катта зиддиятдир. Буни яҳудийларга ўхшаб, ўз раббига яқинлашишга интилиш учун муҳолифларини йўқ қилишга интилишдан кўриш мумкин. Муҳолифи асир бўлганда, Румларга⁶⁶² ўхшаб, уни қул қилиш ёки у ғарибликда бўлгани учун унинг ҳуқуқини инкор қилиш, ёки унга ҳар қандай айбни юклаш ва уни ҳалок қилувчи гоят даҳшатли маккорликлари ҳам [бунга далил] бўлади.

Ҳозир эса, Ернинг машриқи ва мағрибида ислом зуҳур қилди. У ғарбда Андалусдан шарқда Хитойнинг чегараларигача ва Ҳиндистоннинг ўртасигача ва (247)/ жанубдан Ҳабашистон ва занжийлар [еридан], шимолда турклар ва славянлар [ерларигача] тарқалди. Натижада турли халқлар бирдамлик билан бирлашдилар, бу эса Аллоҳнинг ягоналиги туфайли юз берган [ҳолатдир]. Бу халқлар орасида фақат йўловчиларга [тўскинлик] қилувчи изғиб юрган жиноятчилар қолган. Шу қолганлар ҳам куфрликда катъий турсалар-да, исломдан ҳайикадиган, мусулмон аҳлини хурматлайдиган ва улар билан сулҳга интиладиган бўлиб қолдилар. Шундай қилиб, ҳозирги кунда эшитилган [хабарга] кўра масофаларни топиш ишончлироқ ва тўғрироқдир.

Биз эса «География» китобида, кўпинча бирор жой бошқасига нисбатан шарқий дейилганини кўрамиз, кейин топилганда эса унинг ғарбий эканлигига гувоҳ бўламиз ёки аксинча. (226)// Бунинг сабаби ё бу узунламаларини ва кенгламаларини топилган жойларнинг масофалари ҳақидаги хабарлардаги чалкашлик ёки халқларнинг шаҳарларидан бошка жойларга кўчиб, уларнинг номларини ҳам кўчирганлари бўлиши мумкин.

Агарда Птолемейга [узунлама ва кенгламаларни масофаларга кўра аниқлаш] мумкин бўлган бўлса, у бизга ҳам мумкин. Бироқ кимда-ким [ёриткичларни] кузатиш ҳолатини яхши билса, унга [координаталарни масофалар ёрдамида аниқлаштириш, агарда бунда эҳтиёткорлик бўлса ҳамда текис ва пастланган жойларни эътиборга олинса, бу пастланишларнинг хусусиятлари, эгриликларнинг миқдори ва жойланишини ҳисобга олса, мабодо бундай аниқлаштириш Ой тутилишларини кузатиш билан аниқлаштиришдан устун бўлмаса ҳам, ундан қолишмаслигини билади.

Энди узунлама ва кенгламалардан масофаларни топишни ва узунлама ва кенгламаларни масофалардан топишни эслатамиз. Бунинг ёрдамида бир неча машҳур шаҳарларнинг ҳолатларини аниқлаймиз, (248)/ токи бу иш бизни охир мақсадимизга етказсин.



AG ватарининг BD ватарига кўпайтмаси билан ўзаро тенг AD ва BG ватарлари кўпайтмасининг йиғиндиси ўзаро тенг AB ва GD ватарлари кўпайтмасига тенг. [Олдинги] иккала бўлинмани бир-бирига кўпайтириб, иккала кенглама айирмасининг ватарини ҳам ўз-ўзига кўпайтириб, иккала кўпайтмани қўшсак ва йиғиндининг илдизини олсак, [иккала шаҳарнинг бир-биридан] узоклиги – AB нинг ватари чиқади. Узокликни ўлчанган бир даражанинг [миллардаги] ҳиссасига кўпайтирсак, масофа чиқади⁶⁶⁶.

(250)/ Ҳиндларда бу ҳақда «Ер ва Осмон сферасининг чегарасини аниқлаш» деган китоб бор⁶⁶⁷. Унинг муаллифи аввало шаҳар параллелининг «маржонини»⁶⁶⁸ қуйидагича ҳисоблайди: шаҳар кенгламаси аксланган синусини⁶⁶⁹ Ер айланаси ярмининг фарсахларига кўпайтиради – бу унда 3298 фарсах ва 25 дан 17 фарсах ва кўпайтмани 3438' минутга⁶⁷⁰ бўлади ва бўлинмани ярим айлана, яъни 180 дан айиради, [айирмада] ўша шаҳар параллелининг «маржони» қолади.

Агар иккала шаҳарнинг кенгламалари тенг бўлса, иккала узунлама айирмасини параллелнинг «маржонига» кўпайтиради ва кўпайтмани (229)// 180 га бўлади, бундан катта фарсахлар чиқади. Кейин у бунга унинг олтидан бирини қўшиб, мана шу йиғинди одамлар ва юк ташувчи ҳайвонлар юрадиган йўл [бўйича] масофа эканлигини айтган.

Агар узунламалар тенг бўлса, кенгламалар айирмасини Ер айланасининг квадрантига, 1649 фарсах ва 50 дан 17 фарсахга кўпайтиради, (251)/ кўпайтмани 90 га бўлади; бундан унга катта фарсахлар чиқади. Бунга унинг тўртдан бирини қўшади. Бундан улар йўлники бўлиб қолади, дейди у.

Агар узунламалар ва кенгламалар ҳар хил бўлса, кенгламалар айирмасидан узокликни ҳисоблаган ва уни ўзига кўпайтириб, кўпайтмани ёдда сақлаган. Сўнгра ҳар иккала шаҳарнинг узунламасини ўз параллелининг «маржони»га кўпайтирган ва кўпайтмани 180 га бўлган. Кейин иккала бўлинманинг айирмасини олиб ўз-ўзига кўпайтирган ва буни ёддагига қўшган. Бундан илдиз олган, мана шу [илдиз] катта фарсахлар бўлади. Бунга ўзининг учдан бирини қўшади, шунда улар йўлнинг [фарсахлари] бўлади⁶⁷¹.

Энди бу амалдан [кўзда тутилган] асли мақсадга келсак, параллелнинг «маржони» – бу катта айланани 6597 фарсах ва 25 дан 9 фарсах дейилган фарсахлар масштабида параллел айланаси миқдорининг ярмидир. Гап шундаки, агар Ернинг диаметри 2100 фарсах бўлса, унинг [катта] айланаси, Архимед топган нисбатга кўра, бунга уч [бутун] еттидан бир баробар бўлади⁶⁷², яъни 6600 фарсах. Лекин ҳиндларда бу нисбат 3927 нинг 1250 га нисбати каби, чунки улар «Ал-Ваҳий ва иқофул малоик»дан⁶⁷³ олган хабарларига кўра, юлдузлар доирасининг, яъни эклиптиканинг айланаси 125664000 фарсах ва унинг диаметри 40000000 фарсах. Шу нисбатга кўра, агар Ернинг диаметри уларнинг огзаки хабарларига кўра, 2100 [фарсах бўлса], айланаси (252)/ 6597 фарсах-у 25 дан 9 фарсах бўлади.⁶⁷⁴

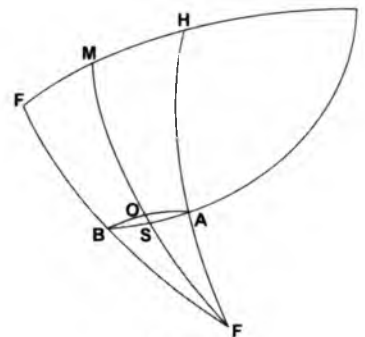
«Кичик «Синдхинд»нинг⁶⁷⁵ муаллифлари «Катта «Синдхинд»нинг⁶⁷⁶ кунларининг олдинги [қисмлари] ва нолларини ташлаганларидек ва Куёш айланашларидан улардаги тенг санокдаги (230)// нолларни ташлаганларидек, бу ерда ҳам шундай қилганлар ва диаметрининг айланага нисбатини, 40000 нинг 125664 га нисбати деб олганлар. Бу ҳақда ал-Хоразмий «Зиж»ида ва «Ал-жабр ва ал-муқобала»сида⁶⁷⁷ уларнинг ҳар бирини яримлаганидан кейин эслатган. Лекин бу сонлар ўттиз иккита каррали, шунга [қискартирилганидан кейин] юқорида биз келтирган [нисбат]⁶⁷⁸ ҳосил бўлади.

Менинг фикрим қуйидагича: айлананинг айланага нисбати – диаметрининг диаметрига нисбати каби бўлади, улар қандай бўлақлардан иборат бўлса ҳам. Уларнинг яримлари ҳам шундай. Шунингдек, параллел ярим диаметрининг сфера ярим диаметрига нисбати – параллел ярим айланасининг катта доира ярим айланасига нисбати каби бўлади. Лекин агар айлана уч юз олтимиш бўлақ бўлса, [диаметр] иккала «Синдхинд»чиларда $114^{\circ}36'$ бўлади. Бунинг ярми – $57^{\circ}18'$, буни минутларга ёйилса – $3438'$ бўлади. Шунинг учун улар катта синусни ўз кардажалари [жадвалига]⁶⁷⁹ шу миқдорда киритганлар ва қолган [миқдорларни] шу билан ўлчаганлар.

Нисбатни ажратиш⁶⁸⁰ билан сфера ярим диаметрининг параллел ярим диаметридан ортиқлигига – бу эса параллел (253)/ кенгламасининг аксланган синусидир – нисбати катта доира ярим айланасининг параллел ярим айланасидан ортиқлигига нисбати кабидир. Агар шаҳар кенгламасининг аксланган синусининг Ер айланасининг ярмига кўпайтириб, кўпайтмани тўлиқ синусга бўлинса, бундан параллел ярим [айланасининг] катта доиранинг ўлчанган ярим айланасидан камлиги чиқади. Агар буни Ер айланасининг ярмидан айирилса, параллел «маржони», яъни унинг фарсахларининг ярми қолади.

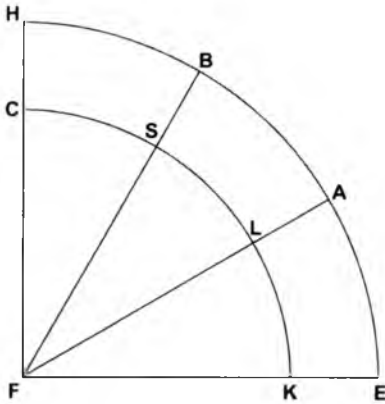
Кутблардан ўтган катта доиралар орасидаги параллелларнинг секторлари ўхшаш бўлганлиги учун агар юқорида ўтган ҳолатдагидек кенгламалари тенг бўлган иккита A ва B шаҳарни фараз қилсак ва E кутбида (231)// EA масофа билан AB параллелини чизсак, у ҳолда AB , HF га ўхшаш бўлади*. Иккала узунлама айирмаси – HF нинг ярим айланага, яъни бир юз саксонга нисбати, AB нинг фарсахларининг параллел «маржони»га нисбати каби бўлади. Шунинг учун биринчини тўртинчига кўпайтирилиб, кўпайтмани иккинчига бўлинади – бундан учинчи чиқади.

Лекин AB – параллелнинг [ёйи] бўлгани учун A ва B шаҳарлари орасидаги энг кичик узоклик эмас ва энг кичиги улардан ўтувчи катта доира айланаси бўйлаб [ўлчаниши керак], у эса – AB [параллел] эмас. Кичик айланадаги



58-шакл

* 58-шаклга қаранг.



59-шакл

AB [ёй] HF га параллел, катта [айланадаги] AB эса HF билан учрашади. [Катта айланадаги] AB [ёйи] KAS [ёйида], M нуқтаси HF нинг ўртасида бўлсин. $ESOM$ [ёйини] чизайлик. (254)/ KA синусининг KS синусига нисбати AN синусининг SM синусига нисбати кабидир. KA эса KS нинг қисми ва AN SM дан кичик. HA , MS дан кичик бўлган MO га тенг. Лекин AS [ёйи] A нуқта билан ESM доираси орасидаги энг кичик узокликдир, чунки агар A кутбида AS масофа билан доира чизилса, у EM доирасига уринади ва AO [ёйини] AO дан кичик, AS

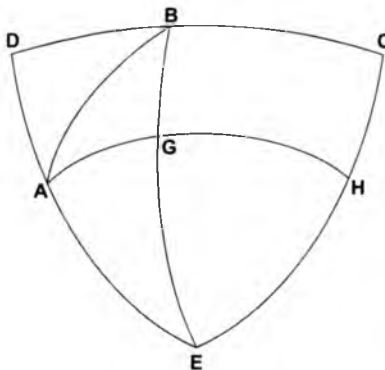
B [ёйи] AS нинг иккилангани бўлиб, AOB дан кичик. Шундай қилиб, уларнинг [хиндларнинг] бу бўлимдаги амали нотўғри⁶⁸¹.

(232)// Иккинчи қисмга келсак, бу узунламаларнинг бир хил ва кенгламаларнинг ҳар хил бўлган ҳолидир. Уларнинг бу бўлимдаги амали тўғри. Бу [шунинг учунки], агар B [нуқта] – $EАН$ меридианида, F – бунинг маркази, $СК$ – Ер айланасининг квадранти бўлса, ALF ва BSF [ярим диаметрларни] чизамиз*. Шунда иккала тенглама айирмаси – AB нинг (255)/ осмон меридианининг квадранти $ЕН$ та – бу тўксон даража нисбати масофа LS нинг Ер айланасининг квадранти $КС$ га нисбати кабидир. Агар биринчини тўртинчига кўпайтириб, иккинчисига бўлсак, LS чиқади⁶⁸².

Учинчи бўлимга келсак, бу ҳар хил кенглама ва ҳар хил узунлама бўлишидир; бунда соддалаштириш ёки хатолик тахмин қилиш мумкинлик чегарасидан ўтиб кетди.

Бунда $ЕНС$ айланаси [Ернинг] маъмур қисмини бошланиш жойини шарқдами, ғарбдами қаерда [бўлса ҳам] чегаралаб турсин (60-шаклга қаранг). BG ва AD ларнинг ҳар бири Ердаги масофалар бўлсин. Ишонч билан айтманки, бу [юқорида] айтганимдек, тўғри келтирилган. CB [ёйи] – B шаҳрининг узунламаси ва $НА$ – A шаҳрининг узунламаси бўлади. Агар уларни айлана даражаларидан Ер [масофасининг] фарсахларига алмаштирсак, уларнинг ҳар бири аниқ ўзининг параллелида бир сондан иккинчи сонга алмашинади ва параллелларидан оғмайди.

Амални бажарувчи, (256)/ агар CB билан $НА$ нинг айирмаси олинса, бу AG бўлади, деб ўйлаган. Лекин у бундай эмас, чунки CB HG га ўхшаш ва унга тенг (233)// эмас.



60-шакл

* 59-шаклга қаранг.

Агар CB ни HA дан айирилса, миқдори AG дан катта бўлган ёй қолади. AG ни топиш амалнинг бошида иккала узунлама айирмасини олиш керак. Агар уни B параллелининг «маржони»га кўпайтириб, кўпайтмани юз саксонга бўлинса, BD нинг фарсахлари чиқади. Агар уни A параллелининг «маржон»ига кўпайтирилса, [юз саксонга] бўлинганидан кейин AG нинг фарсахлари чиқади.

Сўнгра, агар шу [нарсалар] топилган бўлса ҳам AB нинг ҳақиқий кийматини топиш учун унинг фойдаси йўқ. Чунки тўғри чизикли учбурчакнинг хоссасига кўра, тўғри бурчак ватарининг квадрати унга туташган иккала катет квадратлари йиғиндисига тенг, ABG учбурчак эса ёйлардан тузилган ва унинг томонлари тўғри чизиклар ўрнида фойдаланиш мумкин бўладиган даражада кичик эмас⁶⁸³. Агар G бурчаги тўғри бўлгани учун ўша [тенгликни] такозо қилса, D бурчаги ҳам тўғри. Демак, AB нинг квадрати AG ва GB лар квадратлари йиғиндисига тенг. Шунингдек, AD ва DB ларнинг ҳам квадратларининг йиғиндисига тенг бўлиши керак эди. Лекин AD BG га тенг, бундан DB нинг AG га тенглиги қолади. DB нинг унга ўхшаш AG га нисбати B [шаҳри] параллелининг A [шаҳри] параллелига нисбати кабидир. Параллелларнинг кенгламалари ҳар хил ва A нинг параллели B нинг параллелидан кичик бўлгани учун AG , DB дан кичик бўлади. Уларни тенг деб ҳисоблаш мумкин эмас.

(257)/ Шундай қилиб, бу амал эгаларини бу ерда ҳам биринчи бўлимда ҳам Маринни⁶⁸⁴ у Ер [харитасини] тасвирлаётганида ва ал-Баттонийни у қибла азимутини [аниқлаётганида] хатога олиб келган нарса буларни ҳам олиб келди. Гап шундаки, уларнинг ҳаммаси ҳам меридиан чизикларини ва параллелларнинг айланаларини параллел тўғри чизик чизиб, кўпол хатоликка йўл қўйганлар. (234)// Ҳосил бўлган масофаларга [фарсахларни] қўшишга келсак, бунинг сабаби шуки, тўғри усулни қўллаш билан топилган масофа ўқ-ёйнинг йўналишида [тўғри] ўтади, йўллар эса бундай эмас: уларда ўнг ва сўлга бурилганлик, кўтарилиш ва пасайишлар бўлади. Шунинг учун биз аниқ биламизки, (258)/ ўтиладиган йўл [бўйича] масофа [тўғри чизик] бўйича масофадан каттадир. Ҳисоб аҳли орасида масофага унинг олтидан бирини қўшиш одати бор, лекин шундай бўлиши зарур эмас. Чунки бу қўшилувчининг миқдори [йўлнинг] эгрилигига боғлиқ, бу эса аниқ эмас ва унинг миқдори чегараланмаган. Лекин хиндларнинг параллелларга олтидан бирини, меридианларга чоракни ва баландлик доираларига учдан бирини қўшишлари жуда ажабланарли. Мен бу ерда уларнинг ўз амалларида барча касрларни эшлашга интилишларидан бошқа нарсани кўрмайман. Акс ҳолда буни ҳамма ўринда барча шаҳарлар учун шу тартиб билан такозо этувчи бошқа сабаб йўқ.

Макка ва Бағдодни олайлик. Уларнинг [бир-биридан] узоқлиги баландлик доираси бўйича, уларнинг узунлама ва кенгламаларига кўра $12^{\circ}1'51''$

бўлади, агарда Макканинг кенгламаси $21^{\circ}40'$, Бағдоднинг кенгламаси $33^{\circ}25'$, улар узунламаларининг айирмаси эса $3^{\circ}0'$ дейилса⁶⁸⁵. Агар бу узокликни [бир] даражанинг миллардаги хиссасига кўпайтирсак, улар орасидаги масофаларнинг миллари $681^{\circ}44'50''$ чиқади. Ал-Маъмун шу йўлни ўлчашга [бир] кишини юборди, у [масофани] 712 мил топди. Иккиси орасидаги фарк $30^{\circ}15'$, бу эса бутун масофани тақрибан саккиздан бирининг учдан бирини ташкил қилади.

Куйидаги тўрт нарса ҳар қандай икки шаҳар учун умумийдир – улар иккисининг кенгламалари, узунламаларининг айирмаси ва [бир-биридан] узокликлари. Қачонки булардан учтаси маълум бўлса, (259)/ баъзилари учун тўртинчисини ҳам аниқлаш мумкин. Бунда учта бирлашма бўлади. Уларнинг биринчиси – иккала кенглама билан улар узунламаларининг айирмаси [маълум], бундан натижа қилиб масофа топилади. Бу юқорида эслатиб ўтилди. Уларнинг иккинчиси – (235)// иккала кенглама билан масофа [маълум], бундан натижа қилиб узунламалар айирмаси аниқланади. Учинчиси – масофа, узунламалар айирмаси ва кенгламалардан бири [маълум], бундан натижа қилиб иккинчи кенглама аниқланади. Мана шу [кейинги] иккиси биз аввалдан бери эришмоқчи бўлган мақсадлардир.

Энди шаҳарлар узунламалари ёки кенгламаларини аниқлашга бошлаймиз. Бизнингча, уларнинг тўғри бўлган ёки бошқа [шаҳарлар] орқали тўғри аниқланиши мумкин бўлгани ёрдамида қолганини аниқлаймиз.

Асосий [шаҳар] қилиб Мадинатуссалом – Бағдодни оламиз: унга кўра узунламаларни ўлчаймиз. Унда [кўп] кузатишлар бўлган, у халифаликнинг уйи, мамлакат ва амирликнинг манбаидир ҳамда у билан Искандария орасидаги [узунлама ва масофа] маълум, Бағдод, Бобилнинг ўрнидадир, Бобил эса ҳозирги Бағдод турган жойда тўфондан илгари ҳам, кейин ҳам Искандар замониғача бўлган. Аммо бу амалда мен мисол қилиб олган кенгламалар маълум шаҳарларга келсак, улар – Бағдод, Шероз ва Сижистон, сўнгра Рай, Нишопур, Хоразмдаги ал-Журжония ва Балхдир. Кейин улар қаторига бошқа шаҳарлар ҳам қўшилади, улар бу амалда [юқоридагилари] каби ўрин тутмасамиз ҳам, далил тариқасида фойдаланилади. Мен уларнинг бирини бошқаси билан қиёс қилиб, уларнинг узунламалари билан боғлиқ масалалар (260)/ ҳал қилинганлигига кўнгил таскин топмагунча [давом эттираман].

Сўнгра булардан кейин исталмиш Ғазнага кўчаман, чунки барча кузатишларим ва амалларим ўша ерда бўлган. Маълумки, бу шаҳарлар бири-бирига қўшилишларида четки ва ўртаги бўладилар, бири бошқаси билан бирлашмаларга [қўшилади] ва оддий ҳолда ҳам қолади. Мисоллар ҳисобчи учун кўрсатма ҳамда текшириш ва таърифлар учун қўлланма бўлади.

Мен бу [амалларимда] кучли изтироб чекишим сабабли хатодан қутулиб бўлмайди, Аллоҳ ҳақиқатга эриштирувчидир.

(236)// БАҒДОД ВА РАЙ ОРАСИДАГИ УЗУНЛАМА [АЙИРМАСИНИ] АНИҚЛАШ

Биз айтиб ўтганимизки, бу илм аҳлининг ораларидаги одат бўйича, ушбу [амалга] ўхшаш амалларда, [шаҳарлар орасидаги] масофа ўқнинг йўлидек тўғри бўлиши учун, масофадан [унинг] олтидан бирини айирадилар. Бирок бу миқдорнинг айна ўзига олиб келадиган ва уни белгилайдиган бирор нарса йўқ, чунки [йўллардаги] масофалардаги кўтарилиш ва пасайишларнинг [сони] бир-биридан ортади; масофалар [улардаги] тоғ даралари ва [водий] текисликларнинг кўплик ва камлиги билан ҳам фарқ қилади.

Шунинг учун агар, [масофалардан бирор қисмини] айириладиган бўлса, шу [айирилаётганнинг] миқдори ҳам йўлларнинг эгрилиги бир хил бўлмаганидек турлича бўлиши керак ва [масофадан] кузатаётган кишининг хаёлида мақсадига мувофиқ [келадиган] қисмини айириб аниқланиши керак; бу билан [йўлнинг] йўналиши мақсаддаги тўғриликка яқинлашади. Бирок, (261)/ агар йўллар кўтарилиш ва пасайишлардан холи бўлса ҳам бунга ўша [юкорида айтилган] ортиқликка ўхшашлик хос бўлиб, бундай [ҳол] йўллар тоғлар орасидан ва даралар⁶⁶⁶ ўртасидан ўтганидаги бурилишлар сабабли бўлади. [Кўлларни] дарёлар тўсганида ҳам булардан ўтиш жойлари [керакли йўналишдан] узоқлашади ёки бўғоз ва қўлтиқлар уларнинг [атрофидан] айланиб ўтиш [сабабли йўлни] узайтиради. [Шунингдек] ҳар қандай сафар ва кўчишда, албатта, зарурий бўладиган сув ичиш, пана жойларга ўтиш ва шунга ўхшаш сабабларга кўра ҳам йўллар тўғрилиқдан оғади.

Айтайлик, A – Бағдоднинг Ердаги ўрни ёки унинг аҳолиси учун сферадаги зенит бўлсин, AG – унинг [кунлик] параллелининг бир қисми, E – шимоллий қутб ва EDA – унинг меридиани бўлсин*. Шунда EA – унинг кенгламасининг тўлдирувчиси бўлади.

Айтайлик, B – Райнинг ўрни, BD – унинг [кунлик] параллелининг бир қисми ва EBG – унинг меридиани бўлсин. Шунда EB – унинг кенгламасининг тўлдирувчиси, AD – иккала кенгламанинг айирмаси ва катта доиранинг [ёйи], AB – (237)// иккала шаҳар орасидаги масофа бўлади. Масофанинг



61-шакл

*61-шаклга қаранг.

Бағдод билан Хулвон⁶⁸⁷ ва Ҳамадон⁶⁸⁸ билан Рай орасидаги қисмлари, йўлнинг нотеқислигига қарамай, олтидан бирни айиришни тақозо қилади, масофанинг Хулвон билан Ҳамадон орасидаги қисми эса, олтидан бир ёки ундан кўпроқни айиришни талаб қилади.

Бағдод билан Рай ораси 158 фарсах, унинг олтидан бири айирилса, тақрибан 132 қолади. Бу эса [158 фарсах]ни бешга кўпайтириб, кўпайтмани олтига бўлиш билан ҳосил бўлади. Агар бу [132 фарсах]ни учга кўпайтирсак, 397 мил ҳосил (262)/ бўлади. Агар буни менинг юқорида ҳикоя қилган текширишларимга тўғри келадиган янги замон олимларининг раъйига кўра 56°40'га бўлсак, даражаларда 7°0'21" ҳосил бўлади⁶⁸⁹.

AD, *DB*, *BG* ва *GA* ватарлардан ташкил топган трапеция уни қопловчи айлананинг ичида бўлгани ҳамда унинг *AD* ва *BG* ватарлари тенг, *AG* ва *BD* ватарлар эса параллел бўлгани учун унинг *AB* ва *GD* диагоналлари тенг бўлади. Шунда масофа узунлиги *AB* ватарнинг квадрати, *AD* ватарнинг квадрати билан *AG* ва *DB* ватарлар кўпайтмасининг йиғиндисига тенг⁶⁹⁰. Лекин *AG* ватарининг *DB* ватарига нисбати, *AG* параллели ярим диаметрининг, яъни Бағдод кенгламасининг тўлдирувчиси *EA* синусининг *DB* параллели ярим диаметрига, яъни Рай кенгламасининг тўлдирувчиси *EB* нинг синусига нисбати кабилдир.

Бағдоднинг кенгламасига келсак, буни топишдаги кузатувчилар орасидаги келишмовчиликка қарамай, у 33°20'дан кам эмас ва 33°30' дан ортик эмас. Бу, миқдорлардан ишончлироғи – 33°25' дир, (238)/ бундан ташқари, бу [қиймат] аввалги иккитанинг ўрта қиймати ҳамдир.

Райнинг кенгламасига келсак, уни Абу Махмуд ал-Хўжандий ўлчаб, – 35°34'39" топган. Абул Фазл ал-Ҳиравий ҳам уни Рукн ад-Довланинг⁶⁹¹ [амирлик] кунларида шунга тенг топган.

Рай билан Бағдод орасидаги кенглама айирмаси, *AD* – 2°9'39", бунинг ватари – 2°15'45", бу ватарнинг квадрати эса – 5°7'8"3"45^{IV}.

[Шаҳарлар орасидаги] масофа *AB* – 7°19'54", бунинг квадрати – 53°45'12"0"36^{IV}, иккала квадрат орасидаги айирма – 48°38'3"56"51^{IV}. Бу айирмани Рай кенгламаси тўлдирувчисининг (263)/ синусига, яъни 48°47'59"га кўпайтирамиз. Шунда кўпайтма 2373°20'48"0"12^{IV}51°9^{VI} бўлади. Уни Бағдод кенгламаси тўлдирувчисининг синусига, яъни 50°4'52"га бўлаамиз. Бўлинмада 47°23'24"12"8^{IV} ҳосил бўлади. Бунинг илдизини оламиз, [илдиз] 6°53'2" бўлади. Уни тўла синусга кўпайтирамиз, кўпайтмада 413°2'0" чиқади. Буни Рай кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўлаамиз, [бўлинмада] 8°27'50" чиқади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – 8°5'20" – Бағдод ва Рай ораларидаги узунлама айирмасидир⁶⁹².

Аммо зижлардаги [миқдорга] келсак, у беш даражадир, бироқ шаҳарлар [координатлари]ни бир-бири билан солиштириш бу миқдор [тўғрилигини] исботламайди. Бизда ҳосил бўлган [узунлама миқдори] Абу Бакр Муҳаммад

ибн Закариё ат-Табиб⁶⁹³ (239)// «Астрономия ҳақида» мақоласида эслатганига яқиндир. У [Куёш] тутилишларини Бағдодда кузатган, биродари эса шу тутилишларни Райда кузатган⁶⁹⁴. Иккала кузатишдан унда иккала шаҳар орасидаги [узунлама айирмаси] ўн даража чиққан. Балки у ўзининг обрўси ва ишончилигига (264)/ қарамай, хато йўлдан юрган ва кузатишни уфқдан бошлаш лозим бўлиши ҳақидаги биз юкорида эслатган шартлар ҳақида хабари бўлмаган. Ҳатто у ўзининг қандай кайфиятда кузатиш олиб борганини ҳам тавсифламаган, бусиз эса [унинг кузатишига] хотиржамлик билан таяниб бўлмайди.

Сўнгра, агар биз Бағдод узунламасини Мағриб Денгизи⁶⁹⁵ соҳилидан 70° деб олсак. Райнинг узунламаси $78^\circ 5' 20''$ бўлади⁶⁹⁶, агарда биз Бағдоднинг узунламасини ал-Холидот оролларида [бошлаб] 80° деб олсак, Райнинг узунламаси $88^\circ 5' 20''$ бўлади⁶⁹⁷. Лекин бизнинг бу бобдаги мақсадимиз шаҳарлар узунламаларининг ўзи эмас, фақат улар орасидаги айирмаси бўлгани учун бу узунламалар Ернинг одамлар яшайдиган қисмининг бошланиши жойидан ҳисобланишида бу узунлама бошланиш нуқтаси қаерда бўлиши ҳақидаги келишмовчиликнинг бизга зарари йўқ.

Бизнинг бажарган бу амалларимизнинг тўғрилигини [қуйидаги] Хоразм учун бажарган [ҳисоблаш] амалимиз исботлайди.

(240)// АЛ-ЖУРЖОНИЯ ВА РАЙ ОРАСИДАГИ УЗУНЛАМА АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Мен ал-Журжониянинг кенгламасини ҳижрий тўрт юз еттинчи йили ўлчадим ва $42^\circ 17'$ топдим. У билан Райнинг кенгламаси орасидаги айирма шунда – $6^\circ 42' 21''$, бунинг ватари – $7^\circ 1' 5''$ ва бу [ватарнинг] квадрати – $49^\circ 15' 11'' 10''' 25''''$ бўлади.

Шу икки шаҳар орасидаги масофа 185 фарсах бўлиб, [йўл] қумлик саҳродан, тоғ даралари ва водийлардан ўтганлиги сабабли эгридир. Шунинг учун бу масофадан, Бағдод ва Рай орасидаги (265)/ масофадан айирилгани каби камида олтидан бирини айириш керак. Агар шу [айтган] амални бажариб [масофанинг] айирилгандан қолганини миллиарга айлантирсак, тақрибан 463 [мил] бўлади. Бунинг даражалари – $8^\circ 10' 14''$, бунинг ватари – $8^\circ 33' 16''$ ва бунинг квадрати – $73^\circ 10' 42'' 46''' 16''''$ бўлади. Шунда иккала квадрат орасидаги айирма – $23^\circ 55' 31'' 29''' 51''''$ бўлади. Буни ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига, яъни $44^\circ 23' 22''$ га кўпайтирамиз; кўпайтма $1062^\circ 2' 9'' 19''' 23'''' 29^\circ 42''$ бўлади. Ушбу [кўпайтмани] Рай кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламыз, бўлинма $21^\circ 45' 47'' 21''' 30''''$ чиқади. Бундан илдиз оламыз, $4^\circ 39' 54''$ чиқади. Буни тўла синусга кўпайтирсак, кўпайтма $279^\circ 54' 0''$ бўлади. Буни ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламыз. Бўлинма $6^\circ 18' 20''$ чиқади. Бу ватар, ёйи – $6^\circ 1' 26''$. Мана шу Рай билан ал-Журжония орасидаги узунлама айирмасидир⁶⁹⁸.

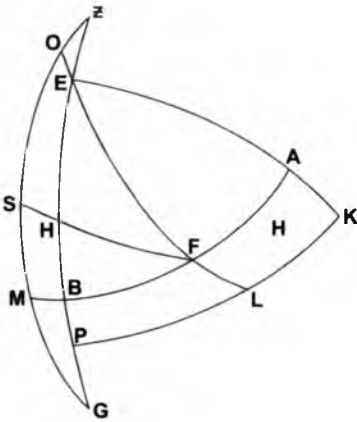
(241)// РАЙ ВА АЛ-ЖУРЖОНИЯНИНГ УЗУНЛАМА
ВА КЕНГЛАМАЛАРИГА КЎРА ЖУРЖОННИНГ УЗУНЛАМА
ВА КЕНГЛАМАСИНИ АНИҚЛАШ

Айталик, A – ал-Журжониянинг ўрни, B – Райнинг ўрни ва F – улар орасидаги асосий йўлда Журжоннинг ўрни бўлсин*. Юқорида [айтиб] ўтилдики, AB масофа – $8^{\circ}10'14''$ ва BF – Журжоннинг Райдан масофаси, етмиш фарсах. Улар орасидаги масофа Қумис⁶⁹⁹ йўли билан – саксон фарсах ва (266)/ Дунбаванд⁷⁰⁰ билан Табаристондаги Сория⁷⁰¹ йўли орқали ҳам худди шунингдек бўлгани учун бу иккала йўл узунлиги тақрибан бир хил. Аммо Омул⁷⁰² орқали [ўтадиган] йўлдаги [масофа] эса [бундан] ўн фарсахга ортик. Лекин Омул ва Сориянинг ҳар бири Райдан бир хил масофада туради, гўёки бунда ўн фарсах – тенгёнли учбурчакнинг асоси бўлади.

Агарда Рай билан Журжон орасидаги ўша иккита масофа ўтиш вақти бўйича бир-бирига тенг бўлса, у ҳолда маълумки, Сориянинг йўли тўғри чизикка яқиндир, чунки унда баланд ва пастликлар кўп [бурилишлар эса кам]. Ҳаракатда эса битта азимут – лозим. Ҳақиқий тўғри йўналиш Қумис (242)// ва Сория йўллари орасидаги ўрталикда бўлади. Қумиснинг йўли Дамғон тарафидан шимолга оғган ва Сориянинг йўли Дамғон⁷⁰³ тарафидан шарққа оғган⁷⁰⁴ бўлгани учун улар орасидаги ўрталикдаги йўл ундан ўтган йўловчиларнинг айтишича, етмиш фарсахга тенг. Агар бундан олтидан бир қисми айирилса, 175 мил қолади ёки даражаларда – $3^{\circ}5'18''$ бўлади.

F кутби [атрофида доирага ички чизилган] квадрат томонига [тенг] масофа билан Журжон уфқининг ярмини чизайлик, унга икки тарафдан EB [ёйини] чиқариб, уни G ва Z нукталаргача давом эттирамиз. Унга яна FVM ва FEO [ёйларини] чиқарамиз ва HX ни BE та перпендикуляр туширамиз.

Шунда масофа AB синусининг ал-Журжония кенгламасининг тўлдирувчиси AE нинг синусига нисбати, Рай билан ал-Журжония орасидаги (267)/ узунлама айирмаси микдорича бўлган BEA бурчаги синусининг ABE бурчаги синусига нисбати кабидир. Агар ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусини u билан Рай орасидаги узунлама айирмасининг синусига, яъни $6^{\circ}17'48''$ га кўпайтирсак $279^{\circ}30'19''55'''36''''$ хосил бўлади. Агар буни улар орасидаги масофа синусига, яъни $8^{\circ}31'38''$ га бўлсак, $32^{\circ}46'51''$ хосил бўлади, бу ABE бурчагининг синусидир. Бу



62-шакл

* 62-шаклга қаранг.

синуснинг FHB тўғри бурчак синусига нисбати HF синусининг FB синусига нисбати кабидир. Агар [аввалги] бўлишдан чиқканни Рай ва Журжон орасидаги масофа синусига, яъни $3^{\circ}13'57''$ га кўпайтирсак, $105^{\circ}57'18''13''''57^{IV}$ ҳосил бўлади. Шу [кўпайтма]ни тўлиқ синусга бўламиз, бундан (243)// $1^{\circ}45'57''$ чиқади. Бу [бўлинма] – FH нинг синусидир, унинг ёйи – $1^{\circ}41'12''$, тўлдирувчиси, яъни – HX – $88^{\circ}18'48''$ дир. Ушбу [тўлдирувчи] нинг синуси – $59^{\circ}58'26''$ дир. BG синусининг BF нинг тўлдирувчиси бўлмиш BM нинг синусига нисбати, квадрант GH [синусининг] HX синусига нисбати кабидир. BF тўлдирувчи – $86^{\circ}54'42''$, бунинг синуси – $59^{\circ}54'46''$. BM синусини тўлиқ синусга кўпайтирамыз, кўпайтма – $3594^{\circ}46'0''$ бўлади. Бу [кўпайтмани] HX синусига бўламиз, BG нинг синуси ҳосил бўлади, яъни – $59^{\circ}56'20''$, унинг ёйи – $87^{\circ}24'57''$, бунинг тўлдирувчиси – BH – $2^{\circ}35'3''$ дир. BH билан Рай кенг-ламаси тўлдирувчиси орасидаги айирма – $51^{\circ}50'18''$ бўлиб, у HE ёйидир. Шу айирманинг тўлдирувчиси – EZ бўлиб, у – $38^{\circ}9'42''$ дир, бунинг синуси – $37^{\circ}4'22''$. Шу [синус]нинг EO синусига нисбати ZH синусининг нисбати кабидир.

(268)/ Агар EZ синусини HX синусига кўпайтирсак, $2223^{\circ}23'55''9''''32^{IV}$ ҳосил бўлади. Агарда буни тўлиқ синусга бўлсак – $37^{\circ}3'24''$ чиқади. Бу эса EO синусидир; унинг ёйи – $38^{\circ}8'33''$ бўлиб, бу Журжоннинг кенгламасидир, чунки у ўз тўлдирувчисининг тўлдирувчиси, яъни EF – $51^{\circ}51'27''$, бунинг синуси – $47^{\circ}11'19''$.

EF синусининг HF синусига нисбати, квадрант EL синусининг LP синусига нисбати кабидир. Агар HF синусини тўлиқ синусга кўпайтирсак – $105^{\circ}57'0''$ ҳосил бўлади. Агар буни Журжон кенгламасининг тўлдирувчиси EF нинг синусига бўлсак, $2^{\circ}14'43''$ чиқади. Бунинг ёйи – $2^{\circ}8'41''$ бўлиб, у – Рай ва Журжон орасидаги узунлама айирмасидир. Демак, бундан Журжоннинг узунламаси – $80^{\circ}14'1''$.

Бу [натижа] Абу Али [ибн] Синонинг Шамс ал-Маъолийнинг қизи – Заррин Гисуга [ёзган] рисоласида айтганига яқиндир⁷⁰⁵. (244)// Унинг [айтишича] у $79^{\circ}20'$ топган. Ўша [рисоласида] айтишича, у Журжон кенгламасини турғун юлдузларга кўра ўлчаб, бир гал у [юлдузлар] кенгламанинг 37° дан кам эканлигига ва иккинчи гал 37° дан ортиқ эканлигига далолат берган. Шунинг учун у 37° да тўхташга қарор қилган. Лекин Абу Али ишончга сазовор эмас. Лоақал у кузатишида, узунламани ўлчашда ноаниқликка йўл қўйган бўлса ҳам, юлдузлар баландликларининг миқдорида (269)/ чалкашликларни киритмаслиги керак эди; ёки уни аниқлашдаги юрган йўлида қадимгиларнинг юлдузларни кузатишига таянмаслиги керак эди. Агар унинг [хатолари] устида фикр юритиб кўрилса, ўйлайманки, унинг камчиликлари фақат, ўша қадимгиларнинг [кузатишларига] асослангани [сабабли] экани [билинади]⁷⁰⁶.

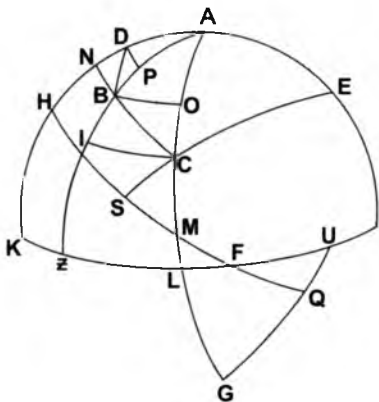
Абу-л-Фазл ал-Ҳиравий⁷⁰⁷ эса математик [фанлар] соҳасидаги илғорлиги билан ишонч ва ҳурматга лойиқдир. (245)// Унинг айтишича, Жур-

жоннинг кенгламасини [Куёшнинг] баҳорги тенгкунликдаги баландлигига кўра ўлчаган ва ҳижрий уч юз етмиш биринчи йили⁷⁰⁸ ўттиз саккиз даража топган, ундан (270)/ кейинги йили эса ўттиз етти даража ва даражанинг учдан иккисини топган. Бу [миқдор] бизда ҳосил бўлган [натижанинг] аниқлигини тасдиқлайди.

[Унинг] икки йилдаги кузатиши [натижа]лари орасидаги фарк эса унинг ўлчаш асбобининг кичиклиги ёки тебраниши сабабли юз берган.

**(246)// БИЗДА ҲОСИЛ БЎЛГАН АЛ-ЖУРЖОНИЯ УЗУНЛА-
МАСИНИНГ [ТЎҒРИЛИГИНИ] ИСБОТЛАШ УЧУН ХОРАЗМ
ШАҲРИНИНГ⁷⁰⁹ УЗУНЛАМАСИНИ ДАЛИЛ КЕЛТИРИШ**

Бунинг учун аввал [айтаманки], мен ҳижрий уч юз саксон бешинчи йили⁷¹⁰ Жайхуннинг ғарбий қирғоғидаги қишлоқлардан Хоразм шаҳрининг қаршисидаги Бушканз⁷¹¹ деб аталадиган қишлоқда [эклиптиканинг] энг катта оғишини ўлчаган эдим. Шунда ўша қишлоқнинг кенгламасини $41^{\circ}36'$ топдим. У билан ал-Журжония кенгламаси орасидаги айирма $0^{\circ}42'0''$, бунинг ватари – $0^{\circ}42'56''$ ва бунинг квадрати – $0^{\text{p}}30'43''16'''16^{\text{IV}}$ бўлади. Шу қишлоқ билан ал-Журжония орасидаги масофа узун фарсахларда – 17 [фарсах] ва миллиарда – 51 [мил], даражаларда – $0^{\circ}54'0''$ бўлади⁷¹². Бунинг ватари – $0^{\circ}56'33''$, бунинг квадрати – $0^{\text{p}}53'17''54'''9^{\text{IV}}$. Иккала квадрат орасидаги айирма – $0^{\text{p}}22'34''37'''53^{\text{IV}}$ ни ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, $16^{\text{p}}42'11''20'''5^{\text{IV}}12^{\text{V}}26^{\text{VI}}$ ҳосил бўлади. Буни ўша қишлоқнинг кенгламаси (271)/ тўлдирувчисининг синусига, яъни $44^{\text{p}}52'4''$ га бўламиз, $0^{\text{p}}22'20''11'''23^{\text{IV}}$ чиқади, бунинг илдизи – $0^{\circ}36'36''$. Илдизни тўлик синусга кўпайтирамиз, $36^{\text{p}}36'0''$ ҳосил бўлади. Буни ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, $0^{\text{p}}49'28''$ чиқади. Бу – [шундай] ватарки, унинг ёйи $0^{\circ}47'14''$ – Журжония билан Бушканз қишлоғи орасидаги узунлама айирмасидир⁷¹³.



63-шакл

Сўнгра, *A* – ал-Журжония, *B* – Бушканз, *C* – Хоразм шаҳри* бўлсин. Юқорида эслатилганидек, *AB* – $0^{\circ}54'0''$. *AC* – фарсахларда – 19 [фарсах], миллиарда – 57 [мил], даражаларда – $1^{\circ}0'21''$ ва *BC* (247)// фарсахларда – 3 [фарсах], миллиарда – 9 [мил], даражаларда – $0^{\circ}9'32''$. Ҳозир ва бундан кейин шунга ўхшаш [ҳолларда] *AB* ни – биринчи масофа, *AC* ни – иккинчи масофа ва *BC* ни учинчи масофа деб атаймиз.

Энди *KFU* ал-Журжония уфқининг [ёйи], *FH* эса *E* қутблик осмон экваторининг [ёйи] бўлсин. Шу [кутб] да *EB* масофада *B* парал-

* 63-шаклга қаранг

лелини чизамиз, у ал-Журжония билан қишлоқ орасида ўша қишлоқ параллелидаги узунлама айирмаси бўлади. Сўнгра A кутбда AB масофа билан DP алмуқантаротни чизамиз. Маълумки, AD – [бу ерда] A ва B кенгламаларининг айирмасидир. DN эса у $[AD]$ билан AB орасидаги айирма ва OC – AB билан AC орасидаги айирмадир.

Бизнинг мисолда у $[OC]$ – $0^{\circ}6'21''$ га тенг, бунинг ватари – $0^{\circ}6'39''$, ватарнинг квадрати – $0^{\circ}0'44''13'''21^{\text{IV}}$. BC ватари – $(272)/ 0^{\circ}9'59''$ га тенг, унинг квадрати – $0^{\circ}1'39''40'''1^{\text{V}}$ BC ва OC нинг квадратлари орасидаги айирма – $0^{\circ}0'55''26'''40^{\text{IV}}$ бўлади.

Юкорида ўтганидек, агар шу айирмани AB синусига, яъни $0^{\circ}56'33''$ га кўпайтирсак $0^{\circ}0'52''15'''23^{\text{IV}0^{\text{V}}}$ ҳосил бўлади. Агар уни AC нинг синусига, яъни $1^{\circ}3'12''$ га бўлсак, $0^{\circ}0'49''36'''37^{\text{IV}}$ чиқади; бунинг илдизи – $0^{\circ}7'2''$ га тенг бўлиб, у OB ватаридир. Унинг LZ ватарига нисбати, AB синусининг квадрант AZ синусига нисбати кабидир. Агар шу илдизни тўлиқ синусга кўпайтирсак $7^{\circ}2'0''$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани AB синусига бўлсак $6^{\circ}40'36''$ чиқади, – бу [шундай] ватарки унинг ёйи – $6^{\circ}22'45''$, яъни – ZL ёйидир.

(248)// [Яна] BD ватарига қайтамиз ва ал-Журжония билан ўша қишлоқ орасидаги узунлама айирмасининг, яъни – $0^{\circ}47'14''$ нинг ватарини қишлоқнинг кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз, $0^{\circ}36'51''$ чиқади. Бу – B параллелда иккала узунлама айирмасининг ватаридир, унинг квадрати – $0^{\circ}22'37''55'''21^{\text{IV}}$. Биринчи масофа AB билан AD , яъни иккала кенглама айирмаси орасидаги айирма – $0^{\circ}13'0''$ га тенг, бунинг ватари – $0^{\circ}13'37''$, ватарнинг квадрати – $0^{\circ}35'24''49'''$. Иккала квадратнинг айирмаси $0^{\circ}19'32''30'''32^{\text{IV}}$ га тенг. Буни кенгламалар айирмасининг синусига, яъни $0^{\circ}42'56''$ га кўпайтирамиз; кўпайтма $0^{\circ}13'58''59'''42^{\text{IV}}53^{\text{V}}52^{\text{VI}}$ бўлади. Уни биринчи масофанинг синуси – $(273)/ 0^{\circ}56'33''$ га бўламиз, $0^{\circ}14'50''10'''50^{\text{IV}}$ чиқади. Бунинг илдизи $0^{\circ}29'50''$ га [тенг] бўлади. Илдизни тўлиқ синусга кўпайтирамиз, кўпайтма $29^{\circ}50'0''$ бўлади. Буни кенгламалар айирмасининг синусига бўлсак $41^{\circ}39'36''$ чиқади. Бу [шундай] ватарки, унинг ёйи $40^{\circ}37'42''$ га тенг, яъни у ZK ёйидир.

LZ ва ZK ёйларнинг йиғиндиси $47^{\circ}0'27''$ бўлиб, унинг синуси – $43^{\circ}54'12''$ га тенг. KL нинг тўлдирувчиси, яъни LF [ёйи] $42^{\circ}59'33''$ га тенг, бунинг синуси – $40^{\circ}54'41''$ дир.

KL га тенг FU нинг синусининг UQ нинг синусига нисбати, тўғри бурчак синусининг F бурчак синусига нисбати кабидир. Агар KL синусини ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирсак $1948^{\circ}50'40''28'''24^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Агар шу [кўпайтмани] тўлиқ синусга бўлсак, $32^{\circ}28'51''$ чиқади, бунинг ёйи – $32^{\circ}46'31''$ дир. Буни тўксон даражадан айирсак, M бурчакни ўлчовчи QG ёйининг микдори, яъни $57^{\circ}13'29''$ қолади; бунинг синуси $50^{\circ}26'53''$ бўлади.

(274)/ Агар LF синусини ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирсак, $1816^{\circ}2'1''46'''21^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Буни M бурчак синусига бўлсак, $35^{\circ}59'53''$ чиқади. Унинг ёйи $36^{\circ}51'3''$ бўлиб, бу LM ёйидир, чунки LF синусининг LM синусига нисбати, M бурчак синусининг (249)// F бурчак синусига нисбати кабидир.

CL – иккинчи масофа AC нинг тўлдирувчиси бўлиб, $88^{\circ}59'39''$ дир. CL билан LM орасидаги айирма, яъни MC [ёйи] $52^{\circ}8'36''$ га [тенг], бунинг синуси – $47^{\circ}22'22''$ нинг C шаҳар кенгламаси CX нинг синусига нисбати X бурчак синусининг M бурчак синусига нисбати кабидир. Агар MC синусини M бурчак синусига кўпайтирсак $2389^{\circ}51'52''17'''26^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Буни тўлиқ синусга бўламиз, $39^{\circ}49'52''$ чиқади, бу [бўлинманинг] ёйи $41^{\circ}35'40''$ бўлиб, у Хоразм шаҳрининг кенгламасидир.

Ёшлик йилларимда мен топган миқдор шунга мос келади; ўйлайманки, бу ҳижрий уч юз саксонинчи йилга тўғри келади⁷¹⁴. Мен ўша [шаҳарда] иккала тенгкунликнинг ҳар бирида [Куёшнинг] тушдаги баландлигини даражанинг ярмидан бошқа бўлақларини топишга имкон бермайдиган ҳалқа ёрдамида Ҳабаш ал-Ҳосиб «Зижи»га кўра аниқладим ва уни $48^{\circ}30'$ (275)/ топдим. Шу шаҳарнинг узунламасига келсак, биз айтганимиздек, Жайхуннинг шаркидаги иккинчи масофа $1^{\circ}0'21''$ эди. (250)// Бунинг ватари – $1^{\circ}3'11''$, ватарнинг квадрати – $1^{\circ}6'32''8'''1^{\text{VI}}$. [Хоразм] шаҳри билан ал-Журжония кенгламалари орасидаги айирма $0^{\circ}41'20''$, бунинг ватари – $0^{\circ}43'17''$, ватарнинг квадрати – $0^{\circ}31'13''26'''49^{\text{IV}}$. Иккала квадрат орасидаги айирма – $0^{\circ}35'18''41'''12^{\text{IV}}$ га тенг. Буни ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, кўпайтма – $26^{\circ}7'27''19'''26^{\text{IV}}42^{\text{V}}24^{\text{VI}}$ бўлади. Буни [Хоразм] шаҳрининг кенгламаси синусига, яъни $44^{\circ}52'11''$ га бўламиз, $0^{\circ}34'56''0'''31^{\text{IV}}$ чиқади. Бўлинманинг илдизи – $0^{\circ}45'47''0'''$ бўлади; буни тўлиқ синусга кўпайтирсак $45^{\circ}47'0''$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани ал-Журжония кенгламасининг тўлдирувчисига бўламиз; $1^{\circ}1'53''$ чиқади. Бу [шундай] ватарки, унинг ёйи $0^{\circ}59'6''$ – [Хоразм] шаҳри билан ал-Журжония орасидаги узунлама айирмасидир⁷¹⁵.

Бу – мен ўлчаб топган миқдорга мувофиқ келади. Мен Абу-л-Вафо Муҳаммад ибн Муҳаммад ал-Бўзжоний билан у Бағдодда ва мен Хоразм шаҳрида Ой тутилишини [бир вақтда кузатишга] келишиб олган эдим. Биз уни иккаламиз бир вақтда ҳижрий уч юз саксон еттинчи йили кузатдик⁷¹⁶.

Иккала [кузатиш] амалини солиштириш шуни кўрсатдики иккала [шаҳар] туш пайтларининг ораси қарийб бир «текис» соат экан.

Шунингдек, мен бир неча Ой тутилишларини кузатдим. Улардаги [натижалар] ҳам шу миқдор атрофида бўлиб, бундан фақат аҳамиятсиз даражада кичик фарқ қилар эди.

(276)/ Агар биз [Хоразм] шаҳрининг узунламасини $85^{\circ}0'$ деб амал қилган бўлсак, бу амалдан ал-Журжониянинг узунламаси $84^{\circ}0'54''$ бўлиши керак,

чунки буниси ундан гарброкдадир. Шу [микдорга] асосланамиз, чунки у бизнинг ўтган амалимиздан чиққан натижадир. Бунга [бошқа] кузатиш ҳам да-лолат беради. Бу [кузатишга асосан] ал-Журжониянинг узунламаси Райнинг [узунламаси] ва шу иккала шаҳар орасидаги масофага қиёс қилинса $84^{\circ}6'46''$ бўлади.

Энди мақсадимиз [ал-Журжониядан] Балх шаҳрига ўтишдир.

(251)// АЛ-ЖУРЖОНИЯ БИЛАН БАЛХ ОРАСИДАГИ УЗУНЛАМА АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Балхнинг кенгламаси, Сулаймон ибн Исмаат ас-Самарқандийнинг Язди-гард [санасининг] икки юз эллик саккизинчи ва тўққизинчи йилларида⁷¹⁷ [олиб борган] кузатишларига кўра, $36^{\circ}41'36''$ топилган. Шунда [Балх] билан ал-Журжония кенгламалари орасидаги айирма – $5^{\circ}35'24''$, ватарлари – $5^{\circ}5'15''$ ва бунинг квадрати – $34^{\circ}14'19''30'''25''''$ бўлади. Улар орасидаги масофа фарсахларда 150 бўлиб, бу текис ерда [ўлчанган]. Бу масофани ўлчашдаги фарсахлар катта фарсахлар бўлиб, уларнинг микдори ўртача фарсахдан ортиқдир. Шунинг учун агар биз уларни ўртача деб олсак, бу [масофани] кам қилиб қўярди.

Азимут аввал ал-Журжония атрофи билан Колиф⁷¹⁸ қирғоғи оралиғида Колифдан Балхга Жайхун бўйидан олиб борувчи йўл бўйи оғиб бориб, меридианга яқинлашган сари орта бориши сабабли, (277)/ тўғри чизик, бўйича масофа йўл орқали масофадан қисқа бўлади. Шунинг учун [шу йўлни] ўз кўзи билан кўрганларга ишониб, масофадан унинг бешдан бирининг учдан бирини⁷¹⁹ ташлаймиз. Шунда масофанинг қолгани фарсахларда – 140, миллари – 420, даражалари – $7^{\circ}24'42''$, ватарлари – $7^{\circ}45'22''$, бунинг квадрати – $60^{\circ}9'26''8'''4''''$ бўлади. Иккала квадрат орасидаги айирма – $25^{\circ}55'6''37'''39''''$ га тенг. Буни ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, кўпайтма – $1150^{\circ}30'29''21'''27''''45''''18''''$ бўлади. Буни Балх кенгламаси тўлдирувчисининг синусига, яъни $48^{\circ}6'38''$ га бўламиз, (252)// $23^{\circ}54'49''49'''34''''$ чиқади. Бўлинманинг илдизи – $4^{\circ}53'24''$ бўлади. Буни тўлиқ синусга кўпайтирсак, кўпайтма – $293^{\circ}24'0''$ бўлади. Кўпайтмани ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, $6^{\circ}36'35''$ чиқади. Бу [шундай] ватарки, унинг ёйи – $6^{\circ}18'54''$ бўлиб, у иккала шаҳар узунламалари айирмасидир. Шунинг учун Балхнинг узунламаси $90^{\circ}19'48''$ бўлади⁷²⁰.

Биз асос қилиб олган [микдорларга бошқа ҳисоблашлар] ҳам асосланадиган бўлгани сабабли уларнинг аниқлигини [тасдиқлаш] учун бошқа айрим ҳисоблашларни ҳам эътиборга олиш керак. Шунда буларнинг да-лолат бериши кўнгилни хотиржам қилади. Чунки масофаларни, уларнинг бир қисмини айириб, тўғрилаш усули дағал ва аниқ эмас. Шунингдек, кўп фикрларни эътиборга олиб ҳақиқатга яқинлашиш йўли – уни ис-

ботлаш эмас. Ана шунинг учун бу амални мен Бухоро шахрига кўра текширмоқчиман. Бунинг учун мен аввало Дарғоннинг⁷²¹ узунлама ва кенгламасини ҳисоблайман, чунки бунда Балхга олиб борувчи асосий тўғри (278)/ йўлдан Бухорога тармоқкланадиган [йўл] бор.

**(253)// ДАРҒОННИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАСИНИ
АЛ-ЖУРЖОНИЯ ВА БАЛХНИНГ УЗУНЛАМА ВА
КЕНГЛАМАЛАРИГА КўРА АНИҚЛАШ**

Аввало Балх параллелида ал-Журжония билан Балх узунламалари айирмасининг ватарини аниқлайлик, бунинг учун ўтган шаклдаги AB ва AD ватарлар квадратларининг айирмасини, яъни AG ватарининг DB ватарига кўпайтмасини AG ватардан иборат илдизга тақсим қиламиз. Бундан $5^{\circ}18'1''$ чиқади, яъни BD ватари, бунинг ёйи $5^{\circ}3'47''$ бўлади. Лекин бу BD ёйи биз аввал олган кичик айланалардан биридаги BD ёйи эмас, балки бу B ва D нуқталаридан ўтган катта [айлананинг] ёйи бўлиб, унинг синуси $5^{\circ}17'43''$ дир. Бу эса – D [нуқтадан] чиққан диаметрға B нуқтадан туширилган перпендикулярдир.

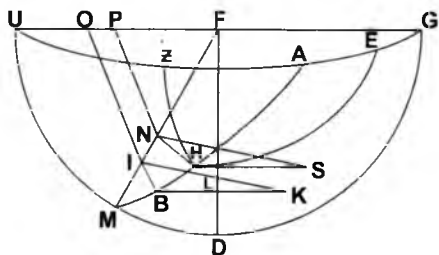
Сўнгра, айтайлик, CDG – ал-Журжония уфқининг ёйи*, CAG – унинг меридианининг ярми, GFC – улар текисликларининг кесишиш чизиғи, FM – мана шу уфқ [текислиги] билан ал-Журжония ва Балх – бу ерда у B – орасидаги масофани чегараловчи доиранинг кесишиш чизиғи; ва AB ўша масофа бўлиб, [шаклда] у баландлик тўлдирувчиси ўрнида туради.

Шу [масофанинг] синуси – FI ва у $7^{\circ}44'23''$, IO – Балх параллелида иккала шаҳар узунламалари айирмасининг синуси, биз (279)/ уни юқорида ҳисоблаб топган эдик ва у $5^{\circ}18'1''$ эди. FI нинг квадрати – $59^{\circ}54'11''52'''49^{IV}$, IO нинг квадрати – $28^{\circ}5'34''36'''1^{IV}$, иккала квадрат орасидаги айирма – $31^{\circ}48'37''16'''48^{IV}$.(254)// Бунинг илдизи – $5^{\circ}38'24''$ бўлиб, у IL дир.

FI нинг IL га нисбати, FM нинг MD ёй синусига нисбати кабидир. Агар IL ни тўлиқ синус FM га кўпайтурсак $338^{\circ}24'0''$ ҳосил бўлади. Бу кўпайтмани FI га бўламиз, $43^{\circ}43'21''$ чиқади, бунинг ёйи MD – $46^{\circ}46'42''$ дир; бу ёйнинг тўлдирувчиси CM – $43^{\circ}13'18''$ га тенг, унинг синуси – $41^{\circ}5'22''$ бўлади.

Шунингдек, FI нинг IO га нисбати FM нинг CM ёй синусига нисбати кабидир. Агар IO ни тўлиқ синус FM га кўпайтурсак $318^{\circ}1'0''$ ҳосил бўлади. Агар буни FI га бўлсак $41^{\circ}5'22''$ чиқади, бу эса MC ёйининг синусидир.

Сўнгра H – нуқтани Дарғон деб фараз қилайлик. У ҳолда масофа AH катта фарсахларда – 50, миллиарда – 150. Бу масо-



64-шакл

* 64-шакл.

фа текис йўлдан ўтган бўлиб, эгриликлардан холи. Шунинг учун масофани катта фарсахлардан кичик [фарсахларга] кўчириш кифоя. Ўшанда унинг даражалари – $2^{\circ}38'49''$, синуси $FN - 2^{\circ}49'15''$ бўлади.

FN нинг PN га нисбати, FM нинг MC синусига нисбати кабидир. Агар FN синусни MC га кўпайтирсак $113^{\circ}51'7''12'''30^{IV}$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани тўлиқ синус FM га бўлсак – $1^{\circ}53'51''$ чиқади. Бу эса FN нинг [микдори] бўлиб, у Дарғон параллелида HZ нинг синусидир.

FN нинг квадрати – $7^{\circ}40'39''3'''45^{IV}$, NP нинг квадрати – $3^{\circ}36'1''49'''21^{IV}$. (280)/ Булар иккиси орасидаги айирма – $4^{\circ}4'37''14'''24^{IV}$. Бунинг илди-зи – $2^{\circ}1'9''$ га тенг бўлиб, у AZ нинг синуси FP дир, ёйи – $1^{\circ}46'43''$. Бунинг ал-Журжония кенгламасининг тўлдирувчиси AE билан йиғиндиси (255)// – $49^{\circ}29'43$ бўлиб, бу Дарғон кенгламасининг тўлдирувчиси EH га тенг EZ бўлади. Демак, Даргоннинг кенгламаси – $40^{\circ}30'17''$ га тенг.

Дарғон кенгламасининг тўлдирувчиси EH нинг синуси $45^{\circ}37'17''$ га тенг. Унинг HZ синусига, яъни NP га нисбати, тўлиқ синуснинг ал-Журжония билан Дарғон узунламалари айирмасининг синусига нисбати кабидир. Агар NP синусини тўлиқ синусга кўпайтирсак, $113^{\circ}51'0''$ ҳосил бўлади. Агар буни EH синусига бўлсак $2^{\circ}29'44''$ чиқади. Бу эса иккала узунлама айирмасининг синусидир. Унинг ёйи $2^{\circ}23'2''$ га тенг. Демак, «Даргоннинг узунламаси – $86^{\circ}23'56''$ га тенг»⁷²².

(281)/ Энди шундай ҳисоблашни Мовароуннаҳрдан Хуросон ва Ироққа ўтиш жойи бўлган Амуя учун бажарамиз. Шунда Амуя, Дарғон ва Бухородан учбурчак ҳосил бўлиб, учтасининг ўрни унинг бурчакларининг учларида, ораларидаги масофалар эса унинг томонлари бўлади.

(256)// АМУЯНИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАЛАРИНИ БАЛҲ ВА АЛ-ЖУРЖОНИЯНИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАЛАРИГА КЎРА АНИҚЛАШ

Аввалги шаклни ўз ҳолича ўзгартирмасдан қолдирамиз, унда фақат H нуктанинг [маъносини] ўзгартирамиз ва уни Амуя деб фараз қиламиз. AH ёйи масофа бўлиб катта фарсахларда – 105, миллари эса фарсахлардан бешдан бирини айириб, узунларидан қисқаларига алмаштирилгандан кейин – 240, даражалари – $4^{\circ}14'7''$. Бунинг синуси – $4^{\circ}25'52''$ га тенг бўлиб, у – NF дир.

Агар FN синусини CM синусига кўпайтирсак $182^{\circ}4'9''57'''20^{IV}$ ҳосил бўлади. Агар уни тўлиқ синусга бўлсак – $3^{\circ}2'4''$, яъни NP чиқади. Бунинг квадрати – $9^{\circ}12'28''16'''16^{IV}$, FN нинг квадрати – $19^{\circ}38'5''5'''4^{IV}$ га тенг. Иккала квадрат орасидаги айирма $10^{\circ}25'36''48'''48^{IV}$ га тенг, бунинг илди-зи – $3^{\circ}13'44''$, яъни FP дир. Бу [FP] нинг ёйи – $3^{\circ}5'6''$ бўлиб, у AZ ёйи [ҳамдир].

EH – Амуя кенгламасининг тўлдирувчиси бўлиб, у AZ билан ал-Журжония кенгламаси тўлдирувчисининг йиғиндисидан иборат, яъни (282)/ у –

50°48'6" га тенг. Бунинг синуси – 46°29'52". Демак, Амуянинг кенгламаси – 39°11'54"га тенг.

Агар NP ни тўлиқ синусга кўпайтирсак 182°4'0" ҳосил бўлади. Агар кўпайтмани EH синусига бўлсак 3°54'56" чиқади. Бунинг ёйи – 3°44'30" га тенг бўлиб, бу ал-Журжония билан Амуя орасидаги узунлама айирмасидир. Демак, Амуянинг узунламаси – 87°45'24" бўлади⁷²³.

(257)// ДАРҒОН ВА АМУЯНИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАЛАРИДАН БУХОРОНИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАСИНИ АНИҚЛАШ

Дарғон билан Амуянинг орасидаги [масофа] тўғри [йўлда] узун фарсахлар билан ўттиз беш [фарсах]. Бундан ўндан бирини айириб [тўғриласак] – 31, миллари – 93⁷²⁴, даражалари – 1°6'42" бўлиб, бу биринчи масофадир.

Дарғон билан Бухоро орасидаги [масофанинг] фарсахлари – 36. Худди юқоридагидек [бундан ҳам ўндан бирини айириб уни тўғриласак] – 32 қолади. Бунинг миллари – 96⁷²⁵ ва даражалари – 1°9'53" га тенг, бу – иккинчи масофа.

Амуя билан Бухоро ораси – 20 фарсах, [ўндан бири айирилгандан сўнг] – 18 қолади. Бунинг миллари – 54⁷²⁶, даражаси – 0°57'11", [бу – учинчи масофа].

Энди буларнинг ҳаммасини, биз Хоразм шаҳрининг кенгламасини аниқлаган шаклга кўчирайлик. Биринчи ва иккинчи масофалар айирмаси – 0°3'11", бунинг ватари – 0°3'20", ватарнинг квадрати – 0°0'11"6'''40^{IV} бўлади. Учинчи масофанинг ватари – (283)/ 0°59'53", бунинг квадрати – 1°1'26"30'''/ 49^{IV} бўлади. Иккала квадратнинг айирмаси – 1°1'15"24'''9^{IV} га тенг, буни иккинчи масофанинг синусига, яъни 1°13'10" га кўпайтирамиз. 1°14'41"56'''56^{IV}58^V30^{VI} ҳосил бўлади. Кўпайтмани биринчи масофанинг синусини – 1°9'51" га бўламиз – 1°4'9"55'''14^{IV} чиқади; бунинг илдизи – 1°2'3" га тенг. Буни тўлиқ синусга кўпайтирсак – 62°3'0" ҳосил бўлади. Кўпайтмани иккинчи масофа синусига бўламиз – 50°50'57" чиқади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – 50°8'33" – ўша шаклдаги биринчи LZ [ёйи] дир.

(258)// Дарғон билан Амуя орасидаги узунлама айирмаси 1°21'28", бунинг ватарини – 1°25'11". Ватарнинг Амуя кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтмаси – 66°0'50"8'''32^{IV} га тенг. Буни тўлиқ синусга бўламиз, 1°6'1" чиқади. Бунинг квадрати – 1°12'38"12'''1^{IV} га тенг.

AD – Амуя билан Дарғон кенгламалари айирмаси – 1°18'23" дир. Шу айирма билан биринчи масофа орасидаги айирма – 0°11'41"га тенг. Бунинг ватари – 0°12'11", шу ватарнинг квадрати – 0°2'28"26'''1^{IV} га тенг. Иккала квадрат айирмаси – 1°10'9"46'''0^{IV} дан иборат. Буни Амуя билан Дарғон кенгламалари айирмасининг синуси – 1°22'2" га кўпайтирамиз, 1°35'55"41"'''11^{IV}32^V0^{VI} ҳосил бўлади. Кўпайтмани биринчи масофанинг синусига

бўламиз, $1^{\circ}22'24''2'''24^{\text{IV}}$ чиқади; бунинг илдизи – $1^{\circ}10'19''$ га тенг. Илдизни тўлиқ синусга кўпайтирамиз, $70^{\circ}19'0''$ ҳосил бўлади; уни Амуя билан Дарғон кенгламалари айирмасининг синусига (284)/ бўламиз, $51^{\circ}25'49''$ чиқади. Бу – шундай ватарки, унинг ёйи $50^{\circ}45'21''$ – иккинчи [ёй] бўлиб, [юкоридаги] шаклда *KZ* дир.

Иккала ёйнинг йиғиндиси – $100^{\circ}53'54''$, уни ярим айланага [тўлдирувчи] колдик – $79^{\circ}6'6''$ га тенг. Бу ёйнинг синуси – $59^{\circ}55'2''$ бўлиб, у *KL* ёйининг синусидир. Бунинг тўлдирувчиси – $10^{\circ}53'54''$ бўлиб, у *LF* ёйидир. Бунинг синуси – $11^{\circ}24'39(259)$ // га тенг.

KL синусини Дарғон кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирсак, $2733^{\circ}29'24''54'''32^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз; $45^{\circ}33'29''$ чиқади, бу [синус]нинг ёйи – $49^{\circ}24'1''$. Бунинг тўлдирувчиси $40^{\circ}35'59''$ – *M* бурчагининг миқдоридир. Унинг синуси – $39^{\circ}2'46''$ га тенг.

LF синусини Дарғон кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, $517^{\circ}32'0''33'''24^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Уни *M* бурчакнинг синусига бўламиз; $13^{\circ}15'19''$ чиқади; бунинг ёйи – $12^{\circ}45'47''$ – *LM* ёйидир.

Иккинчи масофанинг тўлдирувчиси $88^{\circ}50'7''$, бу билан *LM* орасидаги айирма – $76^{\circ}4'20''$, бунинг синуси – $58^{\circ}14'9''$ га тенг. Бу синусни *M* бурчак синусига кўпайтирамиз, $2273^{\circ}52'58''8'''54^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз – $37^{\circ}53'53''$ чиқади, бунинг ёйи $39^{\circ}10'15''$ – Бухоронинг кенгламасидир. Унинг тўлдирувчиси – $50^{\circ}49'45''$, бунинг синуси – $46^{\circ}30'57''$.

Бухоро билан Дарғон кенгламалари айирмаси – $1^{\circ}20'52''$, бунинг ватарки – $1^{\circ}23'49''$, ватарнинг квадрати – $1^{\circ}57'5''14'''1^{\text{IV}}$. Иккинчи масофанинг ватарки – $1^{\circ}13'10''$, бунинг квадрати – (285)/ $1^{\circ}29'13''21'''40^{\text{IV}}$. Иккала квадрат айирмаси – $0^{\circ}27'51''52'''21^{\text{IV}}$ га тенг. Буни Дарғон кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз – $21^{\circ}11'12''40'''51^{\text{IV}}54^{\text{v}}36^{\text{VI}}$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани Бухоро кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, $0^{\circ}27'19''42'''52^{\text{IV}}$ чиқади. Бунинг илдизини оламиз, $0^{\circ}40'29''$ чиқади. Илдизни тўлиқ синусга кўпайтирамиз, $40^{\circ}29'0''$ ҳосил бўлади. Бу кўпайтмани Дарғон кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, $0^{\circ}53'15''$ чиқади. Бу – шундай ватарки, унинг ёйи $0^{\circ}50'11''$ – Дарғон билан Бухоро орасидаги узунлама айирмасидир. Демак, Бухоронинг узунламаси $87^{\circ}14'47''$ бўлади.

Бу амалнинг [натижалари] Бухоронинг узунламаси учун $87^{\circ}30'$ ва кенгламаси учун, $39^{\circ}20'$ деб ишлатиладиган [миқдорларга] яқин. Ана шуларга биз асосланамиз, чунки [биз бажарган амал] уларнинг далолатини кучайтирди⁷²⁷.

Энди бундан биз ҳисоблаган Хоразм шаҳри, Дарғон ва Амуянинг [координатлари] тўғрилигини [текширишга] ўтамиз, сўнгра Балх узунламасини текшириш учун бошқа [амал]нинг далолатини келтирамиз.

(260)// БУХОРО ВА БАЛХ ОРАСИДАГИ МАСОФАНИ УЛАРНИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАЛАРИДАН АНИҚЛАШ

Бу [қуйидагича аниқланади]; бу шаҳарлар орасидаги узунлама айирмаси, Балх учун ҳисоблашимизга кўра, $-2^{\circ}49'48''$; бунинг ватари $-2^{\circ}57'52''^{728}$; буни Бухоро кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, $137^{\circ}34'29''44'''0^{IV}$ ҳосил бўлади. (286)/ Кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз, $2^{\circ}17'34''$ чиқади. Шунингдек, узунламалар айирмасининг ватарини Балх кенгламасининг тўлдирувчиси синусига кўпайтирамиз $-142^{\circ}37'15''50'''56^{IV}$ ҳосил бўлади, буни тўлиқ синусга бўламиз $-2^{\circ}22'37''$ чиқади.

Иккала бўлинмани бир-бирига кўпайтирамиз. Кўпайтмада $5^{\circ}26'59''17'''58^{IV}$ ҳосил бўлади.

Кенгламалар айирмаси $-2^{\circ}38'24''$, бунинг ватари $-2^{\circ}45'52''$, ватарнинг квадрати $-7^{\circ}38'31''45'''4^{IV}$ бўлади. Бу билан [охирги] кўпайтмада ҳосил бўлганнинг йиғиндиси $-13^{\circ}5'31''3'''2^{IV}$, бунинг илдизи $-3^{\circ}36'56''$. Бу шундай ватарки, унинг ёйи $-3^{\circ}27'11''$. Бухоро билан Балх орасидаги масофанинг ёйидир. Уни $56^{\circ}40'$ га кўпайтирамиз; $195^{\circ}40'23''$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани миллирдан фарсахларга алмаштириш учун учга бўламиз, $65^{\circ}13'28''$ чиқади⁷²⁹.

Бухоро билан Жайхун бўйидаги Колиф соҳили орасидаги масофа фарсахлари -55 , Колифдан Балхгача -15 , буларнинг йиғиндиси -70 . Бу ҳисоблашимизда ҳосил бўлганга жуда яқин, мана шу Балх узунламаси $90^{\circ}19'48''$ эканлигининг ишончлилигини тўла тасдиқлайди. Лекин эҳтиёткорлик учун ҳаққимиз бўлмаса ҳам касрни [бутунга] тўлдириб, Балхнинг (261)// узунламасини 91° деб оламиз.

Бундай масофаларни танлашда катта чалкашликлар юз беради, бироқ тугтилишларни кузатиш ёрдамида узунламаларни топишда ҳам [амал] шунга ўхшаш [чалкашликлардан] холи эмас. Шунинг учун у [шаҳарлар] бирининг [координатларини] бошқасиники билан [солиштириб] текшириш керак.

(287)// Мана шу [шаҳар] мисол учун Нишопур бўлсин. Айтадиларки, Мансур ибн Талха ат-Тоҳирий унинг кенгламасини ўлчаб $36^{\circ}10'$ топган. Абу-л-Аббос ибн Ҳамдуннинг⁷³⁰ хикоя қилишича, у Бағдод билан Нишопур орасидаги [узунлама] айирмасини бир неча тугтилишларни кузатиш ёрдамида [ўлчаб] $12^{\circ}30'$ топган.

Ўйлайманки, бу Муҳаммад ибн Али ал-Маккийнинг «Осмон ва Ернинг думалоклиги ҳақида» [деган] китобида эслатилган. Кўпчилик астрономлар ана шу [координатларга] таянадилар.

Бану Мусо ибн Шокирнинг кузатишларида топилган натижалар ҳақида [айтилишича], улар бир тугтилишни Сурраманрао ва Нишопурда кузатган ва бунда улар орасидаги [узунлама] айирмаси ўн даража топилган. Сурраманрао эса Бағдоддан ғарброкдадир. Демак, у билан Нишопур орасидаги [узунлама] айирмаси кам бўлиши керак.

Шунингдек, Мансур ибн Талха ҳақида ҳикоя қилинишича, у ўша айирмани юкорида Абу-л-Аббос ибн Ҳамдун ҳақида айтилгандагига тенг. Шунчалик шубҳа ва чалкашликлар мавжуд бўлган бир пайтда, агар бу [охирги] кузатиш Мансур ёки бошқасининг китобида бирма-бир [анъанавий тарзда] ёзиб борилганида эди, бу шубҳани орттирувчи ҳикоялардан кўра ишончлироқ бўлар эди.

Кузатишнинг [натижалари ишончли] бўлишининг шартларидан [бири] шуки, кузатувчи амалининг ишончли йўлда бўлиши керак, чунки узунламани [аниклаш] иши, биз юкорида эслатганимиздек, машаққатлидир. Сўнгра ҳосил бўлган натижасига хотиржам [қараб], бундаги амалини тўлиқ ёзиши ва унинг бирор жиҳатини сир тутмаслиги керак. Чунки бу [кузатувчи ўз амалига ишонмаслигини кўрсатувчи] энг кучли шубҳадир. (288)/ Яна ўша [шартлардан бири], маълум шаҳар билан уни ўровчи атрофдаги шаҳарлар орасидаги масофаларнинг далолат беришидир.

Балки Мансур ибн Талха ўзининг имкониятига қараб, бу [узунламани] ўлчаш билан эмас, ҳисоблаш билан аниқлагандир, чунки бу унга ёриткичлар эфемеридаларини⁷³¹ тузиш учун керак эди – у эса илми нужумга зўр иштиёк билан берилган эди, (262)// – ҳисоблаш [натижаларини] эса кузатишларга нисбат берди. Нишопур [узунламаси] ҳақида бундан бошқа кузатувчиларнинг ишонарли маълумоти менга етиб келмади.

Мансур [ибн Талҳанинг] фазилатлари кўплигига қарамай, математик [фанларга] нисбатан, табиёт ва аҳкоми нужумда қадами саботлироқдир. Астрономияда эса у кучсиз, шунинг учун у [қадимгиларга] тақлид қилади. Шундай бўлса ҳам у [бошқаларга нисбатан] ишончлироқдир.

Аммо масофаларга келсак, улар [узунламалар айирмасига] далолат бера олмайди. Хусусан, бир ҳикоя бу билан боғлиқ бўлиб, у ўздан ишончли йўкотади. Бу ҳикояда айтилишича, «Макка билан Нишопур орасидаги [узунлама] айирмаси $20^{\circ}30'$, Нишопур билан Балх ораси эса – 10° топилган». Аммо Нишопурнинг Маккадан узоқлиги билан унинг Бағдоддан мазкур узоқлиги [солиштирилса], Макка билан Бағдод орасидаги узунлама айирмаси 8° эканлиги маълум бўлади. Маълумки, улар орасидаги масофа милларда – 712 эканлигидан бу айирма кичикдир. Ҳабаш [ал-Ҳосиб] «Масофалар ва [самовий] жисмлар ҳақида» китобида эслатишича, ал-Маъмун уни Ой тутилиши ёрдамида ўлчаган ва $3^{\circ}0'$ топган. Демак, бу биринчи ҳикоядаги ҳолат бўлиши мумкин эмас.

(289)/ Шунингдек, Балх билан Нишопур орасидаги масофа Бағшур⁷³² у ва Марварруд⁷³³ [орқали] ўтадиган йўлда саксон фарсахга яқин. Бу масофани қандай олинмасин, қайси параллелга қўйилмасин, Ернинг маъмур [қисмининг] қайси жойида ўлчанмасин, қандай тарзда ишлатилмасин, [барибир] юкоридагиларнинг [ҳикоясида] эслатилгандан кам бўлади, фақат агар

уларнинг узунлама даражалари кискарадиган Кутб зенити остидаги жойларга узоқлаштирилмаса.

(263)// Агар, биз Нишопур ва Рай орасидаги узунлама айирмасини, масофанинг олтидан бирига ёки бошқа [микдорга] тўғриламасдан бир юз ўттиз беш фарсах деб ҳисобласак, $-7^{\circ}18'13''$ бўлади. Ишонч билан айтаманки, шунга кўра Нишопурнинг узунламаси, агар Райнинг узунламасини 85° деб қабул қилсак, у ернинг мунажжимлари ҳисобига яқин бўлади. Лекин биз айтганимиздек, масофа буни рад этади.

Агар энди биз Нишопур билан Балх орасидаги масофани қарийб саккиздан бирга тўғрилаб, етмиш фарсах деб улар орасидаги узунлама айирмасига қайтсак, буни $4^{\circ}33'32''$ топамиз. Нишопурнинг узунламаси шунда, Балхнинг узунламасига кўра, $-86^{\circ}26'28''$ бўлади. Агар Нишопурнинг узунламасини Журжон орқали ҳисоблаб, бунда улар иккиси билан ал-Журжония учбурчак бурчакларининг [учларида] десак ва Журжон билан Нишопур орасидаги ўндан бирига тўғриланган масофа фарсахлари 78, ал-Журжония билан Нишопур орасидаги олтидан бирига тўғриланган масофа фарсахлари -108 деб аниқласак, Журжон билан Нишопур орасидаги узунлама айирмаси $-4^{\circ}31'56''$, (290)/ Нишопурнинг узунламасини эса $-84^{\circ}45'57''$ деб топамиз.

Агар буни ал-Журжония орқали ҳисоблаб, бу билан Нишопур ва Балх учбурчак бурчакларининг [учларида] десак, ал-Журжония билан Нишопур орасидаги узунламани $-1^{\circ}56'58''$ ва Нишопурнинг узунламасини, шунга асосан $-85^{\circ}57'52''$ деб топамиз. Ҳамма ҳолларда ҳам бу [нишопурлик мунажжимлар] ишлатадигандан ортик бўлиб чиқаяпти. Сўнгра учта шаҳарнинг [координатлари] кўлланиладиган бу амалларда Нишопурнинг кенгламаси бу ҳақда биз [юқорида] эслатган микдордан кўп бўлиб чиқади. Шунинг учун биз энди жануб тарафга оғайлик ва мақсадимизни [амалга ошириш учун] бошқа азимут танлайлик.

БАҒДОД ВА ШЕРОЗ ОРАСИДАГИ УЗУНЛАМА АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Булар орасидаги масофага келсак – у бир юз етмиш фарсах бўлиб, бунинг кўп [қисми] текисликдир. Шунинг учун буни тўққизга кўпайтириб, кўпайтмани ўнга бўлиш билан унинг ўндан бирини ташлайлик. Шунда (264)// 153 чиқади, бунинг миллари -459 , даражалари $-8^{\circ}6'0''$ бўлади. Бунинг ватарлари $-8^{\circ}28'32''$, бунинг квадрати $-71^{\circ}50'6''9'''4^{IV}$ чиқади.

Шерознинг кенгламасига келсак, уни Ибн ас-Сўфий⁷³⁴ топганига кўра, у $-29^{\circ}36'$. Бу билан Бағдод кенгламаси орасидаги айирма $-3^{\circ}49'$, бунинг ватарлари $-3^{\circ}59'46''$, ватарнинг квадрати $-15^{\circ}58'8''3'''16^{IV}$, (291)/ иккала квадрат айирмаси $-55^{\circ}51'58''5'''48^{IV}$ бўлади. Буни Бағдод кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз. $2797^{\circ}50'17''44'''44^{IV}13^{\vee}36^{VI}$ ҳосил бўлади. Буни Шероз кенгламаси тўлдирувчисининг синусига, яъни $-52^{\circ}10'10''$ га

бўламиз, $55^{\circ}51'58''5'''48''''$ чикади. Бунинг илдизи – $7^{\circ}28'27''$ бўлади. Илдизни тўлиқ синусга кўпайтирамиз, – $448^{\circ}27'0''$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани Бағдод кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, – $8^{\circ}57'16''$ чикади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – $8^{\circ}33'32''$ бўлиб, у – иккала шаҳар узунламалари айирмасидир. Бу эса нишопурлик мунажжимлар ишлатадиган миқдорга, яъни $9^{\circ}0'$ га яқиндир. Демак, бу ҳолда Шерознинг узунламаси – $78^{\circ}33'32''$ бўлади⁷³⁵.

ШЕРОЗ БИЛАН СИЖИСТОННИНГ БОШ ШАҲРИ – ЗАРАНЖ⁷³⁶ ОРАСИДАГИ УЗУНЛАМА АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Аммо Заранжнинг кенгламасига келсак, бизгача келган хабарга кўра, уни Абу-л-Ҳасан Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Сулаймон⁷³⁷ диаметри йигирма газ бўлган доира квадранти билан ўлчаб, $(265)''$ – $30^{\circ}52'$ топган. У ердаги бошқа мунажжимлар [одатда] 31° дан фойдаланадилар, чунки уларнинг асбоблари минутларни ихота қилишга ожиздир.

(292)/ Шероз билан Кермондаги Сиржон⁷³⁸ орасидаги масофа – 78 [фарсах], бундан сахро бошланишигача – 47 [фарсах] ва бу ердан Сижистонгача – 70 [фарсах]. [Бу] фарсахлар йигиндиси – 195. Йўлнинг ҳаммаси эгри бўлмагани учун уни олтига кўпайтириб, кўпайтмани еттига бўлиш билан еттидан бирига тўғрилаймиз, шунда 168 фарсах чикади. Бунинг миллари – 504, даражалари – $8^{\circ}53'39''$ ва ватарни – $9^{\circ}18'16''$ бўлади, ватарнинг квадрати – $86^{\circ}34'21''40'''16''''$.

Шероз билан Заранжнинг кенгламалари айирмаси – $1^{\circ}16'0''$, бунинг ватарни – $1^{\circ}19'35''$, ватарнинг квадрати – $1^{\circ}45'33''30'''25''''$ бўлади. Иккала квадрат айирмаси – $84^{\circ}48'48''9'''51''''$, буни Сижистон [бош шаҳри] кенгламаси тўлдирувчисининг синусига, яъни $51^{\circ}30'6''$ га кўпайтирамиз, кўпайтма – $4368^{\circ}1'49''20'''5''''29''''6''''$ бўлади. Буни Шероз кенгламасининг тўлдирувчисига бўламиз, бўлинма – $83^{\circ}43'39''54'''42''''$ бўлади. Бўлинманинг илдизи – $9^{\circ}9'1''$ бўлади, буни тўлиқ синусга кўпайтирамиз, – $549^{\circ}1'0''$ ҳосил бўлади. Буни Сижистон [бош шаҳри] кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, бўлинма – $10^{\circ}39'37''$ бўлади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – $10^{\circ}11'36''$ – иккала шаҳар орасидаги узунлама айирмасидир. Демак, Сижистоннинг [бош шаҳри Заранжнинг] узунламаси – $88^{\circ}45'8''$ бўлади. Эҳтиёт учун бунинг касрини [бутунга] тўлдирамиз ва Сижистон [бош шаҳрининг] узунламасини $89^{\circ}0'$ деб оламиз. Бу эса Балх билан узунламада рўпараликка, [яъни бир меридианда туришга] яқиндир. Шунинг учун Сижистон [шаҳрини] Балхга қиёс қилиб, «Нимрўз» [кундуз ярми] деб аталган эди, чунки [Балх Эроннинг] Каёний подшоҳларининг⁷³⁹ қароргоҳи ва уларнинг мажусий динининг бошланган жойи бўлган.

(266)// Агар Нишопур билан Сижистон (шаҳри)нинг узунламалари айирмасини улар орасидаги масофа Кўҳистон⁷⁴⁰ йўлидан 120 фарсах деб ҳисобласак, $4^{\circ}12'16''$ топамиз. Шунга кўра, Нишопурнинг узунламаси – $84^{\circ}46'44''$

бўлади, шу сабабли Нишопур узунламасини 85° деб олишга мойилроқ бўламиз⁷⁴¹. Лекин бизнинг изланишларимизда бунга эҳтиёжимиз тушмаса ҳам, бу ҳақда баҳс юритиш [бизга] зарар келтирмади. Яна ўз мақсадимизга қайтайлик.

(293)/ БАЛХ ВА ҒАЗНА УЗУНЛАМАЛАРИ АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Мен ҳижрий тўрт юз ўнинчи йили⁷⁴² Ғазнада диаметри тўққиз газ ва айланаси даража минутларига бўлинган доира квадранти ёрдамида Қуёшнинг энг катта баландлигини $80^{\circ}0'$ деб топдим. Шу сана эслатилган йили Ғазнада [Қуёшнинг] энг кичик баландлигини $32^{\circ}50'$ деб топдим. Иккала [баландлик] айирмасининг ярми – $23^{\circ}35'$, бу – энг катта оғишдир. Шунга асосан Ғазнанинг кенгламаси – $33^{\circ}35'$, Балх кенгламасининг бундан ортиқлиги – $3^{\circ}6'36''$. Бунинг ватари – $3^{\circ}15'23''$, ватарнинг квадрати – $10^{\circ}36'14''38'''49^{IV}$.

Иккала шаҳар орасидаги масофа – саксон фарсах; бунинг бешдан бирини айирайлик – 64 [фарсах] қолади. Бунинг миллари – 192, даражалари – $3^{\circ}23'18''$, бунинг ватари – $3^{\circ}32'52''$, ватарнинг квадрати – $12^{\circ}35'12''13'''4^{IV}$ бўлади.

Иккала квадрат айирмаси – $1^{\circ}58'57''34'''15^{IV}$ бўлади. Буни Ғазна кенгламаси тўлдирувчисининг синусига, яъни $49^{\circ}59'5''$ га кўпайтирамиз, – $99^{\circ}6'9''29'''43^{IV}36^{VI}15^{VI}$ ҳосил бўлади.

Кўпайтмани Балх кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, $2^{\circ}3'35''37'''4^{IV}$ чиқади; (294)/ бунинг илдизи – $1^{\circ}26'4''$. Илдизни тўлиқ синусга кўпайтирамиз – $86^{\circ}4'0''$ ҳосил бўлади. (267)// Кўпайтмани Ғазна⁷⁴³ кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, – $1^{\circ}43'21''$ чиқади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – $1^{\circ}38'42''$ – Ғазна билан Балх орасидаги узунлама айирмасидир. Демак, Ғазнанинг узунламаси – $92^{\circ}38'42''$ бўлади. Бунинг касрини [бутунга] тўлдириб, узунламани $93^{\circ}0'$ қилиб оламиз, токи унга ҳар томонлама ишончимиз комил бўлсин⁷⁴⁴. Чунки Балх билан Ғазна орасидаги масофа аниқланмаган ва ҳақиқий миқдори [маълум] эмас. Нега [десангиз] у йўл баланд [тоғларнинг] ёнбағирларидан ўтган бўлиб, улардан шимол тарафга йўналишда Жайхуннинг ирмоқлари ҳамда Тохаристон ва Хуросоннинг дарёлари оқади, жанубга эса Рухҳаж⁷⁴⁵ ва Зобулистоннинг сойлари ва баъзи ҳинд дарёлари оқади.

Энди мақсадимиздаги [нишонни] «тутиш»⁷⁴⁶ учун Сижистон тарафидан четланайлик, чунки у билан Ғазна оралиғи деярли силлиқ текисликдир.

БЎСТ⁷⁴⁷ ВА СИЖИСТОН [ШАҲРИ]⁷⁴⁸ УЗУНЛАМАЛАРИ АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Бўстнинг кенгламасига келсак, мен унинг аҳолиси $31^{\circ}10'$ [миқдордан] фойдаланганликларини кўрдим. Лекин бу фаслдан кейин келувчи амаллар буни тасдиқламайди.

Мен Ғазнада бир (268)// тери дафтарга [ёзилган] зижни топдим, унда Диоклетиан йиллари⁷⁴⁹ қўлланилган эди. Унинг охирида баъзи «тиришқоқ» (295)/ [ўқувчиларнинг] эслатмалари, ҳазил [сўзлари]; хижрий тўксонинчи ва юзинчи йиллар⁷⁵⁰ орасидаги сонларда кўрсатилган мовлудлар⁷⁵¹ ва Қуёш тутилишлари бор эди. Ўша қўлнинг айнан ўзи билан Бўстнинг кенгламаси $32^{\circ}0'$ ва ўша ерда Жадий⁷⁵² [буржнинг боши] кузатилиб, унинг баландлиги $34^{\circ}10'$ топилгани ёзилган эди⁷⁵³.

Шу [нарсаларнинг] моҳиятидан маълум бўладики, агар [Қуёшнинг] энг кичик кузатилган баландлиги ўша топилган миқдордек бўлса, унда фойдаланилган энг катта оғиш Птолемейдаги [миқдорда] бўлган⁷⁵⁴. Кенглама эса [юкорида] эслатилганидек, оғиш [миқдоридан] бир минутни айириш билан ҳосил қилинган.

Агар биз ўша баландлик ва энг катта оғиш билан амал тутиб, оғишни топганимиздек, $23^{\circ}35'$ деб, улар иккисини қўшсак, йиғинди $57^{\circ}45'$ – Бўстнинг кенгламасининг тўлдирувчиси бўлади. Демак, унинг кенгламаси – $32^{\circ}15'$. Бу [миқдор] Бўстнинг аҳолиси асосланган миқдордан дурустроқдир. Бундан кейин келадиган амаллар буни тасдиқлайди.

Баъзиларнинг фикрича, мен [хамма] нарсдан нафратланадиган ва [сабабсиз] ёпишаверадиган, инсофсиз кишига ўхшайман. Мен мазкур атиқа зижга⁷⁵⁵ асосланганимда, улар мен ҳақимда [ўз вақтида] баъзилар Птолемейнинг «Тўрт мақола»⁷⁵⁶ номли китобида келтирган ҳукмлари ва бу [ҳақдаги] хикоялари ҳамда бу ҳукмларни у моғорлаган [эски] бир нусхада топганини ва унда бу [ҳукмлардан] бошқа ҳеч нарса қолмаганини айтганини тасаввур қилганларидек тасаввур қилсалар керак. Лекин мен эслатган зиж [ҳозир] сақланган: у «Осмон жосуси» лақабли Али ибн Муҳаммад Вишгардийнинг⁷⁵⁷ кўлида.

(269)// Энди ўз амалимизга қайтамыз (296)/ ва айтамызки, Бўст билан Сижистон кенгламаларининг айирмаси – $1^{\circ}23'$, бунинг ватари – $1^{\circ}26'55''$, бунинг квадрати – $2^{\circ}5'54''30'''25''''$ ^{IV}. Улар орасидаги масофа олтамиш фарсахга [тенг]. Бундан олтидан бир айирилса – эллик [фарсах] бўлади; миллари – 150, даражалари – $2^{\circ}38'49''$, бунинг ватари – $2^{\circ}46'19''$, ватарнинг квадрати – $7^{\circ}41'1''14'''1''''$ ^{IV} бўлади.

Иккала квадрат айирмаси – $5^{\circ}35'6''43'''36''''$ ^{IV}. Буни Сижистон [шаҳри] кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, – $287^{\circ}38'49''56'''4''''21^{\circ}36''''$ ^{VI} ҳосил бўлади. Буни Бўст кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламыз, $5^{\circ}40'7''5'''59''''$ ^{IV} чиқади. Бўлинманинг илдизи – $2^{\circ}22'51''$ ни тўлиқ синусга кўпайтирамиз. Кўпайтма – $142^{\circ}51'0''$ ни Сижистон кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламыз. Бўлинмада $2^{\circ}46'25''$ чиқади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – $2^{\circ}37'30''$.

Демак, шунга асосан Бўстнинг узунламаси – $91^{\circ}37'30''$ бўлади⁷⁵⁸.

БЎСТ ВА ҒАЗНА УЗУНЛАМАЛАРИ АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Улар кенгламаларининг айирмаси – $1^{\circ}20'$, бунинг ватари – $1^{\circ}23'46''$, ватарнинг квадрати – $1^{\circ}56'56''51'''16^{IV}$ та [тенг].

Улар орасидаги масофа – 80 [фарсах], агар олтидан бири айирилса – 66, миллари – 198, даражалари – $3^{\circ}9'39''$, бунинг ватари – $3^{\circ}18'38''$, ватарнинг квадрати – $10^{\circ}57'35''12'''4^{IV}$ бўлади.

Иккала квадрат айирмаси – $9^{\circ}0'38''20'''48^{IV}$. (297)/ Буни Бўст кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, кўпайтма $457^{\circ}13'58''54'''1^{IV}36^V$ бўлади. Буни (270)// Ғазна кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, – $9^{\circ}8'50''50'''11^{IV}$ чиқади. Бўлинманинг илдизи – $3^{\circ}1'28''$. Буни тўлик синусга кўпайтирамиз, кўпайтма – $181^{\circ}28'0''$ бўлади. Уни Бўст кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, $3^{\circ}33'34''$ чиқади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи $3^{\circ}24'56''$ – ўша иккала [шаҳар] узунламаларининг айирмасидир. Шунга асосан Ғазнанинг узунламаси – $95^{\circ}2'26'''759$.

Буни ҳар тарафлама текшириш керак, токи амал битта миқдорда барқарор бўлсин.

ҒАЗНА БИЛАН СИЖИСТОН [ШАҲРИ] УЗУНЛАМАЛАРИ АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Уларнинг кенгламаларининг айирмаси – $2^{\circ}43'$, бунинг ватари – $2^{\circ}50'41''$, бунинг квадрати – $8^{\circ}5'32''48'''1^{IV}$.

Улар орасидаги масофа – 120 [фарсах], олтидан бири айирилганидан кейин – 100. Бунинг миллари – 300, даражалари – $5^{\circ}17'39''$, бунинг ватари – $5^{\circ}32'32''$, ватарнинг квадрати – $3^{\circ}42'58''25'''4^{IV}$ бўлади.

Иккала квадратнинг айирмаси – $22^{\circ}37'25''37'''3^{IV}$, буни Сижистон [шаҳри] кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, кўпайтма $1165^{\circ}9'45''2'''38^{IV}12^V18^{VI}$ бўлади. Буни Ғазна кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, бундан (298)/ $23^{\circ}18'37''20'''32^{IV}$ чиқади, унинг илдизи – $4^{\circ}49'41''$ бўлади. Буни Сижистон кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, бўлинмада $5^{\circ}37'29''$ чиқади. (271)// Бу шундай ватарки, унинг ёйи $5^{\circ}22'24''$ – иккала шаҳар узунламаларининг айирмасидир.

Демак, Ғазнанинг узунламаси – $94^{\circ}22'24''$ бўлади.

Бу – кейин биз асосланадиган [миқдордир], чунки у биз Балхга қиёсан топган энг кичик миқдор билан Бўстга қиёсан топилган энг катта миқдор орасидаги ўртача [миқдорга] яқиндир. Бундан кейин келувчи тесқари амал эса бунга гувоҳлик берувчи унга яқин [миқдорни] беради⁷⁶⁰.

Бирор усулдаги амал билан унинг аксида топилган [миқдорлар] орасидаги ихтилофларга [асосий] сабаб масофалар ҳақида хабар берувчиларнинг [хабарларидаги] фарқ, улар орасидаги масофани тўғрилиқдан узоқлаштирувчи

эгриликнинг кўплиги ва синуслар, ватарларни ҳисоблаш [амали] узунлашганида ҳамда иррационал илдизлардан ҳосил бўладиган хатоликлардан таркиб топган фарқлардир.

Сижистон, Бўст ва Ғазнанинг кенгламалари кузатилган бўлгани учун энди Бўстни Сижистон билан Ғазна орасига қўйиб, унинг узунлама ва кенгламасини номаълум ва масофасини маълум деб, юқорида Сижистон учун қўллаган усулимиз билан унинг узунлама ва кенгламасини аниқлайлик. Бу билан амалимиз имтиҳон қилинади ва ҳисобимиз текширилади.

(299)/ ҒАЗНА ВА СИЖИСТОННИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАЛАРИГА КўРА БўСТНИНГ УЗУНЛАМА ВА КЕНГЛАМАСИНИ АНИҚЛАШ

Бунинг учун Ғазна кенгламаси тўлдирувчисининг синусини $5^{\circ}37'7''$ га, яъни Ғазна билан Сижистон узунламаларининг айирмаси – $5^{\circ}22'24''$ нинг синусига кўпайтирамиз, $280^{\circ}50'40''58'''35^{IV}$ ҳосил бўлади. Буни улар иккиси орасидаги масофа [даражалари] – $5^{\circ}17'39''$ нинг синуси – $5^{\circ}32'10''$ га бўламиз, $50^{\circ}43'47''$ чиқади. Буни Бўст билан Сижистон орасидаги масофа [даражалари] – $(272)/2^{\circ}38'49''$ нинг синуси – $2^{\circ}46'15''$ га кўпайтирамиз, $140^{\circ}33'48''58'''45^{IV}$ ҳосил бўлади, бу – биринчи ёдда сақланувчи. Уни тўлиқ синусга бўламиз, $2^{\circ}20'34''$ чиқади. Бунинг ёйи – $2^{\circ}14'15''$, ёйнинг тўлдирувчиси – $87^{\circ}45'45''$, бунинг синуси $59^{\circ}57'15''$ – иккинчи ёдда сақланувчидир.

Сўнгра Бўст билан Сижистон орасидаги масофа тўлдирувчиси – $87^{\circ}21'11''$ нинг синуси $59^{\circ}56'7''$ ни тўлиқ синусга кўпайтирамиз, $3596^{\circ}7'0''$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани иккинчи ёдда сақланувчига бўламиз, $59^{\circ}58'51''$ ҳосил бўлади. Бунинг ёйи – $88^{\circ}33'25''$, ёйнинг тўлдирувчиси $1^{\circ}26'35''$.

Бу тўлдирувчи билан Сижистон кенгламасининг тўлдирувчиси орасидаги айирма – $57^{\circ}41'25''$. Шу айирманинг тўлдирувчиси – $32^{\circ}18'35''$, бунинг синуси – $32^{\circ}14'11''$. Буни иккинчи ёдда сақланувчига кўпайтирамиз, $1932^{\circ}42'20''59'''45^{IV}$ ҳосил бўлади. (300)/ Кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз, $32^{\circ}12'42''$ чиқади. Бунинг ёйи $32^{\circ}28'13''$ – Бўстнинг кенгламасидир. У [ёриткичларни] кузатишдан топилган [миқдордан] катта фарқ қилмайди.

Бу кенгламанинг тўлдирувчиси – $57^{\circ}31'47''$, унинг синуси – $50^{\circ}37'13''$. Биринчи ёдда сақланувчини шунга бўламиз, $2^{\circ}46'37''$ чиқади. Бўлинманинг ёйи – $2^{\circ}39'10''$ – Бўст билан Сижистон узунламаларининг айирмасидир. Демак, Бўстнинг узунламаси – $91^{\circ}39'10''$. Бу билан биз биргина Сижистон тарафидан топган [миқдор] орасидаги айирма қарийб икки минутдан фарқ қилмайди. Бу икки [миқдор] орасидаги ўртача [миқдор] – $91^{\circ}38'$. Бўстнинг узунламасини ишлатишда, агар унга эҳтиёж тушса, худо хоҳласа, унинг шу [миқдориغا] асосланамиз⁷⁶¹.

[Китобнинг] биз келган бу жойи, биз шуғулланаётган нарса учун чегара бўлиб, фойда келтиришни хоҳлаган киши шу ерда тўхташи мумкин бўлса

ҳам, лекин биз бундай чегарадан ўтишимиз керак ва [меҳнатимиз] самараларини турар жой аҳолиси учун умумлаштиришимиз керак. Чунки бу [ки-тобни] ёзишдан [мақсадимиз] у жойларнинг узунлама ва кенгламасини аниқлаштириш эди. Фойдалилигида умумий бўлган ўша самара – қибла азимутини аниқлаш бўлсин⁷⁶².

Юқорида бу [хусусда] қабул қилишга яқин бўлган ва [керакли натижани] қамраши осон бўлган [амал] ўтган (273)// бўлиб, у биздан олдин ўтган шу санъат арбобларининг [амали] эди. Кимки буни кенгроқ билишни истаса, маълум бўлсинки, [у бундай бўлади].

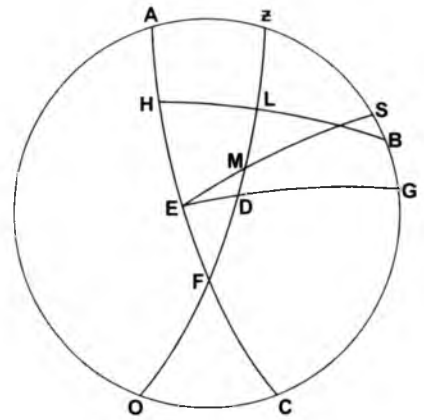
Агар, биз қибла азимутини [топишни] истасак шаҳримиз кенгламаси тўлдирувчисининг синусини у билан Макка узунламалари айирмасининг синусига кўпайтирамиз. Кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз, «перпендикулярнинг» синуси (301)/ чиқади. Бунинг ёйи ва ёй тўлдирувчисининг синусини оламиз. Сўнгра шаҳримиз кенгламаси тўлдирувчисининг синусига тўлиқ синуснинг кўпайтмасини шу синусга бўламиз. Ҳосил бўлган синуснинг ёйини оламиз ва шу ёй билан Макка кенгламасининг айирмасини оламиз. Кейин шу айирма тўлдирувчисининг синусини «перпендикуляр»нинг тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз ва кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз. Ҳосил бўлган синуснинг ёйини олиб, у ёй тўлдирувчисининг синусини оламиз. Сўнгра Макка кенгламаси тўлдирувчисининг синуси билан иккала шаҳар узунламалар айирмаси синусининг кўпайтмасини шу синусга бўламиз. Шунда азимутнинг шаҳримиз меридианидан масофасининг синуси чиқади. Намоз ўқиётганимизда Макка шаҳримиздан шарқ ё гарбдами эканлигига қараб шаҳримиз меридианидан ўша тарафга ана шу [азимут] миқдорича буриламиз⁷⁶³.

Бунга Ғазна шаҳри мисол бўлсин: гарбдан унинг узунламаси – $94^{\circ}22'24''$, шимолда унинг кенгламаси – $33^{\circ}35'$, кенгламасининг тўлдирувчиси – $56^{\circ}25'$, у билан Макка узунламасининг айирмаси – $26^{\circ}22'24''$. Ғазна кенгламаси тўлдирувчисининг синуси – $49^{\circ}59'5''$ ни иккала узунлама айирмасининг синуси – $27^{\circ}35'14''$ га кўпайтирамиз; кўпайтма $1378^{\circ}56'22''42'''10^{IV}$ бўлади. Уни тўлиқ синусга бўламиз, $22^{\circ}58'56''$ чиқади, бу – «перпендикуляр»нинг синуси. Бунинг ёйи – $22^{\circ}31'19''$, ёйининг тўлдирувчиси – $67^{\circ}28'41''$, бунинг синуси – $55^{\circ}25'26''$. Ушбу [миқдор] – «перпендикуляр» тўлдирувчисининг синусидир.

Ғазна кенгламаси (302)/ синуси – $33^{\circ}11'20''$ нинг тўлиқ синусга кўпайтмаси $1991^{\circ}20'0''$ дир. Буни «перпендикуляр» тўлдирувчисининг синусига тақсим қиламиз, $35^{\circ}55'44''$ чиқади. Бунинг ёйи – $36^{\circ}46'48''$. Шу ёй билан Макка кенгламаси орасидаги айирма – $15^{\circ}6'48''$. Шу айирманинг тўлдирувчиси – $74^{\circ}53'12''$ дир. (274)// Бунинг синуси – $57^{\circ}55'29''$. Уни «перпендикуляр» тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, $3210^{\circ}24'48''7'''34^{IV}$ ҳосил бўлади. Буни тўлиқ синусга бўламиз, $53^{\circ}30'25''$ чиқади, бунинг ёйи $63^{\circ}5'54''$, ёйининг тўлдирувчиси – $26^{\circ}54'6''$. Тўлдирувчининг синуси – $78^{\circ}8'51''$ дир. Макка кенг-

ламаси тўлдирувчиси синусининг иккала узунлама айирмасининг синусига кўпайтмаси – $1538^{\circ}17'11''24'''6^{IV}$ ни шу синусга бўламиз, $56^{\circ}39'50''$ чиқади. Бунинг ёйи – $70^{\circ}48'15''$ бўлади. Ана шу [ёй] – Ғазна қибласининг уфқ доирасида, унинг ҳақиқий жануб нуктасидан азимут масофасидир⁷⁶⁴.

Бунинг исботи: Агар Ғазна уфқини ABC деб, бунинг кутби – E , унинг меридианини – AEC – бунинг кутби – B гарбийдир, чунки Макка ундан ғарбда – ва BH ни F кутбида осмон экватори дейлик*.



65-шакл

Макканинг меридиани FL ни чиқарайлик. Шунда HL – иккала узунлама айирмаси бўлади. LM ни Макканинг кенгламасига тенг қилиб ажратамиз, шунда M нуктаси Макка аҳолиси учун зенит бўлади. E ва M нукталари орқали катта айлана ўтказайлик, у қибла азимутини аниқлайди. Унинг уфққа етган нуктаси S бўлсин. (303)/ Бу [нукта] – қибла азимутидир. Унинг Ғазнадан жанубдаги A нуктадан узоқлиги – AS ёйи ва тенгкунликнинг ботиш [нуктасидан масофаси] – SB дир.

Макка меридианини шундай давом эттирайликки, ZMO – унинг уфқимиз тепасида ётган [қисми] бўлсин, O кутби атрофида [доирага ички чизилган] квадрат томонига тенг масофада EDG доирасини чизамиз, шунда у ZMO ва ZSO доираларнинг ҳар бирига перпендикуляр бўлади.

Ғазна кенгламаси тўлдирувчиси – FE синусининг перпендикуляр ED нинг синусига нисбати, квадрант FH синусининг HL синусига нисбати кабидир. Демак, номаълум бўлган ED «перпендикуляр» энди маълумдир. Бундан унинг тўлдирувчиси GD ҳам маълум.

DF [ёй] нинг тўлдирувчиси OF синусининг EF нинг тўлдирувчиси FC синусига нисбати, (275)// квадрант OD синусининг «перпендикуляр»нинг тўлдирувчиси DG нинг синусига нисбати кабидир. Демак, OF ёйи маълум.

LF ва DO ёйларнинг ҳар бири – доира квадрантидир. Демак, агар уларнинг умумий қисми DF ни айрилса, DL [ва унга] тенг FO қолади. Буларнинг [бири] билан Макканинг кенгламаси орасидаги айирма MD маълум бўлди. Бунинг тўлдирувчиси – MZ .

MZ синусининг шахримизда Макканинг баландлиги деб аталувчи MS нинг синусига нисбати, квадрант ZD синусининг перпендикулярнинг тўлдирувчиси GD нинг синусига нисбати кабидир. Демак, MS маълум ва унинг тўлдирувчиси ME ҳам маълум. Бу [ME] эса шахримиз билан Макка орасидаги масофадир. Унинг синусининг Макка кенгламасининг тўлдирувчиси

* 65-шаклга қаранг.

MF нинг синусига нисбати, (304)/ иккала узунлама айирмасининг миқдорича бўлган *EFM* бурчаги синусининг *FEM* бурчаги синусига нисбати кабидир. Бундан *FEM* бурчаги маълум. Лекин бу бурчакнинг синуси шу бурчакни иккита тўғри бурчакка тўлдирувчисининг синусидир, яъни *HES* нинг синуси. Бу бурчак *AS* ёйи миқдорича, бу ёй эса қибла азимутининг жануб нуқтасидан масофасидир⁷⁶⁵.

Биз исботламоқчи бўлган нарса ана шу эди.

(276)// БУНИ [ИСБОТЛАШ]НИНГ БОШҚА УСУЛИ

Агар хоҳласак, шаҳримиз билан Макка кенгламалари айирмаси тўлдирувчисининг синусини тўлиқ синусга кўпайтирамиз. Кейин кўпайтмани шаҳримиз кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, «диаметр» чиқади.

Сўнгра шаҳримиз билан Макка узунламалари айирмасининг текис ва аксланган синусларининг ҳар бирини Макка (305)// кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз ва иккала кўпайтманинги ҳар бирини алоҳида тўлиқ синусга бўламиз. Текис [синусдан] чиққан [бўлинма] шундай синуски, унинг ёйи «тенглаштирилган узунлама» деб аталади.

Аксланган [синусда] чиққанни «диаметр»дан айирамиз ва колдикни [берилган] шаҳар кенгламасининг синусига кўпайтирамиз. Кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз ва бўлинмани ёдда сақлаймиз.

Макка кенгламасининг синусини тўлиқ синусга кўпайтирамиз ва кўпайтмани шаҳримиз кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз. Бундан «ўлчам» чиқади, унинг ёрдамида азимут тарафини аниқлаймиз, бу куйидагича: агар «ўлчам» ёдда сақлангандан кичик бўлса, азимут тенгкунлик чизиғидан жанубда бўлади, агар унга тенг бўлса, [азимут] тенгкунлик чизиғининг худди ўзида бўлади; агар ундан ортиқ бўлса, азимут [тенгкунлик чизиғидан] шимолда бўлади.

Азимут миқдорини [аниқлаш] учун ёдда сақланувчи билан «ўлчам» орасидаги айирмани ўзига кўпайтирамиз, шунингдек, тенглаштирилган узунлама синусини ҳам ўзига кўпайтирамиз. Сўнгра тенглаштирилган узунлама синусининг тўлиқ синусга кўпайтмасини кўпайтмалар йиғиндисининг илдизига бўламиз. Шунда бўлинмада меридиандан азимут масофасининг синуси чиқиб, у «ўлчам»нинг кўрсатишига қараб шимол ёки жануб тарафда Макка йўналишини белгилайди ва шаҳримиздан шимол ёки жануб тарафида бўлади⁷⁶⁶.

Бунга биз узунлама ва кенгламани аниқлаган Ғазна мисол бўлсин. Унинг кенгламасининг (277)// тўлдирувчиси билан Макка кенгламасининг тўлдирувчиси орасидаги айирма – $11^{\circ}55'$ (306)/ бунинг тўлдирувчиси – $78^{\circ}5'$, бунинг синуси – $58^{\circ}42'25''$ дир. Шу синусни тўлиқ синусга кўпайтирамиз, $3522^{\circ}25'0''$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани Ғазна кенгламаси тўлдирувчисининг

синусига бўламиз, бўлинмада $70^{\circ}28'12''$ чиқади, бу «диаметр»дир. Иккала узунлама айирмасининг текис синуси – $27^{\circ}35'14''$ аксланган синуси эса – $6^{\circ}43'9''$ бўлади. Буларнинг ҳар бирини [алохида] Макка кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз. Кўпайтмалар, текис синус учун – $1538^{\circ}17'11''24'''6^{IV}$, аксланган синус учун – $374^{\circ}39'58''47'''51^{IV}$ бўлади. Уларнинг ҳар бирини тўлиқ синусга бўламиз. Шунда бўлинмада текис синусдан $25^{\circ}38'17''$ – бу тенглаштирилган узунлама синуси, аксланган синусдан $6^{\circ}14'40''$ чиқади. Бу [охирги]ни «диаметр»дан айирамиз, $64^{\circ}13'30''$ қолади. Шу қолдикни Ғазна кенгламасининг синусига кўпайтирамиз, кўпайтмада $2131^{\circ}34'29''22'''40^{IV}$ ҳосил бўлади. Буни тўлиқ синусга бўламиз, $35^{\circ}31'34''$ чиқади. Бу «ёдда сақланувчидир».

Сўнгра Макка кенгламасининг синусини тўлиқ синусга кўпайтирамиз, $1329^{\circ}8'0''$ ҳосил бўлади. Буни шаҳримиз кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, $26^{\circ}35'27''$ чиқади, бу – «ўлчам»дир.

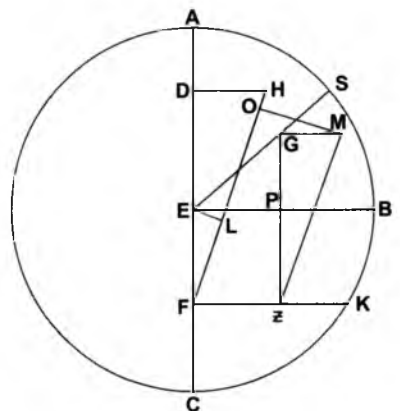
«Ўлчам» «ёдда сақланувчи»дан кичик бўлганида қибла азимути тенгкунлик чизиғидан жанубга оғади деймиз. Кейин «ўлчам»ни «ёдда сақланган»дан айирамиз, $8^{\circ}56'7''$ қолади. Буни ўзига кўпайтирамиз, $79^{\circ}50'21''4'''49^{IV}$ ҳосил бўлади.

(307)/ «Тенглаштирилган узунлама» синусини ўзига кўпайтирамиз, $657^{\circ}18'35''36'''49^{IV}$ ҳосил бўлади.

Иккала кўпайтмани қўшамиз, [йиғинди] $737^{\circ}8'56''41'''38^{IV}$ бўлади. Бунинг илдизи – $27^{\circ}9'1''$. Илдизга тенглаштирилган узунлама синусининг тўлиқ синусга кўпайтмасини бўламиз, бўлинма $56^{\circ}39'29''$ чиқади. Бунинг ёйи – $70^{\circ}47'13''$. Бу – Ғазна қибласининг жануб нуқтасидан ғарб томондаги азимут масофасидир⁷⁶⁷.

Бунинг исботи: ABC – Ғазна уфқининг доираси, AEC – уфқ, текислиги билан меридиан текислигининг кесишиш чизиғи, EB – (278)// уфқ текислиги билан осмон экваторининг кесишиш чизиғининг бир қисми, FK – уфқ текислиги билан Макка параллелининг кесишиш чизиғининг бир қисми ва [ниҳоят] HF – шу параллелнинг текислиги билан Ғазна меридиани текислигининг кесишиш чизигининг бир қисми бўлсин*.

Энди сфера сиртидан ABC текислиғига HD перпендикулярини туширамиз. Шунда HDF – Макка параллели учун кундуз учбурчаги бўлади. G нуқтаси – Ғазна уфқининг текислигига Макка «тошининг тушиш жойи»⁷⁶⁸ бўлсин. EGS чизигини ўтказайлик, намоз шу [йўналишда] ўқилади. AS – қибла азимутининг жануб нуқтасидан масофаси бўлади.



66-шакл

* 66-шаклга қаранг.

Сўнгра G нуктасида уфқ текислигига GM перпендикуляр чиқарамиз. Шунда M – сферада Макканинг аҳолиси учун зенит бўлади. GZ ни AC га параллел ўтказайлик ва M ни Z билан туташтирайлик. Шунда MGZ вақт учбурчаги бўлади. MO ни (308)/ BE га параллел ўтказайлик, MO шунда PE га тенг бўлади. Бу $[PE]$ эса $[Макка]$ параллелида, унинг ярим диаметри тўлиқ синус дейилган $[масштабда]$ иккала узунлама айирмасининг синуси бўлади. Шунингдек, HO – шу масштабда иккала узунлама айирмасининг аксланган синусидир. Агар буларни параллелнинг ярим диаметри унинг оғиши тўлдирувчисининг синуси бўлган масштабга алмаштирсак, улар иккаласи ҳам катта доиралар синусларининг қисмлари жинсидан бўлади.

Маълумки, HD – шу параллелда тушдаги баландликнинг синусидир. Демак, y – иккала кенглама айирмаси тўлдирувчисининг синуси бўлади. HD нинг HF га нисбати, Ҳазна кенгламаси тўлдирувчисининг миқдорича бўлган, HFD бурчаги синусининг тўғри бурчак HDF нинг синусига нисбати кабидир. Демак, HF – диаметр маълум. Бундан HO алмаштирилган аксланган синус маълум. Шундай қилиб, қолдиқ FO ҳам маълум. У MZ га тенг.

MZ нинг ZG га нисбати, тўғри бурчак MGZ синусининг Ҳазна кенгламаси миқдорича бўлган ZMG бурчак синусига нисбати кабидир, чунки MZG учбурчаги HFD учбурчагига ўхшаш, MZG бурчаги ўша кенглама тўлдирувчисининг миқдорича, ZMG бурчаги – унинг тўлдирувчиси эса шу кенглама миқдорининг айнан ўзидир. Демак, $[булардан]$ ZG маълум, бу эса ёдда сақланувчидир.

(279)// HF чизигига EL перпендикулярини туширайлик. EL Макка кенгламасининг синусига тенг бўлади, чунки y $[Ep]$ ўкининг сфера маркази билан Макка параллели орасидаги қисмидир.

EL нинг EF га, яъни шу параллел шарқий азимутининг (309)/ синусига нисбати Ҳазна кенгламаси тўлдирувчиси, яъни F бурчак синусининг тўлиқ синусга, яъни L бурчак синусига нисбати кабидир. Демак, EF маълум, бу – «ўлчам»дир.

«Ўлчам» билан «ёдда сақланувчи» орасидаги айирма – PG . GE нинг квадрати PG нинг квадрати билан тенглаштирилган узунламанинг синуси MO га тенг бўлган PE нинг квадрати $[йиғиндисига]$ тенг. Бундан GE маълум. GE нинг PE га нисбати, тўлиқ синус ES нинг AS ёй синусига нисбати кабидир. Бундан AS ёйи маълум. Биз истаган нарса шу эди⁷⁶⁹.

БУНИ ИСБОТЛАШНИНГ УЧИНЧИ УСУЛИ

Иккала узунлама айирмасининг текис ва аксланган синуслари билан (310)/ юқорида айтилган $[амалларни]$ қайтариб, уни токи текис синусдан тенглаштирилган узунламанинг синуси чиққунича $[давом эттирамиз]$. Аксланган $[синусдан]$ чиққанини шахримиз кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз ва кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз. Бўлинмани Мак-

ка кенгламаси билан шаҳримиз кенгламаси тўлдирувчиси йиғиндисининг аксланган синусига қўшамиз. Бундан «ўлчам» ҳосил бўлади. Агар у тўлик синусдан кичик бўлса, қибла азимути (280)// тенгкунлик чизиғидан жанубда бўлади, агар унга тенг бўлса, чизикнинг ўзида ва тўлик синусдан катта бўлса, тенгкунлик чизиғидан шимолда бўлади.

Сўнгра «ўлчам» билан тўлик синус орасидаги айирмани ўзига кўпайтирамиз, тенглаштирилган узунлама синусини ҳам ўзига кўпайтирамизда, тенглаштирилган узунлама синусига тўлик синуснинг кўпайтмасини ўз-ўзига кўпайтмалар йиғиндисининг илдизига бўламиз. Бундан меридиан чизиғидан азимут масофасининг синуси чиқади⁷⁰.

Бунга Ғазна шаҳри мисол бўлсин: иккала узунлама айирмасининг текис ва аксланган синуслари билан [юқоридагича] амалларни бажарамиз ва аввал эслатилган иккита миқдорга келамиз.

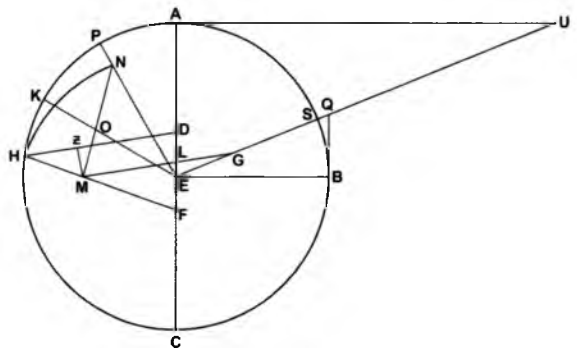
Сўнгра аксланган [синус] учун ҳосил бўлганни Ғазна кенгламасининг синусига кўпайтирамиз, (311)/ кўпайтмада $207^{\circ}14'46''13'''20^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Буни тўлик синусга бўламиз, $3^{\circ}27'15''$ чиқади.

Макка кенгламаси билан Ғазна кенглама тўлдирувчисининг йиғиндисини – $78^{\circ}5'$. Бунинг аксланган синуси – $47^{\circ}36'39''$. Буни [юқоридаги] бўлинмага кўпайтирамиз, кўпайтма – $51^{\circ}3'54''$ «ўлчам» бўлади. Бу тўлик синусдан кам бўлгани учун қибла азимути тенгкунлик чизиғидан жанубда бўлади.

«Ўлчам» билан тўлик синус айирмаси $8^{\circ}56'6''$ ни ўз-ўзига кўпайтирамиз, $79^{\circ}50'3''12'''36^{\text{IV}}$ ҳосил бўлади. Бунга тенглаштирилган узунлама синусининг ўз-ўзига кўпайтмасини қўшамиз, йиғинди $737^{\circ}8'38''49'''25^{\text{IV}}$ бўлади. Бунинг илдизи – $27^{\circ}8'41''$. Шунга тенглаштирилган узунлама синусининг тўлик синусга кўпайтмасини бўламиз, $56^{\circ}40'11''$ чиқади. Бунинг ёйи – $70^{\circ}49'16''$ – ҳақиқий жануб нуктасидан ғарб тарафда қибла азимутининг масофаси бўлади.

Бунинг исботи: *ABC* доирасига қайтайликда, у Ғазна учун уфқнинг ғарбий ярми бўлсин, *AKC*– унинг меридианининг ярми бўлсин*. *AK* ёйни Ғазна (281)// кенгламасининг тўлдирувчисига тенг қилиб, *KH* ни Макка кенгламасига тенг қилиб ажратайлик. *K* ва *E* ни туташтирайлик ва *HF* ни *KE* га параллел қилиб ҳамда *HI* ни *EK* га перпендикуляр қилиб чиқарайлик.

[Шаклдан] кўринадики, *KE* – Ғазна меридианининг текислиги билан осмон экватори текислигининг кесишиш чизиғи, *HF* – Ғазна меридианининг текислиги билан



67-шакл

* 67-шаклга қаранг.

Макка параллели текислигининг кесишган чизиғи, HI – Макка кенгламасининг синуси ва EI – унинг кенгламаси тўлдирувчисининг синусидир.

PK ёйини иккала узунлама айирмасига тенг қилиб ажратайлик. P билан E ни туташтирамиз. E марказида (312)/ EI масофа билан IN ёйини чизамиз. KE га NO перпендикулярни ўтказиб, уни ўз йўналишида, FH чизигининг M нуқтасигача давом эттирамиз.

Маълум бўладики, IN ёйи – Макка параллелига тенг доиранинг [бир қисмидир], чунки у Макка кенгламаси тўлдирувчисининг синусига тенг масофа билан чизилган. У PK ёйига ўхшаш, демак, у ўша параллелда иккала узунлама айирмасидир. NO эса ўша параллелда шу IN ёйининг синуси. Демак, бу – тенглаштирилган узунламанинг синуси.

IO – ўша параллелда иккала узунлама айирмасининг акланган синуси. Демак, у алмаштирилган [масштабдаги синус].

HM шу [IO] га тенг, лекин бу ўзининг ҳақиқий ўрнида Ғазна меридианидир.

AEC га HD ва ML перпендикулярларини туширайлик. Бу ерда HD – Ғазна кенгламасининг тўлдирувчиси AK билан Макка кенгламаси KH йиғиндисининг синусидир. AD эса шу йиғиндининг акланган синусидир. MZ ни AC га параллел чиқарайлик. Шунда HMZ учбурчаги кундуз учбурчаги HDF га ўхшаш бўлади. [Улардан], HM – алмаштирилган акланган синуснинг MZ га нисбати, тўғрибурчак HZM синусининг HMZ бурчаги, яъни Ғазна кенгламаси тўлдирувчисининг синусига нисбати кабидир. Бундан MZ маълум ва DL унга тенг. DL билан AD нинг йиғиндиси – «ўлчам» AL дир, чунки L нуқта (282)// тенгкунлик чизиғига параллел бўлган ва Макка «тошининг тушиш жойи»дан ўтадиган чизикда ётади. Агар [L нуқтаси] A ва E нуқталари орасида бўлса, (313)/ E нуқтасидан [MLG чизиғидаги] берилган нуқтага чиқарилган чизик жанубий квадрант AB га етади. Агарда [L] нуқта E дан C тарафга ўтса, ўша чизик шимолий квадрант BC га етади.

Маълумки, L нуқта билан Макка «тошининг тушиш жойи» орасидаги [қесма] – тенглаштирилган узунламанинг синусига, яъни NO га тенгдир.

Агар ML нинг йўналишида LG [чизикни] ажратсак, кейин E билан G ни туташтирсак ва [EG] ни S гача давом эттирсак, бу қибла чизиғи бўлади.

Ҳақиқатдан эса LG чизиги ML билан биргаликда тўғри бурчак ташкил қилади. Агар ярим айлана AKC ни AEC ўқ атрофида уфқнинг шарқий ярмига тушгунича айлантирсак, ML ўша чизик билан устма-уст тушади ва LG эса ML нинг давомида бўлиб қолади. GE нинг квадрати GL ва LE лар квадратларининг йиғиндисига тенг. Демак, у маълум. GE нинг GL га нисбати, тўғри бурчак GLE синусининг LEG бурчак синусига нисбати кабидир. Бу [охирги] бурчак эса AS ёйи, яъни меридиандан азимут масофаси микдоричадир. Унга кўра бу [масофа] маълум. Биз истаган нарса шу эди⁷⁷¹.

Хоҳласак, тенглаштирилган узунлама синусининг тўлик синусга кўпайтмасини «ўлчам» билан тўлик синус орасидаги айирмага бўламиз. Бундан меридиангача азимут масофасининг аксланган сояси чиқади⁷⁷².

Юқорида ўтган амал учун Ғазна мисол бўлсин, (314)/ ундаги тенглаштирилган узунлама синусининг тўлик синусга кўпайтмаси $1538^{\text{p}}17'0''$ бўлади. Буни «ўлчам»нинг тўлик синусдан камлиги – $8^{\text{p}}58'53''$ га бўламиз, $172^{\text{p}}9'50''$ чиқади. Мана шу – Ғазна кибласининг [ҳақиқий] жануб [нуктасидан] азимут масофасидир. Унинг ёйи – $70^{\circ}47'9''$ [биз истаган нарса].

Бунинг исботи. Агар биз A [нуктада $ABCK$] доирага AU уринмани ўтказсак ва ES ни ўз йўналишида U га етгунича давом эттирсак, у ҳолда AU [чизиқ] AS ёйининг аксланган сояси бўлади. «Ўлчам»нинг тўлик синусдан камлиги EL нинг тенглаштирилган узунламанинг синуси LG га нисбати, (283)// тўлик синус EA нинг [аксланган] соя AU га нисбати кабидир. Демак, AU маълум.

Агар текис [сояни ишлатишни] истасак, «ўлчам»нинг тўлик синусдан камлигини тўлик синусга кўпайтириб, кўпайтмани тенглаштирилган узунлама синусига бўламиз. Бўлинма [ҳақиқий] жануб [нуктасигача] азимут масофасининг текис сояси бўлади.

Ўтган амал учун Ғазна мисол бўлсин. Агар «ўлчам»нинг тўлик [синусдан камлигини] тўлик синусга кўпайтирсак, $536^{\text{p}}670''$ ҳосил бўлади. Буни тенглаштирилган узунлама синусига бўламиз, $20^{\text{p}}54'37''$ чиқади. Бўлинма – Ғазна [кибласининг ҳақиқий] жануб [нуктасидан] азимут масофасининг текис соясидир. Унинг ёйи – $70^{\circ}47'11''$ [биз истаган нарса]⁷⁷³.

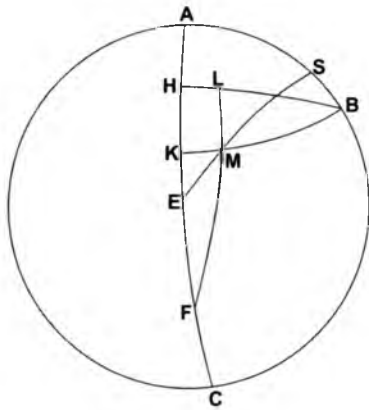
Бунинг исботининг [осонлиги] маълум. Ҳақиқатан ҳам агар B нуктада [$ABCK$] доирага уринма (315)/ ўтказсак, уринманинг шу [B нукта] билан ESU чизиқ орасида ётган [қисми] AS ёйининг текис соясидир, яъни бу BQ чизиги. BQ нинг тўлик синус BE га нисбати LE нинг GL га нисбати кабидир.

Ҳисобдонлар одатига кўра, текис сояларда бўлақларни эмас, бармоқларни ишлатилади, буларнинг бўлақларга нисбати бирнинг бешга нисбати кабидир. Демак, агар текис соянинг бешдан бир бўлагини олсак, уни ўн икки минутга кўпайтириб, бармоқларни ҳосил қиламиз; юқоридаги мисолда бу – $4^{\circ}10'55''$ ⁷⁷⁴.

(284)// Энди кибла азимутини (316)/ аниқлашнинг [юқоридаги усуллари-дан кейин] сунъий усулга⁷⁷⁵ йўл очилди. У [қуйидагича]; агар AEC – текислиги уфққа параллел бўлган доирада меридиан бўлса, AK ёйини шаҳримиз кенгламасининг тўлдирувчисига тенг деб, KH ёйни Макка кенгламасига тенг деб, KP ни иккала шаҳар узунламалари айирмасига тенг деб оламиз*. P билан E ни ва K билан E ни туташтирамиз, кейин HF ни KE га параллел қилиб ва HI ни KE га перпендикуляр қилиб чиқарамиз.

Сўнгра E марказида EI масофа билан IN ёйини чизамиз ва NO ни KE га перпендикуляр қилиб, уни ўз йўналишида M гача чиқарамиз. Кейин MLG ни AC га перпендикуляр чиқарамиз ва LG ни NO га тенг қилиб қўямиз. EG тўғри

* 67-шаклга қаранг.



68-шакл

чизикни доира айланасининг S нуктасигача чиқарамиз. Мана шу намоз [ўқиш] чизиғи бўлади.

Энди қибла азимутини зижларда қўлландиган усул билан аниқлаш амали учун биринчи шаклни қайтарамиз. Унда қатта [доиранинг] BMK ёйини чизамиз*.

Макка кенгламаси тўлдирувчиси FM нинг синусининг MK нинг синусига нисбати, квадрант FL синусининг иккала узунлама айирмаси LH синусига нисбати кабидир. Демак, MK ёйи, яъни тенглаштирилган узунлама маълумдир.

Тенглаштирилган узунлама тўлдирувчиси BM синусининг Макка кенгламаси ML нинг синусига нисбати квадрант BK синусининг тенглаштирилган кенглама деб аталувчи KH нинг синусига нисбати кабидир. Демак, KH маълум. Бундан KE , яъни KH билан берилган шаҳар кенгламаси (317)/ HE орасидаги айирма маълум. KA эса унинг тўлдирувчисидир.

Тенглаштирилган узунлама тўлдирувчиси BM синусининг Макка бандлиги MS синусига нисбати, квадрант BK синусининг айирманинг тўлдирувчиси KA нинг синусига нисбати кабидир. Демак, MS маълум. Унинг тўлдирувчиси ME – берилган шаҳар билан Макка орасидаги масофадир. Шу $[ME]$ нинг синусининг (285)// тенглаштирилган узунлама MK нинг синусига нисбати, квадрант ES синусининг SA нинг синусига, (яъни қибланинг меридиандан азимут масофаси синусига нисбати кабидир.

Мисолга қайтайлик. Юқорида [айтиб] ўтилганидек, унда тенглаштирилган узунламанинг синуси – $25^{\circ}38'17''$, бунинг ёйи – $25^{\circ}17'47''$, бунинг тўлдирувчиси – $64^{\circ}42'13''$ ва бунинг синуси – $54^{\circ}14'48''$ бўлган.

Макка кенгламасининг синусини тўлиқ синусга кўпайтирамиз, $1329^{\circ}8'0''$ ҳосил бўлади. Буни тенглаштирилган узунлама (318)/ тўлдирувчисининг синусига бўламиз, бўлинма – $24^{\circ}30'6''$ бўлади. Бунинг ёйи – $24^{\circ}6'7''$ – тенглаштирилган кенгламадир. Бу ёй билан Ғазна кенгламаси орасидаги айирма – $9^{\circ}28'53''$; бунинг тўлдирувчиси – $80^{\circ}31'7''$. Бунинг синуси $59^{\circ}10'49''$ ни тенглаштирилган узунлама тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз, кўпайтма $3210^{\circ}19'5'8''5'''12''''$ бўлади. Уни тўлиқ синусга бўламиз, $53^{\circ}30'19''$ чиқади. Бу синуснинг ёйи – $63^{\circ}5'6''$, унинг тўлдирувчиси – $26^{\circ}54'20''$ – Ғазна билан Макка орасидаги тўғри чизикли масофадир. Милларда бу масофа – $1524^{\circ}38'53''$, фарсахларда – $508^{\circ}12'58''$ [бўлади].

Тенглаштирилган узунлама синусининг тўлиқ синусга кўпайтмасини масофа синуси – $27^{\circ}9'4''$ га бўламиз, $56^{\circ}39'23''$ чиқади. (286)// Бунинг ёйи – $70^{\circ}46'56''$ – қибланинг меридиандан азимут масофасидир⁷⁷⁶.

* 68-шаклга қаранг.

[оғиш] шимолий бўлса – B тарафига, агар [оғиш] жанубий бўлса – A тарафига [қўямиз]. D ва G ни туташтирамиз, ҳамда CH ни AB га параллел қилиб ўтказамиз. AB га HF ва CK перпендикулярларни туширамиз. $[ACB]$ нинг маркази E атрофида EF масофа билан FLM ярим доирани ва KE диаметрида KLE ярим доирани чизамиз, бу [доираларнинг] иккаласи ҳам туш чизиғи AB га нисбатан бўладиган тарафида чизилади. Шунда улар иккиси кесишади – кесишиш [нуқтаси] L бўлсин. ELZ тўғри [чизикни] чиқарамиз – у меридиан чизиғи бўлади.

(321)/, (288)// Бунинг исботига келсак, уни тасаввур қилиш, кундуз ва вақт учбурчаклари масаласи ҳал қилинганидан кейин, осон кечади. [Исбот] бундай: агар доиранинг ACB ярми осмон меридианининг ярми, деб фарз қилинса, OE – унинг текислиги билан осмон экватори текислигининг кесишган чизиғи бўлади, DG эса унинг текислиги билан Қуёш параллели текислигининг кесишган чизиғи бўлади. Ўшанда DS шу параллелда кундуз учбурчагининг гипотенузаси бўлади. S бурчаги шаҳар кенгламаси тўлдирувчисининг миқдорича, ES – (322)/ шарқий азимутнинг синуси. [Шу чизиклар] ўзининг ҳақиқий ўрнида бўлмагани учун уларнинг миқдорлари ҳам ўзга жойларда ҳосил бўлди.

AC – берилган вақт учун Қуёш баландлигига тенг қилингани сабабли CK ва HF ларнинг ҳар бири – унинг синуси. KE – шу баландлик тўлдирувчисининг синуси ва у ўз ўрнида.

HFS учбурчаги ўзиникидан бошқа ҳолатдаги вақт учбурчагига тенг. FE азимут аргументи деб аталади; унинг вақт учбурчагидаги ҳолати туш чизиғига параллел бўлиб, у K нуқтасида [Қуёшнинг] берилган вақтдаги баландлик тўлдирувчисининг синуси билан туташтирилади. Шу вақтдаги [Қуёш] баландлигининг тўлдирувчиси синусининг квадрати унинг квадрати билан ўша параллелдаги кундуз ярмигача масофанинг квадрати йиғиндисига тенг. Агар K да FE га тенг чизик, E да тушгача масофа синусига тенг чизик ўтказилиб, улар иккиси C тарафида тўғри бурчак остида учрашса – шу тарафда кундуз ярмидан олдин шарқ [нуқтаси] ёки ундан кейин ғарб [нуқтаси] – шунда [азимут аргументи ва масофа синуси] ўз жойларида ҳосил бўлади.

Лекин EL [чизик] EF га тенг ва FK – туш [чизигиғача] бўлган мазкур масофага тенг; [шунинг учун] EL иккинчи тарафда K дан чиқарилган унга тенг чизикқа параллел. Демак, EL – туш чизигининг [бир қисми] ва ELZ туш чизигидир. Биз исботламоқчи бўлган нарса шу эди.

Шаҳарларнинг узунлама ва кенгламаларини аниқлаштириш ҳақида биз келтирган мана шу нарсалар қиблани (323)/ аниқлаш (289)// ва намоз вожиботларини бажаришда [меҳнатимизнинг] кўпчилик мусулмонлар учун умумий бўлган самарасидир ва у [бу ишда] кераксиз ғайрат учун узр [сўралишидан] оқлайди. Бу нарсалар [кўпроқ] Ғазна аҳлига тааллуқлидир, чунки биз унинг [ҳолатини] аниқлаштиришни мақсад қилганмиз. Сўнгра у нарсалар-

нинг [тааллукчилиги] мусулмонлардан зиммийларга ва бошқаларга ўтади. Ҳақиқатан ҳам Байт ул-Муқаддас яҳудийлар учун бизда Каъба тутган ўринни тутати. Шунинг учун агар Байт ул-Муқаддаснинг узунлама ва кенгламаси тўғри аниқланган бўлса, улар масжидларининг қибласи ҳам тўғри аниқланган бўлади.

Насронийлар учун тенгкунлик чизиғи биздаги қибла азимути ўрнида туради, чунки улар [ибодат пайтида] шарққа ўгирилган [ҳолда] турадилар. Собийлар деб маълум бўлган ҳарронийларда эса [қибла йўналиши] меридиан чизиғи бўлади.

Демак, бундан кўринадики, инсоният аксариятининг динларида [бу амалнинг] кадр-қиммати умумий, фойда ва эҳсонияти кўп. Ўйлайманки, бошқа [динлар] ҳам бундан холи эмас.

Кимки ўз шаҳрининг узунлама ва кенгламасини аниқлаган бўлса, ҳақиқатда у пешин, аср, шом [намози] вақтларини ҳамда тонг отиши вақтини, – бунда азон намози ва рўзага ўтиладиган вақтни – аниқлаган бўлади: У ҳилол кўриниш [вақтини] ҳам аниқлаган бўлади, гарчи шарият бунини ҳисобсиз, кўз билан кўришни амр қилса ҳам. Чунки Пайгамбаримиз (с.а.в) (унга Аллоҳнинг раҳмати бўлсин), айтган: «Биз [шундай] халқмизки, ёзмаймиз ҳам, ҳисобламаймиз ҳам. Ой шунча, шунча ва шунча – деб, ўнта бармоғи билан уч марта ишорат қилган. Сўнгра шунча, шунча ва шунча!», деб учинчи гал бошмалдоғини (324)/ бекитган⁷⁷⁹.

Агар диний ишлардан дунёвий ишларга ўтсак, бунинг манфаати, биз айтганимиздек, хайр (290)// излаб фалокат жойларни ташлаб кетишни мақсад қилганларга йўл танлаш [имконини] беради.

Сўнгра, юлдузшунослик санъатининг арбоблари бунга ёриткичлар эфемеридаларини⁷⁸⁰ [тузиш], «қозиклар»⁷⁸¹ асосларини аниқлашда ва бошқа юлдузларга [қараб] ҳукм чиқариш учун керак бўладиган вақтларни [аниқлашда] эҳтиёжлари тушади, чунончи, [бу вақтлар] «туғилганлар»⁷⁸², алмашиш⁷⁸³, бирлашиш⁷⁸⁴, рўпара туриш⁷⁸⁵, улар орасидаги квадратура⁷⁸⁶, квадратураларнинг яримлари⁷⁸⁷ ва бошқалардир.

Астрология санъатининг асослари бўш, ундан келиб чиқадиган [ҳулосалар] заиф, киёслари тартибсиз ва унда тахмин аниқликдан устун туради, чунки унинг мавзуи, осмоннинг ўзига нисбатан ва уфққа нисбатан жойлашишидан ёриткичлар орасида ҳосил бўладиган шакллардир. Шу мавзу тўғри бўлгандагина у [бирор] натижа беради.

Қандай қилиб ҳам у мавзу тўғри бўлсин, ахир унинг учун ҳисобланган жой номаълум бўлса ва унинг учун «бирлашишлар» ва «рўпара туришлар»нинг толиълари ҳақидаги ҳукм ҳақиқатда фойдаланиладиганга ҳилоф бўлса! Гарчи шунга қарамай, [толиълар] тўғри чикса, демак, бу санъатнинг мавзуи – астрологларнинг ҳисоби бўлиб, ёриткичларнинг ўрни ва [улар ўрнашишидаги] шакллар эмас. Мана шу [кейинги нарса], (325)/ агар астролог-

лар шундай давом этаверсалар, астрологияни ҳаштмаргнинг⁷⁸⁸ чизикларига қараб фол бокишга тенглаштириб қўйишга олиб келадик, бунга кўра бахтли, огоҳлантирувчи ва бахтсиз фол очиш мумкин бўлади.

Шунга ўхшаш [нарсалар ёриткичларни] кузатувчи ва таҳлил қилувчилар учун уларнинг «Синдҳинд» ҳисобига тақлид қилувчиларга қарши [курашларида] керак. Албатта буларни бошқа олимлар билан солиштирилганда Қуёш ва Ой тутилишларини кўз билан кўриш гувоҳлигида уларнинг сирлари фол қилинади. Шунда кўрасизки, Ой тутилишларини кўз билан кўриш вақтлари улар амалда ҳисобланганга муҳолиф бўлади. Шунга ўхшаш Қуёш тутилишларидаги вақтлар миқдори улар ҳисоблаганга [муҳолиф] бўлади, чунки улар [ҳақиқатда] бу амалнинг оғирлиги ва улканлиги сабабли унинг моҳиятидан беҳабар.

Улар учун фалокат, бутунлай фалокат бўлар эди, мабодо тутилишлар уфққа яқин [жойда] юз берса! Бу улар учун фожиали бахтсизлик бўлиб, шунда улар хатоларига узр [сўрашга] ва ёлғонларига баҳона [келтиришга] йўл топа олмайдилар⁷⁸⁹.

(291)// Хуросон ҳисобдонлари шулар аҳлидандир. Улар [тажрибада] иботлашдан узоклашиб, [«Синдҳинд»ларга] тақлид қилишга қўниқиб ва касбдан фойда [кўришни] илмдан устун қўйганларидан кейин шаҳарлар ҳақидаги [маълумотларни] биридан бошқасига кўчиришда нодонлик қилиб қолдилар. Уларнинг ҳисоблари ал-Баттонийнинг «Зижи»га асосланган бўлиб, у ар-Раққа учун тузилган, бунинг узунламаси, китобларда эслатилишича, етмиш уч даражадир. Бағдоднинг узунламаси эса юқорида эслатилганидек, етмиш билан саксон [даража] орасидаги ҳолатдир. Шунинг учун улар ўз шаҳарларининг ар-Раққадан (326)/ узоклигини Бағдодга қараганда уч даража кам олганлар. Лекин уни етти даража ортик олишлари керак эди. Демак, улар бу камлик ва ортикликнинг йиғиндисича, яъни ўн даражага хато қилганлар; бунинг вақтдаги ҳиссаси учдан икки соат бўлади. Шунга кўра улар [хато қилиб], тўрт юз ўнинчи йили жумоди ал-улода⁷⁹⁰ бўлган Ой тутилишини Ғазнада кечаси соат етти яримда бошланади, деганлар. Бунда улар Ғазнанинг ар-Раққадан узоклигини тақрибан бир [бутун] учдан бир соат деб олганлар.

Мен бу тутилишни кузатган эдим. Шунда тўлин Ой [доирасида соянинг] кертиги кўрина бошлаган пайтда, Олифта [юлдузининг]⁷⁹¹ шарқда баландлиги – 66° дан камроқ, Яман Сириусининг⁷⁹² баландлиги – 17°, Шом Сириусиники 791⁷⁹³ – 22° ва Алдабаронники⁷⁹⁴ – 63° эди, бу [баландликларнинг] ҳаммаси – Шарққа нисбатан. Шу юлдузларнинг ҳаммаси тутилиш бошланиши [кеча бошланишидан] саккиз соат ўтганидан кейин бўлишини ижоб этади.

«Очилиш» тугалиши ҳақида улар, бу ўн-у чорак соат ўтганидан кейин бўлади деганлар. Ўша вақтда кечанинг соатлари кундузнинг соатларига тенг [текис] соатлар бўлган, чунки [у пайт] Қуёш Сунбула буржининг охирида эди⁷⁹⁵. Демак, уларнинг айтишича, «очилиш» тугалиши кечадан бир

ярим-у чорак соат қолганида бўлган. [Мен] кўрганда эса олам ёришиб, юлдузлар кўринмай қолган ва Қуёш (327)/ чиқишга яқинлашган, Ой ботишга яқинлашган бўлиб, ҳатто уни тоғлар бекитган эди; Ой танасининг бир қисми ҳали тутилишда бўлиб, уни кузатиб аниқлашга имкониятим бўлмади.

Шунингдек, улар тўрт юз тўққизинчи йили зулқайда⁷⁹⁶ [ойида] бўлган Қуёш тутилишини чуқурроқ киришиб [кузата] олмадилар. Улардан эҳтиёткорроғининг айтишига қараганда, бу тутилиш Ғазна уфқининг остида бўлиб, уни кўра олмаган. Биз (292)// Қандаҳор⁷⁹⁷ билан Кобул орасидаги Ламғонга⁷⁹⁸ яқин, тоғлар билан ўралган бир водийда бу [тутилишни] кўрганимизда, Қуёш уфқдан ҳийла баланд кўтарилганидан кейингина [у тоғлар] ортидан кўрина бошлади. Шунда [Қуёш] бизга унинг тақрибан учдан бир қисми тутилган бўлиб кўринди, бу унинг [тутилишининг] «очирилиши» пайти эди.

Бу [кўра олмаганликларининг] энг катта сабаби – у [хуросонлик] кишиларнинг ар-Раққанинг Бағдодга нисбатан ўрнини билмасликлари, сўнгра Қуёш тутилиши масаласининг ўзида уларнинг нодонлигидир. Чунки улар шундай диққатталаб масалага гализлик билан қараганлар ва унинг бутун аҳамияти ва кадр-қимматини камситганлар.

Шунга ўхшаш [ҳоллар] учун Гален китоб ёзиб айтадики, фозил табиб [киши] файласуф ҳам бўлиши, яъни ҳикматни [донолик] севиши⁷⁹⁹, уни излаши керак. Фалсафа⁸⁰⁰, яъни ҳикмат, юнонларда жамийий мавжудотдаги мавжуд барча нарсанинг ҳақиқатини билишдан иборат. Агар инсон изловчан ва аниқликни талаб қилувчи бўлса, илм тармоқларидан бирор тармоқнинг тўла маъноси ҳақида сўзлай олиши мумкин. Бунинг учун у албатта файласуф бўлиши, ҳамма билимларнинг асосларини эгаллаган бўлиши лозим, чунки илмнинг барча тармоқларини тўла ўрганишга унинг бутун (328)/ умри ҳам етмайди.

Мазкур [хуросонлик] кишилар, агар [ўтмиш ҳақидаги] хабарлар ва тарихлар ҳақидаги илмни эгаллаган ҳамда мамлакатлар ва булардаги йўллар ҳақидаги [фанни] билганларида эди, бундан улар Бағдоддан Шомнинг марказий шаҳарлари ва чегаравий бўлақларига ҳамда Румнинг⁸⁰¹ тоғ йўлларига олиб борадиган йўллар ар-Раққа орқали ўтишини билган бўлардилар, халифалар ўз газавотларида ар-Раққани ўз манзилгоҳларидан бири қилганларини билган бўлардилар⁸⁰². Ҳамда улар Румнинг Хуросондан Бағдодга кўра узоқлигини ва Бағдод билан Рум орасидаги йўлда жойлашган нарсалар ҳам Хуросондан [Бағдодга нисбатан] узоқ эканлигини билиб олган бўлар эдилар.

Лекин қандай қилиб [билсинлар]?! Мен уларнинг биридан «ар-Раққа қаерда жойлашган? У қайси мамлакатда?» деб сўрадим. Мен унда керакли билимларнинг фақат ярминигина топдим, у ўзининг [бу фанларда] заифлигидан уларни тўла эгаллай олмаган, шу билан бирга, у ар-Раққа учун ал-Баттоний «Зиж»идан фойдаланиб, у орқали шаҳарлар узоқликларининг тенгламаси-

ни аниқлаган. Ар-Ракка ҳақида унинг [билганлари] «Синдҳинд» мутаассибларининг [Ер] Қуббаси ҳақидаги [маълумотлари] каби бўлиб, уларга жисмидан кўра исмини [билиш] кифоя. Улар астрономияда мумкин бўлмаган нарсаларга эътиқод қиладилар ва табиат аломатларидан ҳазар қиладилар. [Ҳақиқат йўлида] ҳайвонлардан ҳам адашувчанроқ бўлганлардан инъомини аямайдиған [Тангри] айбу нуксондан покдир!

Биз Ғазнанинг Бағдоддан узунлама ва кенгламадаги узоқлигини қибла азимутини аниқлаш учун аниқлаганмиз, (293)// чунки Макка билан Бағдод ораси маълум. Шунингдек, энди Ғазнанинг улар учун (329)/ зижлар тузилган жойлардан узоқлигини, юлдузларнинг ҳақиқий ўрни у жойларда тўғрилиқдан четлашмаслиги учун аниқлашимиз лозим.

Биз айтамыз: аммо «Синдҳинд» ҳисобларига келсак, уларда ҳиндлар Қубба деб аслида [Ернинг] обод қисмининг ўртасини тушунадилар. Ҳамманинг фикрича, Қубба Бағдоддан йигирма замон шарқийдир, бу – бир [бутун-у] учдан бир соат бўлади⁸⁰³. Шунга асосан Ғазна Қуббадан тўрт замон ва замоннинг бешдан бири ва олтидан бирича шарқий бўлади; бу эса тўртдан бир соат ва соат учдан бирининг ўндан биридир⁸⁰⁴.

Ғарб халқининг ҳисобларига келсак, улар «Алмажистий» китоби ва Теон «Қонун»ига⁸⁰⁵ асосланган – улар Мисрдаги Искандария учун бажарилган. Искандариянинг кенгламаси, Птолемей «Алмажистий»нинг бешинчи мақоласида эслатишига қараганда – $30^{\circ}58'$. Искандария билан Бобил орасидаги [узунлама айирмаси] Птолемейнинг бобилликлар кузатишларини [таърифлашда] фойдаланганига кўра, соатнинг ярми ва учдан биридир. Бу – ўн икки ярим замон бўлади. Янги [давр] олимлари бунини ўн уч замон ва замоннинг тўртдан учи деб олиб фойдаланганлар. Бу – ярим ва тўртдан бир ва олтидан бир текис соат бўлади. Агар улар шу узоқликни Искандария билан Бағдодга ёндош бўлган, Шаммосия орасидаги айирманинг ўзи деб олганларида эди, бу қабул этишга энг лойиқ бўлар эди. Бироқ бу бизга маълум эмас, чунки улар бу ҳақда айтмаганлар. Агар улар бу ортиқликни Бобил билан Бағдод орасидаги масофа сабабли олган бўлсалар – бу [микдор] жуда каттадир. Чунки Бобил Бағдоддан узоқ эмас. Мен бу масофани (330)/ Птолемей фойдаланганидан катта эмас деб ҳисобламайман.

Аммо ар-Раккага келсак, у ҳақдаги масала ал-Баттоний «Зижи»да чалкаштирилиб юборилган ва ундаги натижалар аввал олинган (294)// [натижаларга] зид келади. Чалкашлик ва зиддият шундаки, у (330)/ зиждаги шаҳарлар узунламаларининг жадвалида Искандария узунламасини – $60^{\circ}30'$, Ар-Ракқаникини – 73° , Бобилникини – 79° ва Бағдодникини – 80° деб олган. Бундан Искандария билан Бағдод орасидаги [узунлама] айирмаси – $19^{\circ}30'$, Искандария билан Бобил ораси – $18^{\circ}30'$ ва Искандария билан ар-Ракка ораси – $12^{\circ}30'$ бўлиши кераклиги келиб чиқади. Лекин у Куёш ҳаракатини

аниқлашда бундан фойдаланганида у [миқдорни] $10^{\circ}0'$ деб қўллаган, чунки у ар-Раққадаги туш [пайти] Искандариядаги тушдан учдан икки соат олдин бўлади деб таъкидлаган эди⁸⁰⁶.

БАҒДОД БИЛАН АР-РАҚҚА УЗУНЛАМАЛАРИ АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Агар биз буни ўтган амаллардагидек эътибор бериб [аниқласак], Бағдод билан ар-Раққа орасидаги кенглама айирмаси – $2^{\circ}36'$, бунинг ватари – $2^{\circ}43'21''$, ватарнинг квадрати – $7^{\circ}24'43''18'''21^{\text{IV}}$ эканлигини топамиз, Бағдод билан ар-Раққа орасидаги масофа фарсахларда – 130, чунки Бағдоддан ал-Анборгача⁸⁰⁷ – 12, бундан Ҳитгача⁸⁰⁸ – 19, бундан Онагача⁸⁰⁹ – 27, [ундан] ар-Раҳбагача⁸¹⁰ – 39 ва [бундан] ар-Раққагача – 23 [фарсахдир]. Агар [фарсахлар] йиғиндисидан (331)/ йигирма фарсахни айирсак, – бу унинг олтидан бирича қисми, – 110 [фарсах] қолади. Бу [масофа] миллиарда 330 [мил], даражалари – $5^{\circ}49'34''$, бунинг ватари – $6^{\circ}5'54''$, ватарнинг квадрати – $37^{\circ}11'22''48'''36^{\text{IV}}$ бўлади, иккала квадрат айирмаси – $29^{\circ}46'39''35'''15^{\text{IV}}$. Буни Бағдод кенгламаси тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз – $1491^{\circ}17'54''27'''9^{\text{IV}}33^{\text{V}}0^{\text{VI}}$ ҳосил бўлади, уни ар-Раққа кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз – $30^{\circ}43'43''59'''26^{\text{IV}}$ чиқади, бунинг илдизи – $5^{\circ}32'36''$. Илдизни тўлик синусга кўпайтирамиз – $332^{\circ}36'0''$ ҳосил бўлади. Буни Бағдод кенгламасининг синусига бўламиз, $6^{\circ}38'28''$ чиқади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – $6^{\circ}20'43''$ бўлиб, бу – Бағдод билан ар-Раққа орасидаги узунлама айирмасидир.

[Бу миқдор] ўша зижда кўрсатилгандан узоқ эмас, чунки агар биз Бағдод узунламасини – 80° деб амал бажарсак, ар-Раққанинг узунламаси, аниқланганига кўра – $73^{\circ}39'17''$ бўлади. Демак, ар-Раққанинг узунламаси учун – 73° ишончли [миқдордир]. Бунга биз юкорида ал-Ҳошимий ҳақида айтганимиз ҳам гувоҳлик беради⁸¹¹.

(295)// АР-РАҚҚА БИЛАН ИСКАНДАРИЯ ОРАСИДАГИ УЗУНЛАМА АЙИРМАСИНИ АНИҚЛАШ

Энди ар-Раққа билан Искандария орасидаги узунлама айирмасига келсак, [уни ҳисоблаш йўли қуйидагича]. Улар орасидаги кенглама айирмаси – $5^{\circ}3'$, унинг ватари – $5^{\circ}17'12''$, бунинг квадрати – $27^{\circ}56'55''50'''24^{\text{IV}}$. Булар орасидаги йўл Ҳумс⁸¹², Дамашқ, Табария⁸¹³ (332)/ ар-Рамла⁸¹⁴ ва Миср [шаҳри]⁸¹⁵ орқали ўтади, шунинг учун бу йўл тўғри [чизикда] эмас, унинг миллари, такрибан, – 750 [мил]. Ар-Раққадан Ҳумсгача – 154 [мил, ундан] Дамашқгача – 86 [мил], [ундан] Табариягача – 66, [бундан] ар-Рамлагача – 67, [бундан] Мисрдаги Фустотгача – 297, [бундан] Искандариягача – 80 [милдир]. Агар бу милларнинг йиғиндисидан унинг олтидан бирини айирсак, – 628 [мил] қолади. Бунинг даражалари – $11^{\circ}4'56''$, бунинг ватари – $11^{\circ}31'4''$, ватарнинг квадрати – $132^{\circ}39'33''8'''16^{\text{IV}}$, бўлади.

Иккала (квадрат орасидаги айирма – $104^{\circ}42'37''17'''56^{IV}$ бўлади. Буни Искандария кенгламаси тўлдирувчисининг синусига, яъни $51^{\circ}26'53''$ га кўпайтирамиз; кўпайтмада – $5387^{\circ}8'39''59'''53^{IV}18^V56^{VI}$ ҳосил бўлади. Уни ар-Раққа кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, бўлинма – $111^{\circ}0'16''27'''49^{IV}$ чиқади. Бунинг илдизи – $10^{\circ}32'9''$. Илдизни тўлиқ синусга кўпайтирамиз – $632^{\circ}9'0''$ ҳосил бўлади. Кўпайтмани Искандария кенгламаси тўлдирувчисининг синусига бўламиз, бўлинмада $12^{\circ}17'14''$ чиқади. Бу шундай ватарки, унинг ёйи – $11^{\circ}45'15''$ бўлиб, бу Искандария билан ар-Раққа орасидаги узунлама айирмасидир.

(296)// Бу [усул] ал-Баттоний «Зиж»идагига яқиндир, чунки агар биз шу топилган тақрибий миқдорни Искандария узунламаси учун у кўрсатган миқдорга кўшсак, йигинди – $72^{\circ}15'15''$ бўлади. Ар-Раққанинг узунламаси эса шу [миқдорга] яқин. Агар уни ар-Раққанинг узунламасидан айирсак – $61^{\circ}14'45''$ қолади; Искандариянинг узунламаси шу [миқдорга яқин]⁸¹⁶.

Энди ал-Баттоний «Зиж»ида [кўрсатилган миқдорлар] тўғрисида қалбимиз (333)/ таскин топди ҳамда Искандария билан Бағдод оралиғидаги масофа Шаммосиядаги кузатувчилар ишлатган [миқдордан] катта эканлигига ишонч кучайди.

Агарда Ғазна учун ҳисобни Искандария вақтидан замонларда $43^{\circ}52'$ [замонни], соатларда – $2^h55'30''$ [соат]ни, ар-Раққанинг вақтидан замонларда – $31^{\circ}22'$ ни, соатларда – $2^h5'30''$ [соатни], Бағдоднинг вақтидан замонларда – $24^{\circ}22'$ ни, соатларда – $1^h37'30''$ ни, [Ер] Куббасининг вақтидан замонларда – $4^{\circ}22'$ ни, соатларда – $0^h17'30''$ ни айириб бажарилса, шу масала Ғазна учун ҳам ҳал бўлади. Шунга ўхшаш бошқа шаҳарлар ҳам қиёс қилинади, агарда уларнинг узунлама ва кенгламалари тўғри аниқланган бўлса.

Мен буни агар мисол тариқасида бирор вақт учун у [кейинги] қиёслар учун абадий қолсин деб намоёиш қилсам, айбга қўйилмасин, гарчи башарият имкониятининг ожизлиги буни гоятигача етказиш имконини бермаса ҳам.

Шу [мисол тариқасида олинадиган] вақт бу – Куёшнинг Мезон буржида бўлиб, кузги тенгкунлик нуқтасидан ўтиш пайтидир. Мен бунга [тааллуқли] кузатишлар ҳақида менга етиб келган [хабарларни] эслатаман, гарчи улар орасига тафовут аралашиб, баъзилари ҳақиқатдан четлашган бўлса ҳам. Сўнгра буни танқид ва таҳлил қилишни бундан бошқа, бу китобдан кўра лойикрок жойга қолдираман⁸¹⁷.

(297)// ГИПАРХНИНГ РОДОС [ОРОЛИДАГИ] КУЗАТИШЛАРИ

1. Бу тенгкунликни унинг кузатишларидан биринчиси, Птолемей, (334)/ «Алмажистий»нинг учинчи мақоласида айтишича, Родос оролида бўлган⁸¹⁸. Бу [орол], у бешинчи мақоласида айтишича, Искандария меридианида [жойлашган]⁸¹⁹. Тенгкунликни [кузатиш] Куёш ботаётган пайтида, Бухтунассарнинг беш юз саксон олтинчи йили қибт ойларининг ўн иккинчиси бўлмиш

мосури ойининг охирги куни, яъни сешанба куни бажарилган⁸²⁰. Ғазна ва Искандария меридианлари орасида *гҳати*⁸²¹ деб аталмиш сутка минутлари $7^{\circ}18'44''$ бўлгани учун шу тенгкунлик Ғазнада сешанба куни туш пайтида $22^{\circ}18'44''$ [*гҳати*] ўтганидан кейин бўлиши керак⁸²².

2. Иккинчи кузатиш Бухтунассарнинг беш юз саксон тўққизинчи йили шанбада, қўшимча кунларнинг биринчисида [бўлган]. Ғазнада бу *мосури* [ойининг] охирги куни, [яъни] жума куни туш пайтидан $52^{\circ}18'44''$ [*гҳати*] ўтганида бўлиши керак⁸²³.

3. Учинчи кузатиш Бухтунассарнинг беш юз тўқсонинчи йили қўшимча кунларнинг биринчисида, яъни якшанба куни, туш пайтида бўлган. Ғазнада бу якшанба куни тушдан кейин $7^{\circ}18'44''$ [*гҳати*] ўтганида бўлади⁸²⁴.

4. Тўртинчи кузатиш Бухтунассарнинг олти юз биринчи йили ярим тунда, эртаси тонги якшанба бўладиган [куни], яъни қўшимча кунларнинг тўртинчи куни бўлган. Ғазнада бу шанба куни, яъни қўшимча кунларнинг учинчисида тушдан кейин $37^{\circ}18'44''$ [гҳати] ўтганда бўлади. Птолемейнинг эслатишича, бу чуқур текширилган [кузатишдир]⁸²⁵.

5. Бешинчи кузатиш Бухтунассарнинг олти юз (335)/ иккинчи йили душанба куни, [яъни] (298)// қўшимча кунларнинг тўртинчисида Қуёш чиқаётган пайтда бўлган. Ғазнада бу қўшимча кунларнинг учинчиси, якшанба куни тушдан кейин $52^{\circ}18'44''$ [*гҳати*] ўтганида бўлган⁸²⁶.

6. Олтинчи кузатиш Бухтунассарнинг олти юз бешинчи йили қўшимча кунларнинг тўртинчиси, пайшанба куни Қуёш ботаётган пайтда бўлган. Ғазнада бу пайшанба куни тушдан кейин $22^{\circ}18'44''$ [*гҳати*] ўтганида бўлган⁸²⁷.

ПТОЛЕМЕЙНИНГ ИСКАНДАРИЯДАГИ КУЗАТИШЛАРИ

7. а) Унинг иккита кузатишининг бири Бухтунассарнинг саккиз юз саксонинчи йили қибт ойларидан учинчиси [бўлмиш] *атур*⁸²⁸ ойининг еттинчи куни, яъни чоршанба кунининг саккиз соати [ўтгани]да бўлган. Ғазнада бу чоршанба куни тушдан кейин $12^{\circ}18'44''$ [*гҳати*] ўтганида бўлади⁸²⁹.

8. б) Унинг иккинчи кузатиши Бухтунассарнинг саккиз юз саксон еттинчи йили *атур* [ойининг] еттинчи куни⁸³⁰, яъни жума [куни] бир соати [ўтгани] да бўлган. Ғазнада бу атурнинг саккизинчисида пайшанба куни тушдан кейин $54^{\circ}18'44''$ ⁸³¹ [*гҳати*] ўтганида бўлади⁸³².

ШАММОСИЯ ВА БАҒДОДДАҒИ КУЗАТИШЛАР

9. а) Уни Яҳё ибн Абу Мансур Бухтунассарнинг бир минг беш юз етмиш еттинчи йили қибт ойларидан саккизинчиси бўлмиш фармути ойининг йигирма бешинчи куни, яъни якшанба куни (299)// тушдан бешдан тўрт соат [ўтганда] топган. Ғазнада бу якшанба куни тушдан кейин $6^{\circ}3'44''$ [*гҳати*] ўтган эди⁸³³.

(336)/ 10. б) Шаммосиядаги иккинчи кузатиш, номаълум [олимники] Бухтунассарнинг бир минг беш юз етмиш саккизинчи йили, фармути [ойининг] йигирма биринчиси, душанба куни тушдан бир соат ўтганида бўлган. Ғазнада бу душанба [куни] тушдан $1^{\circ}3'44''$ [гҳати] ўтганида бўлган⁸³⁴.

11. в) Учинчи [кузатиш] «Қуёш йили китоби»да⁸³⁵ кўрсатилган бўлиб, Бухтунассарнинг бир минг беш юз етмиш тўққизинчи йили, фармути [ойининг] йигирма бешинчиси, сешанба куни Қуёш ботганидан бир соат кейин бўлган. Ғазнада бу сешанба куни тушдан кейин $21^{\circ}3'44''$ [гҳати] ўтганида бўлган⁸³⁶.

ХОЛИДНИНГ ДАМАШҚДАГИ КУЗАТИШИ

12. Холид ибн Абду-л-Малик ал-Марваррудий у [тенгкунликни] Дамашқда Бухтунассарнинг бир минг беш юз саксонинчи йили, фармути [ойининг] йигирма олтинчиси, пайшанба кунида тушдан ўн икки соат ва соатнинг бешдан тўртчича олдин топган. [Олимлар] Дамашқ учун ишлатадиган, у билан Бағдод орасидаги узунлама айирмаси ўн даража. Дамашқнинг ар-Ракка ва Искандарияга нисбатан жойлашиши бунга зид келмайди. Демак, бу тенгкунлик Ғазнада фармути [ойининг] йигирма бешинчиси, чоршанба куни тушдан $33^{\circ}43'44''$ [гҳати] кейин / бўлган⁸³⁷.

(337)/ НОМАЪЛУМ [ОЛИМНИНГ] БАҒДОДДАГИ КУЗАТИШИ

13. г) У [тенгкунлик] Бухтунассарнинг бир минг беш юз тўқсон биринчи йили фармути ойининг йигирма тўққизинчиси, (300)// пайшанба кечасининг уч-у олтидан беш соатида топилган эди. Ғазнада бу [ўша йили] фармути ойининг йигирма саккизинчиси, чоршанба куни тушдан $27^{\circ}3'44''$ [гҳати]⁸³⁸ кейин бўлган⁸³⁹.

МУҲАММАД ИБН АЛИНИНГ НИШОПУРДАГИ КУЗАТИШИ

14. Муҳаммад ибн Али ал-Маккий бу [тенгкунликни] Бухтунассарнинг бир минг беш юз тўқсон тўққизинчи йили, фармути ойининг охириги куни – шанба куни Нишопурда туш пайтида топган. Ғазнада бу биз Нишопурнинг узунламаси ҳақида аниқлаган маълумотимизга кўра, шанба куни тушдан кейин $1^{\circ}33'44''$ [гҳати] ўтганида бўлган⁸⁴⁰.

БАНУ МУСОНИНГ СУРРАМАНРАОДАГИ КУЗАТИШИ

15. Улар у ерда ўша [тенгкунликни] Бухтунассарнинг бир минг олти юз еттинчи йили қибт ойларида тўққизинчиси – бохун ойининг иккинчисидан сешанба куни туш пайтида топганлар⁸⁴¹. Сурраманрао Бағдоддан чорак дара-

жа гарброкда. Шу тенгкунлик Ғазнада сешанба куни тушдан $4^{\circ}6'14''$ [зҳати] ўтганида бўлган⁸⁴².

(338)/ АЛ-БАТТОНИЙНИНГ АР-РАҚҚАДАГИ КУЗАТИШИ

16. Ўша [тенгкунликни] у Бухтунассарнинг, бир минг олти юз ўттизинчи йили *бохун* [ойининг] саккизинчиси, чоршанба кечаси соат еттию чоракда топди. Ғазнада бу еттинчи бохун, сешанба куни тушдан $38^{\circ}21'14''$ [зҳати] кейин бўлган⁸⁴³.

(301)// СУЛАЙМОН ИБН ИСМАТНИНГ БАЛҲДАГИ КУЗАТИШИ

17. Ўша [тенгкунликни] у Бухтунассарнинг бир минг олти юз ўттиз олтинчи йили, тўққизинчи *бохун*, чоршанба куни [кундузнинг] еттию бешдан уч соати [ўтганда] топди. Ғазнада бу чоршанба тушдан $0^{\circ}33'44''$ [зҳати] ўтганда бўлади⁸⁴⁴.

АБУ-Л-ҲУСАЙН АС-СЎФИЙНИНГ ШЕРОЗДАГИ КУЗАТИШИ

18. а) У биринчи кузатишида ўша [тенгкунликни] Бухтунассарнинг бир минг етти юз ўн саккизинчи йили, йигирма тўққизинчи *бохун*, якшанба куни кундузнинг беш соати ўтганида топди. Ғазнада бу Шерознинг узунламаси ҳақида аниқлаган маълумотимизга кўра, якшанба куни тушдан $5^{\circ}8'8''40'''$ [зҳати] кейин бўлган⁸⁴⁵.

19. б) Ўзининг иккинчи кузатишида у ўша [тенгкунликни] Бухтунассарнинг бир минг етти юз ўн тўққизинчи йили, йигирма тўққизинчи *бохун*, душанба куни Куёш ботаётган пайтда топган. Ғазнада бу душанба куни (339)/ тушдан $17^{\circ}38'8''40'''$ [зҳати] кейин бўлади⁸⁴⁶.

АБУ-Л-ВАФОНИНГ БАГДОДДАГИ КУЗАТИШИ

20. Ўша [тенгкунликни] у Бухтунассарнинг бир минг етти юз йигирма иккинчи йили, бохун [ойининг] охири куни, жума куни [кундузининг] уч соати [ўтганида] топган. Ғазнада бу йигирма тўққизинчи *бохун*, пайшанба куни тушдан $56^{\circ}33'44''$ [зҳати] кейин бўлади⁸⁴⁷.

(302)// АБУ РАЙҲОННИНГ АЛ-ЖУРЖОНИЯДАГИ КУЗАТИШИ

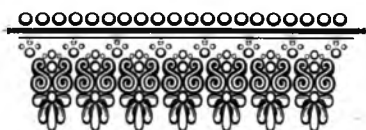
21. а) Мен у [тенгкунликни] шу [шаҳарда] Бухтунассарнинг бир минг етти юз олтмиш тўртинчи йили қибт ойларида ўнинчиси бўлмиш *боуни* [ойининг] ўнинчиси, душанба куни [кундуз] соат еттида топдим. Ғазнада бу душанба куни тушдан $4^{\circ}13'35''$ [зҳати] кейин бўлади⁸⁴⁸.

АБУ РАЙҲОННИНГ ҒАЗНАДАГИ КУЗАТИШИ

22. б) Мен уни Ғазнада Бухтунассарнинг бир минг етти юз олтмиш еттинчи йили ўнинчи боуни, пайшанба куни тушдан кейин *ғхати*лардан 47^б30' [ғхатида], соатлардан 19^б0' соатда ва замонлардан 285° да топдим⁸⁴⁹.

Аллоҳ таоло менга узлуксиз кузатишларим билан самовий ҳаракатларни ўрганишимга ўз марҳаматини ато қилсин, чунки ундан хайр ва эҳсон талаб қилинади ва унинг қаҳрли жазосидан қўрқилади. Ундан унинг (310)/ ризолигига яқин ва ғазабли ҳукмидан узоқ бўлган ҳамда миннат ва кенг фазилатига [лойиқ] нарсаларни сўралади.

«Тураб жойлар [орасидаги] масофаларни аниқлаш учун манзилларнинг чегараларини белгилаш» китоби тугади. Мен уни Ғазнада тўрт юз ўн олтинчи йили ражаб [ойининг] етти [куни] колганида тугатдим⁸⁵⁰.



ИЗОҲЛАР

¹ Асарнинг тўлиқ араб тилидаги номи «تحديد نهايات الاماكن لتصحيح مسافات المساكن» бўлиб, у ягона қўлёзма ҳолида сақланган. Бу нодир қўлёзма Истамбулда Султон Фотиҳ кутубхонасида № 3386 рақам билан сақланади. Мазкур қўлёзма асосида 1962 й. турк фан тарихчиси Т.Танжий Анкарада (қаранг: Танжий, ар.) ва шарқшунос П.Г. Булгаков Қоҳирада (қаранг: Беруний, «Геодезия» ар.) ҳар бири мустақил равишда асарнинг араб тилидаги танкидий матнини нашр этганлар. 1966 й. П.Г. Булгаков ўзининг араб тилидаги матни асосида асарнинг рус тилидаги таржимасини муфассал сўз боши ва филологик ҳамда тарихий-географик изоҳлар билан чоп этди (қаранг: Беруний, «Геодезия», рус.). 1967 й. Байрутда Жамил Али томонидан П.Г. Булгаков нашр қилган танкидий араб тилидаги матн асосида изоҳсиз инглиз тилидаги таржимаси нашр қилинган (қаранг: Жамил Али). 1973 й. Байрутдаги Америка университетининг профессори Э.С. Кеннеди шу таржимага тузган инглиз тилидаги изоҳларини чоп этди (қаранг: Kennedy, A Commentary).

Бизнинг ушбу ўзбек тилидаги таржима П.Г. Булгаковнинг Қоҳира нашри асосида бажарилди.

² Бу ерда «у» олмоши Беруний юкорида айтган фандаги ноаникликларга тааллуқли. Олимнинг «Геодезия»ни ёзишдан асосий мақсади бу ноаникликларни ҳал қилишдир. Беруний қуйида инсон билимининг нисбийлигини ва унинг «мутлақ билим олдида сезиларли» (Матн 26 б.) эмаслигини эътироф қилган.

³ اصحاب صناعة احكام النجوم – яъни астрологлар. Беруний қуйидаги мулоҳазаларида астрологларни ва улар қўллайдиган амалларни қаттиқ танқидга олиши, у астрологияга шубҳа билан қараганлигидан далолат беради. Астрология ҳақида 56-изоҳга қаранг.

⁴ «Дехқончилик» – бу ерда Беруний форс тилида الدهقنة сўзини келтиради. Ҳозирги маънодаги деҳқончилик бундан мустасно. Беруний даврида «деҳқонлар» йирик ер эгалари, феодал-зодагонлар бўлган.

⁵ Қуръон, 3 – «Оли Имрон» сураси, 191-оят.

⁶ Қуръон, 39 – «Зумар» сураси, 9-оят.

⁷ Қорабузов – البركة кўплиги – البركة, сакокуш – حوصل – кўплиги – الحواصل. Бу қушлар Каспий денгизининг жануби-шарқий соҳилида ва Орол денгизида учрайди, улар Беруний тавсифлаган усул билан балиқ овлайди.

⁸ Қуръон, 3 – «Оли Имрон» сураси, 191-оятдан.

⁹ Риёзиёт ва таъолим – رياضيات و تعاليم бу сўзлар бир-бирининг синоними ва улар юнон тилида μαθηματῆ сўзига тўғри келади.

¹⁰ Геометрия илми – علم الهندسة

¹¹ Физика илми – علم الطبيعي

¹² Илми мусикий – علم الموسيقى. Ўрта аср Шарқ олимлари ҳам қадимги юнон олимлари каби мусикани математик илмлар қаторига киритганлар. Чунки тор пардаларининг бўлиниши математик касрлар бўйича тақсимланган. Одатда бу фанни қадимгилар «гармония» деб ҳам атаганлар.

¹³ Силлогизм – القياس «қиёс». Қуйида биз контекстга қараб бу ўринда «қиёс» сўзини ҳам ишлатамиз.

¹⁴ Наҳв – نحو, яъни грамматика.

¹⁵ Аруз – عروض, шеърят вазни.

¹⁶ Наср ва назм – النثر و النظم, проза ва поэзия.

¹⁷ «Пойга отлари», араб тилида жуда ўхшаш нарсаларга нисбатан ишлатиладиган кенг тарқалган идиоматик ибора.

¹⁸ Яъни, мантиқ ва грамматика.

¹⁹ Аристотель (эр. авв. 384–322) – қадимги юнон файласуфи ва мантиқшуноси. Мантиққа оид илк асарлар унинг қаламига мансуб.

²⁰ Юнонлар ва румлар – اليونانيون و الروم, Болқон ярим ороли ва Кичик Осиёдаги греклар. Лекин «румлар» ибораси билан «римликлар», яъни қадимги Рим империяси аҳолиси ҳам аталган. Шу жиҳатдан бу ерда Беруний умумий қилиб греклар ва лотинларни назарда тутган бўлиши эҳтимол.

²¹ Юнон исмларнинг охири «С» ҳарфи билан тугайди.

²² «Мубтадо биҳи» – бош гапнинг эгаси.

²³ «Рафъ» – бош келишиқ.

²⁴ Қуръон назарда тутиляпти.

²⁵ Қуръон, 39 – «Зумар» сураси, 18-оят.

²⁶ Калом – ўрта асрларда исломдаги фалсафий оқим, унда диний ақидаларни фалсафий-мантикий асосда исботлашга уринилган. Бу оқимга Абул Ҳасан ал-Ашъарий (873–953) асос солган (қаранг: Гольдциер. Лекции об исламе. С. 91–92; Григорьян. Из истории философии..., С. 286–306; Беруний, «Қонуни Масъудий», I китоб, 51-бет).

²⁷ Фикҳ – мусулмон ҳуқуқшунослиги.

²⁸ «Исағужуи» – يساغوجي – юнонларда εἰσαγωγή «Исагоге» сўзининг араб тилидаги транскрипцияси. Ўрта асрларда шу ном билан неоплатоник Порфирийнинг (эр. авв. 232–205 й.) «Аристотелнинг категорияларига кириш» номли асари аталган.

²⁹ «Қатиғуриас» – قاطيغورياس – юнонларда Κατηγορίας – «Категориялар» сўзининг араб тилидаги транскрипцияси. Аристотель «Органон» асарининг қисмларидан бири шундай аталади.

³⁰ «Пори арминйас» – بارى ارمنياس – юнонларда Πέρι ἐρμηνείας сўзининг араб тилидаги транскрипцияси. Бу ерда Беруний Аристотель «Органон»нинг қисмларидан бирини ёки унга мансуб бошқа бирор асарни шундай атаяпти.

³¹ «Анулутиқо» – انولوطيقا – юнонларда Αναλυτικα сўзининг араб тилидаги транскрипцияси. Бу ерда Аристотелнинг мантиққа оид асари – биринчи ва иккинчи «Аналитика», яъни «Органон»нинг қисмлари назарда тутиляпти (қаранг: Аристотель, Аналитики).

³² Қуръон, 47 – «Муҳаммад» сураси 20-оятидан. Шунга ўхшаш мулоҳазани Беруний «Сайдана»да ҳам келтирган (қаранг: Беруний, Сайдана, 140-бет).

³³ Ушбу ҳадис Ибн ал-Асирда келтирилган (*қаранг*: Ибн ал-Асир, 1-боб. № 146, № 150).

³⁴ Қуйидаги абзац бошидан то «Журжон дарахти» ҳақидаги ҳикоя (*қаранг*: таржима, 11-31-бетлар) охиригача қисмнинг Ф.Кренко Истамбул қўлёзмасидан араб тилидаги матнини ва инглиз тилидаги таржимасини келтирган (*қаранг*: Krenkow, Bērūni and...).

³⁵ كتاب المسالك و الممالك тавсифий географик, ўрта аср араб географик адабиётининг жанрларидан бири. Ибн Хурдодбехнинг «Йўллар ва мамлакатлар китоби» (*қаранг*: Крачковский, IV, Арабская географическая литература, С. 148–149; Булгаков, «Книга путей и государств» Ибн Хордадбеҳа. С. 127–136) бунга классик мисол бўла олади. Лекин астрономияга оид асарларда, жумладан, зижларда ҳам математик география билан биргаликда «алмасолик вал-мамолик» тарзида ёзилган бўлимлари бўлган. Бунга Берунийнинг «Тафҳим», «Қонуни Масъудий» асарларининг ва Улуғбек «Зижи Гурагоний»сининг географик қисмлари мисол бўла олади (*қаранг*: Беруний, «Тафҳим», 98–110-бетлар; Беруний, «Қонуни Масъудий», 392–428-бетлар; Улуғбек, «Зижи Гурагоний», қўлёзма № 2214, 1036-110а б).

³⁶ 23-изоҳга қаранг.

³⁷ Насб – тушум келишиги.

³⁸ Қуръон, 6 – «Инъом» сураси, 11-оят.

³⁹ Қуръон, 35 – «Фотир» сураси, 44-оят.

⁴⁰ Қуръон, 44 – «Духон» сураси, 23-оят.

⁴¹ Қуръон, 11 – «Худ» сураси, 81-оят.

⁴² Қуръон, 28 – «Қасас» сурасининг 77-оятига ишора қилиняпти.

⁴³ Искандар Зулқарнайн ва унинг ишлари ҳақида Қуръон, 18 – «Каҳф» сурасининг 72–80-оятларида эслатилган.

⁴⁴ المسجد الحرام – Маккадаги Каъба масжиди.

⁴⁵ «Пайғамбарнинг ... саёҳати» – اسراء النبي ҳақида «Қуръон, 17 – «Исро» сурасида айтилган. المسجد الاقصى – Қуддусдаги масжид.

⁴⁶ هجرة – Муҳаммад алайҳиссаломнинг Маккадан Мадинага кўчиши, милодий 622 й. 16 июль куни бошланган. Шу кунда ҳижрий йил ҳисоби бошланади.

⁴⁷ Қуръон, 4 – «Нисо» сурасининг 95-ояти. 9 – «Тавба» сурасининг 46, 86-оятлари.

⁴⁸ Қуръон, 9 – «Тавба» сурасининг 81-ояти.

⁴⁹ Холид ибн Валид ислом зухур қилган давридаги араб лашкарбошиси, Ироқ ва Сурия (Шом)ни фатҳ қилишга бошчилик қилган.

⁵⁰ Сироф – ўрта асрларда форс қўлтиғидаги йирик порт шаҳар ва савдо маркази, араб халифалигининг Жанубий Осиё ва Узоқ Шарқ билан савдо алоқаларида муҳим роль ўйнаган.

⁵¹ Дарға – денгиз йўлларини биладиган кема бошқарувчи, лоцман.

⁵² Хонфу – خانفو, Хитойдаги порт, ҳозирги Кантон. Беруний бу портни «Қонуни Масъудий»да ҳам эслатган (*қаранг*: Беруний, «Қонуни Масъудий», I, 401-бет).

⁵³ Зобаж – الزابج, Суматра ороли (Индонезияда), кенг маънода Беруний бу орол атрофидаги бошқа ороллари ҳам умумий қилиб шу ном билан атаган.

⁵⁴ Қибла азимути – سمت القبلة Қибла азимутини топиш масаласи мусулмон мамлакатларида муҳим аҳамиятга молик масала бўлган. Чунки ислом динидаги кишилар қаерда бўлишларидан қатъи назар юзларини Маккадаги Каъбага – қиблага қаратиб намоз ўқишлари керак бўлган. Бу йўналишни топиш эса сферик тригонометрия масаласи бўлиб, унинг учун параллактик учбурчакни ечиш керак бўлган. Бу учбурчакнинг учларида қутб, Макка ва бирор маълум шаҳар бўлади. Томонлари эса шу икки шаҳардан ўтган меридианларнинг қутб билан у шаҳарларнинг ҳар бири орасидаги қисми ва иккала шаҳар орасидаги энг қисқа масофа бўлади. Шаҳарларнинг географик координатлари маълум бўлган ҳолда бу масала Макка меридиани билан иккала шаҳарни туташтирувчи катта айлана ёйи орасидаги бурчакни топишдан иборат бўлиб, сферик синуслар теоремасига асосан ечилади (қуйида 761–765-изоҳларга қаранг).

Беруний «Қонуни Масъудий»да қибла азимутини топиш масаласига махсус боб ажратган (*қаранг:* Беруний, «Қонуни Масъудий», I, 1973. 383–386-бетлар). Ислом давлат дини бўлган мамлакатларда қибла азимутини топиш масаласи ҳозир ҳам актуал ҳисобланади. Масалан, Покистон астрономи ва фан тарихчиси Саййид Самад Хусайн Ризвий Беруний «Қонуни Масъудий»да баён қилган усулга кўра, Покистон территориясидаги шаҳарлар учун қибла азимутини аниқлаб, азимутлар жадвалларини ҳисоблаб чиққан (*қаранг:* Rizvi, Altitude-Azimuth calculation; Rizvi, Direction of Qibla).

⁵⁵ Қуръон, 2 – «Бақара» сураси, 150-оят.

⁵⁶ Астрономлар – اصحاب علم الهيئة бундан астрономия – علم الهيئة (шунингдек, علم صناعة العالم (علم هيئة الافلاك، علم هيئة الافلاك، علم هيئة العالم (صناعة التنجيم) юлдузшунослик санъатининг (صناعة التنجيم) қисмлари деб қаралган. К.Наллино Абу ал-Ҳасан Али ал-Масъудийнинг (955 й. вафот этган) юлдузшунослик санъатига берган қуйидаги таърифни келтиради: «Юлдузшунослик санъати (صناعة التنجيم) математик таълимотлардан бири бўлиб, юнончасига «ал-астронумийа» деб аталади ва биринчи бўлинишда икки қисмга ажралади: [1] осмону фалакларнинг шакли (астрономия علم هيئة الافلاك), уларнинг таркиби, ҳолати ва тузилиши ҳақидаги фан ва [2] осмон сферасининг (кишилар тақдирига) таъсири ҳақидаги фан (астрология)» (Наллино, 18–19-бетлар). Беруний юлдузшунослик санъатига оид махсус асар «Юлдузшунослик санъати асосларини тушунтириш китоби»ни (*қаранг:* Беруний, «Тафҳим») ёзган. Асарнинг қарийб учдан бир қисми астрологияга, қолган қисми эса математика, астрономия, география, хронологияга бағишланган бўлиб, энциклопедик характерга эга. Беруний бошқа асари «Қонуни Масъудий»ни фақат астрономияга бағишлаган (*қаранг:* Беруний, «Қонуни Масъудий», биринчи ва иккинчи китоблар). Лекин ўн бир мақоладан иборат бу улкан асарнинг охириги – ўн биринчи мақоласида астрологиянинг астрономия билан боғлиқ масалалари ҳақида тўхталади. Шундай бўлишига карамай, у иккала асарида ҳам (*қаранг:* Беруний, «Қонуни Масъудий», иккинчи китоб, 491-бет, «Тафҳим», 257-бет), ушбу «Геодезия»да ҳам (*қаранг:* 205–206-бетлар, таржима 205–206 бетлар) астрологияга салбий муносабатда эканлигини очиқ билдирган.

⁵⁷ Узулма – طول

⁵⁸ Кенглама – عرض

⁵⁹ Марказ – مركز

⁶⁰ Ой манзиллари – منزل القمر – Ойнинг бир камарий ойлик ҳаракати давомида маълум турғун юлдузлар туркумига нисбатан бўладиган ҳолати. Ой манзилларининг матолиъи (مطالع منزل القمر), яъни манзиллардаги юлдузларнинг тонгдаги чиқиши билан об-хаво ҳодисалари боғлиқ деб ҳисобланган. Беруний Ой манзиллари, уларнинг чиқишига «Ёдгорликлар», «Қонуни Масъудий» ва «Тафҳим»да махсус бобларни бағишлаган (қаранг: Беруний, «Ёдгорликлар», 397–416-бетлар; «Қонуни Масъудий», иккинчи китоб, 268–269, 370–376-бетлар; «Тафҳим», 74–77-бетлар).

⁶¹ Бу ерда астрология назарда тутиляпти.

⁶² Юқори кульминация – الزوال – Куёшнинг туш пайтида меридиандан (خطّ الزوال) ўтиш ҳодисаси.

⁶³ Яшаш жой –бу ерда المعمور – Ернинг инсон яшайдиган обод (ёки маъмур) қисми, юнонча (шу маънодаги) сўзнинг араб тилидаги таржимаси.

⁶⁴ Зенит – سمت الرأس

⁶⁵ «Қиёс» – القياس – ҳақида юқорида 13-изоҳга қаранг.

⁶⁶ Мил – ميل – араб мили, қарийб 1995 м. (қаранг: Беруний. «Қонуни Масъудий». 62, 387-бетлар; Хинц, Мусульманские меры. С. 71).

⁶⁷ «Эчкича» – الجدى, кутб юлдузи. Кичик Айиқ юлдуз туркумининг α юлдузи.

⁶⁸ Ўл азимути – سمت الميسر – ўтилган масофанинг бошланғич ва охириги пунктлари орқали ўтган икки вертикал доира орасидаги бурчак. Бу бурчак ҳақиқий уфқ доирасининг ёйи билан ўлчанади (қаранг: Мирсалимов, Раҳимов, Умумий астрономия курси, 14–15-бетлар).

⁶⁹ Куръон, 2 – «Бақара» сураси, 144, 150-оятлар.

⁷⁰ 63-изоҳга қаранг.

⁷¹ Бу ҳақда қаранг, Беруний, «Қонуни Масъудий», I, 382–384-бетлар ва 13-изоҳ.

⁷² Птолемей – бу ерда بطلميوس – Клавдий Птолемей, м. II асрда Искандарияда (Миср) яшаб ижод этган машҳур астроном ва математик. У Шарқда «Алмажистий» ва Ғарбда «Альмагест» деб маълум бўлган йирик астрономик асарни яратган (қаранг: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, übers. K.Manitius, Leipzig, Bd. I, 1912, Bd. II, 1913, Rep. 1963).

⁷³ «География» – Берунийда جاوغرافيا – Птолемейнинг Γεωγραφία асари номининг араб тилидаги транскрипцияси. Лекин «Қонуни Масъудий»да Беруний бу номнинг араб тилидаги таржимасини – صورة الارض кўринишида берган (қаранг: Беруний, «Қонуни Масъудий», I, 62 бет). Бу асарида Птолемей юнон сайёҳлари тўплаган маълумотлари асосида иқлимлар ва улардаги шаҳарларнинг, жумладан Ўрта Осиё шаҳарларининг, географик координаталарини келтирган (қаранг: Ptolemaeus, Geographia. Paris v. I. 1883, v. II. 1901).

⁷⁴ Ал-Жайҳоний – Абу Абдуллох Муҳаммад ибн Аҳмад ал-Жайҳоний – X аср биринчи ярмида яшаб ижод этган машҳур бухоролик сайёҳ ва географ, 920-йиллар атрофида амир Наср ибн Аҳмад Сомонийнинг бош вазири бўлган, туғилган ва ўлган йиллари номаълум. Унинг «Китоб ал-масолик вал-мамолик» деган асари бизга етиб келмаган, лекин ўрта аср Шарқ географларининг ижодига таъсир кўрсатган (қаранг: Крачковский, IV, Арабская географическая литература, 219–222-бетлар; Худуд ал-Олам, 17-бет; Kennedy, A. Commentary, p. 3).

⁷⁵ Юқоридаги 2-изоҳга қаранг.

⁷⁶ Газ – *الزراع* – узунлик ўлчами, қарийб 0,5 м (*қаранг*: Хинц Мусульманские меры, с. 63). Беруний Ернинг шимолий ярми тасвирланган, Хоразмдалик чоғида ўзи ясаган глобус ҳақида айтяпти.

⁷⁷ Куръон, 10 – «Юнус» сураси, 24-оят.

⁷⁸ Китоб аҳли – *اهل الكتاب* – яъни ўз диний китобига эга бўлганлар; буларга му- сулмонлардан ташқари христианлар, яҳудийлар киритилган.

Собийлар (ёки Ҳарронийлар) – юлдузларга топинувчилар. Ўрта асрларда улар- нинг маркази Ироқдаги Ҳаррон шаҳри бўлган.

Мажусийлар – оташпарастлик динига мансуб кишилар. Исломдан аввалги Эрон, Кавказорти ва Ўрта Осиё халқларининг асосий дини оташпарастлик эди.

⁷⁹ Куръон, 22 – «Ҳаж» сураси, 47-оят.

⁸⁰ Куръон, 70 – «Маъориж» сураси, 4-оят.

⁸¹ Куръон, 2 – «Бақара» сураси, 30-оят.

⁸² Абу ал-Аббос ал-Эроншаҳрий ҳақида адабиётда жуда кам маълумот сақланган, у ҳам бўлса фақат Беруний асарларидадир. Беруний «Қонуни Масъудий»нинг ол- тинчи мақоласида (*қаранг*: иккинчи китоб, 57-бет) Ал-Эроншаҳрий ҳижрий 259 йили рамазон ойининг 29 кунини Қуёш тутилишини кузатганини ва унинг «синчков кузатувчи» эканлигини эслатган. Бу маълумот Ал-Эроншаҳрийнинг ҳаёти ҳақидаги ягона маълумот бўлиб у мил. 873 йил 28 июль кунига тўғри келади. Афтидан бу кузатишни у Нишопурда бажарган (*қаранг*: Oppolzer, № 4955).

Ал-Эроншаҳрий машҳур олим ва мутафаккир Абу Бақр ал-Розийнинг устози бўлган. Унинг қаламига «Китоби Жалил» ва «Китоби Асир» номли асарлар мансуб (*қаранг*: Беруний, «Геодезия». рус., с. 281; Marvazi, p. 129).

Ал-Эроншаҳрий ўз даврининг кенг маълумотли олимларидан бўлган ва фан- нинг турли соҳалари билан қизиққан. Беруний «Ҳиндистон»ида шамонийларнинг Меру тоғи ҳақидаги эътиқодлари хусусида Ал-Эроншаҳрийнинг маълумотларидан фойдаланганлигини айтади (*қаранг*: Беруний, Ҳиндистон, 197, 249). У Эронлик- ларнинг исломдан илгариги анъанавий урф-одатларидан тўлиқ хабардор бўлган. (*қаранг*: Беруний, Ёдгорликлар, 261, 264-бетлар). Ушбу «Геодезия»да эслатилаёт- ган иқлимий ва геологик ўзгаришлар билан қизиқишидан ташқари қизиқ бир оп- тик ҳодисани кузатган (*қаранг*: Shadows, 15:6, 11).

Шундай қилиб, юқорида айтилганлардан кўринадики, Абу ал-Аббос ал-Эрон- шаҳрий IX асрнинг етук олимларидан бўлиб, у астрономия, оптика, физика, гео- логия, метеорология, математика, тарих, хронология ва бошқа фанлар билан шуғул- ланган (*қаранг*: Kennedy, A Commentary, p. 5).

⁸³ Кермон – ўрта асрларда Эроннинг шарқий жанубида форс қўлтиғи қирғоғидаги вилоят, ҳозир Эроннинг марказидан жануброқда Остон номи билан аталади.

⁸⁴ Сиржон ёки Ширжон – ўрта асрларда Кермоннинг йирик шаҳарларидан бири.

⁸⁵ Фарсах – форслардаги узунлик ўлчами «фарсанг» сўзининг арабийлашган шакли, йўрға отнинг бир соат давомида юрган йўли, қарийб 6 км га яқин. «Фар- санг» сўзи «подшоҳ тоши» маъносини англатади. Қадимги Эрон шоҳи Доро I (мил. авв. 522–486) Кичик Осиёдаги Сард шаҳридан ўзининг Хузистондаги пойтахти Су-

загача почта йўлини курдириб, йўлнинг бир соатга тўғри келган ҳар бир бўлагини бир тош қўйиб белгилашни буюрган.

⁸⁶ Ал-Байзо – бу калъа ҳақида маълумотга эга эмасмиз.

⁸⁷ Биз контекстга қараб шундай таржима қиламиз. Аслида **تقطع** – «узулиб қолади».

⁸⁸ Арабистон ярим оролидаги саҳролар назарда тутиляпти.

⁸⁹ «Балик қулоқлари» – **اذان السمك** – денгиз чиганокларининг бир тури, балиқнинг жағи тарафидаги иккита пластинкасимон қисмига ўхшаганлиги сабабли шундай аталган бўлса керак.

⁹⁰ **بحر جزر** – Каспий денгизининг ўрта асрлардаги номларидан (бошқа номлари – Журжон денгизи, Обисуқун денгизи) бири. Озарбайжонлар ҳозир ҳам шу ном билан атайдилар.

⁹¹ **باب الابواب** – яъни «дарвозалар дарвозаси», туркий «демир қапиғ» сўзининг араб тилидаги таржимаси, ҳозирги Дарбанд шаҳри.

⁹² Яқтон (**يقطان**) Қахтоннинг ўғли – жанубий арабларнинг афсонавий аждодларидан ҳисобланади.

⁹³ Куръон, 34 – «Сабаъ» сураси, 16-оят, **سدر** – кунор дарахти.

⁹⁴ Ўрта асрларда Каспий денгизининг жануби-шарқидаги вилоят ва шаҳар. Беруний даврида у ернинг Зиёрийлар сулоласига мансуб мустикал ҳукмдори бўлган.

⁹⁵ Жайхун – Амударёнинг ўрта асрлардаги номи. У Балх шаҳри ёнидан ўтганлиги сабабли «Балх дарёси» деб аталган. Ҳозирги номи эса, Балх шаҳри вайрон бўлганидан сўнг Амуя (ёки Амул – Чоржўй) шаҳри номидан олинган. Юнонлар унинг қадимги хоразмийча номи – «Ўқуз»дан Окс деб атаганлар.

⁹⁶ Балх – ҳозир Термиз қаршисида Амударёнинг чап қирғоғида, Афғонистон территориясидаги шаҳар. Ўрта асрлардаги Балх ҳозирги ўрнидан қарийб 70 км жануброқда жойлашган. Балх қадимда Бактр деб аталган. Берунийнинг айтишича, оташпарастлик динини тарғиб қилган Зардушт (гарбда – Заратуштра, Зороастр, мил. авв. VII аср) Балхда зухур қилган (**қаранг**: Ёдгорликлар, 236-бет).

⁹⁷ Балхон – **بلخان** – яъни «икки Балх», илк ўрта аср даврида Амунинг Каспий денгизига қуйилишидаги йирик шаҳар. «Икки Балх» дейилишига кўра, у Балхдан ҳам катта бўлган. Унинг номи ҳозирги Балхон тоғи номида сақланган.

⁹⁸ Птолемей (мил. II а.) – «Алмажистий» ва «География» асарларининг муаллифи ҳақида (**қаранг**: Беруний. «Қонуни Масъудий», I китоб, 453-бет).

⁹⁹ Птолемей «География»сида қадимги Эроннинг Гургон вилоятининг номи **Υρχαῖα** ёзилган. Бу ерда Беруний шу сўзнинг араб тилидаги талаффузини келтирган. Лекин араб адабиётида у Журжон (**جرجان**) дейилган (94-изоҳга қаранг).

¹⁰⁰ Агар Птолемей тахминан 168 й. ўлгани ва Беруний «Геодезия»ни 1018 йилларда ёзганини эътиборга олсак, улар орасида қарийб 850 йил ўтган бўлади.

¹⁰¹ Замм – ўрта асрларда Аму бўйида ҳозирги Карки ўрнидаги шаҳар.

¹⁰² Амуя – ўрта асрларда ҳозирги Чоржўй ўрнидаги йирик шаҳар. Марв билан Бухоро орасидаги йўл шу шаҳар орқали ўтган (95-изоҳга қаранг).

¹⁰³ Хазар – **الخرز** – ўрта асрларда Каспий денгизининг шимоли ва шимоли-ғарбидаги туркий давлат. Хазарлар давлати Шарқий Европадаги энг биринчи феодал давлат бўлиб, VII аср иккинчи ярмидан X аср ўрталаригача ҳукм сурган (**қаранг**: Артамонов. История хазар; Плетнева, Хазары).

¹⁰⁴ Ғуззлар ери – *ارض الغزريّة* – Беруний даврида Каспий ва Орол денгизларининг оралиғи ҳамда Оролнинг шимоли ва шаркидаги ерларни ўз ичига олган. Ғуззлар (ёки ўғузлар) – кўчманчи турк қабилалари коалицияси. Туркманларнинг шаклланишида асосий компонент бўлганлар (*қаранг*: Якубовский. Вопросы этногенеза туркмен. С. 49–52; История Туркменской ССР, I, С. 15, 177; Толстов, Города гузов).

¹⁰⁵ Фамул Асад – *فم الاسد* – яъни «Шер оғзи», ҳозирги номи Дахани шер, Амударёнинг куйилишидаги тор жойи (*қаранг*: Волин. К истории древнего Хорезма. С. 195; Гулямов, История орошения Хорезма, С. 19).

¹⁰⁶ Сикр аш-Шайтон – *سكر الشيطان* – «шайтон тўсиғи» демакдир.

¹⁰⁷ «Бир ўтиш» [масофаси] – *مرحلة* – яъни карвон бир кунда ўтиши мумкин бўлган масофа, 40–50 км ча йўлни ташкил қилган.

¹⁰⁸ Фороб – ўрта асрларда Арис сувининг Сирдарёга куйилиш жойидаги шаҳар. Унинг харобалари ҳозирги Арис шаҳри яқинида. Фороб номи «сув бўйида» маъносини берувчи Бароб номининг арабийлашгани. Туркий халқлар уни Ўтрор деб ҳам аташган. Фороб – Абу Наср Форобийнинг ватани (*қаранг*: Бартольд, I, Туркестан, – С. 233–234).

¹⁰⁹ Ал-Фаҳмий – *الفحمى* – Амударёнинг қадимги ўзанларидан бири, Форобдан шарқроқда Қизилкум саҳроси орқали ўтган (*қаранг*: Низовья Аму-Дарьи, – С. 9, 35, 66; Толстов, По древним дельтам Окса и Яксарта, С. 25, 274).

¹¹⁰ Бажаноклар ери – *ارض البجانكية* – Беруний даврида бажанокларнинг бир қисми Сирдарёнинг куйи оқими ва Орол бўйларида яшаган. Лекин бирмунча аввал уларнинг йирик бир қисми ғарбга Каспий ва Қора денгизлари тарафига ва Днепр бўйларига кўчган. Византия императори Константин Багрянороднийнинг айтишича, бажаноклар IX аср охирида Дон билан Дунай орасида пайдо бўлган. У ердан мажорларни ҳозирги Венгрия территориясигача сиқиб борган. Кейинроқ бажаноклар венгерлар ва хазарлар билан аралашган, Орол денгизи атрофларида қолганлари эса ўғузлар ва қипчоқлар билан аралашиб кетган (*қаранг*: Константин Багрянородный. Об управлении государством; Ибн Фадлан, С. 24, прим. 4; Якубовский. Вопросы этногенеза туркмен. С. 50–51; Кляшторный, Древнетюркские рунические памятники. С. 176–179).

¹¹¹ Водий Маздубаст – *وادى مزدبست* – Амударёнинг Сарикқамиш кўлига тушадиган қадимги ирмоғи.

¹¹² Яъни, Қоракум саҳросида.

¹¹³ Алонлар ва ослар (*الان، الاس، اللان*) ёки *الان* – Эроний тилга мансуб бир-бирига яқин элатларнинг номлари. Улар энг қадимги даврларда Ўрта Осиёда Орол денгизи атрофларида, унинг жануби-ғарбида кўчманчилик қилиб юрган. Кейинроқ скиф-сармат қабилалар таркибида ғарбга ва шимолий ғарбга сурилган: мил. авв. I асрга келиб улар шимолий Орол бўйидан то Шарқий Азов соҳилларигача ораликни эгаллашган. Берунийнинг гувоҳлик беришига қараганда, уларнинг бир қисми Ўрта Осиёда қолиб VIII асрда Сарикқамиш кўли атрофида, кўчманчи туркий қабилалар (бажаноклар) билан ёнма-ён яшаган. Кейинроқ булар туркманлар таркибига кирган. Шимолий Кавказдаги йирик қисми эса ўз тилини сақлаб қолган ва осетин халқининг шаклланишига асос бўлган. «Осетин» сўзи аслида грузин тилида

«ослар юрти» маъносини билдиришини эътиборга олсак, ослар ҳозир ҳам қадимий номи билан аталишини кўрамиз. Алонларнинг бир қисми м. IV–V асрларда герман қабилалари – готлар билан иттифок тузиб Ғарбий Европага, ҳатто Испания ва Англиягача кириб борган ва у ердаги халқлар таркибига сингиб кетган. Хусусан, француз ва инглизлардаги Ален ва Алан деган исмлар қадимги алонларнинг асо-ратидан далиллик беради (қаранг: Бартольд, II [I], Аланы, – С. 866–877; Толстов, Бируни и проблема древней, средневековой истории Хорезма, – С. 128; Толстов. По следам древнехорезмийской цивилизации, – С. 146–147).

¹¹⁴ Туркий *خيز تفتري* ва араб тилида *بحر العذراء* Беруний «Қиз денгизи» деб Сарикқамиш кўлини назарда тутяпти (Волин, К истории древнего Хорезма, – С. 195; Гулямов, История орошения Хорезма, – С. 25; Толстов, Бируни и проблема древней, средневековой истории Хорезма, – С. 128). Хоразм воҳасининг пайдо бўлиши ҳақидаги Берунийнинг гениал фарази ҳозирги замон фани билан тасдиқланади (Толстов, Бируни и проблема древней, средневековой истории Хорезма, – С. 126; Гулямов, История орошения Хорезма, – С. 24–28; Низовья Аму-Дарьи, – С. 8; Толстов, По древним дельтам Окса и Яксарта, с. 21).

¹¹⁵ Абу ал-Фазл Муҳаммад ибн ал-Ҳусайн ибн ал-Амид – туғилган йили номаълум, 970 й. Бағдодда ёки 971 й. Райда вафот этган. 940 йилдан Бувайҳий султон Рукн ад-Довланинг вазири; у астрономик кузатишларини Райда олиб борган. Фалсафа ва адабиётдаги юксак билими учун «Иккинчи Жаҳиз» лақабини олган. Унинг бу ерда эслатилаётган асари бизгача етиб келмаган (Brockelmann, GAL. S. 1, p. 153; Kennedy, A Commentary, p. 8; Беруний, Қонуни Масъудий, I, 281-бетлар; Ибн Халликон, № 707; EI, II, 382–383-бетлар; Amedroz, Fhe Vizir Abu-l-adl ibn al-mid, 323–351-бетлар).

¹¹⁶ Рўён – *الرويان* – ўрта асрларда Эроннинг шимолидаги шаҳар, Бувайҳийларга қарам бўлган. Ҳозир Эроннинг Каспий денгизидagi Бандари – Шох портидан 105 км жануби-шарқидаги кичик шаҳарча.

¹¹⁷ Урдун дарёси – *الاردن* – Яқин Шарқдаги дарё, Иордания территориясида.

¹¹⁸ Ўлик Зуғар кўли – *بحيرة زغر الميتة* Ўлик денгиз. Тузининг ҳаддан ташқари кўплигидан унда тирик жониворлар мавжуд эмас. Шу сабабли «ўлик» дейилган. Ўлик денгиз икки давлат ўртасида жойлашган; унинг шарқида араб мамлакати Иордания, ғарбида Исроил давлати бор.

¹¹⁹ Сурёнийлар – *السريانيون* – Суриянинг исломдан аввалги христиан динидаги аҳолиси. Улар сомиё гуруҳига мансуб бўлган арабий тилида сўзлашган ва ўз алифбосига эга бўлган. Ўрта Осиёда исломдан аввал мавжуд бўлган суғд алифбоси ана шу асосида тузилган. Сурёнийларнинг талай қисми эллинизм даврида юнонлашиб кетган. Ислом зухур қилиши билан уларнинг кўпи исломга ўтиб, тиллари араб тилига алмашган, яъни улар араб урф-одатларини ўзига сингдирган. Сурия араблари шуларнинг авлодларидир. Сурёнийларнинг бир қисми эса фақат ўзининг христиан динини сақлаб қолган бўлса-да, улар араб тилида сўзлашади ва ўзларини араб деб атади. Бу тоифа араблар ҳозир Сурия ва Ливанда истиқомат қилади. Беруний даврида сурёнийлар ҳали тўла ассимиляция қилинмаган эди.

¹²⁰ Искандар (*Αλεξάνδρος* – мил. авв. 356–327 йй.) Зулқарнайн, Македония подшоҳи, Искандар эраси, мил. авв. 312 й. 1 октябрдан бошланган Селевк эрасидир.

Лекин «Искандар эраси» Зулқарнайдан кейинги учинчи подшоҳ бўлмиш Искандар IV (мил. авв. 316–312 йй.) нинг ўлимидан бошланганлиги учун мана шу Искандар IV га нисбат берилган бўлса ҳам эҳтимол (Бикерман, Хронология, 195-бет). Шу эранинг 838 й. – мил. 528 й. (Беруний, Ёдгорликлар, 73–78-бетлар).

¹²¹ Бу ерда Византия императори Юстиниан I (527–555) ҳақида сўз кетяпти. Юстиниан подшоҳлигининг иккинчи йили ва Селевк эрасининг 838 йили мил. 528 йилга тўғри келади.

¹²² Антакия (Антиоҳия) – Туркиянинг жанубидаги шаҳар, Оронт дарёси бўйида, Ўрта денгиздан дарё бўйлаб, қарийб 25 км масофада. Шаҳар Антиох I Сотер (мил. авв. 281–261 йй.) томонидан барпо қилинган (Беруний, Қонуни Масъудий, I, 117-бет).

¹²³ Қалавзия (Клавдия) – Кичик Осиёдаги шаҳар, ҳозирги Малатияга яқин жойлашган Фрот дарёси бўйида бўлган (Kennedy, A Commentary. P. 8). Сурёний солномаларига кўра зилзила натижасида Фротнинг тўсилиши 1152 й., яъни Беруний вафотидан юз йил кейин юз берган. Беруний айтган ҳодиса ҳақида маълумотга эга эмасмиз.

¹²⁴ Аристотель – антик даврнинг энг буюк файласуфи ҳақида 18-изоҳга қаранг.

¹²⁵ كتاب الآثار العلوية – Аристотелнинг «Метеорология» асари (De Caelo, Aristotle, On the Heavens).

¹²⁶ Ушбу хабарни Геродот ҳам келтирган (Геродот. История. II, 4–10).

¹²⁷ Фива – ثيبا – ҳозирги Карнак шаҳри ўрнидаги Қадимги Миср шаҳри. XI династия даврида ва Янги Подшолик даврида Миср пойтахти бўлган.

¹²⁸ Мемфис – منف – Ҳозирги Кохира яқинида бўлган қадимги шаҳар. Қадимги Подшолик даврида Миср пойтахти бўлган.

¹²⁹ Гомер (мил. авв. IX аср.) – أميروس – машҳур қадимги юнон шоири, «Одиссея» ва «Илиада»нинг муаллифи. Мазкур асарларида у қадимги юнонларнинг Шарққа экспансиясини поэтик акслантирган.

¹³⁰ Кулзум денгизи – بحر القلزم – Қизил денгиз. «Кулзум» сўзи юнонча κλυζμα сўзининг араб тилидаги транскрипцияси.

¹³¹ Ўровчи денгиз – البحر المحيط – Атлантика ва Ҳинд океанлари: кенг маънода бутун қурукликни ўровчи Океан.

¹³² Саситротис (ёки Саситрат) деб ўн иккинчи династия подшоҳлари Сенусерт I (мил. авв. 1978–1971) ёки Сенусерт II (мил. авв. 1887–1849) иккисидан бири тушунилган (Аҳмад Бадавий, II, 137, 139–140 бб.).

¹³³ Дориёвуш – бу Доро I, Ахамонийлар сулоласидан қадимги Эрон подшоҳи (мил. авв. 522–486) («Қонуни Масъудий», I, 480-б). Дорони Миср подшоҳларидан деб Беруний хато қияпти.

¹³⁴ Қизил денгизнинг Исмоилия шаҳри яқинидаги сатҳи Нилнинг қуйи оқимидаги сатҳидан қарийб 9,9 м баланд.

¹³⁵ Птолемей III – бу ерда Мисрнинг юнон Птолемейлар сулоласидан подшоҳи Птолемей III Эвергет I (мил. авв. 246–222) назарда тутиляпти. Лекин Беруний айтаётган маълумотлар Птолемей II Филадельфга (Бикерман, Хронология, 178-бет) тааллуқли (қуйида 137-изоҳга қаранг).

¹³⁶ Архимед (мил. авв. 287–212) машхур қадимги юнон олими: математика, физика, механика, геодезия, астрономия ва бошқа фанлар соҳасида бир талай асарлар ёзиб қолдирган.

¹³⁷ Бу ерда Беруний тарихий ҳодисаларни эслатгани ва Нил билан (ёки Ўрта денгиз билан) Қизил денгизни туташтириш масаласи Мисрнинг қадимдан то ҳозирги кунгача бўлган тарихида муҳим ўрин тутганлиги сабабли бу ҳақда муфассалроқ тўхталиб ўтамиз.

Мисрнинг геологик тарихи шуни кўрсатадики, плейстоцен геологик даврида Сувайш қўлтиғи Ўрта денгиз билан Катта ва Кичик шўр қўллар, Тимсоҳ, Баллак ва Манзала қўллари йўналишида туташган. Кейинроқ Нил лойқаси ва саҳронинг келиши туфайли Қизил ва Ўрта денгиз ораси тўсилиб, мазкур қўллар ҳосил бўлган.

Қадимги Миср давлати кучайиши билан Миср фиръавнлари «фойда олиш ва фойдани умумийлаштириш мақсадида», бошқача айтганда, атрофдаги Қадимги Шарқ давлатларини ўз таъсир доирасига ўтказишни осонлатиш учун иккала денгизни бир-бирига кема юра оладиган канал билан туташтиришга уринадилар. Қадимги Миср манбалари, Геродот, Страбон, Диодор, Плиний ва бошқа муаллифларнинг хабар беришича, бундай уринишларнинг энг биринчиси XII сулола даврида (мил. авв. 2000–1787 й.) қилинган (132-изоҳга қаранг) бўлиб, унда Нилнинг дельтасидаги ўнг тармоғининг қўйилиш жойи билан Қизил денгизнинг энг шимолий нуқтаси туташтирилган. Тарихда бу канал «Фиръавн канали» ёки «Тўрт подшоҳ канали» деб юритилган. Миср давлати сусайиши билан бу канал қум билан қўмилиб кетган. XIX сулола фиръавни Рамзес II (мил. авв. 1317–1251) даврида у қайтадан тикланган ва яна хароб бўлган. XXVI сулола фиръавни Нехо I (мил. авв. 610–595) канални қайтадан курган. Бу гал унинг ўзани Бубастис (ҳозирги аз-Зақазик) билан Патумос (ҳозирги Исмоилия) орасидан ўтган. Лекин иш охиригача етказилмаган. Курилишни Эрон подшоҳи Доро I (133-изоҳга қаранг) охирига етказган. Геродотнинг гувоҳлик беришича, унинг кенглиги қарама-қарши келаётган уч қават эшкаклик иккита кема ўта олиш имконини берган. Бу канал ҳозир ҳам мавжуд ва у «Чучук сув канали» бизга маълумдир. Птолемей II Филадельф (мил. авв. 282–246) канални кенгайтирган, чуқурлатган ва шлюзлар ўрнаттирган. Рим императори Траян (мил. 100 й.) даврида канал яна тикланган, шунинг учун у «Траян дарёси» деб аталган. Лекин 617 й. Эроннинг сосоний подшоҳи Хусрав II Парвиз (590–628) Мисрга қилган юришида, уни тўхтатиш мақсадида Византия императори Ираклий (610–641) канални қўмдирган. Араб юриши даврида араб лашкарбошиси Амр ибн ал-Ос 642 й. «Фиръавнлар канали»ни Мисрни Ҳижоз билан денгиз йўли орқали туташтириш мақсадида қайтадан тиклаган: бироқ 776 й. канал халифаликнинг бошқа районларидаги савдога путур етказганлиги сабабли қўмилган. XV, XVII, XVIII асрларда Сувайш билан Ўрта денгизни канал билан туташтириш масаласи Европа давлатлари томонидан бир неча марта кўтарилган. 1498 й. Ҳиндистонга Африка атрофидаги йўлнинг очилиши бу масалани дунё миқёсига олиб чиққан эди. Бундан кейин бу масала билан буюк давлатлар шуғуллана бошлади. Наполеон Бонопартнинг 1798–99 йй. Мисрга қилган экспедицияси даврида канал қурилишга уриниши беҳуда бўлди. 1854 йили француз капиталисти ва дипломати Ф.Лессепс Миср ҳокими Саид пошодан канални қуриш учун концессия олиш имконига эга бўлди. 1869 й.

17 ноябрь куни канал қурилишиб тугатилиб, кемалар ўтиши учун очилди. Каналнинг узунлиги 161 км; сув юзаси бўйича кенглиги – 120–150 м, сувости бўйича – 45–60 м, чуқурлиги – 12,5–13 м. Каналдан ўтиш бир тарафлама. Канал бўйида Порт-Саид, Ал-Қантара, Исмоилия, Сувайш, Порт-Тавфиқ шаҳарлари жойлашган. Канал Сувайшдан ўтганлиги сабабли Сувайш канали дейилади. Қохирадан Исмоилиягача «Фиръавнлар канали» бўйича «Чучук сув канали» ўтказилган. Бу канал Исмоилияда икки тармоққа бўлиниб, бири шимолга – Порт-Саидга, иккинчиси жанубга – Сувайш шаҳригача асосий каналга деярли параллел бўлиб кетади.

Сувайш канали хусусида бир қатор халқаро келишма ва битимлар мавжуд. Ҳозирги кунда канал йирик тоннажли кемалар учун мослаштирилиб, кенгайтирил-япти ва чуқурлатилияпти (Kennedy, A Commentary, p. 9-10. Дементьев, Суэцкий канал, 2 изд., М., 1954).

¹³⁸ Форс (ёки Порс) – Эроннинг жануби-ғарбидаги қадимги вилояти; Ахоманий ва Сосоний сулолалари шу вилоятдан чиққан, Эроннинг ўрта асрлардаги машҳур шоирлари Саъдий ва Ҳофизнинг ватани. Қадимда ва ўрта асрларда ғарб адабиётида Эронни шу вилоят номи билан «Персида» ва «Персия» деб аталган. Ҳозир Эроннинг шу номли вилояти (12-остони), маркази Шероздир (Современный Иран, 75–76-бетлар).

¹³⁹ Сижистон (ёки Сеистон) – асли «Сакастон», яъни «сақлар ватани» сўзидан келиб чиқади. Қадимда Эроннинг шарқидаги йирик вилояти. Фирдавсий «Шоҳнома»сининг асосий қахрамони бўлмиш Рустамнинг ватани. Сеистоннинг умумий территорияси 7006 инглиз квадрат милага тенг. 1872 й. битимига кўра у икки давлат ўртасида бўлинган. Маркази Зобул бўлган қисми (2847 кв мил) Эроннинг 10-Балужистон остонига киради. Қолган йирик қисми (4159 кв мил) Афғонистоннинг жануби-ғарбидаги маркази Заранж бўлган Чохонсур вилоятини ташкил қилади (Тарихи Систан, 13-бет; Современный Иран, 75-бет).

¹⁴⁰ Хуросон – қадимда ва ўрта асрларда ҳозирги Туркменистон Республикасининг жанубини, Афғонистоннинг шимолини ва Эроннинг шимоли-шарқини ўз ичига олган йирик ҳудуд. Ҳозир Эроннинг шу номли (6-) остони маркази Машҳад. Қадим ва ўрта асрларда Эрон билан Ўрта Осиёдаги давлатлар (Турон) орасидаги урушлар Хуросонга эга бўлиш учун бўлган. Бу ходисалар «Шоҳнома»да акланган.

¹⁴¹ Каркас Кўҳ – کرکس کوه – Кошоннинг шарқидаги тузли чўлларнинг ўрта асрлардаги номи (Kennedy, A Commentary. P. 10).

¹⁴² Афросиёб, «Шоҳнома»нинг асосий қахрамонларидан бири, Турон подшоҳи Тужнинг форсий лақаби.

¹⁴³ Зара кўли – Сеистондаги пасттекислик.

¹⁴⁴ Басра ботқоқликлари – بطنح البصرة – Ироқда Шатт ал-Араб дарёсининг қуйи оқимидаги ботқоқликлар.

¹⁴⁵ Юқорида 82-изоҳга қаранг.

¹⁴⁶ Нишопур – نيسابور – Хуросоннинг ўрта асрлардаги пойтахти, Умар Хайёмнинг ватани. Эроннинг Сосоний подшоҳи Шопур II (мил 310–379) томонидан барпо қилинган.

¹⁴⁷ Бушт – بشت – Нишопур яқинидаги қишлоқ.

¹⁴⁸ Биз ازدادت المواد – «моддаси ортди» иборасини шундай таржима қилдик.

¹⁴⁹ 125-изоҳга қаранг.

¹⁵⁰ Беруний геоцентризмга аҳамият беринг.

¹⁵¹ Матнда دخول – «кириш».

¹⁵² Куръоннинг номларидан бири, «Ганзилул Китоб» – تنزيل الكتاب иборасидан олинган.

¹⁵³ Куръон, 11 – «Худ» сураси, 7-оят.

¹⁵⁴ Абу-л-Ҳасан Собит ибн Курра ал-Ҳарроний ас-Собий (836–901) – Ҳарронда (Шимолий Ироқ) юлдузга топинувчи *собийлар* (78-изоҳга қаранг) оиласида туғилган. У ўз дунёқарашлари учун ўз мазҳабидан ҳайдалганидан сўнг Бағдодга келади ва у ерда фалсафа, мантиқ ва математикани ўрганади. Халифа Муътазиднинг саройида хизмат қилади. У араб тилидан ташқари қадимги яҳудий, юнон ва сурёний тилларини билган. Аполлонийнинг «Конус кесимлари»нинг, Птолемейнинг «Алмагести»нинг араб тилидаги таржималарини таҳрир қилган. Евклиднинг «Негизлари», Архимед, Платон, Порфирий, Гален ва Птолемейнинг асарларини араб тилига таржима қилган. Медицина, фалсафа, математика ва астрономияга оид ўнлаб асарлар ёзган. Булардан «Қуёш йили китоби», «Карастун ҳақида» ва б. Европа тилларига таржима қилинган (Brockelmann, CAL. S. 217–218; Столярова, Трактат. С. 206–210; Ал-Даббах; Neugebauer, Thabit ben Qurra; Беруний, «Қонуни Масъудий»; II, 73-бет; Wiedemann, Die Schrift, Steinschneider, Intorno Buchner, Die Schrift; Suter, Die Abhandlungen; Suter, Die mathematiker. S. 34–35).

¹⁵⁵ Қаранг: De Caelo, Aristotle, On the Heavens, II, p. 1–3.

¹⁵⁶ معتدل النهار, яъни «кунни тенглаштирувчи», бундан буён бу иборани, агар Ер экватори ёки Ер ҳақида ҳам сўз кетаётган бўлса, осмон экватори деб таржима қиламиз.

¹⁵⁷ مزاج اهوية иборасини шундай таржима қилинди, жой атмосферасининг ҳолати назарда тутиляпти.

¹⁵⁸ Зенит – سمت الرأس ёки тўлиқроқ ёзилиши турар жой аҳолисининг «боши тепаси».

¹⁵⁹ Бу ҳақда қаранг: De Caelo, Aristotle, On the Heavens, 2.5. P. 179–185.

¹⁶⁰ Параллел – المدار – яъни «айланиш доираси» Ер экваторига параллел бўлган кичик доира. Осмон сферасининг параллелларига нисбатан ҳам шу ибора қўлланилади.

¹⁶¹ Шарсимонлик – الكرية, шар – كرة сўзидан.

¹⁶² Цилиндрик [шакл] الاسطوانية «цилиндр» – اسطوان سўзидан.

¹⁶³ Ўқ, бу ерда – سهم

¹⁶⁴ Олам маркази – مركز الكل – том маъноси «умумият маркази».

¹⁶⁵ Бу ерда қитъаларнинг кўчиши ҳақида Беруний айтган гениал тахминларни ҳозирги замон фани тасдиқлайди.

¹⁶⁶ Апогей – اوج қаранг: «Қонуни Масъудий», II китоб, 52-бет, 83-изоҳ.

¹⁶⁷ Бурж – برج ҳақида «Қонуни Масъудий», I китоб, 54-бет, 40-изоҳга қаранг. Буржлар тартибида – على توالى البروج

¹⁶⁸ Қуёш апогейининг ҳаракатли эканлиги ҳақидаги фикрни энг аввал Гиппарх (мил.авв. II а.) айтган. Бу масалага Беруний «Қонуни Масъудий» VI мақоласининг махсус еттинчи «Қуёш апогейининг ҳаракатлилиги ҳақида» ва саккизинчи – «Апо-

гей ҳаракатининг миқдори ҳақида» бобларини бағишлаган (Беруний, «Қонуни Масъудий», II, 51–58-бетлар, 85-изоҳ).

¹⁶⁹ Апогей орбитаси ёки эксцентрик орбита – *الفلك الخارج المركز* бу ҳақда қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 51–58-бетлар, 85-изоҳ.

¹⁷⁰ Эпицикл – *فلك التدوير* ўша ерга қаранг.

¹⁷¹ Астрономия олимлари – *علماء الهيئة*, яъни астрономлар. Юкоридагидан фаркли ўларок (56-изоҳга қаранг) фақат астрономиянинг ўзи билан шуғулланувчилар назарда тутиляпти. Астрологлар бундан мустасно.

¹⁷² Абу Жаъфар Муҳаммад ибн Ҳасан ибн Жаъфар ал-Хозир – хуросонлик машҳур математик ва астроном, тахминан 965 йили вафот этган. Птолемейнинг «Алмажистий»сини ва Евклиднинг «Негизлар»ини шарҳлаган. Унинг ўндан ортик асарлари маълум. Шулардан «Евклид китоби ўнинчи мақоласининг муқаддимасига тафсир», «Зиж ассафоих», «Бану Мусо китоби ўнинчи жумласининг исботи», «Геометрия негизлари китоби», «Алмажистий»нинг тафсири», «Илми нужумга катта муқаддима», «Оламлар китоби», «Даражаларнинг оғиши китоби», «Узоқликлар ва самовий жисмлар китоби», «Сонлар масаласига доир китоб» асарларидир (Suter, Die mathematiker. S. 58; Fuat Sezgin, Geschichte, s. 298; Юшкевич, История математики. С. 257).

¹⁷³ «Ҳаракат тенглашадиган нукта» ёки «ҳаракат экванти нуктаси» – (*المسير* ёки) *نقطة استواء الحركة* бу ҳақда қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 389–391-бетлар; Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd. II, ss. 118–122.

¹⁷⁴ Деферент орбитаси, бу ерда *محيط الحامل* одатда кўпроқ *فلك الحامل* шаклида учрайди, – эпицикли «кўтариб юрувчи» (*الحامل*) доира (Беруний «Қонуни Масъудий», II, 52-бет, 87-изоҳ).

¹⁷⁵ Ҳаракат экванти доираси – *الدائرة المعتكلة للمسير* ҳаракат экванти нуктасининг айланиш доираси («Қонуни Масъудий», II, 339–402-бетлар).

¹⁷⁶ Перигей, бу ерда – *البعد الاقرب* лекин асосан *الحضيض* Қуйида 179-изоҳга қаранг.

¹⁷⁷ Қаранг, 115-изоҳ.

¹⁷⁸ Беруний Қуёш апогейининг ҳаракатли эканлигини исботлаган (қаранг: 168-изоҳ).

¹⁷⁹ *الحضيض*

¹⁸⁰ Қишки Қуёш туриши – *منقلب الشتوى*

¹⁸¹ Қуёш туриш параллели – осмон сферасининг Қуёш туриш нуктасидан ўтган экваторга параллел бўлган кичик доираси, яъни тропик.

¹⁸² Беруний «Қонуни Масъудий»да кўрсатишича («Қонуни Масъудий», I, 396-бет), биринчи иқлим ўртасининг кенгламаси $\varphi = 16^{\circ}38'34''$. Қишки Қуёш туриш нуктаси осмон экваторидан $\varepsilon = 23^{\circ}35'$ («Қонуни Масъудий», I китоб, 282-бет) масофада жанубий яримшарда бўлади. Агар қишки Қуёш туриш нуктасига яқин бўлган нуктанинг зенит масофасини Z десак ва $Z = \varphi + \varepsilon$ эканлигини эътиборга олсак (1-шакл), $Z = 16^{\circ}38'34'' + 23^{\circ}35' = 40^{\circ}13'34'' \approx 40^{\circ}13'34'' \approx 40^{\circ}$ бўлади.

кинчи ҳоллар учун $\varphi = h_p = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} + h_{\min}$, учинчи ҳолда эса $AD = 90^\circ - h_{\min}$,

$FA = 90^\circ - h_{\max}$ ва $ED = FA + AE$,

яъни

$$ED = \frac{(90^\circ - h_{\max}) + (90^\circ - h_{\min})}{2}$$

дан

$$\varphi = h_p = \frac{(90^\circ - h_{\max}) + (90^\circ - h_{\min})}{2} + h_{\min}$$

эканлиги келиб чиқади. Формулаларнинг биринчиси $\varphi = \frac{h_{\max} + h_{\min}}{2}$ кўринишда ҳам ёзилади.

¹⁹⁵ Осмон ўрта чизиғи – *خط وسط السماء* яъни осмон меридиани.

¹⁹⁶ Бу ерда Беруний юкорида исботлаб чиқарилган формулани «ҳисоблаш» усули билан у «Қонуни Масъудий»да айрим ҳолларда «ал-ҳисоб ал-муҷаррад», яъни «абстракт ҳисоблаш» деган.

¹⁹⁷ Агар $h_{\max} = 90^\circ$ десак, иккала формуладан ҳам (қаранг: 194-изоҳ) $\varphi = \frac{90^\circ + h_{\min}}{2}$ келиб чиқади. Бундай ҳол юкори кульминация зенит билан устмауст тушганда юз беради.

¹⁹⁸ Мусо ибн Шокир ўғиллари – Аҳмад, Муҳаммад ва Ҳасан «Бану Мусо», буларнинг ўртанчаси Муҳаммад 873 йили вафот этган. Уларнинг туғилган йиллари номаълум: бағдодлик машҳур астроном ва математиклар. Улар механика ва мусиқа назарияси билан шуғулланганлар. Халифа Маъмун (813–833) саройида хизмат қилиб, қадимги юнон тилидан араб тилига математик асарларни таржима қилганлар. Хусусан улар Аполлонийнинг «Конус кесимлар» асарини таржима қилганлар. Улар астрономик кузатишларини Дажла кўпригида жойлашган ўз уйларидаги обсерваторияда 850–870 йилларда олиб борганлар. Мусо ибн Шокир ўғиллари асарларидан лотинча таржимада «Қуёш йили китоби», «Уч оғайнининг геометрик рисоласи» ва араб тилида «Аполлоний «Конус кесимлари»нинг шарҳи» сақланиб қолган.

¹⁹⁹ Катта Айиқ – юлдуз туркуми арабларда «Банот наъш» – яъни «Йиғловчи кизлар» деб аталган. Улар бу туркумдаги еттита энг ёруғ юлдузнинг чўмич шаклидаги тўрттасини «Тобут» ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$ юлдузлар) ва олдиндаги учтасини (η, ζ, ϵ юлдузлар) «Қизлар» деб атаганлар. Бу юлдузларни худди шу шаклдаги Кичик Айиқ туркумидаги юлдузлардан фарқ қилиш учун «Катта» сўзи ишлатилапти. Катта Айиқнинг думи учудаги, яъни ўн саккизинчи юлдуз унинг δ (Мегрец) юлдузи (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 306–307, 622-бетлар).

²⁰⁰ Катта Айиқнинг γ (Фекда) юлдузи (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 307, 622-бетлар).

²⁰¹ Ас Сухо – Катта Айиқнинг ϵ (Алиот) юлдузи (қаранг: ўша ерда).

²⁰² Катта Айиқнинг ζ (Мицар) юлдузи (қаранг: ўша ерда).

²⁰³ Ҳижрий икки юз қирқ саккизинчи ва форсларнинг Яздигард эраси бўйича икки юз ўттиз иккинчи йили – милодий 862 йил. Бу сана Мусо ибн Шокир ўғилларидан Муҳаммад ва Аҳмад иккисининг кузатишига тааллуқли. Уларнинг кенжаси – Ҳасан афтидан бу кузатишда иштирок этмаган, чунки Беруний унинг номи билан кузатишларда эслатмаган.

²⁰⁴ Бу ерда суткалик параллел уфқка уринма бўлганидаги уч ҳол кўриляпти 2-шаклдаги биринчи ва иккинчи ҳоллардагидек юқори кульминация шимол томонда ёки зенитда бўлса, $\varphi = \frac{h_{\max} + h_{\min}}{2}$ формуладан $h_{\min} = U$ бўлганлиги сабабли $\varphi = \frac{h_{\max}}{2}$ бўлади.

Учинчи ҳолда OC , MF , BM ёйлар ўзаро тенг ёйлар бўлгани учун шаҳар кенгламаси $EC = MA = \varphi$ бўлади, чунки EC ва MA ёйлар ўзаро тенг ёйларнинг 90° гача тўлдирувчиси. Шунинг учун $MA = MF + FA$ дан

$$\varphi = \frac{h_{\max}}{2} + 90 - h_{\max} \text{ ёки } \varphi = \frac{90^\circ + (90^\circ - h_{\max})}{2} \text{ бўлади.}$$

²⁰⁵ Ер экваторидаги уфқда барча суткалик параллеллар уфқка перпендикуляр бўлади. Бунда зенитдаги юлдузнинг параллели олам марказидан ўтувчи катта доира бўлиб, сутканинг ҳар бир онида юлдузнинг осмон сферасидаги ўрни шу катта доира диаметрининг учида бўлади.

²⁰⁶ Нармода – форс тилида – «эркак» ва – «урғочи» сўзларидан. Винт ва болт билан уланиш назарда тутиляпти.

²⁰⁷ Диоптр – икки тешикли кузатиш асбоби.

²⁰⁸ Тош тушиш жойи – перпендикулярнинг асоси.

²⁰⁹ Беруний шаклини бош вертикал текислигига ортогонал проекцияланган ҳолда кўрайлик (4-шакл). Агар qE -шимолий қутби P бўлган экватор, SEN -зенити Z бўлган уфқ бўлса, BG -суткалик параллели, EH , EL , EK лар учта тенг таёқча бўлади. PS ва ACD тўғри чизиклар нуктага айланади. Маълумки, уфқи SEN бўлган шаҳарнинг кенгламаси φ бизнинг шаклда PN ёйи (ёки qZ ёйи) билан ўлчанувчи PEN бурчагига тенг (194-изоҳга қаранг). Ушбу проекцияда LOP учбурчаги ўз аслидагидек тасвирланади. AD , HP , qE , ўзаро параллел тўғри чизикларнинг SN тўғри чизик билан кесишишидан ҳосил бўлган мос D , P , E ўткир бурчаклар тенг бўлиб, улар шаҳар кенгламасининг тўлдирувчиси φ га, Sq ёйига тенг.

²¹⁰ Агар экватор qE уфқ SN га (4-шакл перпендикуляр бўлса, экватор ҳам суткалик параллеллар ҳам уфқ текислиги билан тўғри чизик бўйлаб кесишади ва бу ҳолда суткалик параллелидаги уфқка перпендикуляр барча тўғри чизикларни («баландлик синуслари») шу кесишиш чизиғига проекцияси нукталардан иборат бўлади. Шу параллелдаги бошқа тўғри чизикларнинг проекциялари кесишиш чизиғида кесимлардан иборат бўлади. Экватордан бошқа жойларда суткалик параллелларнинг уфқ текислигига ортогонал проекциялари эллипслардан иборат бўлиб, бу эллипслар проекциялаш нурларидан иборат баландлик синуслари ясовчилари бўлган эллиптик цилиндрларнинг уфқ текислиги билан кесишиш чизиғидир.

²¹¹ Эллипс – том маъноси, «ноқис кесим» юнонча $\epsilon\lambda\lambda\epsilon\psi\iota\varsigma$ сўзининг таржимаси.

²¹² Эллиптик цилиндр, бу ерда – том маъноси «оғма цилиндр».

²¹³ Бу ерда Беруний таърифлаётган кузатиш асбобини қуйидаги кўринишда (5-шакл) тасвирлаш мумкин. $ACDZ$ – ярим сфера бўлиб, унда ACD – уфқ текислиги, Z – зенит ва унга кўндаланг кесимида тасвирланган конус ўрнатилган. S – Куёшнинг нури конуснинг учидаги тешикдан кириб, конуснинг асосида доира ўртасидаги тешикдан ҳам ўтади.

Нурнинг уч вақтдаги сфера устидаги изларига 1, 2, 3 нукталар мос келсин. Бу нукталардан ўтган суткалик параллели ABC бўлиб, унинг қутби P билан зенит Z орасидаги PZ ёйи уфқи ACD бўлган шаҳар кенгласининг тўлдирувчиси (194-изоҳга қаранг), яъни $\overline{\varphi} - \overline{PZ}$ бундан $\angle DEP = \psi$.

²¹⁴ Беруний таърифлаган кенглама ўлчагич асбобни 6-шаклдагидек кўрсатиш мумкин. Бу ерда олам қутби P билан зенит Z орасидаги PZ ёй шаҳар кенгласининг тўлдирувчиси $\overline{\varphi}$ дир. 1, 2, 3 рақамлар учта кузатиш нуктасига мос келади.

²¹⁵ Туш чизиғи – том маъноси «кундуз ўртаси чизиғи» ёки «кундуз ярми чизиғи» – осмон меридиани билан уфқ текислигининг кесишиш чизиғи (қаранг: Бакулин. ... Курс общей астрономии. С. 26).

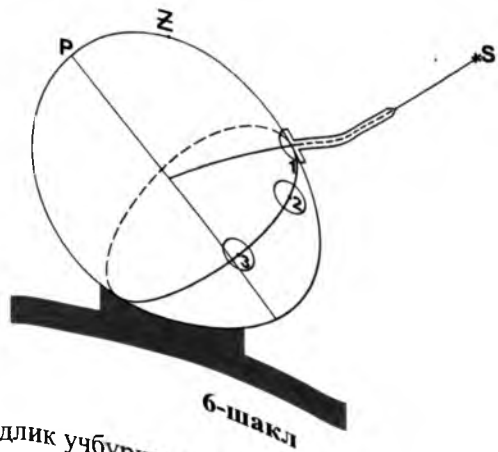
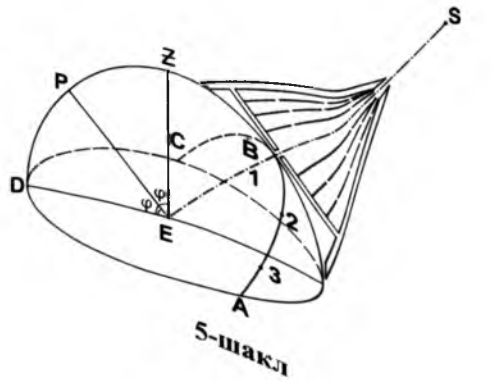
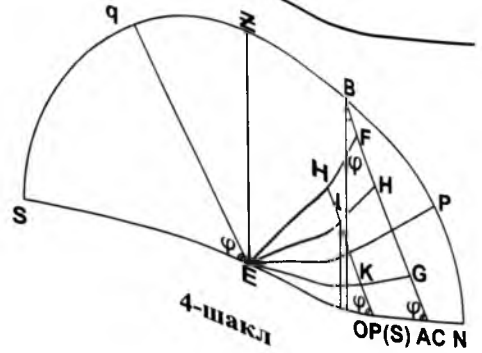
²¹⁶ Тенгкунлик чизиғи – осмон экватори текислигининг ҳақиқий уфқ текислиги билан кесишиш чизиғи.

²¹⁷ Азимут масофаси – азимутнинг ўзи.

²¹⁸ Баландлик учбурчаги – бу шундай учбурчакки, унинг томонлари ёриткичдан уфққа ва унинг параллелининг уфқ текислиги билан кесишиш чизиғига туширилган перпендикулярлардан ҳамда шу иккала перпендикулярнинг уфқ текислиги билан кесишиш нукталарини бирлаштирувчи тўғри чизикдан иборат.

Барча баландлик учбурчаклари тўғрибурчаклидир. Экватордаги уфқлар учун бу учбурчаклар тўғри чизиклардан иборат. Бир хил параллелдаги барча баландлик учбурчаклари тўғрибурчаклидир.

²¹⁹ Азимут аргументи حصة السمّت уфқ текислигида баландлик учбурчаклари ўхшашдир. Битта баландлик асосидан тенгкунлик чизиғига туширилган перпендикуляр. Битта баландлик учун битта азимут мос келганидек, бу азимутга биргина аргумент (حصة – хисса) мос келади.



²²⁰ Квадратловчи – يقوى – «кувват» قوه сўзидан, шу маънодаги юнонча δυνάμις сўзининг таржимаси, Ўрта аср шарқ математиклари «квадрат» маъносида «мураббаъ» (مربع) сўзини ишлатсаларда, фақат Пифагор теоремасига нисбатан «квадратловчи» (يقوى) сўзини ишлатганлар. Лекин Пифагор теоремаси «Шакл ал-аруси» – شكل العروس [«Келин шакли»] деб аталган.

²²¹ Беруний ушбу шаклини умумий ҳолда кунлик параллели уфққа оғма деб тўлиқроқ 7-шакл кўринишида ифодалайлик. Бу ерда ABC – уфқ, AEC – туш чизиғи, BE – тенгкунлик чизиғи, QBQ' – осмон экватори, P – унинг шимолий кутби, $qFDq'$ – кунлик параллели, DG – унинг уфқ текислиги билан кесишиш чизиғи, BM – биринчи баландлик азимути, BH – иккинчи баландлик азимути, LO – биринчи баландлик синуси, FK – иккинчи баландлик синуси, MS – биринчи азимут синуси, HX – иккинчи азимут синуси, OZ ва KT лар биринчи ва иккинчи азимут аргументлари бўлсин. У ҳолда EMS ва EOZ , ENX ва EKT мос учбурчаклар ўхшашлигидан ушбу $\frac{OE}{OZ} = \frac{EM}{MS}$, $\frac{EK}{KT} = \frac{EH}{HX}$ пропорциялар ҳосил бўлади.

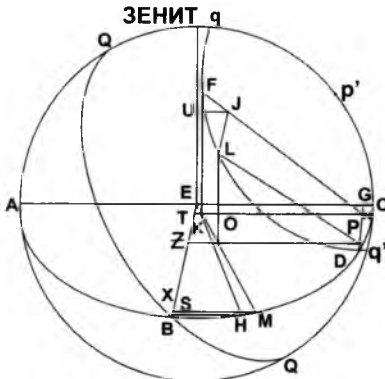
Агар ҳар бир пропорцияга кесмаларнинг кийматларини қўйсақ, топамиз.

$$\frac{\cos h_1}{OZ} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin A_1}, \quad \frac{\cos h_2}{KT} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin A_2} \text{ ёки}$$

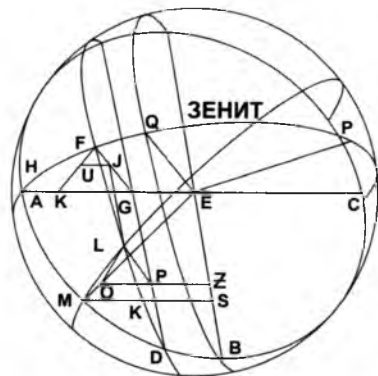
(Беруний айлана радиусини «Геодезия»да $R = \sin 90^\circ = 90$ деб олганидан) $OZ = \frac{\sin A_1 \cdot \cos h_2}{R}$ биринчи азимут аргументи, $KT = \frac{\sin A_2 \cdot \cos h_2}{R}$ иккинчи азимут аргументи, OL ва LI чизиқлар уфққа перпендикуляр текисликда ётгани ва $LI \perp OL$ бўлгани учун $UI = OZ - KT = \sin A_1 \cdot \cosh_1 \pm \sin A_2 \cdot \cosh_2$ ва $OL = KU$ бўлганидан $FU = KF - OL = \sinh_2 - \sinh_1$ бўлади. Тўғрибурчакли FUI учбурчагидан Пифагор теоремасига асосан $FI^2 = FU^2 + UI^2$.

Агар кийматларни тенгликка қўйиб, ундан квадрат илдиз олсак, топамиз

$$FI = \sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}$$



7-шакл



8-шакл

FUI тўғрибурчакли учбурчакда I бурчаги шаҳар кенгламасининг тўлдирувчиси $90^\circ - \varphi$ га тенг, чунки шимолий кутб P нинг баландлиги PC шаҳар кенгламаси φ га тенг (194 изоҳга қаранг). Демак, шу учбурчакдан синуслар теоремасига кўра, ушбу

$\frac{FI}{\sin FUI} = \frac{FU}{\sin FIU}$ пропорция ўринли бўлади. Агар мос кийматларни пропорцияга қўйсақ топамиз, $\frac{FI}{\sin h_2 - \sin h_1} = \frac{R}{\cos \varphi}$, бундан

$$\cos \varphi = \mp \frac{(\sin h_2 - \sin h_1) \cdot R}{\sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}}$$

²²² Ал Журжония – الجرجانية – Гурганж, Хоразмнинг қадимий шаҳарларидан бири, 995 йилдан унинг пойтахти, Амударёнинг чап қирғоғида ундан бир фарсах (6 км) масофада бўлган. Унинг харобалари ҳозирги Кўхна Урганчининг жанубий чеккасида. X–XI асрларда Амударёнинг чап қирғоғидаги энг йирик шаҳар ҳисобланган. XIII аср бошларига келиб эса у буюк хоразмшоҳлар империясининг пойтахти бўлиб, мўғул истилоси арафасида унда қарийб 1,5 миллион аҳоли яшар эди. 1219 йилнинг охири ва 1220 йил бошларида бу ерда бўлган Ёкут Ҳамавий Гурганчни ўзи кўрган шаҳарлар ичида энг катта ва бой шаҳар деб айтган (Ёкут, II, 54, 486 бетлар; Бартольд, I, Туркестан, С. 201–202; 496–504; Якубовский, Развалины Ургенча; Рашид ад Дин, Сборник Летописей, т. I, кн. 2. С. 216–217).

²²³ Ҳижрий 407 й. ражаб, жума куни Яздигарднинг 385 й. 26 Озар, аштоз куни бу милодий 1016 й 7 декабрь.

²²⁴ «Гипотенуза» бу ерда – الوتر том маъноси «ватар», FUI учбурчакнинг (7-шакл) FI гипотенузаси, аини вақтда бу гипотенуза qLq' параллелнинг FL ёйининг икки ба-равари ватарининг ярмидир.

²²⁵ Энди 221 изоҳдаги формулаларга кўра, Беруний Гурганчининг узунламасини ҳисоблашларини кўрайлик.

Биринчи кузатишдаги баландлик ва азимут $h_1=21^\circ 10'$, $A_1=67^\circ 30'$, иккинчи кузатишдагилар эса, $h_2=14^\circ 50'$, $A_2=52^\circ 30'$, бундан

ва

$$OZ = \frac{\sin A_1 \cdot \cos h_1}{\sin 90^\circ} = \frac{40196369266^{IV}}{60} = 51^P 41' 34'' 12''' 34^{IV} \approx 51^P 41' 35''$$

бу биринчи азимут аргументи;

$$\sin A_2 \cdot \cos h_2 = 47^P 36' 4'' = 35780974564^{IV}$$

ва

$$KT = \frac{\sin A_2 \cdot \cos h_2}{\sin 90^\circ} = \frac{35780974568^{IV}}{60} = 46^P 0' 53''$$

бу иккинчи азимут аргументи.

$UI = OZ - KT$ дан $UI = 51^P 41' 35'' - 46^P 0' 53'' = 5^P 40' 42''$, бундан $UP^2 = 417875364^{IV}$. 7-шаклдан $FU = KF - OL = \pm(\sin h_2 - \sin h_1) = 21^P 39' 54'' - 15^P 21' 38'' = 6^P 18' 16''$ ва $FU^2 = 515108416^{IV}$.

Тўғрибурчакли FUI учбурчакнинг FUI тўғри бурчаги ва FU , UI катетларига кўра Пифагор теоремасига асосан $FP^2 = FU^2 + UP^2$, демак $FP^2 = 932983380^{IV}$, бундан квадрат илдиз олсак, $FI = 30545''$ – «гипотенуза» ҳосил бўлади.

$$\cos \varphi = \frac{FU \cdot R}{FI}$$

тенгликка кўра

$$\cos \varphi = \frac{1361760''}{30545''} \approx 44^{\circ}34'55''$$

ёки

$$\sin(90^{\circ} - \varphi) \approx 44^{\circ}34'55''$$

$$90^{\circ} - \varphi = \arcsin 44^{\circ}34'55'' = 47^{\circ}59'25''$$

Бундан Гурганчининг кенгламаси

$$\varphi = 90^{\circ} - 47^{\circ}59'25'' = 42^{\circ}0'35''$$

бўлади.

²²⁶ Юқорида 223-изохга қаранг.

²²⁷ Беруний бу ҳолдаги шаклини ушбу 8-шаклда тасвирлайди. Бу ерда ABC – уфқ, AQC – осмон меридиани, AEC – туш чизиғи, BQ – осмон экватори, P' – унинг шимолий кутби, BE – тенгкунлик чизиғи, DLF – суткалик параллел, DPG – унинг уфқ текислиги билан кесишиш чизиғи бўлсин. Ушбу шаклнинг 7-шаклдан фарқи шуки, HE чизиғи AE билан устма-уст тушган, яъни биринчи баландлик юқори кульминация вақтида ўлчанган. Бу вақтда $h_1 = h_{\max}$ бўлиб, 7-шаклдаги P нуқта A билан, T нуқта K билан ва N нуқта G билан устма-уст тушган.

$h_1 = h_{\max} = 24^{\circ}28'$, демак, $KF = \sin h_1 = 24^{\circ}50'59''$. Бундан $KE = \sin(90^{\circ} - h_1) = 54^{\circ}36'44''$; бу ҳолда биринчи азимут $BH = A_1 = 90^{\circ}$ бўлгани учун $A_1 = R = 60$. Иккинчи азимут $MB = A_2 = 67^{\circ}30'$, бундан $MS = \sin A_2 = 55^{\circ}25'58''$ бўлган ҳолда $h_2 = 21^{\circ}10'$, демак, $LO = \sin h_2 = 24^{\circ}39'53''$ ва $OE = \sin(90^{\circ} - h_2) = \sin 68^{\circ}50' = 55^{\circ}57'7''$.

EOZ ва EMS тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан $\frac{EO}{OZ} = \frac{EM}{MS}$ пропорция ҳосил бўлади. Бу ерда OZ – азимут аргументи. Маълум қийматларни ўрнига қўйиб, OZ ни қуйидаги кўринишда топамиз

$$OZ = \frac{OE \cdot MS}{EM} = \frac{55^{\circ}57'7'' \cdot 55^{\circ}25'58''}{\sin 90^{\circ}} = \frac{401963266''}{60}$$

Шаклдан $IU = KE - OZ$ бўлгани учун

$$IU = 54^{\circ}36'44'' - 51^{\circ}41'35'' = 2^{\circ}55'9''$$

ва $FU = KF - LO$ дан $FU = 24^{\circ}50'59'' - 21^{\circ}39'53'' = 3^{\circ}11'6''$.

Булардан

$IU^2 = 110439081''$, $FU^2 = 131469156''$ га кўра $FI^2 = FU^2 + IU^2 = 241908237''$, бундан

$$FI = 15553'' = 4^{\circ}19'13''$$

FUI тўғри бурчакли учбурчакнинг U бурчаги тўғри бурчак ва I бурчаги $90^{\circ} - \varphi$ бўлгани учун синуслар теоремасига кўра $\frac{FI}{\sin 90^{\circ}} = \frac{FU}{\sin FUI}$ ёки мос қийматларини пропорцияга қўйсақ, бўлади.

Бундан

$$\sin(90^{\circ} - \varphi) = \frac{60 \cdot 3^{\circ}11'6''}{4^{\circ}19'13''} = \frac{687960''}{15553''} = 44^{\circ}13'59''$$

ёки

$$90^\circ - \varphi \operatorname{arc} \sin 44^\circ 13' 59'' = 47^\circ 29' 42''$$

Демак,

$$\varphi = 42^\circ 30' 18''$$

²²⁸ Бу ҳолда ҳам 8-шаклга кўра 225–227-изоҳлардаги каби ҳисоблашларни бажариб, Гурганчининг кенгламаси $\varphi = 42^\circ 10' 4''$ чиқишини кўриш мумкин.

²²⁹ Берунийнинг бу ҳолга мос келувчи 6-шаклини ушбу 9-шакл кўринишида тасвирлаш мумкин. Бу ерда ABC – уфқ, AEC – туш чизиғи, B ва M нукталар устма-уст тушган, BE – экватор текислиги билан уфқ текислигининг кесишиш чизиғи, яъни тенгкунлик чизиғи, DF – кунлик параллели, $AFP'C$ – биринчи вертикал, P' – олам қутби, KFG ва PLZ – иккита ўлчашга мос келган баландлик учбурчаклари, $P'C$ ёйи шаҳар кенгламасидир.

²³⁰ Хоразмнинг [бош] шаҳри, – бу ерда *مدينة خوارزم* асли маъноси «Хоразм шаҳри», Шарқда ўрта асрларда одат бўйича мамлакат пойтахтини ҳам шу мамлакат номи билан аталган. (Айрим араб мамлакатларидаги бу одат ҳозир ҳам сақланган. Масалан, мисрликлар пойтахти Қохириани ҳам мамлакат номи билан «Миср» деб атайдилар. Шунга ўхшаш, Жазоир шаҳри ҳам). Беруний бу ерда Хоразмнинг қадимги пойтахти Кот – *کات* шаҳрини назарда тутяпти. Унинг ўрни Амударёнинг ўнг қирғоғида ҳозирги Беруний шаҳрининг (собик Шаббоз) яқинида бўлган. Тарихий манбаларда кўрсатилишича, X асрда Кот йирик шаҳар бўлган. 995 й. уни Гурганч амири босиб олиши билан пойтахт Котдан Гурганчга кўчирилган (Бартольд, I, Туркестан. С. 199–201). Котнинг ўрнида шу номли шаҳарча мўғул истилосидан кейин ҳам то, XVII асргача сақланган (Гулямов. История орошения Хорезма. С. 147–148).

²³¹ Бушканз – *بوشکانز*. Бу номли қишлоқ ҳақида бошқа манбаларда маълумот учратмадик. Беруний айтишича (*қаранг*: матн 246-бет) бу қишлоқ Амударёнинг сўл қирғоғида пойтахт Котнинг қаршисида бўлган.

²³² Ҳижрий 384 й. (Яздигарднинг 363 й. – мил. 994 й.).

²³³ Беруний 1016 й. Султон Маҳмуд томонидан Хоразмнинг босиб олиниши ва унинг ўзини Ғазнага олиб кетилишини назарда тутяпти.

²³⁴ Бу ерда эслатилаётган диаметри ўн беш газ, ёки қарийб 7,5 м бўлган асбоб меридиан текислигида уфқ сатҳига вертикал ўрнатилган ҳалқадан иборат. Беруний бу асбобни «Қонуни Масъудий»да ҳам «Яминий ҳалқаси» ва «Азудий ҳалқаси» номлари билан эслатади (*қаранг*: I китоб, 281–282-бетлар; II китоб, 42-бет). Бирок бу ерда, унинг ўзи айтганидек, Хоразмшоҳ Маъмунга бағишланган «Шоҳий ҳалқаси» ҳақида сўз кетаётган бўлса керак (II китоб, 44-бет).

Қуёшнинг йилдаги сояси энг кичик ва баландлиги энг катта, яъни h_{\max} бўлган ҳол ёзги Қуёш туриш пайтида юз беради. Бу ерда $NZQS$ – биринчи вертикал, $Q'Q$ – осмон экватори, P – унинг қутби, NS – уфқ, Z – зенит, M – Қуёш ўрни.

Хоразм воҳасидаги шаҳарлар шимолий тропикдан юқорида бўлганлиги учун у ерларда Қуёшнинг оғиши δ шаҳар кенгламаси φ дан кичик, яъни $\delta < \varphi$ бўлади. Бундай ҳолларда зенит масофаси $z = \varphi - \delta$ дан Қуёшнинг юқори кульминациядаги баландлиги $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ формуладан топилади. Лекин ёзги Қуёш туриш пайтида энг катта оғиш бўлганлиги учун $\delta = \varepsilon$ бўлади. Бундан эса $h_{\max} = 90^\circ - \varphi + \delta$. Беру-

нийда $h_{\max} = 71^{\circ}59'45''$ ва $\varepsilon = 23^{\circ}35'45''$ эканлигини эътиборга олсак, $\varphi = 90^{\circ} - h_{\max} + \varepsilon$ дан

$$\varphi = 90^{\circ} - 71^{\circ}59'45'' + 23^{\circ}35'45'' = 41^{\circ}36',$$

яъни $\varphi = 41^{\circ}36'$ келиб чиқади. Бу Бушканз кишлоғи кенгламаси.

Ньюкомб формуласи

$$\varepsilon = 23^{\circ}27'8'', 26 - 0'', 4684 (t - 1900) \text{ га асосан ўша йил } (t = 994)$$

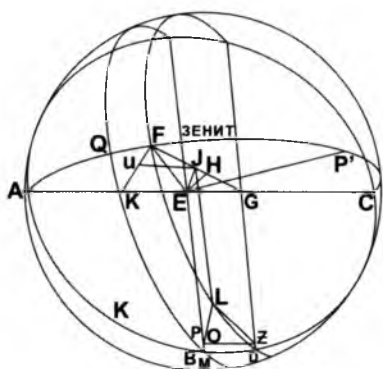
учун Куёшнинг энг катта оғиши

$$\varepsilon = 23^{\circ}27'8'', 26 - 0'', 4684 (994 - 1900) = 23^{\circ}34'13''$$

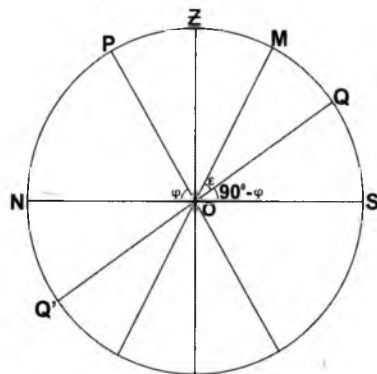
эканлигини эътиборга олсак, Бушканзнинг кенгламаси учун аниқроқ қиймат топилади. Бу қиймат ушбундай

$$\varphi = 41^{\circ}34'28''$$

Бушканз Кот билан бир параллелда ётганлиги сабабли бу кенгламани Котнинг ҳам кенгламаси деб олсак бўлади.



9-шакл



10-шакл

²³⁵ Бу асбобнинг ишлаш принципи юқорида таърифланган (233-изоҳга қаранг) доираники каби бўлади. Афтидан ушбу квадрантнинг ясалишига Берунийнинг Райда 995–1001 йй. Хўжандий билан бирга бўлганлиги ва унинг «Фахрий секстанти»дан илҳомланганлигига алоқадор бўлса керак.

Ҳижрий 407 й. 7-муҳаррам «Яздигард 385 й. 6-тир Хурдод куни бу мил. 1016 й. 16 июнь. (Бу кундаги кузатиш ҳақида «Қонуни Масъудий», I китоби, 281–282 ва II китоб 14-бетларга қаранг). Беруний ўша ерда айтишича, бу кузатишни у *Шоҳий ҳалқаси* ёрдамида бажарган. Юқорида эслатилган квадрант шу ҳалқанинг чораги бўлса керак.

²³⁶ Бу ерда Гурганч кенгламасини 9-шаклга кўра ҳисобланиши. Шаклдан $h_{\max} = AF = 71^{\circ}18'$ азимут $A = O$ даги баландлик $h = LM = 36^{\circ}30'$ эканлигидан уларнинг синуслари $h_{\max} = FK = 56^{\circ}49'57''$ ва $h = LO = 35^{\circ}41'22''$ бўлади. Сўнгра $FU = FK - UK$ эканлигидан $LO = UK$ бўлгани учун $FU = 21^{\circ}8'35''$ ва $FU^2 = 5793493225^{IV}$ бўлади. FKE тўғрибурчакли учбурчакдан $KE = \sin(90^{\circ} - h_1) = 19^{\circ}14'12''$ ва

$KE^2 = 4795839504^{IV}$ эканлигини эътиборга олсак, тўғрибурчакли FUI учбурчагидан Пифагор теоремасига кўра $FP^2 = FU^2 + UP^2$, ёки кийматлар ўз ўрнига қўйилса $FP^2 = 10589336769^{IV}$ бўлади. Бундан $F1 = 102904''$ – «гипотенуза» келиб чиқади, FUI тўғрибурчакли учбурчакдан FUI тўғри бурчаги, шаҳар кенгламасига тенг UFI бурчаги ва UF, UI катетларига кўра синуслар теоремасига асосан ушбу

$$\frac{FI}{\sin FUI} = \frac{UI}{\sin UFI}$$

пропорция ҳосил бўлади. Агар кийматларни пропорциядаги ўринларига қўйсак, $KE = UI = 69252''$ эканлигидан $\frac{102904''}{\sin 90^\circ} = \frac{69252''}{\sin \varphi}$ бўлади.

$$\sin \varphi = \frac{69252 \cdot 60}{102904}$$

$$\sin \varphi = 40^\circ 22' 48''$$

Бундан, демак, $\varphi = 42^\circ 17' 50''$ бўлади.

²³⁷ Беруний «Геодезия»дан кейин ёзган асари «Қонуни Масъудий»да бу масала хусусида тўхталиб ўтиб, унга махсус бобни бағишлаган (қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 232–238-бетлар).

²³⁸ Бу ерда Беруний «синуслар ишлатиладиган амалларда мумкин бўлганича камроқ ҳисоблаш бажариш керак» дейиш билан у тақрибий ҳисоблашларни назарда тутди. Унинг кейинги сўзлари шунга далолат беради. Аслида эса у ҳисоблашларни аниқлик критерийси деб қарашини бу охириги абзац исботлайди.

²³⁹ Юқорида 234-изоҳда кўрсатилганидек, бу ҳолда $h_{\max} = 90^\circ - \varphi + \varepsilon$. Бундан $h_{\max} - \varepsilon = 90^\circ - \varphi$, $h_{\max} = 71^\circ 18'$ ва $\varepsilon = 23^\circ 35'$ кийматларни формулага қўйсак $90^\circ - \varphi = 47^\circ 43'$, бундан $\varphi = 42^\circ 17'$ бўлади.

Агар ўша йил учун Ньюкомб формуласига асосан $\varepsilon = 23^\circ 35' 13''$ эканлигини эътиборга олсак (ўша изоҳга қаранг), $\varphi = 42^\circ 16' 13''$ бўлади. Бу ерда фарқ $0' 47''$ дир.

Беруний Гурганч кенгламасининг миқдори учун топган кийматлари

42°0'35''

42°30'18''

42°10'04''

42°17'50''

42°17'

бир-биридан катта фарқ қилади. Агар буларнинг ўрта арифметици бўлмиш $42^\circ 14' 59'' 24'''$ ни қадимги Гурганч ўрнида жойлашган ҳозирги Қўхна Урганчнинг кенгламаси $42^\circ 19'$ билан солиштирсак $4' 0'' 36'''$ фарқ бўлади (қарийб 9 км).

²⁴⁰ Шарқий азимут – *سعة المشرق* – уфқнинг осмон экватори айланаси билан ёриткич чиқиш нуқтасигача бўлган ёйи. Уфқнинг диаметрга нисбатан шарқий азимуту симметрик ёйига ғарбий азимут *سعة المغرب* – дейилади.

²⁴¹ Берунийнинг 7-шаклини ушбу 11-шакл кўринишида тасвирлаш мумкин. Бу ҳолда Ер экваторида осмон экватори ва унга параллел бўлган барча суткалик доиралари уфққа перпендикуляр бўлади. Шаклда ADC – уфқ, Q' – зенит, QBQ' – ос-

мон экватори, aDa' – суткалик параллел, у уфққа перпендикулярлигидан K ва N , O ва P нукталар устма-уст тушиб, мос баландлик учбурчаклари $FN(T)$ ва $LO(P)$ тўғри чизикларига айланган. Мазкур учбурчакларнинг F ва L учларидаги шаҳар кенгламасига тенг бўлган бурчакларининг нолга айланганлиги, бу шаҳарнинг экваторда эканлигини кўрсатади. Агар Қуёш суткалик параллелининг a' нуктасида, яъни биринчи вертикал айланасида бўлса, бунда қуйидаги ҳоллар юз беради: BD ёйи, масалан уни Θ дейлик, шарқий азимут бўлгани учун унинг синуси $\sin\Theta = EC$ бўлиб, баландлик $Aa' = h_{\max}$ нинг косинуси $\sin\Theta - \cosh_{\min}$ бўлади. Шу билан бирга, у биринчи ва иккинчи азимут аргументлари бўлмиш OZ ва KT ларга ҳам тенг. h_{\max} бўлган ҳолда ёзги Қуёш туриш нуктасидаги баландлик кузатилаётганлиги сабабли a' нукта эклиптика билан меридианнинг кесишиш нуктаси бўлиб, бунда $a'Q' = \varepsilon$ бўлади. Демак, $h_{\max} + \varepsilon = 90^\circ$ тенгликдан Берунийда $\varepsilon = 23^\circ 35'$ (239-изохга қаранг) эканлигини эътиборга олсак, у ҳолда $h_{\min} = 66^\circ 25'$ бўлади. Демак, бу ҳолда $OZ = KT = GE$, ёки

$$\frac{\sin A_1 \cdot \cos h_1}{R} = \frac{\sin A_2 \cdot \cos h_2}{R} = \sin \Theta \cdot \cos h_{\min}$$

бўлади (221 изохга қаранг).

²⁴² Экватордаги шаҳарларда йилда фақат икки марта – баҳорги ва кузги тенгкунликларда Қуёш зенитдан ўтади. Шу кунлари унинг суткалик параллели катта айланадан, яъни осмон экваторидан иборат бўлади. Шу кунлари Қуёшнинг барча баландликларининг синуслари осмон экваторида ётади, улар асосларининг геометрик ўрни эса тенгкунлик чизигидан иборат бўлади.

²⁴³ Бу ерда فى اعلى علوه том маъноси «унинг баландлигининг энг юқориси».

²⁴⁴ اسفل سفوله – том маъноси «унинг қуйилигининг энг пасти».

²⁴⁵ Берунийнинг 8-шаклини бир оз тўлдирилган ҳолда 12-шакл кўринишида олайлик. Бу ерда экваторни OO' ва унинг шимолий ҳамда жанубий кутбларини мос равишда P ва P' деб белгилайлик ва ундан ташқари қуйидаги белгилашларни ҳам киритайлик. Ёриткичнинг G ва H зенитларга мос шаҳарлардаги баландликларини $KB = h_G$ ва $KA = h_H$ десак, ҳамда $h_G > h_H$ эканлигини эътиборга олсак, у ҳолда $AB = HG = CD = h_G - h_H$; маълум шаҳарнинг кенгламаси $GO = \varphi_G$ топилиши керак бўлган номаълум шаҳарнинг кенгламаси аслида $O'H$, лекин Беруний унинг 180° гача тўлдирувчиси бўлмиш HO ёйини оляпти. Уни φ_H деб белгилайлик, чунки $\varphi_H = \sin(180^\circ - \varphi_H)$. Беруний кўраётган биринчи ҳолда юқори кульминацияда K ёриткич иккала зенитдан ҳам жанубда бўлиб, бу ҳолда унинг оғиши δ_1 иккала шаҳар кенгламасидан ҳам кичик, яъни

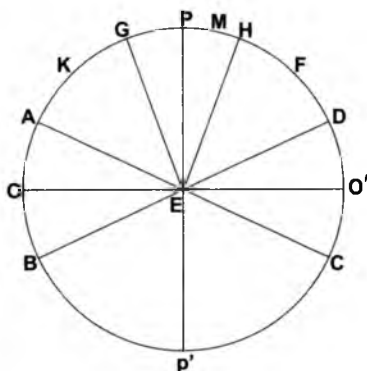
$$\delta_1 < \varphi_G, \delta_1 < \varphi_H$$

$OH = GO + AB = GO + GH$ муносабатга мос қийматларни қўйсак, $\varphi_H = \varphi_G + (h_G - h_H)$ (1) номаълум шаҳар кенгламаси келиб чиқади. Агар ёриткич юқори кульминацияда G зенитда бўлса, $\delta_1 = \varphi_G$ га мос келади. Бу ҳолда ҳам кенгламалар (2) формуладан топилади.

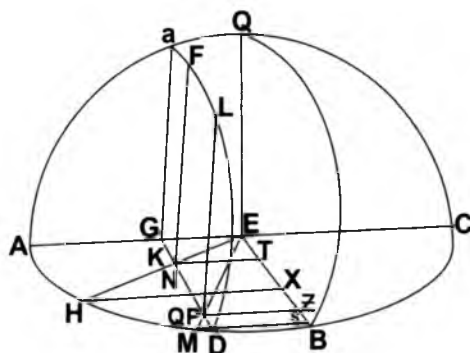
Агар ёриткич иккала шаҳардан ҳам шимолда F нуктада бўлса, бу унинг қуйи кульминациядаги ўрни бўлиб, бу ҳолда $FD = h_G$ $FC = h_H$ ва $h_G > h_H$ бўлади. Демак, $CD = GH = FC - FD$ ёки $GH = h_H - h_G$ бўлади. Агар $OH = OG + GH$ муносабатга мос қийматларни қўйсак, топамиз $\varphi_H = \varphi_G + (h_H - h_G)$ (2).

Энди (1) ва (2) формулаларни умумлаштириб $\varphi_H = \varphi_G \pm (h_G - h_H)$ (3) кўринишда ёзамиз. Бу ерда ифоданинг ўнг тарафида қавсдан олдин мусбат ишора $h_G > h_H$ бўлган ҳолда ва манфий ишора $h_G < h_H$ бўлган ҳолда олинади.

Ёриткич M нуқтада бўлганида у G зенитдан шимолда ($\delta_2 > \varphi_G$) ва H зенитдан жанубда ($\delta_2 < \varphi_H$) бўлади. Бу ҳолда баландлик ёйлари $MA = h_H$, $MD = h_G$, эканликларидан $HM = 90^\circ - h_H$, $MG = 90^\circ - h_G$ бўлади. Бундан эса $HG = HM + MG = 180^\circ - (h_H - h_G)$ келиб чиқади. $OH = GO + GH$ ифодага мос кийматларни қўйсақ $\varphi_H = \varphi_G + [180^\circ - (h_H - h_G)]$ формула келиб чиқади.



11-шакл



12-шакл

²⁴⁶ Катта Айикнинг γ юлдузи, юқорида 199-изоҳга қаранг.

²⁴⁷ Сурраманрао – سر من رأى – Беруний «Қонуни Масъудий»да эслатишича, (қаранг: I китоб, 133-бет) у Ниневия маликаси Семирамида (мил. авв. XXI аср) томонидан барпо қилинган, 836 й. халифа Муътасим даврида қайта тикланган. Ҳозир унинг ўрнида Бағдоддан шимолроқда Самарра шаҳарчаси жойлашган.

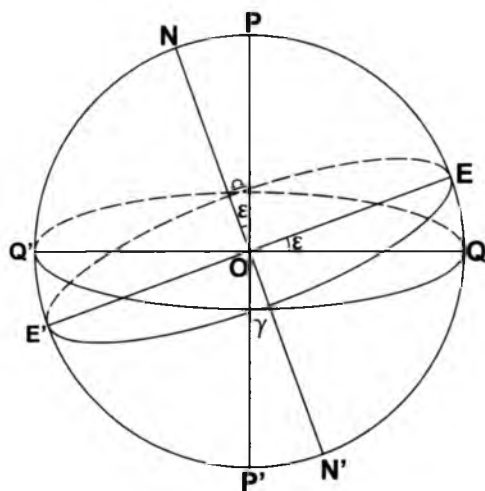
²⁴⁸ Юқоридаги матн 66-бетга қаранг.

²⁴⁹ Юқоридаги матн 66-бетга қаранг.

²⁵⁰ Дамашқда 832 й. (251-изоҳга қаранг) Холид ибн Абдумалик ал Марваррудий бошчилигида бир гуруҳ астрономлар томонидан олиб борилган кузатишлар назарда тутиляпти (қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 281-бет).

²⁵¹ Ҳижрий 217 й. 26-рабиъ I / Язди-гарднинг 201 й. 5-фарвардин – 832 й. 1 май.

²⁵² П.Г. Булгаков фикрича, Халифа ал-Маъмун даврида яшаган астролог Абу ал-Ҳасан ал-Ахвазий назарда тутиляпти (қаранг: Бируни, «Геодезия», с. 300, 385-изоҳ).



13-шакл

²⁵³ Ҳижрий 217 й. 2-ражаб/Яздигарднинг 201 й. 9-тир-832 й. 3-август.

²⁵⁴ Абу Махмуд Ҳомид ибн Хидр ал-Хўжандий (тахм. 1000 й. вафот) – Райда (қуйида 256-изоҳга қаранг) астрономик кузатишлар олиб борган хўжандлик (ҳозирги Хўжанд) машхур астроном, математик ва астрономик асбоблар конструктори. У Шарқда биринчи марта доира олтидан биридан (судс) иборат астрономик асбоб-секстантни (Судси Фахрий) ясаган. Кейинчалик бу асбоб Улуғбек обсерваториясидаги квадрантга прототип бўлган. Айрим маълумотларга кўра, у «Ферманинг буюк теоремаси»ни $n = 3$ учун $x^3 + y^3 = z^3$ («Ферманинг кичик теоремаси») рационал сонларда ечимга эга эмаслигини исботлаган. У «Эклиптика оғишини аниқлаш ҳақида», «Астурлобларнинг тузилиши ва ишлатилиши ҳақида» каби астрономик асарлар ёзган ва сферик тригонометриянинг бир неча теоремасини исботлаган. Беруний Райда у билан бирга ишлаган.

²⁵⁵ Ҳижрий 384-й. мил. 994 й.

²⁵⁶ Рай – رى – Эроннинг энг қадимги шаҳарларидан, милоддан аввалги номи Рага, уни Селевк Никатор мил. авв. 315 й. барпо қилган. Ҳозирги Техроннинг жануби-шарқидаги бир даха. X аср географларининг айтишича, Рай катта шаҳар бўлган. XI–XII асрларда шаҳар яна йириклашиб, тараққий топган (қаранг: Бартольд, Обзор. С. 84).

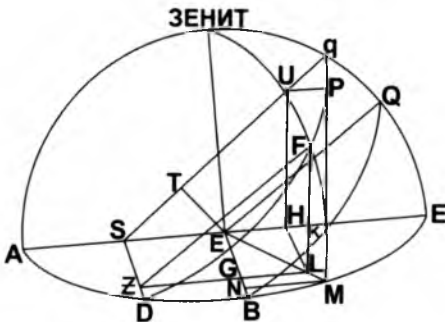
²⁵⁷ Беруний Амударёнинг чап қирғоғида Котнинг қаршисидаги Бушканз қишлоғида 994 йил бажарган кузатишларини назарда тутяпти (юқорида матннинг 79-бети ва 231-изоҳга қаранг).

²⁵⁸ Зиж – زيج – астрономик жадвал. Уларда планеталарнинг, зодиак юлдуз туркумларининг, улардаги юлдузларнинг эклиптик координатлари ва, қисман, назарий маълумотлар келтирилган. Берунийнинг «Қонуни Масъудий»си бундай зижларнинг энг мукамалларидан бўлган.

²⁵⁹ «Энг катта оғиш» – الميل الاعظم «ёки тўлиқ оғиш» – ميل كلى.

²⁶⁰ Эклиптика – فلك البروج сўзма-сўз таржимаси «буржлар (зодиак) орбитаси» – Куёшнинг бир йиллик ҳаракати йўли. Буржлар (برج бирлиги – برج) – эклиптика бўйлаб жойлашган ҳайвонлар номи (юнон тилида ζοδιον) билан аталадиган ўн икки юлдуз туркуми (қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 457-бет, 40, 43-изоҳлар).

²⁶¹ Тушуниш қулай бўлиши учун ушбу 13-шаклни келтирайлик. Бу ерда $Q'Q$ – осмон экватори, P ва P' оламнинг шимолӣй ва жанубий кутблари, $E'E$ – эклиптика, Π ва Π' – унинг шимолӣй ва жанубий кутблари; $\angle EOQ = \varepsilon$ – эклиптика текислиги билан экватор текислигининг кесишиш бурчаги ёки эклиптиканинг экваторга оғиш (энг катта оғиш) бурчаги. Бу бурчак уларнинг кутблари орасидаги ёйга тенг, яъни $\angle POP = \varepsilon$. Экватор билан эклиптиканинг кесишиш нуқталари Y ва Ω баҳорги ва кузги тенгкунлик нуқталари дейилади. E ва E' ёзги ва қишки Куёш туриш нуқталари дейилади (қаранг: Полак, Умумий астрономия курси, 33–40 бетлар)



14-шакл

²⁶² Бу ерда Куёшнинг эклиптика бўйлаб йил давомидаги ҳаракатида маълум шаҳар меридианида эришадиган энг катта ва энг кичик баландликлари h_{\max} ва h_{\min} билан энг катта оғиш ε орасидаги боғлиқлик ҳақида сўз кетяпти.

Агар кузатиш жойи кутб зонасида бўлмаса ($\varphi > \varepsilon$). Куёшнинг у ердаги энг катта ва энг кичик баландликлари $h_{\max} = \varphi - \varepsilon$ ва $h_{\min} = \varphi + \varepsilon$ ($\varphi + \varepsilon \leq 90^\circ$) ҳамда $h_{\max} = \varphi - \varepsilon$ ва $h_{\min} = 180^\circ - \varphi - \varepsilon$ ($\varphi + \varepsilon > 90^\circ$) бўлади. Биринчи ҳолда $\varepsilon = \frac{1}{2}(h_{\max} - h_{\min})$, иккинчи ҳолда $\varepsilon = 90^\circ - \frac{1}{2}(h_{\max} + h_{\min}) = \frac{1}{2}[(90^\circ - h_{\max}) + (90^\circ - h_{\min})]$ бўлади.

Иккинчи баландлик h ва азимут A га кўра кузатиш жойининг кенгламаси φ фойдаланмасдан ε ни аниқлашга келсак, бу ерда Беруний юкорида кенгламани аниқлашда қўлланган усулларида бирини назарда тутяпти. Ундай ҳолни ушбу 14-шаклда кўрсатиш ва шунга кўра ҳисоблаш мумкин. Қулайлик учун катта айлана радиусини бир дейлик ва шаклни осмон сферасининг битта чорагида келтирайлик. Шаклда ABE – уфқ, AEC – туш чизиғи, AQE – меридиани, DS – суткалик параллели, BE – тенгкунлик чизиғи, DS – параллел билан уфқ текислигининг кесишиш чизиғи, q – Куёшнинг берилган шаҳардаги энг баланд нуктаси. Куёш туриш нуктаси бўлсин. Демак, $h_{\max} = qE$, бундан $qK = \sin h_{\max}$ ва $EK = \cos h_{\max}$. Куёшнинг ўша кундаги яна бир баландлиги F нуктада $FM = h$ бўлсин. Демак, $FL = \cosh$. Бу баландликнинг азимути $BM = A$ бўлади ва бундан $NM = \sin A$. Ўша параллел учун шаркий азимутни $BD = \Theta$ десак, $ZG = SE = \sin \Theta$ бўлади. Ёзги тенгкунлик нуктаси q бўлганлиги учун qQ ёйи энг катта оғиш бурчаги ε нинг ёйдир. Демак, $TE = \sin \varepsilon$ топилиши керак.

Шаклда HL га параллел FU ва HK га параллел UP чизикларини ўтказайлик. Бундан $HK = UP$, $UH = PK = FL$ эканлиги маълум. Худди шунингдек $FU = LH = GE = ZS$ бўлади.

EGL ва ENM тўртбурчакли учбурчаклар ўхшашлигидан ушбу $\frac{GL}{NM} = \frac{EL}{EM}$ пропорция ҳосил бўлади. Агар маълум қийматларни пропорцияга қўйсақ, $GL = \frac{EL \cdot NM}{EM} = \frac{\cos h \cdot \sin A}{\sin 90^\circ}$ ёки $GL = \sin A \cdot \cosh$ бу «азимут аргументи». UP_q тўғрибурчакли учбурчакда $qP = qK - PK$, ёки $qP = \sin h_{\max} - \sinh$ ва $UP = HK = EK - EH$, ёки $HK = \cos h_{\max} - \sin A \cdot \cosh$ ўринли бўлади.

Сўнгра $SH = SE + EH$ эканлигидан $SH = \sin \Theta + \sin A \cdot \cosh$ бўлади.

SHU тўғрибурчакли учбурчагидан Пифагор теоремасига асосан $SU^2 = SH^2 + HU^2$. Бундан

$$SU = \sqrt{SH^2 + HU^2} = \sqrt{\sin^2 h + (\sin \Theta + \sin A \cdot \cosh)^2}.$$

STE ва SUH тўғри бурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан $\frac{TE}{SE} = \frac{UH}{SU}$ пропорция ҳосил бўлади. Бундан $TE = \frac{UH \cdot SE}{US}$ бўлади. Агар мос қийматларни бу муносабатга қўйилса, ушбу

$$\sin \varepsilon = \frac{\sinh \cdot \sin \Theta}{\sqrt{\sin^2 h + (\sin \Theta + \sin A \cdot \cos h)^2}}$$

формула ҳосил бўлади. Бу формула баландлик h , азимут A ва шарқий азимут Θ га кўра, энг катта оғиш ε ни топиш имконини беради. Агар U_p ва P_q катетлари маълум бўлган UP_q тўғри бурчакли учбурчакка Пифагор теоремасини татбиқ қилсак, «гипотенуза» U_q ҳосил бўлади, яъни

$$U_q = \sqrt{UP^2 + qP^2} = \sqrt{(\cos h_{\max} - \sin A \cdot \cos h)^2 + (\sin h_{\max} - \sin h)^2}.$$

STE ва UP_q тўғрибурчакли ўхшашлигидан TE ва P_q катетлари, SE ва U_q гипотенузларига асосан $\frac{TE}{P_q} = \frac{SE}{U_q}$ пропорция ҳосил бўлади. Бу пропорцияни $TE = \frac{SE \cdot P_q}{U_q}$ кўринишда ёзиб, мос қийматларни ўз ўрнига қўйсак,

$$\sin \varepsilon = \frac{\sin \Theta \cdot (\sin h_{\max} - \sin h)}{\sqrt{(\cos h_{\max} - \sin A \cdot \cos h)^2 + (\sin h_{\max} - \sin h)^2}}$$

формула ҳосил бўлади. Бу формула ёрдамида энг катта баландлик h_{\max} , бирор баландлик h , азимут A шарқий азимут Θ ёрдамида энг катта оғиш ε ни топиш мумкин.

²⁶³ Эратосфен (мил. авв. 273–192) – киреналик машҳур қадимги юнон астрономи, математика, география ва геодезияга асос солган, Искандарияда яшаб ижод этган, Архимеднинг замондоши ва дўсти, Архимед кўп асарларини унга хат тарзида ёзган. У биринчи марта Искандария билан Асвон орасидаги меридиан бир градусининг узунлигини ўлчаш билан Ер шарининг бошқа ўлчамларини топган.

²⁶⁴ Гиппарх (мил. авв. II аср) – Родос ороли ва Искандарияда ишлаган юнон астрономи, асли никеялик (кичик Осиё). Унинг астрономик асарларидан Птолемей ўз «Алмажистий»сида фойдаланган.

²⁶⁵ «Алмажистий» ўрта асрларда шарқда ва гарбда кенг тарқалган «Математик тартиб» ($\Sigma\upsilon\nu\tau\xi\varsigma\mu\alpha\theta\epsilon\mu\alpha\tau\iota\kappa\eta$) номли Птолемейнинг астрономик асари. Бу асарни юнонлар кўпроқ Μεγίστη σίνταξις («Энг буюк тартиб») деб атаганлар. Араб тилидаги таржимада асар бу кейинги номнинг биринчи сўзи – *мегисте* билан «Алмажистий» деб аталган. Асарни биринчи бўлиб араб тилига Ҳажжож ибн Матар (тахм. 786–833 йй.) таржима қилган. Кейинроқ шарқ олимлари уни араб тилига бир неча бор таржима қилганлар. Асарни ўрта асрларда араб тилидан латин тилига *Almagest* («Алмагест») номи билан таржима қилинган. Биз унинг ушбу машҳур немис тилидаги нашрига ҳавола қиламиз: Ptolemäus. *Handbuch der Astronomie*. Deutsche Übersetzung und erläuternde anmerkungen von K. Manitius. Vorwort und berichtigungen von O. Neugebauer. Bds I, II, Leipzig, 1963.

²⁶⁶ Куёш туриш доиралари – шимолий ва жанубий тропиклар.

²⁶⁷ Бу ерда Беруний «Алмажистий» I мақоласининг XII «Тропиклар орасидаги ёй ҳақида» бобидаги Птолемейнинг қуйидаги сўзларини назарда тутяпти: «Биз топганимизда тропиклар орасидаги ёй ҳар доим 47 даража билан даражанинг учдан иккисидан зиёдрок, лекин тўртдан учидан камроқ бўлган ортиқликка тенг бўлаверди; бундан худди Эратосфендаги ва Гиппарх фойдаланган муносабатнинг

ўзи келиб чиқади. Ҳақиқатан ҳам, тропиклар орасидаги ёйнинг миқдори осмон меридианида 83 та бўлган бўлақларнинг 11 тасини ташкил қилади» (*қаранг:* Ptolemäus. Handbuch der Astronomie, I, s. 44). Птолемей меридиан айланасини қандай асога кўра 83 бўлак деб олганлигини айтмаган. Афтидан, 11:83 муносабат Эратосфеннинг ҳисобларида юзага келган.

²⁶⁸ Агар $2\epsilon = 360^\circ : \frac{11}{83}$ муносабатни септимларгача аниқлик билан ҳисобласак, $2\epsilon = 47^\circ 42' 39'' 2''' 10^{IV} 7^V 13^{VI} 44^{VII}$ чиқади.

Бундан $\epsilon = 23^\circ 51' 19'' 31''' 5^{IV} 3^V 36^{VI} 52^{VII} 3^{VIII}$ бўлади. Берунийдаги қийматлар 2ϵ ники бу ердигидан 29^{VII} ортик, ϵ ники эса $14^{VII} 27^{VIII}$ ортик.

²⁶⁹ Птолемей айтганидек, (267-изоҳга қаранг).

$$47^\circ 40' < 2\epsilon < 47^\circ 45'$$

2ϵ учун бу қийматларнинг ўрта арифметигини олсак, $2\epsilon = 47^\circ 42' 30''$ бўлиб, бундан $\epsilon = 23^\circ 51' 15''$ чиқади.

Лекин Птолемей «Алмажистий»си ўша мақоласининг XIV «Экватор билан эклиптика орасидаги ёйлар ҳақида»ги бобида эклиптиканинг 90° ли нуктаси, яъни тенгкунлик нуктаси учун оғишни, демак ϵ ни $\epsilon = 23^\circ 51' 20''$ деб олгани (*қаранг:* Ptolemäus. Handbuch der Astronomie, I, s. 54) унинг ўрта арифметикдан эмас, балки Эратосфен ва Гиппархлар каби айлананинг 11:83 бўлагидан фойдаланганлигини кўрсатади. Птолемей фойдаланган ҳалқа ва квадрант (البنة) асбоблар ҳақида қаранг: Ptolemäus. Handbuch der Astronomie, I, ss. 41, 43. Эратосфен ҳисоблашини э. авв. 230 й. бажарган. Унинг топган $\epsilon = 23^\circ 51' 20''$ қиймати ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисобланган $23^\circ 43' 46''$ қийматдан $7' 34''$ кам. Гиппарх ўз ўлчашларини э. авв. 130 й. бажарган. Унинг топган $23^\circ 51' 20''$ қиймати ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисобланган қиймат $23^\circ 42' 59''$ дан $8' 21''$ ортик.

Птолемей ўз ҳисоблашларини 140 й. бажарган. Унинг топган $23^\circ 51' 20''$ қиймати ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисобланган қиймат $23^\circ 40' 53''$ дан $10' 27''$ гача ортик.

²⁷⁰ Ал-Маъмун ибн Ҳорун ар-Рашид (813–833) Аббосийлар сулоласидан, халифалик лавозимига ўтиргунга қадар Марвда халифанинг Хуросондаги ноиб бўлган. У илм-фанга ҳомий бўлган ва шу сабабли Хоразм, Фаргона, Хуросон ва Афғонистондан олимларни Марвга тўплаб, уларни илмий изланишларга рағбатлантирган. Бу олимлар жумласидан Муҳаммад ибн Мусо ал-Хоразмий ҳам бўлган. 813 й. ал-Маъмун биродари ал-Аминни халифаликдан кулатиб, ўрнига ўзи ўтиргач, Марвдаги барча олимларни Бағдодга кўчириб келган. Марвдаги олимлар бу ерда «ал-Маровиза» (المراوية), яъни «Марвлиқлар» деб аталган (*қаранг:* «Қонуни Масъудий». I, 281-бет). Марвлиқ олимлар билан Бағдоддаги олимларнинг қўшилишидан машҳур «Маъмун академияси» вужудга келган. Ал-Маъмуннинг буйруғи билан академиянинг энг етук олимлари, жумладан ал-Хоразмий икки марта Ер айланасини ўлчаш ишларини олиб борган.

²⁷¹ Яхё ибн Абу Мансур, Абу Али халифа ал-Маъмун саройида ишлаган. IX асрнинг машҳур астрономи, хуросонлик.

²⁷² Шаммосия-Бағдоднинг шимоли-шарқидаги йирик даҳаси ҳамда шаҳарнинг чеккаси (*қаранг:* Мец. Мусульманский ренессанс. С. 320–323).

²⁷³ Бу кузатишлар 828 йил бажарилган. Яхё ибн Мансур топган қиймат $23^{\circ}33'$ ўша йил учун Ньюкомб формуласи билан топилган қиймат – $23^{\circ}35'30''$ дан $2'30''$ га кам.

²⁷⁴ Муҳаммад ибн Мусо ал-Хоразмий (780–850 йй.) машҳур хоразмлик математик, астроном ва географ, алгебрага асос солган буюк олим. Ал-Хоразмий ал-Маъмуннинг буйруги билан Афғонистонга юборилган экспедицияга бошчилик қилган ва ҳижрий 214 (мил. 829–830) йили Бағдодга қайтиб келиб «Китоб ал-мухтасар фи ҳисоб ал-жабр ва ал-муқобала», «Китоб ал-мухтасар фи ҳисоб ал-ҳиндий» номли асарларини ёзган. Маълумотларга кўра, у «Маъмун академияси»да кутубхонанинг мудирини бўлган (Солих Закий, Осори боқия, II, 247–250-бетлар). Бундан ташқари, у «Маъмун зижи» (ёки «Хоразмий зижи»ни) ва «Кичик синҳинд» зижини тузган. Унинг ёзган асарларидан яна «Китоб сурат ал-арз» («География»), «Китоб арраҳома» («Мармар [асбоб ҳақида] китоб»), «Астурлобни кўллаш ҳақида китоб», «Тарих китоби» ва Птолемейнинг «Алмажистий»сига изоҳи ҳам маълум (Наллино, 174–175-бетлар; Ибн ал-Қифтий, 187–188-бетлар; Қадрий, 154–162-бетлар).

²⁷⁵ Ҳижрий 213/Яздигарднинг 197 й. мил. 828 й.

²⁷⁶ Рум – الروم – бу ерда Византия.

²⁷⁷ Ал-Маъмун Румга 830 й. мартдан 832 й. охиригача юриш қилган.

²⁷⁸ Ҳижрий 214/Яздигарднинг 198 й. – мил. 829 й.

²⁷⁹ Бу кузатиш 829 йили бўлиб, унда топилган қиймат $23^{\circ}35'$, ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра топилган қиймат – $23^{\circ}35'30''$ дан $30''$ кам.

²⁸⁰ Холид ибн Абд ал-Малик ал-Марваррудий – халифа ал-Маъмун қўл остида ишлаган астроном, «марвликлар»дан бири.

²⁸¹ Дайр Муррон – Дамашқ яқинидаги тепаликда жойлашган христиан роҳибларининг қароргоҳи.

²⁸² Бу квадрантнинг (ربع) радиуси қарийб 5 м га тўғри келади (қаранг: Хинц, Мусульманские меры. с. 64).

²⁸³ Ҳижрий 216 й. – мил. 831 й.

²⁸⁴ Ҳижрий 217 й. – мил. 832 й.

²⁸⁵ 831 йилдаги ўлчашдан топилган қиймат $23^{\circ}34'57''30'''$ ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра топилган қиймат – $23^{\circ}35'28''59'''$ дан $1^{\circ}31'29''$ тага кам. 832 йилдаги ўлчашдан топилган қиймат $23^{\circ}34'27''30'''$ ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра топилган қиймат – $23^{\circ}35'28''31'''$ дан $1'1''1'''$ тага кам.

²⁸⁶ Абу Таййиб Санад ибн Али – IX аср астрономи, халифа ал-Маъмун қўл остида ишлаган, астрономия ва математикага оид бир неча асар ёзган. Санад ибн Али Шаммосиядаги расадхона қурилишини бошқарган ва у ердаги астрономик кузатишларга раҳбарлик қилган.

²⁸⁷ Беруний «Қонуни Масъудий»да (қаранг: I китоб, 281-бет) бу қийматни Холид ибн Абд ал-Малик ал-Марваррудий топган ва, аксинча, юқоридаги икки қийматни (285-изоҳга қаранг) эса Санад ибн Али топган деб ёзган.

²⁸⁸ Ҳижрий 217 й. 12-жумодил Яздигарднинг 201 й., 22-урдибиҳишт – 16. VI. 832 й.

²⁸⁹ Берунийнинг 9-шаклини қуйидаги 15-шакл кўринишида тасвирлайлик. Бу ерда ABC эклиптиканинг бир бўлаги, $A'B'C'''$ – уфқ, A , B ва C нуқталар – якшанба,

душанба ва сешанба кунлари Куёш баландлиги ўлчанган эклиптиканинг нуқталари, E ёзги Куёш туриш нуқтаси, ва $AB'C'$ уфқ текислигига параллел текисликнинг изи бўлсин. Қуйидагича белгилашларни киритайлик: баландликлар $AA' = h_A = 80^\circ 4' 10''$, $BB' = h_B = KK'' = 80^\circ 4' 30''$, $CC'' = FF'' = h_C = h_F = 80^\circ 4' 28''$. Бундан $\Delta h_{AC} = \Delta h_{AF} = h_C - h_A = h_F - h_A = 0^\circ 0' 18''$, $\Delta h_{BA} = \Delta h_{AK} = h_B - h_A = h_K - h_A = 0^\circ 0' 20''$ бўлади. Берунийнинг «Қонуни Масъудий»да келтиришича, Куёш бир кунлик ўртача ҳаракатида эклиптика бўйлаб $\Delta\lambda = 0^\circ 59' 8'' 12''' 7^{IV} 56^{V} 34^{VI}$ ёйни ўтади (II китоб, 6-бет). Бу ерда келтирилган қиймат $\Delta\lambda_{AB} = 0^\circ 56' 58'' 48'''$ ҳам бир кунлик ҳаракатники бўлиб, ундан кичик. Лекин у яна «Қонуни Масъудий»да айтганидек, Куёшнинг ҳаракати апогей атрофида секинлашади. Шу сабабли бу қиймат ўртача ҳаракатдан кичик. Унинг келтирилган қийматини мавжуд баландликлар ва Дамашкнинг кенгласига кўра топиш мумкин.

Худди шунингдек, $\Delta\lambda_{AF} = 0^\circ 51' 16'' 55'''$ қиймат ҳам топилади. Шаклдан $\Delta\lambda_{AB} - \Delta\lambda_{AF} = \Delta\lambda_{FB} = 0^\circ 5' 41'' 53'''$ шунингдек, $\Delta\lambda_{AB} = \Delta\lambda_{BC}$, $\Delta\lambda_{FB} = \Delta\lambda_{KC}$, $\Delta\lambda_{AF} = \Delta\lambda_{KB}$ бўлади. Шунга ўхшаш

$$\frac{1}{2} \Delta\lambda_{BK} = \Delta\lambda_{BE} = \Delta\lambda_{EK} = 0^\circ 25' 38'' 27''' 30^{IV}.$$

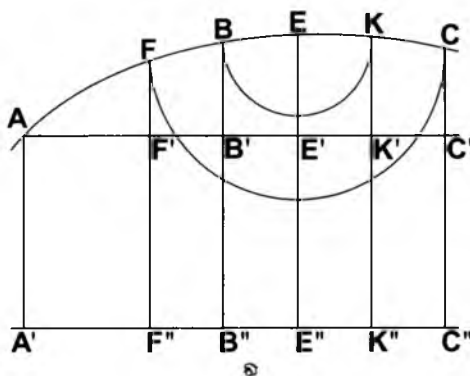
Демак, $\Delta\lambda_{AE} = \Delta\lambda_{EK} + \Delta\lambda_{AB} = 0^\circ 25' 38'' 27''' 30^{IV} + 0^\circ 56' 58'' 48''' = 1^\circ 22' 37'' 15''' 30^{IV}$.

Тўғрибурчакли сферик ABB' ва AEE' учбурчакларнинг мос BB' , E' катетлари ва AB , AE гипотенузаларига кўра сферик Пифагор теоремасига асосан ушбу

$$\frac{\Delta\lambda_{AB}}{\Delta\lambda_{AE}} = \frac{h_B - h_A}{h_E - h_A}$$

пропорцияни ёзамиз. Мос қийматларни пропорцияга қўйиб топамиз.

$$\frac{0^\circ 56' 58'' 48'''}{1^\circ 22' 37'' 15''' 30^{IV}} = \frac{0^\circ 0' 20''}{h_E - h_A} \quad \text{ёки} \quad h_E - h_A = 0^\circ 0' 29''$$



15-шакл

Бундан $EE'' = h_E$ баландликни топиш учун шу тенгликнинг иккала тарафига A нуқтадаги баландликни қўшамиз.

$$h_A + h_E - h_A = h_A + 0^\circ 0' 29'',$$

$$h_E = 80^\circ 4' 10'' + 0^\circ 0' 29'' = 80^\circ 4' 39'' \text{ хосил бўлади.}$$

Бу қиймат Куёшнинг Дамашқда ёзги Куёш туриш пайтидаги, яъни энг катта баландликдаги қийматдир, демак, $h_{\max} = 80^\circ 4' 39''$.

Бундан $h_{\max} = 90^\circ - \varphi + \varepsilon$ формуладан, Дамашқнинг кенгламаси $\varphi = 33^\circ 30'$ бўлганидан («Қонуни Масъудий», I, 408-бет) эклиптиканинг экваторга оғиш бурчаги ε ни топса бўлади, яъни $80^\circ 4' 39'' = 90^\circ - 33^\circ 30' + \varepsilon$, ёки $\varepsilon = 23^\circ 34' 39''$.

²⁹⁰ Яъни Холид ал Марваррудийнинг Дамашқдаги ўлчашларининг натижаларини ўз ичига олган жадваллар.

²⁹¹ Ҳижрий 217 й. 20-зулқаъда / Яздигарднинг 201 й. 25-обон – мил. 832 й. 17-декабрь.

²⁹² Бу гал қишки Куёш туриш пайтида Куёшнинг йил давомидаги энг кичик баландлиги h_{\min} топилапти. Агар юқоридагидек (289-изох) белгилашларни киритсак,

$$h_A = 32^\circ 55' 0'', h_B = 32^\circ 54' 58'', h_C = 32^\circ 55' 28''$$

$$h_C - h_A = 32^\circ 55' 28'' - 32^\circ 55' 0'' = 0^\circ 0' 28''$$

$$h_C - h_B = 32^\circ 55' 28'' - 32^\circ 54' 58'' = 0^\circ 0' 30'' \text{ бўлади.}$$

Шунингдек, эклиптиканинг ёйларини, яъни эклиптик узунламаларни мос белгиларда ифодаласак, $\Delta\lambda_{GB} = 1^\circ 1' 27'' 36'''$, $\Delta\lambda_{CF} = 0^\circ 57' 21'' 46'''$ ва $\Delta\lambda_{FC} = \Delta\lambda_{KB}$ эканлигидан

$$\Delta\lambda_{CE} = \frac{1}{2} \Delta\lambda_{FC} + \Delta\lambda_{BC} = 1^\circ 30' 8'' 29''' \text{ бўлади.}$$

Эклиптиканинг CB ва CE ёйлари B ва E нукталарнинг баландликлари ёйларидан ҳосил бўлган тўғрибурчакли сферик учбурчаклардан сферик Пифагор теоремасидан ушбу

$$\frac{\Delta\lambda_{CB}}{\Delta\lambda_{CE}} = \frac{h_C - h_B}{h_C - h_E}$$

пропорция ҳосил бўлади. Агар мос қийматларни шу пропорцияга қўйсак,

$$\frac{1^\circ 1' 27'' 36'''}{1^\circ 30' 8'' 29'''} = \frac{0^\circ 0' 30''}{h_C - h_E} \text{ бўлади.}$$

Бундан $h_C - h_E = 0^\circ 0' 44''$, бу ерда $h_E = h_{\min}$.

Демак, $h_{\min} = h_C - 0^\circ 0' 44'' = 32^\circ 55' 28'' - 0^\circ 0' 44'' = 32^\circ 54' 44''$

$$h_{\min} = 32^\circ 54' 44''.$$

$$\varepsilon = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} \text{ формулага асосан}$$

$$\varepsilon = \frac{80^\circ 4' 39'' - 32^\circ 54' 44''}{2} = \frac{47^\circ 9' 55''}{2} \text{ бундан}$$

$$\varepsilon = 23^\circ 34' 57'' 30''' \text{ бўлади.}$$

Бу қиймат 832 й. учун Ньюкомб формуласига кўра топилган $23^\circ 35' 28'' 31'''$ қийматдан $31'' 1'''$ кам.

²⁹³ Бу қиймат ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра топилган қийматдан $37' 31'''$ кам.

²⁹⁴ Ҳижрий 243 й. 20-сафар – мил. 857 й. 18 июнь. Бу ўлчашлар ҳақида қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 281-бет.

²⁹⁵ Ҳижрий 243 й. 25-шаъбон / Яздигарднинг 226 й. 30-обон – мил. 857 й. 16 декабрь.

²⁹⁶ Ҳижрий 245 й. 17-рамазон / Яздигарднинг 228 й. 1-кўшимча ахнуз куни – мил. 859 й. 27 декабрь. «Қонуни Масъудий»да биринчи кўшимча кунни Беруний «Ҳануд» деган (қаранг: I китоб, 77-бет).

²⁹⁷ Бу ерда топилган қиймат $\varepsilon = 23^{\circ}34'30''$, 859 й. учун Ньюкомб формуласига кўра топилган қиймат $\varepsilon = 23^{\circ}35'16''$ дан $46'$ тага кам.

²⁹⁸ Абу-л-Аббос ал-Фазл ибн ал-Ҳотам ан-Найризий (922 й. вафот) – машҳур астроном ва математик, Эроннинг Найриз шаҳридан. У иккита зиж тузган ҳамда Птолемейнинг «Алмажистий»сини ва Евклиднинг «Негизлари»ни шарҳлаган. Найризий параллеллар назарияси билан махсус шуғулланиб, Евклид V – постулатини исботлашга уринган. Сферик тригонометрия ва астрономик асбобларга доир қўлланмалар ёзган. Ўрта асрларда Европада у лотинлаштирилган Anaritius номи билан машҳур бўлган (Ибн ал-Қифтий, 168-бет; Қадрий, 237–238-бетлар).

²⁹⁹ Ҳижрий 254 й. 27-зулҳижжа / Яздигарднинг 237 й. 3-кўшимча кун – 868 й. 17 декабрь. «Қонуни Масъудий»да учинчи кўшимча кунни Беруний «асфатямид» деган (I китоб, 77-бет).

³⁰⁰ Икки ҳалқалик асбоб – ذات الحلقان – армилляр сфера.

³⁰¹ Ҳижрий 255 й. 4-ражаб / Яздигарднинг 238 й. 1-хурдод – мил. 869 й. 18 июнь.

³⁰² Энг катта оғиш учун топилган бу $\varepsilon = 23^{\circ}35'$ қиймат 869 й. учун Ньюкомб формуласи билан ҳисобланган қиймат $\varepsilon = 23^{\circ}35'11''$ дан $11'$ кам.

³⁰³ Абу Абдуллоҳ Муҳаммад ибн Жобир ал-Баттоний ал-Ҳарроний ас-Собий (тахм. 850–929 йй.) – машҳур астроном ва математик, Ирокнинг шимоли-ғарбида Ҳаррон вилоятининг Баттон деган ерида туғилган. Евклид ва Птолемейнинг асарларини кунг билан ўрганган. Птолемейнинг «Чор мақоласи»ни («Тетрабиблос») шарҳлаган ва иккита зиж ёзган. Унинг бир зиж «Собий зиж» номи билан машҳур бўлиб, Европада ҳатто XVIII асргача фойдаланилган. Бу зиждан Н. Коперник ҳам фойдаланган. У «Мукамаллаштирилган «Алмажистий»нинг муаллифи, Европада Albategnius номи билан танилган. Умрининг кўп қисмини ар-Ракка шаҳрида ўтказган (қаранг: Fuat Sezgin, Geschichte, Bd. V. s. 287).

³⁰⁴ Ар-Ракка – Суриядаги шаҳар, Фрот дарёси бўйида жойлашган

³⁰⁵ Ёриткичнинг зенит масофаси Z ва баландлиги h ушбу $Z + h = 90^{\circ}$ муносабат билан боғланган. Шунинг учун Z_{\min} га h_{\max} ва Z_{\max} га h_{\min} мос келади.

$2\varepsilon = h_{\max} - h_{\min}$ – формула бу ҳолда $2\varepsilon = Z_{\max} - Z_{\min}$ кўринишини олади. Агар $Z_{\max} = 59^{\circ}36'$, $Z_{\min} = 12^{\circ}26'$ эканлигини эътиборга олсак, $\varepsilon = 23^{\circ}35'$ чиқади. Ал-Баттонийнинг ҳисоблашлари 880 й. бажарилган десак, унинг топган қиймати ўша йили учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисоблаб топилган $\varepsilon = 23^{\circ}35'6''$ қийматдан $6'$ кам.

³⁰⁶ Искандарнинг 1191–1194 йй./ҳижрий 267–270 йй. мил. 880–883 йй.

³⁰⁷ Сулаймон ибн Исмаат ас-Самарқандий IX асрда яшаган самарқандлик олим. У ҳақида муфассал маълумот сақланмаган.

³⁰⁸ Параллакс – اختلاف المنظر – Ёриткичнинг кўринма баландлиги h_H хақиқий баландлиги h_E , параллакс π билан $h_H = h_E - \pi$ формула орқали боғланган (қаранг: Қонуни Масъудий II, 189–194-бетлар ва 278-изох).

³⁰⁹ Ҳижрий 275 й. 7-шаъбон / Яздигарднинг 257 й. 1-озар – мил. 888 й. 15-декабрь.

³¹⁰ Ҳижрий 270 й. 14-муҳаррам / Яздигарднинг 258 й. 6-хурдод – мил. 889 й. 19-май.

³¹¹ Сулаймон ибн Исмаат ас-Самарқандийнинг кузатишидаги баландликлари $h_{\max} = 76^{\circ}54'$, $h_{\min} = 29^{\circ}46'$, меридианга кўчирилгандаги баландликлари $h_{\max} = 76^{\circ}54'4''$, $h_{\min} = 29^{\circ}44'44''$ ва параллаксга кўра тузатилган баландликлари $h_{\max} = 76^{\circ}54'41''23'''$, $h_{\min} = 29^{\circ}47'17''6'''$ эканлигидан $\varepsilon = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2}$ формулага асосан энг катта оғиш ε учун

ушбу $23^{\circ}34'$, $23^{\circ}34'40''$ ва $23^{\circ}33'42''8'''30''''$ кийматларни ҳосил қиламиз. Сулаймоннинг кузатишлари 888 й. охирида бошланиб 889 й. ўртасида тугатилганлиги учун унинг кийматларини шу иккала йилга тааллуқли деб қараймиз. Шунда энг катта оғиш Ньюкомб формуласига асосан 888–889 йиллар учун ҳисобланган кийматлари $23^{\circ}35'2''16'''51''''$ ва $23^{\circ}35'1''48'''45''''$ лардан мос равишда 888 й. учун $1'2''16'''51''''$, $(-)$ $22''16'''51''''$, $1'20''8'''21''''$ ва 889 й. учун $1'1''48'''45''''$, $21''48'''45''''$, $1'19''40'''15''''$ камдир.

³¹² Мансур ибн Талҳа ат-Тоҳирий – Хуросоннинг ҳокими Абдуллоҳ ибн Тоҳирнинг (830-844) жияни, Марв, Омул ва Хоразмда ҳокимлик қилган: математика ва астрономиядан ташқари фалсафа билан шугулланган, «Тоҳирийларнинг фаҳри» деб маълум бўлган (қаранг: Бартольд, I, Туркестан. С. 272).

³¹³ Мансурнинг кузатишлари Сулаймон билан бир вақтда 889 й. бажарилган десак, у ҳолда унинг энг катта оғиш учун топган $23^{\circ}33'$ ва $23^{\circ}34'44''30'''$ кийматлари ўша йили учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисоблаб топилган киймат $23^{\circ}35'1''48'''45''''$ дан мос равишда $2'1''48'''45''''$ ва $1'17''18'''45''''$ кам.

³¹⁴ «[Осмон] сферасининг баёни ҳақида» – في الابانة عن الفلك Мансур ибн Талҳанинг бу астрономик асари сақланмаган.

³¹⁵ Осмон экваторининг баландлиги – кузатиш жойи (Марв) кенгламасининг тўлдирувчисидир, яъни $\bar{\varphi} = 90^{\circ} - \varphi = 52^{\circ}20'$, Марвнинг кенгламаси эса $37^{\circ}40'$. Ёзги ва қишки Қуёш туриш пайтларига h_{\max} , h_{\min} лар $\bar{\varphi}$ билан ушбу $\varepsilon = h_{\max} - \bar{\varphi}$ ва $\varepsilon = h_{\min} - \bar{\varphi}$ муносабатлар билан боғланган. $h_{\max} = 75^{\circ}52'$, $h_{\min} = 28^{\circ}46'$ ва $\bar{\varphi} = 52^{\circ}20'$, кийматларни эътиборга олсак мос баландликларга кўра $\varepsilon = 23^{\circ}32'$ ва $\varepsilon = 23^{\circ}34'$ бўлади.

³¹⁶ Муҳаммад ибн Али ал-Маккий (IX а.) – маккалик астроном ва астролог, 850 йиллар Нишопурда яшаб ижод этган. Хуросоннинг бошка шаҳарларида, Хоразмда ҳам бўлган. «Аҳкоми [нужум] санъатига кириш», «Осмон ва Ернинг думалоклигининг исботи ҳақида» асарларининг муаллифи, хинд астрономиясининг тарафдори бўлган. У ҳақда маълумот фақат Берунийда келтирилади (яна қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 281-бет, II, 63–64-бетлар).

³¹⁷ Берунийда тўртинчи иқлим бошининг кенгламаси $33^{\circ}36'$, ўртасининг кенгламаси $36^{\circ}21'29''$, (қаранг: матн, 141-бет, «Қонуни Масъудий», I, 396-бет).

³¹⁸ Дайлам – қадим ва ўрта асрларда Эроннинг шимолидаги тоғли қисми шундай деб аталган. 914 йилгача мустақил ҳокимияти бўлган (қаранг: Бартольд, I, Обзор. С. 139, 155,

³¹⁹ Абу ал-Фазл ал-Ҳиравий – ҳиротлик, X аср астрономи, Райда ишлаган.

³²⁰ Ҳижрий 348 й. 12-рабиъ II /Яздигарднинг 328 й. 28-хурдод – мил. 959 й. 22 июнь.

³²¹ Ҳижрий 348 й. 21-шаввол/Яздигарднинг 328 й. 10-озар – мил. 959 й. 25 декабрь.

³²² Бу ерда $\epsilon = 23^{\circ}32'$ қийматни топишда $h_{\max} = 78^{\circ}6'$, ва $h_{\min} = 30^{\circ}46'$ баландликлардан фойдаланилган. Ёзги Куёш туриш пайтида энг катта баландлик ўлчанганлиги сабабли ϵ ва $\bar{\varphi}$ лар $h_{\max} - \epsilon = \bar{\varphi}$ муносабат билан боғланган. Бу ерда кенглама тўлдирувчиси φ Куёш туриш пайтида Рай кенгламасининг тўлдирувчиси бўлиш билан бирга, экваторнинг ўша пайтда Райдан баландлиги бўлади; Экватор эклиптика билан баҳорги тенгкунлик нуктаси бўлмиш Ҳамал буржида кесишгани учун у Ҳамалнинг Райдаги баландлиги ҳамдир. Шундай қилиб, $h_{\max} = 78^{\circ}6'$ ва $\epsilon = 23^{\circ}40'$ дан юкоридаги муносабатга асосан $\varphi = 54^{\circ}26'$. Бунга кўра, $\varphi + \bar{\varphi} = 90^{\circ}$ бўлгани учун Райнинг кенгламаси $35^{\circ}34'$ чиқади. $\varphi = 90^{\circ} - h_{\max} + \epsilon$ формулага кўра эса $35^{\circ}36'$ чиқади. Лекин «Қонуни Масъудий»да (I, 419-бет) Райнинг кенгламасини Беруний $35^{\circ}35'$ олган, яъни иккала қийматнинг ўрта арифметиғи.

Ал-Ҳиравийнинг 959 й. энг катта оғиш учун топган $\epsilon = 23^{\circ}40'$ қиймати ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра топилган $\epsilon = 23^{\circ}34'29''$ қийматдан $5'31''$ тага ортик.

³²³ Абу Махмуд ал-Хўжандий ҳақида юкорида 254-изоҳга қаранг.

³²⁴ Азуд ал-Давла Абу Шужа Хусрав – 949–982 йилгача Форсда, – пойтахти Шероз, – Бувайҳий сулоласидан ҳоким, 978 йилдан Ирок, Ахвоз ва Кермон ҳам унга қарам бўлган.

³²⁵ Абу ал-Хусайн Абдурахмон ибн Умар ал-Сўфий (903–986) – X асрнинг йирик астрономи, Райда туғилган. Ас-Сўфий «Турғун юлдузлар ҳақида» номли астрономик асарнинг, зиж ва бир қатор астрономик асарларнинг муаллифи (қаранг: Ибн ал-Қифтий, 152–154-бетлар).

³²⁶ Абу Саҳл Вайжон ибн Рустам ал-Кўҳий – X асрнинг йирик астрономи ва астрономик асбоблар конструктори, Табаристондаги Кўҳ шаҳридан. Шероз ва Бағдодда ишлаган Ал-Кўҳий Евклид ва Архимеднинг асарларини таржима қилган. Астрономиядан ташқари математика ва физика билан ҳам шуғулланган. У «Оғирлик марказлари ҳақида», «Доирадаги етти бурчакликнинг томонини аниқлаш» номли ва астурлоб ясашга доир асарларни ёзган. Кубик тенгламаларни ечиш билан махсус шуғулланган.

³²⁷ Абу Саид Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Абд ал-Жалил Яькуб ал-Сижизий (951–1024 й.) – Сеистонлик математик ва астроном, Берунийнинг замондоши. У «Айлана ичига мунтазам етти бурчаклик чизиш ҳақида», «Бурчак трисекцияси ҳақида», «Гиперболанинг асимптоталарига муносабати ҳақида», «Конус кесимлар ҳақида» номлардаги математик асарлар ва бир қатор астрономик асарлар ёзган. Абу Али ал-Ҳасан ал-Марокашийнинг хабар беришича, у Ернинг ўз ўки атрофида айланиши мумкинлигини эътироф этиб, шу асосда астурлоб ясаган. Яна ўша ал-Марокашийнинг хабар беришича, Беруний ас-Сижизийнинг бир кеча-кундуз давомида Ер айланиши ҳақидаги назариясини тан олса бўладиган ва рад этиш қийин бўлган назария деб ҳисоблаган (Ибн ал-Қифтий, 230–232-бетлар; Наллино, 252-бет; Қадрий, 274-бет).

³²⁸ Назиф ибн Яман ал-Юноний (X–XI а.) – Бағдодда ишлаган астроном, асли юнон. Юнончадан кўп асарларни, жумладан, Евклид «Негизлар»ини араб тилига

таржима қилган. Астрономиядан ташқари табобат билан ҳам шуғулланган. Беруний билан хат ёзишиб турган.

³²⁹ Абу ал-Қосим Ғулом Зуҳал – X асрда Бағдодда яшаган астролог ва математик. «Илми нужум» ва «Нурлар ҳақида китоб» асарларини ёзган. 986 й. май ойида вафот этган (Ибн ал-Қифтий, 151–152-бетлар).

³³⁰ Ҳижрий 359 й. 2-сафар / Яздигарднинг 338 й. 22-Озар – мил. 969 й. 15 декабрь.

³³¹ 969 й. 16 декабрь.

³³² 969 й. 16 декабрь.

³³³ 970 й. 16 декабрь

³³⁴ Ҳижрий 359 й. 8-шаъбон / Яздигарднинг 339 й. 25-хурдод – мил. 970 й. 16 июнь.

³³⁵ 970 й. 17 июнь.

³³⁶ 970 й. 18 июнь.

³³⁷ Ал-Сўфий раҳбарлигида 970 й. топилган энг катта оғишнинг $\varepsilon = 23^{\circ}35'$ миқдори ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра топилган қиймат $23^{\circ}34'24''$ дан $36''$ тага ортик.

³³⁸ Абу ал-Вафо Муҳаммад ибн Муҳаммад ибн Яҳё ибн Исмоил ибн Аббос ал-Бўзжоний – ўрта осиелик буюк математик ва астроном. 940 й. Нишопур яқинида Бўзгон шаҳри (Хуросон)да туғилган ва 998 й. Бағдодда вафот этган. Математик олим Абу Яҳё ал-Барудийнинг шогирди. 20 ёшида қисқа муддат Нишопур ва Райда бўлгач, Бағдодга кетади ва умрининг охиригача ўша ерда яшайди. Унинг энг муҳим асарлари куйидагилар: Хоразмий «Ал-жабр ва ал-муқобала»сининг шарҳи, Никомахнинг «Арифметикасига кириш», Евклиднинг «Негизлари»га ва Птолемейнинг «Алмажистий»сига изоҳлар, ўзининг «Алмажистий»си, «Китоб фи мо яхтож илайҳи ал-куттоб вал уммол мин илм ал-ҳисоб» («Котиблар ва ҳунармандларга математикадан керакли нарсалар ҳақида китоб» номли йирик математик асар – бунда касрлар назарияси баён қилинган ва манфий сонлар ишлатилган), «Арифметика ҳақида рисола», «Хунармандларга геометрик яшашлардан керак бўладиган нарсалар ҳақида китоб», «Арифметикани ўрганишдан аввал нимани ўрганиш ҳақида», «Диофант ўз асарида киритган жумлаларни исботлари китоби», «Олтмишлик жадвалларни қўллаш ҳақида», «Кубнинг, квадрату-квадратнинг ва булар икки-сидан ҳосил бўладиганнинг қиррасини аниқлаш ҳақида китоб».

Абу ал-Вафо бу номи эслатилган асарлардан ташқари бир зиж тузган ва Гиппархнинг асарларини шарҳлаган. Лекин унинг кўп асарлари бизгача етиб келмаган (*қаранг:* Ибн ал-Қифтий, 188–189-бетлар; Наллино, 41, 249-бетлар; Қадрий, 227–236-бетлар).

³³⁹ Изз ад-Довла Бахтиёр – Ирок, Ахвоз ва Кермоннинг 967–978 йиллардаги Бувайҳий ҳокими (*қаранг:* Лэн-Пуль, 116).

³⁴⁰ Боб ал-Тибн – «Сомон дарвозаси» – Бағдоднинг йирик даҳаси.

³⁴¹ Ҳижрий 365–366 й. / Яздигарднинг 345–346 йиллари. – мил. 976–977 й.

³⁴² Ёзги Куёш туришида $h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi + \varepsilon$ ва қишки Куёш туришда $h_{\min} = 90^{\circ} - \varphi - \varepsilon$ эканлигидан $\varepsilon = 23^{\circ}35'$ ва Абу ал-Вафода Бағдоднинг кенгламаси $\varphi = 35^{\circ}25'$ эканлигидан $h_{\max} = 80^{\circ}10'$ ва $h_{\min} = 33^{\circ}$ чиқади.

³⁴³ Абу Ҳомид Аҳмад ибн Муҳаммад ас-Сагоний ал-Астурлобий (990 й. вафот этган) – Марв яқинидаги Сағон (ёки Чағон)дан, машҳур астроном, астурлоб

ва бошка астрономик асбоблар конструктори. Бағдодда Бувайҳий султон Шараф ад-Довла саройида ишлаган. Ас-Сағоний ўз кузатишларини Абу ал-Вафо ва ас-Сўфийлар билан бирга олиб борган.

³⁴⁴ «Астрономия қонунлари» – قوانين علم الهيئة – ал-Сағонийнинг асосий астрономик асари.

³⁴⁵ Биркату Залзал – Бағдоднинг бир даҳаси.

³⁴⁶ Ҳижрий 374 й. / Яздигарднинг 354 й. – м. 985 й. Ас-Сағонийнинг энг катта оғиш учун шу йили топган $23^{\circ}35'$ қиймати ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисобланган $23^{\circ}35'10''$ дан $10''$ кам.

³⁴⁷ Шараф ад-Довла – Форс, Ирок, Ахвон ва Кермоннинг 983–989 й. Бувайҳий ҳоқими.

³⁴⁸ Агар бунда «уй гази» қўлланилган бўлса, 1 газ 50,3 см (қаранг: Хинц, Мусульманские меры. – С. 70) эканлигидан шарнинг диаметри 25 газ = 12,575 м бўлади.

³⁴⁹ Ҳижрий 378 й. 28-сафар / Яздигарднинг 357 й. 30-хурдод – мил. 988 й. 17 июнь.

³⁵⁰ Шимолий тропик ёки Саратон тропиги, Саратон буржининг 0° дан ўтади. Қуёш Саратон буржиги киришидан ёз бошланади. Бу ҳодиса ёзги Қуёш туриш пайтида юз беради. Шу чоғ Саратон бошининг баландлиги $h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi + \epsilon$ бўлади.

³⁵¹ Абу Саҳлнинг 988 й. энг катта оғиш учун топган қиймати $\epsilon = 23^{\circ}51'20''$ ўша йил учун Ньюкомб формуласига кўра топилган қиймат – $23^{\circ}34'15''$ дан $17'15''$ ортиқ.

³⁵² Яъни $60' \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right) = 60' \cdot \frac{3}{4} = 45'$.

³⁵³ Абу Исҳоқ Иброҳим ибн Синон ибн Собит ибн Қурра – X асрнинг иккинчи ярмида яшаган математик ва астроном. Собит ибн Қурранинг набираси. У геометрия ва астрономияга оид асарлар ёзган, Птолемей «Алмажистий»сини шарҳлаган.

³⁵⁴ Ал-Хўжандий ҳақида 254-изоҳга қаранг.

³⁵⁵ Фахр ад-Довла – Райнинг 976–997 йиллардаги Бувайҳий ҳоқими.

³⁵⁶ Таборак тоғи Райнинг шимол тарафида.

³⁵⁷ Бу ерда Беруний «Фахрий секстанти»ни тавсифляпти.

³⁵⁸ Агар бу газни уй гази (348-изоҳга қаранг) десак, 80 газ = 40,24 м бўлади.

³⁵⁹ Ҳижрий 384 й. 5-жумодий I / Яздигарднинг 363 й. 1-тир мил. 994 й. 17 июнь.

³⁶⁰ 994 й. 18 июнь.

³⁶¹ Ҳижрий 384 й. 9-зулкаъда / Яздигарднинг 363 й. 27-озар – мил. 994 й. 15-декабрь.

³⁶² 994 й. 18 декабрь.

³⁶³ Алмаштириш ва ажратиш – الابدال و التفصيل – бу ерда қадим ва ўрта аср математикасининг иккита муҳим операцияси назарда тутиляпти. Бу операцияларнинг биринчиси, яъни нисбатни алмаштириш (бу ерда – *ибдол ан-нисба*, одатда *табдил* ҳам дейилади, Евклидда – *εναλλαξλογος*, лотинчаси – *permutatio rationis*) – $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$ пропорциядан $\frac{A}{C} = \frac{B}{D}$ пропорцияга ўтиш. Қаранг: Евклид «Негизлар», 1 т., 143 бет, (V китоб, 12 таъриф); «Нисбатни алмаштириш [нисбатда] олдингисини олдингисига ва кейингисини кейингисига олишдир» (рус тилидан таржима бизники – А.А).

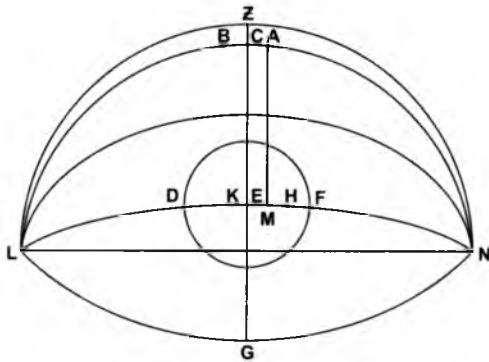
Бу ерда Беруний қўллаган иккинчи операция *تفصيل النسبة* яъни нисбатни ажратиш (бу ерда – *тафсил ан-нисба*, Евклидда – *διαρεσιςλογος*, лотин тилидаги – *subratio rationis*) – $\frac{A}{B}$ нисбатдан $\frac{A-B}{B}$ нисбатга ўтиш. Қаранг: Евклид, «Негизлар», 1 т.,

144-бет (V китоб, 15 таъриф); «Нисбатни ажратиш олдингисининг кейингисидан ортиклигининг шу кейингисига [нисбатини] олишдир» (рус тилидан таржима бизники. – А.А).

³⁶⁴ Берунийнинг 11-шаклини ушбу 16-шакл кўринишида тасвирлайлик. Шакл осмон сферасининг зенитдан жанубдаги чорагидан иборат бўлиб, бу унинг тенгкунлик нукталаридан ўтувчи меридиан текислигидан кўринишидир. Бу ерда LGN – ёзги Қуёш туришидаги эклиптика, C – ёзги Қуёш туриш нуктаси, LEN – кишки Қуёш туришидаги эклиптика, E – кишки Қуёш туриш нуктаси. $CE = \varepsilon$, $CG = h_{\max}$, $EG = h_{\min}$. A ва B нукталардаги шанба ва якшанба кунлардаги баландлик $h_{A,B} = 77^{\circ}57'40''$ D нуктада жума кундаги баландлик $h_D = 30^{\circ}53'35''$ H нуктада душанба кундаги баландлик $h_H = 30^{\circ}53'32''$ дейлик. A ва B нукталардан Қуёш туриш нуктасигача бўлган ёйлар тенг, яъни $AC = CB = \Delta\lambda_1 = 0^{\circ}28'36''$. Қуёш жума кунни туш пайтидаги D нуктадан душанба кунни туш пайтидаги H нуктага эклиптика бўйлаб уч суткада ўтган. Агар DH ёйининг ўртасини K нукта десак, бу нуктага Қуёш D нуктадан 36 соат ичида ўтади. Ал-Баттоний зижига кўра, Қуёшнинг кишки туриш нуктаси атрофида бу муддат ичидаги кўчиши $DK = KH = \Delta\lambda_2 = 1^{\circ}31'48''$ ни ташкил қилади. Бу ҳолда $h = \varphi + \delta - 90^{\circ}$ формулага асосан Рай учун D ва H нукталардаги баландликлар $h_D = \varphi + \delta_D - 90^{\circ} = 30^{\circ}53'35''$ ва $h_H = \varphi + \delta_H - 90^{\circ} = 30^{\circ}53'32''$ лардан $h_D - h_H = \delta_D - \delta_H = 3''$ бўлади.

D, F нукталардаги баландликлар тенглигидан охириги муносабат F нукта учун $h_F - h_H = \delta_F - \delta_H = 3''$ кўринишни олади. Яна ал-Баттоний зижига кўра оғишлар фарқи $3''$ га ўзгарганида Қуёш эклиптика бўйлаб $5'$ га сурилади. Демак, $HF = \Delta\lambda_3 = 5'$. Бу ҳолда шаклдан $KH + HF = \Delta\lambda_2 - \Delta\lambda_3 = 1^{\circ}31'48'' + 5' = 1^{\circ}36'48''$. Мақсад эса EF ёйини топишдир. Беруний айтишича, Хўжандий мана шу KE ёйини EF деб олиб янглишган. DE, DF ва DK, DF ёйлар учун ушбу $\frac{DE}{DF} = \frac{DK}{DH} = \frac{1}{2}$ пропорция ўринли. Агар бу пропорцияни $\frac{DK+KE}{DH+DF} = \frac{DK}{DH}$ деб ёзиб, $DH = 2DK$ эканлигини эътиборга олсак, у ҳолда $\frac{KE}{HF} = \frac{1}{2}$, демак, $HF = 2KE$ бўлади. Бундан $KE = \frac{5'}{2} = 2'30''$, $DH = DK - KE = 1^{\circ}36'48'' - 2'30'' = 1^{\circ}34'18''$.

Демак, Қуёшнинг жума кунни туш пайтидан Қуёш туриш нуктаси E гача эклиптика бўйлаб ўтган ёйи $\Delta\lambda = 1^{\circ}34'18''$ экан.



16-шакл

Абу Махмуд MF ёйини аниқлашда EF ёйдан $EM = AC$ ($ACZEG$ меридианга параллел бўлган кичик айлананинг ёйи) ёйини айириш ўрнига бу ёйни FK ёйдан айириб иккинчи хатоликка йўл қўйган ва унда $MF = EF - EM = 1^{\circ}34'18'' - 0^{\circ}28'36'' = 1^{\circ}5'42''$ ўрнига $KF - EM = 1^{\circ}36'48'' - 0^{\circ}28'36'' = 1^{\circ}8'12''$ ҳосил бўлган.

Натижада у топган энг кичик тенглаштирилган баландлик $h_M = 77^{\circ}57'40''$ ва уларнинг айирмаси $h_A - h_M = 47^{\circ}4'37''30''$ ҳамда бундан топилган энг катта оғиш

миқдори $\epsilon = 23^{\circ}32'18''45'''$ Беруний айтишича, ҳақиқатдан узок бўлиб чиқди. Бу киймат эса 994 й. учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисоблаб топилган киймат $\epsilon = 23^{\circ}34'12''38'''$ дан $1'53''53'''$ кам.

³⁶⁵ Бу ерда Беруний Абу Маҳмуд ал-Хўжандийнинг хатосини тузатиб, унинг тенглаштирилган баландликларига (الارتفاع المعدل) кўра энг катта оғиш ϵ ни топган. Беруний 12-шаклини ушбу 17-шакл кўринишида тасвирлайлик. Бу ерда NEG – уфқ текислигининг вертикал текисликка проекцияси, E – олам маркази, G – тенгкунлик нуқтаси, Z зенит, HBN – эклиптиканинг ёзги Қуёш туриш пайтидаги ҳолати, CLG – эклиптиканинг қишки Қуёш туриш пайтидаги ўрни, HE ва CE унинг шу икки пайтда меридиан текислигига проекцияси, BE осмон экваторининг меридиан текислигига проекцияси бўлсин. Эклиптиканинг ёзги Қуёш туриш пайтидаги K нуқтаси 994 й. 17 июнь шанба куни Қуёш кузатилган нуқта. Бу ҳолатда $h_K = 77^{\circ}57'40''$ – буни энг катта тенглаштирилган баландлик дейилган. Эклиптиканинг HK ёйи Қуёш ўн икки соатда ўтиладиган йўли бўлиб, у ал Баттоний зижига кўра $\Delta\lambda_1 = 0^{\circ}28'36''$ ни ташкил қилади. Демак, $KG = 90^{\circ} - HK = 90^{\circ} - \Delta\lambda_1$ ёки $KG = 89^{\circ}31'24''$. Эклиптиканинг қишки Қуёш туриш пайтида экваторга нисбатан K нуқтага симметрик бўлган L нуқтасидаги баландлик $h_L = 30^{\circ}53'2''30'''$ – энг кичик тенглаштирилган баландликдир. Бу ҳолатда $CL = HK$. K ва L нуқталаридан экваторга параллел доираларнинг AK ва ML ёйлари ҳам тенг. Демак, $AM = h_K - h_L = 47^{\circ}4'32''30'''$ дан

$$SF = 2 \sin \frac{h_K - h_L}{2} = 2 \sin 23^{\circ}32'18''45''' = 47^{\text{P}}55'26'' \text{ ёки } SF = 47^{\text{P}}55'26''$$

келиб чиқади.

$$SK = FL = \sin HK = \sin 0^{\circ}28'36''$$

$$SE = \sin GK = \sin (90^{\circ} - \Delta\lambda_1) = \sin 89^{\circ}31'24''$$

$$SE = 59^{\text{P}}59'53'' \text{ бўлади.}$$

ESF, EHC тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан ушбу $\frac{ES}{SF} = \frac{EN}{CH}$ пропорция ҳосил бўлади. Пропорцияни $CH = \frac{SF \cdot EN}{ES}$ кўринишда ёзиб $SF = 47^{\text{P}}55'26''$, $EN = 60$, $ES = 59^{\text{P}}59'53''$ кийматларни ўз ўрнига қўямиз, у ҳолда

$$CH = \frac{47^{\text{P}}55'26'' \cdot 60}{59^{\text{P}}59'53''} = \frac{172526'}{215993''} = 47^{\text{P}}55'31''35'''.$$

Шаклга кўра

$$CH = 2 \sin \epsilon = 47^{\text{P}}55'31''35'''$$

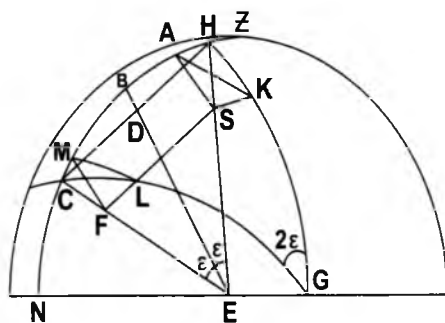
Бундан

$$\epsilon = \arcsin 23^{\text{P}}57'45''48'''$$

$$\epsilon = 23^{\circ}32'21''.$$

Бу киймат 994 йил учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисоблаб топилган $23^{\circ}34'12''$ кийматдан $1'51''$ кам.

³⁶⁶ 994–995 йиллар.



17-шакл

³⁶⁷ Бу ерда Беруний Амударёнинг гарбий қирғоғида Кот шаҳридаги Бушканз қишлоғида бажарган ўлчашларини назарда тутяпти (қаранг: 231-изох).

³⁶⁸ Бу ўлчаш пайтида Бушканзнинг кенгламаси $\varphi = 41^{\circ}36'$ ва ўша пайтда энг катта баландлик $h_{\max} = 71^{\circ}59'45''$ чиккан эди (ўша изоҳга қаранг). Демак, $\varepsilon = h_{\max} + \varphi - 90^{\circ}$ формулага кўра $\varepsilon = 23^{\circ}35'45''$. Бу қиймат эса 994 йил учун Ньюкомб формуласи билан ҳисобланган $23^{\circ}34'12''$ қийматдан $1'33''$ ортик.

³⁶⁹ Матннинг 6-шаклига ва изоҳларнинг 9-шаклига қаранг. FG га EH перпендикулярни туширайлик ва Q -осмон экватори билан меридианнинг кесишиш нуктаси бўлсин. F -ёзги Қуёш туриш нуктаси бўлгани учун FQ ёйи энг катта оғиш ε га тенг бўлади ва EH перпендикуляр унинг синусидир. $EH = \sin\varepsilon$, FUI , IEG , EHG тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан ушбу

$$\frac{FU}{UI} = \frac{IE}{EG} \quad \text{ва} \quad \frac{GE}{EH} = \frac{FI}{UF}$$

пропорциялар ўринлидир. Биринчи пропорциядан EG ни $EG = \frac{UI \cdot IE}{FU}$ кўринишда топиб, иккинчи пропорцияга қўйсақ, энг катта оғишнинг синуси EH мана бу

$$\sin \varepsilon = EH = \frac{UI \cdot IE}{FI}$$

кўринишда ҳосил бўлади. Бундан

$$\varepsilon = \arcsin \frac{UI \cdot IE}{FI}$$

UI , IE ва FI ларнинг (236-изоҳга қаранг) қийматига кўра бу охириги муносабатдан энг катта оғиш ε нинг қийматлари топилади, яъни

$$\sin \varepsilon = \frac{(\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2) \cdot \sin h_1}{\sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}}$$

³⁷⁰ Бу ерда Беруний 995 й. Гурганч амири Маъмун ибн Муҳаммад томонидан Котни босиб олиниши билан боғлиқ бўлган ходисалар ва натижада Райга кетиб қолишини назарда тутяпти (қаранг: Булгаков. Жизнь и труды Беруни. С. 58–60).

³⁷¹ Беруний 995 й. Хоразмни ташлаб кетгач, бир неча йил давомида Гургон ва Райда бўлиб, хотиржамликка ва чуқур илмий изланишлар учун имкониятга эга бўлмаган.

³⁷² Хоразмшоҳ Абу ал-Аббос Маъмун ибн Маъмун – 1009 ёки 1010 йилдан 1017 йилгача Хоразмнинг подшоҳи бўлган. 1017 й. мартада ўзининг жияни Абу ал-Ҳарис Муҳаммад ибн Али томонидан кулатилган (Байҳакий, История Масъуда. С. 594).

³⁷³ Яъни 1016 йилдаги ўлчашлар. Бу ҳақда юкорида матннинг 79-80-бетлари ва таржиманинг 88-90-бетларини ҳамда 236-изоҳга қаранг.

³⁷⁴ Беруний 1016 й. 15 июндаги кузатишига кўра, Гурганчда ёзги Қуёш туришида $h_{\max} = 71^{\circ}18'$ шаҳарнинг кенгламаси $\varphi = 42^{\circ}17'50''$ эди. Демак $\bar{\varphi} = 47^{\circ}42'10''$ бўлиб, $\varepsilon = h_{\max} - \bar{\varphi}$ формуладан $\varepsilon = 23^{\circ}35'50''$ бўлади. Бу қиймат эса 1016 й. учун Ньюкомб формуласи билан ҳисобланган $\varepsilon = 23^{\circ}34'2''$ қийматдан $1'48''$ ортик.

³⁷⁵ Юқорида 369-изоҳга қаранг.

³⁷⁶ 1019 – 1020 йиллар

³⁷⁷ Бу ерда سداس – хато, биз خمسة اسداس – «олтидан беш» ўқиймиз, чунки, $\varepsilon = 23^\circ 35' = \frac{80^\circ - 32^\circ 50'}{2}$.

Агар $h_{\min} = 32^\circ 10'$ бўлса $\varepsilon = 23^\circ 55'$ чиқаради. 1019 й. учун Ньюкомб формуласи билан ҳисобланган қиймат $23^\circ 34' 1''$ ни қиймат билан солиштирсак, Беруний топган қиймати $20' 59''$ дан ортиқ бўларди. Унинг бундай қўпол хато қилишига ақл бовар қилмайди. Унинг келтирган ҳисоблашлари ҳам бу фикрни тасдиқлайди.

³⁷⁸ «Синдҳинд» – VII асрда яшаган ҳинд астрономи Браҳмагуптанинг «Сиддҳан-та» номли асарининг араб тилидаги таржимаси. Асарни санскритдан араб тилига халифа ал-Мансур (754–775) даврида энг биринчи, араб астрономларидан бўлмиш Муҳаммад ибн Иброҳим ал-Фазорий (тахм. 800 й. вафот) таржима қилган. Бу таржима одатда, «Катта Синдҳинд» номи билан юритилган (қаранг: Юшкевич, История Математики. – С. 171; Крачковский. IV, Арабская географическая литература. – С. 66; Беруний. Ҳиндистон. 125–126-бетлар).

³⁷⁹ Ҳинд математикаси ва астрономияси қадимий ва бой тарихга эга бўлиб, VII–VIII асрларда, яъни шарқ мусулмон мамлакатларида аниқ фанлар энди шаклланиб келаётган даврда, булардан бирмунча устун эди. Беруний «Геодезия»ни ёзган даврда, яъни XI асрнинг биринчи ярмида мусулмон мамлакатларида фан ва маданият беқиёс ривожланган бўлиб, ҳиндлардан анча ўзиб кетган эди. Беруний ана шу кейинги поғонадан туриб, бир неча саёҳатлар давомида ҳинд олимлари ва уларнинг фанини ўз кўзи билан кўрганидан сўнг ўзидан олдин ўтган мусулмон шарқ олимларини танкид қилади.

³⁸⁰ Беруний 14-шаклида HBE бурчаги ёзги Куёш туриш пайтидаги параллакс, уни π_1 деб белгилайлик. HCE бурчаги қишки Куёш туриш пайтидаги параллакс, уни π_2 деб белгилайлик. Ясалишига кўра $EG = \sin \pi_1$, $EM = \sin \pi_2$ ва EGK тўғрибурчакли учбурчагидан Пифагор теоремасига асосан $EK^2 = EG^2 + GK^2$, демак, $EK^2 > EG^2$, бундан $EK > EG$. Лекин $EK = EM - KM$, демак, $EM - KM > EG$; бундан, $EM > EG + KM$. Демак, аввалдан ҳам $EM > EG$. Бу тенгсизликдан кўринадики, катта бурчак қаршисида катта томон ётиши сабабли $\pi_2 > \pi_1$ экан.

Энг катта оғишнинг кўринма иккиланган ёйини ўлчовчи BHC бурчагини $2\varepsilon'$ деб белгилайлик. Шаклдан $\angle ANB = 90^\circ - h_{\max} + \pi_1$ ва $\angle AHC = 90^\circ - h_{\max} + \pi_2$. Агар иккинчи тенгликдан биринчисини айирсак, тенгликнинг чап тарафида ушбу $\angle AHC - \angle ANB = BHC = 2\varepsilon'$ ифода туради, демак,

$$2\varepsilon' = h_{\max} - h_{\min} + \pi_2 - \pi_1$$

ёки

$$2\varepsilon' = 2\varepsilon + \pi_2 - \pi_1$$

Демак, $2\varepsilon' > 2\varepsilon$. Ҳинд астрономлари энг катта оғишни олам маркази E га нисбатан эмас, Ер сиртидаги кузатиш жойи H га нисбатан ҳисоблаганликлари учун параллакслар айирмаси ҳисобига 24° топилган. Бу қиймат эса мусулмон мамлакатларида IX асрда кенг қўлланилган қиймат $23^\circ 35'$ дан $60' \cdot \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6}\right) = 25'$ (матннинг куйидаги сатрларига қаранг) ортиқ бўлган.

туш чизиги, BQ – осмон экватори, BE – тенгкунлик чизиги, DLq – суткалик параллели, L – Қуёш баландлиги кузатилган нуқта, LOP – баландлик учбурчаги, Qq – Қуёш оғиши.

Шаклдан $LQ = \sinh$, $OK = \sin\delta$, $\angle LPO = 90^\circ - \varphi$ демак, $\angle PLO = \varphi$.

LOK тўғрибурчакли учбурчакнинг OK катети, LO гипотенузаси, LKO тўғри бурчаги ва $\angle OLK = \varphi$ ўткир бурчагига кўра синуслар теоремасига асосан

$$\frac{LO}{\sin LKO} = \frac{OK}{\sin OLK}$$

пропорция ҳосил бўлади. Агар мос қийматларини пропорцияга қўйсақ, шаҳар кенг-ламасини $\sin \varphi = \frac{R \cdot \sin \delta}{\sin h}$ кўринишда топамиз.

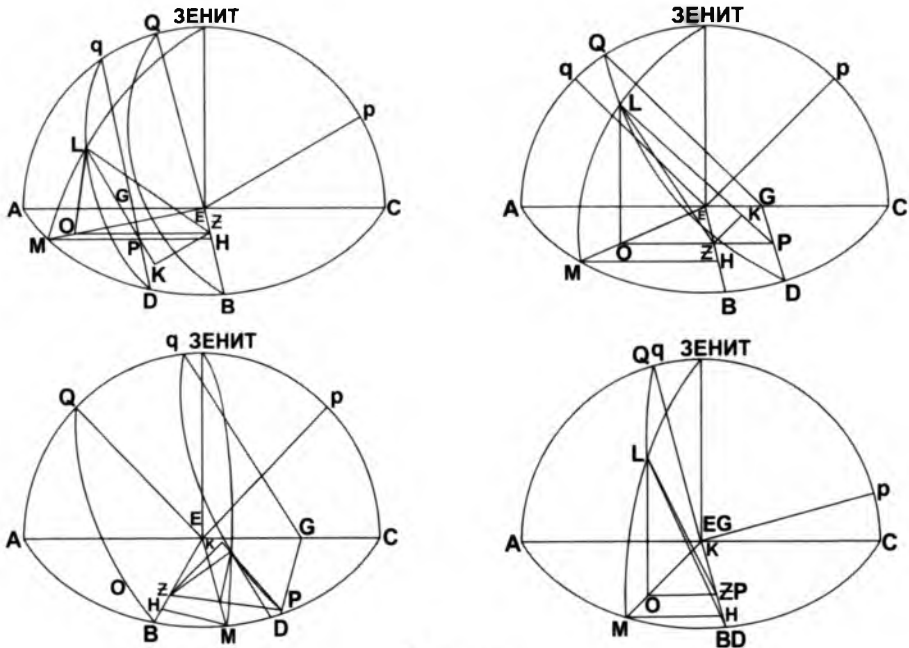
Беруний бу усул билан, Хоразмнинг Бушканз кишлоғининг кенгламасини 994 й. ўлчаб $41^\circ 36'$ топган. Иккинчи галда 1016 й. Гурганчнинг кенгламасини $42^\circ 17' 50''$ топган (қаранг: матннинг: 79–80-бетлари; таржиманинг 89–90-бетлари).

³⁹⁷ Юкоридаги (396-изох) формуладан оғиш δ ва тенгкунлик чизигидаги азимутсиз баландлик h ни кенглама φ га кўра

$$\sin \delta = \frac{\sin \varphi \cdot \sin h}{R} \quad 20 \quad \sin h = \frac{R \cdot \sin \delta}{\sin \varphi}$$

формулалардан топилади.

³⁹⁸ 19-шаклни ушбу кўринишда тасвирлайлик. Бу ерда ABC – уфқ, AQC – меридиан, AEC – туш чизиги, BQ – экватор, BE – тенгкунлик чизиги, ML – баландлик доираси, DLq – Қуёшнинг суткалик параллели, P' – олам шимолий кутби бўлсин. Қуёш оғиши Qq δ баландлиги $ML = h$ ва азимути $BM = A$ маълум бўлган ҳолда кенглама φ ни топиш керак.



19-шакл

EOZ ва EMZ тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан OZ , MH катетларига кўра

$$\frac{EO}{OZ} = \frac{EM}{ME}$$

пропорцияни ёзамиз. Бу ерда $OE = \sin(90^\circ - h)$, $MH = \sin A$ ва $ME = \sin 90^\circ = 60 = R$ бўлгани учун азимут аргументи

$$OZ = \frac{\sin A \cdot \cos h}{R}$$

кўринишда топилади, $\sin A \cdot \cos h$ – «ёдда сакланувчи».

Z нуқтадан LP га ZK перпендикулярни туширамыз. Бу перпендикуляр экватор ва суткалик параллелларига ҳам перпендикуляр бўлади, демак, $ZK = \sin \delta$.

LOZ баландлик учбурчагидан $LO = \sin h$, OZ катетларига $ZL^2 = LO^2 + OZ^2$ ёки

$$ZL = \sqrt{\sin^2 h + \left(\frac{\sin A \cdot \cos h}{R}\right)^2}$$

ҳосил бўлади, бу «илдиз».

Яна ўша LOZ учбурчагидан синуслар теоремасига кўра

$$\frac{ZL}{\sin LOZ} = \frac{OZ}{\sin OLZ}$$

пропорция ҳосил бўлади. Агар мос қийматларни пропорцияга қўйиб тегишли ал-маштиришларни бажарсак

$$\sin OLZ = \frac{\sin A \cdot \cos A}{\sqrt{\sin^2 h + \left(\frac{\sin A \cdot \cos h}{R}\right)^2}}$$

ҳосил бўлади. Бу ерда OLZ – «биринчи ёй», уни η_1 деб белгилаб қуйидаги

$$\eta_1 = \arcsin \frac{\sin A \cdot \cos h}{\sqrt{\sin^2 h + \left(\frac{\sin A \cdot \cos h}{R}\right)^2}}$$

кўринишда ёзайлик.

KLZ тўғрибурчакли учбурчакнинг K тўғри бурчаги LZ гипотенузаси ва KZ катетига кўра синуслар теоремасидан ушбу

$$\frac{ZK}{\sin ZLK} = \frac{ZL}{\sin ZKL}$$

пропорцияни ёзамиз. Бундан мос қийматларни пропорцияга қўйиб ва тегишли ал-маштиришни бажарсак, топамиз

$$\sin ZLK = \frac{\sin \delta \cdot R}{\sqrt{\sin^2 h + \left(\frac{\sin A \cdot \cos h}{R}\right)^2}}$$

Бу ерда ZLK – «иккинчи ёй», уни η_2 деб белгилаб

$$\eta_2 = \arcsin \frac{\sin \delta \cdot R}{\sqrt{\sin^2 h + \left(\frac{\sin A \cdot \cos h}{R}\right)^2}}$$

кўринишида ёзамиз.

19-шаклнинг биринчи ҳолида $\angle OLZ = \angle OLP + \angle KLZ$ ёки мос белгилашларга ўтсак $\eta_1 = \varphi + \eta_2$, бундан $\varphi = \eta_1 - \eta_2$.

Иккинчи ҳолда $\angle OLZ = \angle OLP - \angle ZLK$ ёки мос белгилашларга ўтсак, $\eta_1 = \varphi - \eta_2$ бундан $\varphi = \eta_1 + \eta_2$

Учинчи ҳолда, $\angle OLP = \varphi$ бўлгани учун ўтмас бурчак $\angle OLK = \angle OLZ + \angle ZLK$ ёки мос белгилашларга ўтсак,

$$180^\circ - \varphi = \eta_1 + \eta_2$$

бундан $\varphi = 180^\circ - (\eta_1 + \eta_2)$.

Тўртинчи ҳолда $\delta = 0$, бунда $\angle OZL = 90^\circ - \varphi$, $\angle OLZ = 90^\circ - \angle OZL$, ёки мос белгилашларда $\eta_1 = 90^\circ - 90^\circ + \varphi$ бундан $\eta_1 = \varphi$ бўлади.

³⁹⁹ Агар баландлик h , кенглама φ ва азимут A маълум бўлса, оғиш δ ни Беруний қуйидагича топади. $OZ = \frac{\sin A \cdot \cos h}{R}$ ҳам аввалдан (398 изоҳга қаранг) маълум.

LOP тўғрибурчакли учбурчакнинг $LO = \sin h$ катети $\angle OLP = \varphi$ ва $\angle OLP = 90^\circ - \varphi$ ўткир бурчакларига кўра OP катетини синуслар теоремасига кўра

$$\frac{LO}{\sin OPL} = \frac{OP}{\sin OLP}$$

пропорциядан кўринишда топилади.

ZPK тўғрибурчакли учбурчакнинг ZP гипотенузаси уч хил кўринишда топилади:

$$\text{I ҳолда } ZP = OZ - OP = \frac{\sin A \cdot \cos h}{h} - \sin h \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{II ҳолда } ZP = OZ - OP = \sin h \cdot \operatorname{tg} \varphi - \frac{\sin A \cdot \cos h}{R}$$

$$\text{III ҳолда } ZP = OZ + OP = \frac{\sin A \cdot \cos h}{h} + \sin h \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Шаклдан топилиши керак бўлган $ZK = \sin \delta$. ZPK тўғрибурчакли учбурчакнинг ZKP тўғри бурчаги $\angle KPZ = 90^\circ - \varphi$, ўткир бурчаги ва ZP катетига кўра синуслар теоремасига асосан пропорцияни ёзамиз. Бундан мос қийматларни пропорцияга қўйиб топамиз

$$\sin \delta = \frac{ZP \cdot \cos \varphi}{R}$$

⁴⁰⁰ Агар кенглама φ оғиш δ , баландлик h маълум бўлиб, азимут A ни топиш керак бўлса, у ҳолда SPK тўғрибурчакли учбурчакнинг $ZK = \sin \delta$ катети, $\angle KPZ = 90^\circ - \delta$ ўткир бурчаги ва ZKP тўғри бурчагига кўра синуслар теоремасига асосан

$$\frac{ZP}{ZK} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin KPZ}$$

пропорция ўринли. Бундан $ZP = \frac{\sin \delta \cdot R}{\cos \varphi}$ «ёдда сақланувчи».

Ўша учбурчакдан Пифагор теоремасига кўра $ZP^2 = ZK^2 + KP^2$ ёки $KP^2 = ZP^2 - ZK^2$, бундан

$$KP = \sqrt{\left(\frac{\sin \delta \cdot R}{\cos \varphi}\right)^2 - \sin^2 \delta}$$

ёки

$$KP = \sin \delta \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

бўлади. KPZ ва POL тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан ушбу

$$\frac{KP}{ZK} = \frac{PO}{OL}$$

пропорция ўринли. Мос қийматларни пропорцияга қўйиб, тегишли алмаштиришларни бажарсак, PO ни ушбу $PO = \sin \delta \cdot \operatorname{tg} \varphi$ кўринишда топамиз. OZ азимут аргументини I ва II ҳолларда

$$OZ = \sin h \cdot \operatorname{tg} \varphi \pm \frac{\sin \delta \cdot R}{\cos \varphi}$$

ёки

$$OZ = \frac{\sin h \cdot \sin \varphi \pm \sin \delta \cdot R}{\cos \varphi}$$

кўринишда топамиз.

OEZ ва MEN тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан ушбу

$$\frac{OZ}{OE} = \frac{MH}{EM}$$

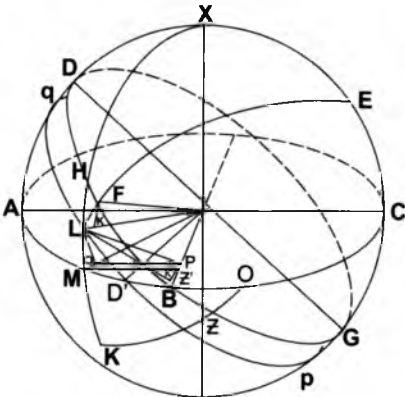
пропорция ўринли. Агар OZ , $OE = \cosh$, $MH = \sin A$, $EM = R$ эканлигини эътиборга олсак, у ҳолда азимут A ни ушбу

$$\sin A = \frac{R \cdot (\sin h \cdot \sin \varphi \pm R \cdot \sin \delta)}{\cos \varphi \cdot \cosh}$$

формуладан топамиз.

⁴⁰¹ Доирага ички чизилган квадратнинг диагоналлари шу доиранинг диаметрлари бўлгани учун сфера қутбида циркулнинг шу томонга тенг қадами билан сфера устида айлана чизилса, бу айлана сферанинг катта айланаси бўлади. Қутбдан шу айланага туширилган сферик перпендикуляр 90° ли ёйларни тортиб туради.

⁴⁰² Бу ерда Беруний яна сферик координаталарнинг бири номаълум бўлганида уни бошқаларига кўра топиш усулини келтиради. Биз Беруний 20-шаклидаги I-ҳолат учун шаклни ушбу 20-шаклда тасвирлаймиз ва унинг сфера устидаги белгиларини сақлаймиз. Шаклда $ADCG$ – осмон меридиани, X – зенит, $AMOC$ – уфқ, E – олам маркази, $DFBG$ – осмон экватори, BE' – тенгкунлик чизиғи, $AE'C$ – туш чизиғи, $qLD'q'$ – Куёшнинг бир кунлик доираси, $D'E'$ – унинг уфқ текислиги билан кесишиш чизиғи, E – оламнинг шимолий қутби, LFE – оғиш доирасининг квадранти, MLX – баландлик доирасининг квадранти. Куёш L нуқтада кузатилган бўлсин. У ҳолда $LF = \delta$ унинг оғиши, демак, $FK = KP = \sin \delta$; $LM = h$ – унинг баландлиги, демак, $LO' = \sin h$, $O'E' = \cosh$; $BM = A$ – унинг азимути, демак, $MA = 90^\circ - A$, $MZ' = \sin A$, $Z'E' = \cos A$; $DF = \varphi$ – унинг кенгламаси, демак, $\angle O'LP' = \varphi$, $\angle LO'P' = 90^\circ - \varphi$ бўлади.



20-шакл

Агар баландлик доирасининг $HK = 90^\circ$ узокликка давом эттириб, циркулниинг шу қадами билан – H нуктада KO ёйини чизсак, $KO = 90^\circ$ бўлади. H нуктадаги ўткир бурчак эса KZ ёйи билан ўлчанади.

Бошқа сферик координаталар маълум бўлган ҳолда баландлик $h = ML$ ни аниқлаш керак бўлсин. У ҳолда тўғри бурчакли ва сферик учбурчаклардан «сферик Пифагор теоремасига» асосан

$$\frac{\sin BO}{\sin OZ} = \frac{\sin BC}{\sin CG}$$

пропорция ўринли бўлади.

Мос қийматларни пропорцияга қўйиб, тегишли алмаштиришлар бажарилганидан кейин

$$\sin OZ = \frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}$$

ҳосил бўлади. Бунинг ёйи $OZ = \arcsin \frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}$ ёки бурчаги $\angle H = 90^\circ - \arcsin \frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}$ бўлади.

HLF тўғри бурчакли сферик учбурчагининг F тўғри бурчаги, H ўткир бурчаги ва $LF = \delta$ катетига кўра HL гипотенузаси сферик синуслар теоремасига кўра ушбу

$$\frac{\sin HL}{\sin LF} = \frac{\sin F}{\sin H}$$

пропорциядан мос қийматлар пропорцияга қўйилгандан сўнг

$$\sin HL = \frac{R \cdot \sin \delta}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos h}{R}\right)^2}}$$

формуладан топилади.

$$\text{Бу ерда } HL = \arcsin \frac{R \cdot \sin \delta}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}\right)^2}} \text{ «биринчи ёй»}$$

Яна ўша теоремага асосан тўғри бурчакли учбурчакнинг тўғри бурчаги, H ўткир бурчаги ва катетига кўра XH гипотенузаси

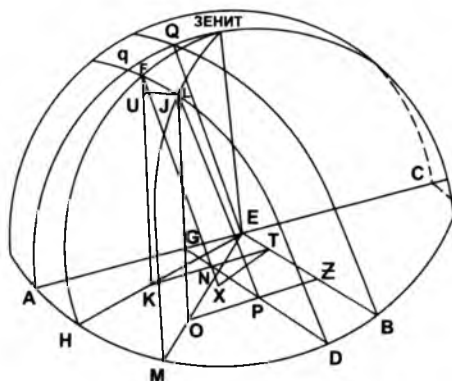
$$\frac{\sin XH}{\sin D} = \frac{\sin XD}{\sin H}$$

пропорцияга асосан, мос қийматларни пропорцияга қўйилгандан сўнг

$$\sin XH = \frac{R \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}\right)^2}}$$

формуладан топилади. Бундан

$$HX = \arcsin \frac{R \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}\right)^2}} \text{ «иккинчи ёй»}.$$



21-шакл

Бу ҳолда $LX = 90^\circ - h = HX + LH$ бўлади ва умуман

$$h = 90^\circ - \left(\arcsin \frac{R \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}\right)^2}} \pm \arcsin \frac{R \cdot \sin \delta}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}\right)^2}} \right)$$

бу ерда қавс ичида $\delta < 0$ да мусбат ишора, $\delta > 0$ да манфий ишора олинади. $\delta = 0$ бўлган ҳолда, яъни $LH = 0$ бўлганида $MH = 90^\circ - HX$ ёки

$$h = 90^\circ - \arcsin \frac{R \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{R}\right)^2}}$$

когда ўринли бўлади.

⁴⁰³ Беруний 7-шаклни назарда тутган.

⁴⁰⁴ Бу ерда 221-изоҳдаги белгилашларга асосан $TX = \sin \delta$ аниқланган.

Беруний 21-шаклини ушбу кўринишда тасвирлаб, ўша изоҳдан (қаранг) қуйидаги

$$FU = \sin h_2 - \sin h_1$$

$$UI = \sin A_1 \cdot \cos h_1 - \sin A_2 \cdot \cosh_2,$$

$$FI = \sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 - \sin A_2 \cdot \cosh_2)^2}$$

$$LO = \sin h_1, FK = \sin h_2, OZ = \sin A_1 \cdot \cosh_1$$

$$KT = \sin A_2 \cdot \cosh_2$$

миқдорда маълум дейлик.

FUI ва FKN тўғри бурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан

$$\frac{FU}{UI} = \frac{FK}{KN}$$

пропорция ўринли бўлади. Бундан

$$FI = \frac{\sin h_2 (\sin A_1 \cdot \cos h_1 - \sin A_2 \cdot \cosh_2)}{\sin h_2 - \sin h_1}$$

ҳосил бўлади.

$DB = \Theta$ ёйи $DLFq$ параллелнинг шарқий азимути, демак, $TN = PZ = \sin\Theta$. Умумий ҳолда $TN = KT \pm KN$ ($\delta \geq 0$) бўлгани учун,

$$\sin\Theta = \sin A_2 \cdot \cos h_2 \pm \frac{\sin h_2 (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)}{\sin h_2 \cdot \sin h_1}$$

қўринишда ёзилади, бу ерда $\delta > 0$ бўлганида мусбат ишора ва $\delta < 0$ бўлганида манфий ишора олинади. TNX ва FUI тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан

$$\frac{TN}{XT} = \frac{FI}{FU}$$

пропорция ўринли бўлади. Мос қийматларни пропорцияга қўйиб тегишли алмаштиришлар бажарилганидан сўнг оғиш δ ушбу

$$\sin \delta = \frac{\sin \Theta (\sin h_2 - \sin h_1)}{\sqrt{(\sin h_2 - \sin h_1)^2 + (\sin A_1 \cdot \cos h_1 \pm \sin A_2 \cdot \cos h_2)^2}}$$

муносабатдан топилади.

⁴⁰⁵ Беруний 1016 йил, 7 декабрида Гурганчда бажарган ўлчаш ишларини назарда тутган (матннинг 75–78-бетлари, таржиманинг 87–88-бетларига ва 223-изоҳга қаранг).

⁴⁰⁶ Ўша кузатиш бажарилган кун қишки Қуёш туришга айтарли яқин бўлгани учун оғишнинг Беруний топган

$$\delta = 23^\circ 29' 6''$$

қиймати мазкур 1016 йил учун энг катта оғишнинг Ньюкомб формуласи билан ҳисобланган

$$\varepsilon = 23^\circ 34' 2''$$

қийматидан $4' 56''$ фарқ қилган.

⁴⁰⁷ Ҳижрий 407 й. 26-рабиъ I / Яздигарднинг 385 й. 25-шаҳривар – мил. 1016 й. 2 сентябрь.

⁴⁰⁸ Сунбула – яъни سنبلة, «бошок», иккинчи номи عنراء – «қиз» – зодиак юлдуз туркумларидан олтинчиси, астрономик белгиси ♏. Бу буржнинг боши баҳорги тенгкунлик нуқтасидан узоклиги 150° бўлгани учун Беруний Сунбулада Қуёшни кузатган нуқтасининг эклиптик узунламаси $\lambda = 165^\circ 11'$. Бу нуқта кузги тенгкунлик нуқтасидан $14^\circ 49'$ узокликда, эклиптиканинг шимолий ярмида бўлади.

⁴⁰⁹ 1016 й. 2 октябрь.

⁴¹⁰ Мезон – ميزان – «тарози» – зодиак юлдуз туркумларининг еттинчиси, астрономик белгиси ♎. Беруний Қуёшни Мезонда кузатган нуқтасининг эклиптик узунламаси $\lambda = 194^\circ 51'$, эклиптиканинг жанубий ярмида.

⁴¹¹ Котангенслар – اظلال – кўпликда, бирлиги ظل том маъноси «соя». Бу ерда – الظل المستوى – яъни «текис соя» назарда тугуляпти. Тўлиқ котангенсни (ctg ёки $\text{totus ctg } 90^\circ$) Шарқ математиклари 60 бўлак (даража) ёки 12 бармоқ (اصبع) ёки $6\frac{1}{2}$ қадам деб қабул қилган.

⁴¹² Алмуқантарот – المقنطرة – осмон сферасининг уфқ текислигига параллел доираси.

⁴¹³ Беруний таърифлаётган гномонли асбобни 22-шаклда тасвирлаймиз. Бу ерда R -гномон (таёкнинг) узунлиги, $\text{ctg } \delta$ – унинг сояси.

⁴¹⁴ Кундуз ёйи – قوس النهار – осмон экваторининг кундузги ярми ёки тенгкунлик чизиғи ва олам ўқи орқали экваторга ҳамма суткалик параллелига перпендикуляр бўлиб ўтган текисликнинг ёриткич параллелида ажратган кундузги қисмидаги унинг 12 соатга мос келган ярми. Худди шунингдек, кечага тўғри келган қисмлар кеча ёйи – قوس الليل – дейилади. Суткалик параллелининг 12 соатдан ортган ёки унга етмаган қисмининг ярми кундуз тенгламаси – النهار معدل – дейилади (қаранг: «Қонуни Масъудий», 69–70-бетлар).

⁴¹⁵ Чикиш даражаси – درجة الطلوع – эклиптиканинг ёриткич билан биргаликда чикувчи (тулуь қилувчи) даражаси. Аксинча, эклиптиканинг ёриткич билан бирга ботувчи даражасини ботиш даражаси – درجة الغروب – дейилади. Бу ҳақда «Қонуни Масъудий» IV мақоласининг 19-«Ёриткичларнинг чикиш ва ботиш даражаси ҳақида» бобига қаранг (I, 345-бет).

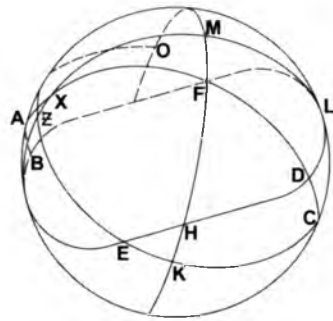
⁴¹⁶ Беруний 22-шаклини ушбу 23-шакл кўринишида тасвирлаймиз. Бу ерда $ABCD$ – осмон меридиани, AEC – осмон экватори, F –унинг кутби, $BEDL$ – уфқ, X – зенит, H – Қуёш даражасининг чиқиш жойи бўлсин. Агар $KH = \delta$ – Қуёш оғиши, $EH = 0$ шарқий азимути, $DF = \varphi$ шаҳар кенгламаси десак, у ҳолда $CD = \angle E = 90^\circ - \varphi$ бўлиб, EKH тўғрибурчакли сферик учбурчакдан сферик синуслар теоремасига асосан

$$\frac{\sin EH}{\sin H} = \frac{\sin HK}{\sin E}$$

пропорцияни ёзамиз.



22-шакл



23-шакл

Мос қийматларни пропорцияга қўйиб, тегишли алмаштиришлар бажаргандан сўнг Берунийнинг оғиш δ ни топиш қоидасини $\delta = \frac{\sin \Theta \cdot \cos \varphi}{R}$ кўринишда ёзамиз. Бундан $\cos \varphi = \frac{R \cdot \sin \delta}{\sin \Theta}$ бўлади.

⁴¹⁷ Агар оғиш номаълум бўлиб, юқоридаги белгилашларда 23-шаклдан кундуз тенгламаси $\Delta \alpha = AZ = EK$ ҳам маълум бўлса, Берунийнинг оғишни топиш қоидасини қуйидагича ёзамиз. Аввал FXM ва FAO тўғрибурчакли сферик учбурчакларнинг мос катетлари ва мос гипотенузларига кўра ушбу $\frac{\sin FX}{\sin XM} = \frac{\sin FA}{\sin AO}$ про-

порцияни ёзамиз. Бундан мос қийматларни ўрнига қўйиб, тегишли алмаштиришлар бажарилгандан сўнг топамиз.

$$\sin XM = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \Delta\alpha}{R} \quad \text{ёки} \quad XM = \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos \Delta\alpha}{R};$$

$$XZ = 90^\circ - \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos \Delta\alpha}{R} = \arccos \frac{\cos \varphi \cdot \cos \Delta\alpha}{R}$$

Яна ўша учбурчакларнинг мос томонларига кўра ушбу

$$\frac{\sin XZ}{\sin AZ} = \frac{\sin FX}{\sin FM}$$

пропорцияни ёзамиз. Мос қийматларни пропорцияга қўйиб, тегишли алмаштиришларни бажаргандан сўнг топамиз,

$$\sin \delta = \frac{\cos \varphi \cdot \sin \Delta\alpha}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos \varphi \cdot \cos \Delta\alpha}{R}\right)^2}}$$

⁴¹⁸ Бу ҳолда FHD , FKC ва EHK тўғрибурчакли сферик учбурчаклардан $\frac{\sin FH}{\sin HD} = \frac{\sin FK}{\sin KC}$ ва $\frac{\sin EH}{\sin EK} = \frac{\sin FH}{\sin FD}$ пропорциялар ёзилади. Мос қийматларни пропорциялардаги ўринларига қўйилиб, тегишли алмаштиришлар бажарилгандан сўнг биринчи пропорциядан

$$\cos \Theta = \frac{\cos \delta \cdot \cos \Delta\alpha}{R}$$

ва иккинчисидан

$$\cos \varphi = \frac{\cos \delta \cdot \sin \Delta\alpha}{\sqrt{1 - \left(\frac{\cos \delta \cdot \cos \Delta\alpha}{R}\right)^2}}$$

формула ҳосил бўлади.

⁴¹⁹ Бу ҳолда FHD , FKC ва EHK тўғрибурчакли сферик учбурчаклардан

$$\frac{\sin FH}{\sin HD} = \frac{\sin FC}{\sin KC} = \frac{\sin EH}{\sin EK}$$

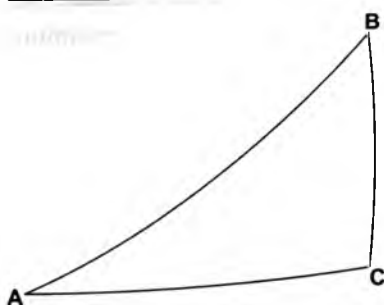
пропорциялар ёзилади. Мос қийматларни пропорциялардаги ўринларга қўйиб, тегишли алмаштиришларни бажаргандан сўнг топамиз.

$$\cos \delta = \frac{R \cdot \cos \Theta}{\cos \Delta\alpha}, \quad \sin \varphi = \frac{\cos \delta \cdot \sin \Delta\alpha}{\sin \Theta}$$

⁴²⁰ Бу ерда Беруний Ернинг иқлимларга бўлинишини эрон анъаналарига кўра баён қилган.

⁴²¹ Кешвар – کشور ҳозирги маъноси «эл, мамлакат». Бу ерда Беруний келтирган маъноси қадимги бўлиб, ҳозир бу сўзда у маъно йўқолган. «Авесто»да бу сўзлар karšvar, қадимги форсчада kršwar шаклида учратилади, ўзаги karš-«ўймоқ, чизмоқ» (қаранг: Bartholemae, Altiranisches Wörterbuch. S. 458-459).

⁴²² Беруний «Тафҳим»да эронликлардаги иқлимга бўлинишнинг соддароқ шақлини келтирган (қаранг: Беруний, «Тафҳим», 115-бет).



24-шакл

⁴²³ I – кешварда кўрсатилган мамлакатлар: Ал-Ҳинд – الهند – умуман Ҳиндистон, тор маънода – унинг марказий, шимолий ва шарқий қисми. Ас-Синд – السند – Синд дарёсининг қуйи оқимидаги вилоят. Ҳозир Покистоннинг Синд губернаторлиги.

Ал-Зобаж – الزابج – Шарқий Африка соҳили ва Занзибар (солиштиринг: Занжибар Барзанги) ороллари.

Ал-Саълаба – الثعلبة – Жанубий Арабистондаги Саълаба ибн Уқаба, Саълаба ибн Саъд, Саълаба ибн Ярбуъ қабилаларининг умумий номи.

II Кешварда кўрсатилган мамлакатлар.

Ал-Ҳижоз – الهجاز – Арабистон яриморалининг ғарбидаги шимолдан жанубга қўзилган вилоят, Макка ва Мадина шаҳарлари унга киради.

Ал-Ҳабаша – الحبشة – Ҳабашистон (Эфиопия). Абян Адани – Адан, Абян – Ямандаги вилоят, Яман – Арабистон яриморалининг жануби ва жанубиғарбида соҳил бўйлаб жойлашган территория.

Арабистон саҳроси – Арабистон яриморалидаги ва Мисрнинг шаркида Қизил Денгиз билан Нил дарёси орасидаги саҳролар.

Ал-Жазира – الجزيرة – Ироқнинг шимолишарқи.

Ал-Ҳабаша денгизи – Қизил денгизнинг жануби.

III – Кешварда кўрсатилган мамлакатлар:

Миср – مصر – ҳозир Миср Араб Республикаси.

Ал-Шом – الشام – Сурия.

Мағриб – Шимолий Африканинг ғарбидаги давлатлар.

Қораларнинг саҳродагилари – السودان الذين فى البرارى Саҳрои Кабир билан тропик Африка орасида Соҳилда яшовчи қора танлилар.

Барбарлар – البربر – Шимолий Африкада асосан саҳрода яшовчи араб эмас халқлар.

IV – Кешварда кўрсатилган мамлакатлар:

Бобил – بابل – Фрот ва Дажла дарёларининг ораллигида, уларнинг ўрта ва қуйи оқимларида жойлашган қадимги давлат.

Ал-Жабал – الجبل тўғрисида – الجبال Эрон ғарбидаги тоғли вилоят.

Зобулистон – زابلستان – Афғонистоннинг жанубидаги вилоят.

Тоҳаристон – طاخراستان – Шимолий Афғонистон ва Амударёнинг ўнг қирғоғидаги қадимий вилоят.

Озарбайжон – آذربايجان – бу ерда Жанубий Озарбайжон.

Насибин – نصيبين – Эроннинг ғарбидаги вилоят.

Балх дарёси – نهر بلخ – Амударё.

Ал-Дайбал – الديبل – Синд дарёсининг денгизга қуйилиш жойида Карочи яқинидаги ерлар.

V – Кешварда кўрсатилган мамлакатлар.

Ал-Рум – бу ерда Италия билан Византия империясига тобеъ ерлар назарда тутиляпти. Ал-Андалус – الاندلس – Испания ва Португалия.

Фаранжа – فرنجة – тор маънода Франция, кенг маънода Ғарбий Европа.

Буржон – برجان – Болкон яриморолининг шимолидаги ерлар.

Озарбайжон – бу ерда Шимолий Озарбайжон.

VI–Кешварда кўрсатилган мамлакатлар.

Йаъжуж ва Маъжуж – ياجوج و ماجوج «Инжил»га кўра ернинг чеккасида жойлашган. Одатда уни шимолий Хитой ёки шимолий Кавказ деб тахмин қилинади.

Ал-Хазар, алтурк, алгузз, хирхиз, камак–илк ўрта асрларда Хитойнинг шимолдан то Қора денгиз шимолигача ораликда кўчманчилик қилган ва тили бўйича кипчоқ, ўғуз, қарлуқ, пачанок (бажанок) ва бошқа турларга ажратиладиган кўпгина туркий қабилалардан айримларининг номлари.

Ал-Рус – الروس – шарқий славянлар ва Беруний давригача улар билан аралашиб яшаган норманлар.

Ал-Сақолиба – الصقالبة – ғарбий ва жанубий славянлар.

VII–Кешварда кўрсатилган мамлакатлар:

Ал-Син – الصين – Хитой, кўпроқ унинг шарқи жанубий қисми.

Хўтан – Жанубигарбий Хитой.

Мовароуннаҳр – ما وراء النهر – Ўрта Осиёнинг Амударёнинг ўнг соҳили тарафидаги қисми.

⁴²⁴ Йура – يوره – угро – фин қабилалари. Рус солномаларида Югра, Угра шаклида ёзилади. (қаранг: Ал-Бокувий, Китоб ат-талхис, III, 133-бетлар; Путешествие Абу Хамида ал-Гарнати. С. 72).

⁴²⁵ Ису – ايسوا – рус солномаларидаги «весь» халқи, ҳозирги вепслар.

⁴²⁶ Булгор – بلغار – Волга бўйидаги булғорлар мамлакати, Волганинг ўрта ва қуйи оқимларида ва унинг ирмоқлари бўйида жойлашган мамлакат, VI–VII асрларда ташкил топган. Унинг пойтахти Булгор шаҳари ўрнида ҳозирги Қозон жойлашган (қаранг: Ибн Фазлон, 27-бет; Греков. Волжские болгары в IX–X вв.).

⁴²⁷ Чанғилар

⁴²⁸ Ланка – لنك – ҳозирги Шри Ланка.

⁴²⁹ Чиннигул – قرنفل.

⁴³⁰ Нубия – النوبة – Шимолий Судан.

⁴³¹ Занжийлар Сафоласи – سفالة الزنج – Африканинг жануби-шарқий соҳилидаги ерларнинг ўрта асрлардаги номи. Ҳозир Мозамбикнинг бир вилояти.

⁴³² Дибажот – الديجات – Малдив ороллари (қаранг: Ибн Мажид, 126-бет; Бируни. Индия. С. 608; Бируни. Минералогия. С. 43; Хасанов. Карта мира. С. 60–61).

⁴³³ Воквоқ – الواقواق – афсонавий орол, жойлашган ери ҳақида аниқ маълумот йўқ. Ибн ал-Фақиҳ иккита Воквоқ бўлган дейди (қаранг: Синдбод, 94–108-бетлар) бири – жанубий, иккинчиси – шарқий. Г.Фердан Суматрани Шарқий, Мадагаскарни Жанубий Воквоқ деб (қаранг: Ferran, Le Wakwak, 237, 242-бетлар; Ибн Мажид. 128, 130-бетлар; Ferran. Madagaskar. 489–509-бетлар) аташни тавсия қилган. Де Гуге ва Хусайн Фавзийлар эса Воквоқ Японияда дейдилар. (Синдбод, 93–108-бетлар), И.Ю. Крачковский (И.Ю. Крачковский, т. IV, С. 52). Т.А. Шумовский (Ибн Мажид, 128–130-бетлар); В.Г. Эрман ва А.Б. Халидовлар (Бируни, Индия. С. 608, 53-изох) Г.Ферраннинг фикрига қўшиладилар. Беруний «Ҳиндистон»да (167-бет) Воквоқ оролини Қумайр оролларида бири дейди.

⁴³⁴ Беруний даврида марказий Африкадаги колоқ кабилалар орасида каннибализм учрар эди. Бирок у доимий тусга эга бўлмай, балки диний-бидъат одатлари билан боғлиқ бўлган.

⁴³⁵ Беруний 24-шаклида барча доиралар меридиан текислигига ортогонал проекцияда берилган. Агар DG – Куёшнинг суткалик параллели бўлса, у ҳолда шаклдан $HE = \sin\delta$, $GE = \sin\Theta$, $FK = \cos\varphi$ бўлиб, DH ни тўлиқ синус, яъни 60 деган ҳолда бўлади. Лекин $DH = \cos\delta$ эканлигини эътиборга олсак, $\frac{HG}{HD} = \frac{HG}{HD}$ пропорциядан $HG = \frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\delta}{R}$ келиб чиқади. Шунда тўғрибурчакли GEH учбурчагидан Пифагор теоремасига кўра

$$GE = \sqrt{\sin^2\delta + \left(\frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\delta}{R}\right)^2}$$

келиб чиқади.

GEH ва FKE тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан $\frac{GE}{HD} = \frac{EF}{FK}$ пропорциядан

$$\sin\varphi = \frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\delta}{\sqrt{\sin^2\delta + \left(\frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\delta}{R}\right)^2}}$$

формула ҳосил бўлади. Ушбу формуладан мавжуд шаҳарнинг кенгласи φ топилади. Бу кенглама шу шаҳар орқали ўтган параллелдаги барча шаҳарлар учун ҳам умумий. Агар φ кенгламани бирор иклимнинг бошланиши, ёки ўртаси, ё охири десак, айни формуладан иклимнинг тегишли кенгламаларини ҳам топиш мумкин. Агарда $DA = \delta = \varepsilon$ бўлса, яъни DG доира шимолий тропик бўлса, у ҳолда охириги формула

$$\sin\varphi = \frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\varepsilon}{\sqrt{\sin^2\varepsilon + \left(\frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\varepsilon}{R}\right)^2}}$$

кўринишни олади.

⁴³⁶ «Геодезия»нинг рус ва араб тилидаги нусхаларида бу қийматни $39^\circ 59' 50'' 5'''$ деб хато олинган (*қаранг*: Беруний, «Геодезия». С. 157) чунки агар $AD = \varepsilon$ бўлса, $HE = \sin\varepsilon$, $DE = \cos\varepsilon$ бўлиб, Пифагор теоремасига кўра $DH^2 + HE^2 = DR^2$ (шаклда бу чизик кўрсатилмади, лекин $DE = R = 60$ эканлиги равшан) бўлиши керак. Ҳақиқатан ҳам $DE = \sqrt{DH^2 + HE^2} = \sqrt{15875747901^{IV} + 74749855764^{IV}} = 152809''$ бўлиб, агар бунинг бутун қисми ва минутини ажратсак $DE = 42^\circ 23' 29''$, яъни $DE < 60$ бўлиб қолади. Аслида эса, $DH = 54^\circ 59' 59''$ бўлиши керак. Чунки $\sin^2\varepsilon = 746498176^{IV}$ бўлганида $\cos^2\varepsilon = (60)^2 - \sin^2\varepsilon = 3918114236^{IV}$ бўлиши керак.

Бундан $\cos\varepsilon = 197945''$ ёки $DH = \cos\varepsilon = 54^\circ 59' 5''$ бўлади.

⁴³⁷ Яъни

$$\sin\varphi = \frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\varepsilon}{\sqrt{\sin^2\varepsilon + \left(\frac{\sin\Delta\alpha \cdot \cos\varepsilon}{R}\right)^2}}$$

формула билан ҳисоблаш амали.

⁴³⁸ Иқлимлар жадвалини Беруний «Қонуни Масъудий»да (қаранг: I, 396–397-бетлар) ва «Тафҳим»да (қаранг: Беруний/ «Тафҳим», 111-112-бетлар) ҳам келтирган. Э.С.Кеннеди бу жадвални электрон ҳисоблаш машинасида қайта ҳисоблаб чиқиб тузатган (қаранг: Kennedy, A Commentary. P. 80).

⁴³⁹ Варанг денгизи – بحر ورنج – Болтиқ денгизи. Варяглар (варанк-норманлар. Европа шимолидаги халқлар, асосан германлар) ҳаракати V–VI асрларда бошланган, халқларнинг буюк кўчишига кирган умумгерман ҳаракатининг бир қисми бўлган. Варягларнинг бир қисми Европани Атлантика бўйича четлаб ўтиб, ҳатто Ўртаер денгизидаги Сицилия оролигача етиб келган ва бу ерда икки асрча (IX–XI а.) ҳукм сурган. Уларнинг бошқа бир қисми Болтиқ ва Оқ денгизи орқали Днепр бўйлаб Константинополгача (рус тилидагиси «Путь из Варяг в Греки») келган. Улар ўтган йўлларидаги халқларнинг этногенезида муҳим роль ўйнаганлар (Крачковский, IV. Арабская географическая литература. С. 248; Validi, Die Nordvölker. S. 45).

⁴⁴⁰ Ўровчи денгиз – بحر المحيط бу ерда Атлантика. Беруний «Тафҳим»да келтирилган харитасида (қаранг, 101-бет) Атлантика, Тинч, Ҳинд ва Шимолий Муз океанларини курукликни ўраб турган ҳолда тасвирлаган ва Ўровчи денгизни, шунга кўра, ғарбий, жанубий, шарқий ва шимолий қисмларга ажратиб номлаган.

⁴⁴¹ Славянлар – бу ерда Болтиқбўйи славянлари, яъни поморлар ва словенлар назарда тутиляпти.

⁴⁴² Кутб кундузлари ҳақида сўз кетяпти.

⁴⁴³ Бошқа манбаларда Расун – راسون – номи учратилмади. Лекин кейинги жумлаларга назаран бу ерни Мозамбик ва Бейра портлари оралигида деб тахмин қилиш мумкин.

⁴⁴⁴ Ҳамза ибн ал-Ҳасан ал-Исфажоний – X асрда яшаган тарихчи ва тилшунос, 971 й. вафот этган.

⁴⁴⁵ Шом денгизи – بحر الشام – Ўртаер денгизи.

⁴⁴⁶ Танжа – طنجة – ҳозирги Танжар.

⁴⁴⁷ Сус ал-Ақсо – سوس الأقصى – Атлантика океани бўйида Ақодир шаҳри яқинидаги ҳозирги Тарудант.

⁴⁴⁸ Яъни Птолемейнинг «География»си.

⁴⁴⁹ Гибралтар бўғози назарда тутиляпти.

⁴⁵⁰ Бу ерда Беруний ўзидан аввалги муаллифларидан фарқли ўларок Ҳинд ва Атлантика океанлари Африка жанубида туташганликларини исботляпти.

⁴⁵¹ Сувайш бўйини.

⁴⁵² Шарқ томондаги бўғоз – бу Беринг бўғози. Беруний бу ҳақда денгизчилардан эшитган ёки тахмин қиляпти.

⁴⁵³ Ўрта аср шарқ хариталарида, жумладан, Беруний «Тафҳим»ида ҳам (қаранг: 101-бет) шимол хаританинг қуйи қисмида ва жануб юқори қисмида тасвирланган.

⁴⁵⁴ Берунийнинг бу асари бизга етиб келмаган.

⁴⁵⁵ Беруний жадвалига кўра еттинчи иқлим охири $50^{\circ}24'34''$, ёки қарийб $50^{\circ}25'$ ва энг катта оғишни $u \varepsilon = 23^{\circ}35'$ деб олганлиги учун шимолий кутб доирасининг кенгламаси $66^{\circ}25'$ бўлади. Демак, унинг айтишича кенгламалари $\varphi > 50^{\circ}25'$ бўлган жойларда кундуз узая бориб, $\varphi = 90^{\circ} - \varepsilon$ га етганида кундуз 24 соатни ташкил қилади («Оқ кечалар») ва кеча бўлмайди. Бунга Қуёш оғишининг баҳорги тенгкун-

ликдан ёзги Қуёш туришигача $0 < \delta < \varepsilon$ ораликда ва ёзги Қуёш туришидан кузги тенгкунликкача $0 > \delta > \varepsilon$ ораликда ўзгариши мос келади. Лекин аслида ёруғлик рефракцияси сабабли оқ кечалар анча қуйи кенгламалардан, қарийб $\varphi = 60^\circ$ лардан бошланади. $\varphi = 90^\circ - \varepsilon$ бўлган кенгламаларда ёзги Қуёш туриш пайтида $\delta = \varepsilon$ бўлиб, бу пайт $\varphi > 90^\circ - \varepsilon$ кенгламалардан кутб кундузлари бўлади. Ер шарининг экваторга нисбатан бу кенгламаларга симметрик бўлган ерларида кутб кечалари бўлади.

Бу пайтларда Қуёшнинг суткалик параллеллари уфқ текислигига деярли параллел доиралардан иборат бўлади.

⁴⁵⁶ Мос даражалар ёки мослик даражалари – *درج السواء* учлари баҳорги тенгкунлик нуктаси A ва ёриткичдан экваторга перпендикуляр туширилган оғиш доираси билан эклиптиканинг кесишиш нуктаси B ва катетлари экваторнинг баҳорги тенгкунлик нуктаси A билан оғиш доираси туширилган C нуктасигача ёйи AC ҳамда оғиш доирасининг ёйи BC бўлган тўғрибурчакли сферик ABC учбурчакнинг эклиптика ёйидан иборат AB гипотенузасидир. Бу ёй буржлар билан белгиланади ва 1° дан 30° гача ҳисобланади. В нукта Беруний таъбирида кутб кундузининг бошланиши ва эклиптиканинг унга нисбатан симметрик нуктаси, яъни эклиптиканинг В нуктасидан ўтувчи тенгкунлик чизиғига параллел чизик билан кесишувидан ҳосил бўлган нукта кутб кундузининг охири бўлади. Бу нукта билан кузги тенгкунлик нуктаси орасидаги эклиптиканинг ёйи унинг AB ёйига тенг бўлгани учун у нуктанинг баҳорги тенгкунлик нуктасидан эклиптик узунламасини аниқлаш учун 180° дан AB ёйини айиряпти.

Агар баҳорги тенгкунлик нуктасидан кутб кундузи бошланиш нуктасигача бўлган ёй – мос даражаларни λ_1 ва шу тенгкунлик нуктадан кутб кундузи охиригача бўлган эклиптик масофани λ_2 десак, $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ кутб кундузининг даражалари ёки соатлари бўларди. Лекин Беруний Қуёшнинг эклиптика бўйлаб ҳаракати нотекислигини эътиборга олиб, кутб кундузининг ҳақиқий миқдорини топиш учун жадваллардан тузатилган апогей, ўртача Қуёш ва унинг ўртача ҳаракатини аниқлашни тавсия қиляпти (457-изоҳга қаранг).

⁴⁵⁷ «Қонуни Масъудий»нинг VI мақоласи Қуёшнинг эксцентрик ва эпициклик гипотезаларга кўра ҳаракат назариясига бағишланган, у ерда апогей, ўртача Қуёш, ўртача ҳаракат жадваллари келтирилган (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 51–114-бетлар).

⁴⁵⁸ Муҳаммад ибн ас-Саббоҳ – X асрда яшаган астроном ва астролог (қаранг: Ибн ал-Қифтий. 43–44-бетлар).

⁴⁵⁹ Тўлиқ шарқий азимут – *سعة المشرق الكلى* – Қуёш туриш пайтида уфқнинг Қуёш чиқиш жойидан ботиш жойигача ёйи.

⁴⁶⁰ Биринчи, иккинчи ва учинчи шарқий азимутларни Θ_1 , Θ_2 ва Θ_3 тўлиқ шарқий азимутни Θ десак ва

$$\begin{aligned} 2 \sin \Theta_1 & - \text{«биринчи»}, \\ 2 \sin \Theta_2 & - \text{«иккинчи»}, \\ 2 \sin \Theta_3 & - \text{«учинчи»} \end{aligned}$$

бўлса, у ҳолда

$$\begin{aligned} a &= 2\sqrt{\sin \Theta_1 \cdot \sin \Theta_3 - \sin^2 \Theta_2} - \text{«ватар» ва} \\ b &= 2\sqrt{\sin^2 \Theta_2 - \left(\frac{\sin \Theta_1 + \sin \Theta_2}{2}\right)^2} - \text{«перпендикуляр»} \end{aligned}$$

деб белгилаймиз, булардан

$$\sin \Theta = \frac{2 \sin^2 \Theta_2 \cdot \sqrt{\sin \Theta_1 \cdot \sin \Theta_3 - \sin^2 \Theta_2}}{\sqrt{\sin^2 \Theta_2 - \left(\frac{\sin \Theta_1 + \sin \Theta_2}{2}\right)^2}}$$

ҳосил бўлади. Куйидаги Беруний бу усул ва формулани оғишлар учун қўллаган (қаранг: 470-изоҳ).

⁴⁶¹ Юқорида 435-изоҳга қаранг.

⁴⁶² Беруний ўрта аср математикларига хос бўлган одат бўйича концентрик айланаларнинг марказидан ўтувчи тўғри чизиклар орасидаги ёйларини ва сфера сиртида бир кутбдан чизилган параллел айланаларнинг сферанинг ўқи бўйича кесимлари орасидаги ёйларини ўхшаш ёйлар дейди.

⁴⁶³ Бу ерда Беруний Муҳаммад ибн ас-Саббоҳнинг усулига кўра энг катта оғишни ҳисоблашдан аввал тайёргарлик сифатида оғиш δ масштабидан энг катта оғиш масштабига ўтишни намойиш қиляпти. FPE ва XOE тўғрибурчакли учбурчакларнинг P ва O тўғри бурчаклари, мос $FP = \sin \lambda$, $XO = \sin \delta$ катетлари ва $FE = R$, $XE = \sin \epsilon$ гипотенузаларига кўра, $\frac{FP}{XO} = \frac{FE}{XE}$ пропорцияни ёзамиз. Бундан мос қийматларни пропорцияга қўйиб, тегишли алмаштириш бажарилгандан сўнг $\sin \lambda = \frac{\sin \delta \cdot \sin \epsilon}{R}$ формула ҳосил бўлади.

Энди $EX = \epsilon$ масштабдан $EX = R$ масштабга ўтиш учун $\frac{EX}{EO} = \frac{EX}{EO}$ пропорциядан $\frac{\sin \epsilon}{\sin \lambda \cdot \sin \epsilon} = \frac{R}{\sin \delta}$ бўлади, бундан $\sin \delta = R \sin \lambda$ ҳосил бўлади.

⁴⁶⁴ Ҳижрий 407 й. 3-сафар / Яздигарднинг 385 й. 2-мурдод – 1016 й. 12 июль.

⁴⁶⁵ Яъни Хоразмнинг ўша даврдаги пойтахти Гурганч.

⁴⁶⁶ 1016 й. 11 август.

⁴⁶⁷ 1016 й. 10 сентябрь

⁴⁶⁸ Яъни Птолемей теоремаси. У «Алмажистий» I мақоласининг X – «Доира ичидаги тўғри чизикларнинг миқдорлари ҳақида» бобида баён қилинган (қаранг: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, I, 28–29).

⁴⁶⁹ Бу тенглик ўрта асрларда Шарқда машҳур бўлган Архимед теоремасидир. Унга кўра: «Доирага ички чизилган синик чизикка у тиралган ёйнинг ўртасидан перпендикуляр туширилса, бу перпендикуляр синик чизикни иккита тенг бўлакка ажратади». Архимед бу теоремани «Уринувчи доиралар ҳақида китоб» номли асарига баён қилган (қаранг: Архимед. Сочинения. С. 422–439). Теореманинг ўрта аср Шарқ математиклари 40 дан ортқ турли исботларини берганлар (қаранг: «Қонуни Масъудий». I, 219–220-бетлар ва 11-изоҳ).

⁴⁷⁰ Гурганч кенгламаси $\varphi = 42^{\circ}17'$ бўлган ҳолда Беруний ўлчаган баландликларни $h_1 = 50^{\circ}55'$, $h_2 = 61^{\circ}43'$, $h_3 = 69^{\circ}11'$ ва бу баландликларга мос оғишларни 26-шаклда $AB = \delta_1 = 3^{\circ}12'$, $AC = \delta_2 = 14^{\circ}00'$, $AD = \delta_3 = 21^{\circ}28'$ дейлик, у ҳолда

$$BE = 2 \sin \delta_1 = 6^{\circ}41'55''$$

$$DG = 2 \sin \delta_2 = 29^{\circ}1'50''$$

$$BG = 2 \sin \delta_3 = 43^{\circ}54'15''$$

булар «ёдда сақланувчилар».

$AE = AB$, $DG = DE$ ёйларининг тенглиги ва $GD = MB$, $MG = DB$, $MD = BE$ ватарларнинг тенглигидан Птолемей теоремасига кўра $MB \cdot GD = MG \cdot DB + GB \cdot MD$ эканлигидан $GD^2 = DB^2 + GB \cdot BE$ муносабат келиб чиқади. Лекин GHD ва DBH тўғрибурчакли учбурчаклардан Пифагор теоремасига кўра $GD^2 = GH^2 + HD^2$ ва $DB^2 = BH^2 + HD^2$ бўлгани учун юқоридаги муносабатдан $GH^2 = BH^2 + GB \cdot BE$ тенглик ҳосил бўлади.

Бундан $BH^2 = GH^2 - GB \cdot BE$ муносабатга кўра Архимед теоремасидан $GH = HB + BE$ тенглик келиб чиқади.

Юқоридаги $GD^2 = DB^2 + GB \cdot BE$ муносабатдан $GB \cdot BE = 4 \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_3 = 3812460925^{IV}$ ва $GD^2 = 4 \sin^2 \delta_2 = 10940340100^{IV}$ бўлгани учун

$$BD^2 = GD^2 - GB \cdot BE = 4(\sin^2 \delta_2 - \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_3) = 7127879175^{IV}$$

бўлиб, бундан $BD = 84427''$ бўлади, бу – «чиқарилган илдиз». Архимед теоремасига кўра

$$GH = \frac{BE+BG}{2} = \sin \delta_1 + \sin \delta_3 = 23^P 18' 25'' \text{ бўлади.}$$

Бундан

$$GH^2 = (\sin \delta_1 + \sin \delta_3)^2 = 8300121025^{IV}$$

келиб чиқади.

Тўғрибурчакли DHL учбурчакдан Пифагор теоремасига кўра

$$DH^2 = DG^2 - GH^2 = 4 \sin^2 \delta_2 - (\sin \delta_1 + \sin \delta_3)^2 = 2640219075^{IV}$$

бўлади. Бундан $DH = 51383''$ «баландлик» келиб чиқади.

BDH ва FDG тўғрибурчакли учбурчакларнинг ўхшашлигидан $\frac{BD}{DH} = \frac{FD}{DG}$ пропорция ҳосил бўлади. Уни $FD = \frac{DB \cdot DG}{DH}$ кўринишда ёзиб мос қийматларни ўз ўрнига қўйсақ

$$FD = \frac{2 \sqrt{\sin^2 \delta_2 - \sin \delta_3 \sin \delta_1 \sin \delta_2}}{\sqrt{\sin^2 \delta_2 - \left(\frac{\sin \delta_1 + \sin \delta_3}{2}\right)^2}} = \frac{8823465770^{IV}}{51383''} = 47^P 41' 59''$$

ҳосил бўлади. Лекин Беруний буни минутларгача яхлитлаб $FD = 47^P 42'$ кўринишда олади. Лекин $FD = 2 \sin \varepsilon = 47^P 42'$ бундан

$$\sin \varepsilon = 27^P 51'$$

$$\varepsilon = 23^\circ 25' 19''$$

ҳосил бўлади.

Бу қиймат 1016 й. учун Ньюкомб формуласига кўра ҳисобланган қиймат $\varepsilon = 23^\circ 34' 2''$ дан $8' 43''$ кам.

⁴⁷¹ Абу Наср Мансур ибн Али ибн Ирок ал-Жаъдий (X–XI) – хоразмлик буюк математик ва астроном, Берунийнинг устози, сферик тригонометрия ва астрономияга оид бир қатор асарлар ёзган. Уларнинг энг муҳимлари «Алмажистий аш-Шоҳий», Менелайнинг «Сферика»сига шарҳ, «Осмон сферасининг ёйларини аниқлаш ҳақида», «Астурлоб ҳақида рисола»да «Евклид «Негизлари»да 13 китобининг бир ерини изоҳлаш ҳақида рисола» асарларидир. Абу Наср кубик тенгламаларни ечиш билан ҳам шуғулланган ва айлана ичига чизилган мунтазам етти бурчаклик ҳақида рисола ёзган (*қаранг:* Матвиевская. Учение о числе. С. 86).

⁴⁷² «Алмажистий аш-Шохий» – *المجسطى الشاهى* – Абу Наср Ибн Ирокнинг (471-изохга қаранг) асосан сферик астрономия баён қилинган муҳим асари, хоразм-шоҳ Абу-л-Аббос Али ибн Маъмунга бағишланган (Қадрий, 272-бет).

⁴⁷³ Абу Наср ибн Ирокнинг тўлиқ шарқий азимутни аниқлаш қондасини қуйидагича ифодалаш мумкин. Биринчи шарқий азимутни Θ_1 , иккинчи шарқий азимутни Θ_2 ва $2\sin \Theta_1$ – «биринчи ёдда сақланувчи», $2\sin \Theta_2$ – иккинчи ёдда сақланувчи», $\Delta\lambda$ – Қуёшнинг иккала ўлчаш вақти орасидаги ҳаракати, Θ – тўлиқ шарқий азимут десак, у ҳолда унинг диаметри Абу Наср ибн Ирок қондаси бўйича ушбу

$$\sin \Theta = \frac{R \cdot \sqrt{\left[\frac{(\sin \Theta_1 + \sin \Theta_2) \cdot R}{2 \cos \Delta\lambda} \right]^2 - \sin \Theta_1 \cdot \sin \Theta_2}}{2 \sin \Delta\lambda}$$

формула билан топилади.

⁴⁷⁴ Бу ерда матнда $6^{\circ}41'55''$ қиймат келтирилган. Лекин юқорида (матн 149-бет) келтирилганига кўра шундай олдик. Қуйидаги ҳисоблашлар ҳам шуни тақозо қилади.

⁴⁷⁵ Бу ерда шундай қиймат келтирилган, юқорида (матн 149-бет) $14^{\circ}5'$ қиймат берилган.

⁴⁷⁶ Абу Наср ибн Ирокнинг усулига кўра энг катта оғиш ε ни ҳисоблашда Беруний амалларини қуйидагича кўрсатиш мумкин. Ўлчашлар яна 1016 йил учун берилган. Беруний 27 шаклига кўра $AB = \delta_1 = 3^{\circ}12'$, бундан $BE = 2\sin \delta_1 = 6^{\circ}41'15''$ – «биринчи ёдда сақланувчи»; $BC = \delta_2 = 14^{\circ}5'$, бундан $BG = 2 \sin \delta_2 = 29^{\circ}1'50''$ – «иккинчи ёдда сақланувчи». Архимед теоремасига кўра

$$GH = \frac{BG+BE}{2} = \sin \delta_1 + \sin \delta_2 = 17^{\circ}51'32''$$

DOB бурчаги иккала ўлчаш орасидаги Қуёш ҳаракати, уни $\Delta\lambda = 29^{\circ}17'$ деб белгилаймиз, унинг тўлдирувчиси $90^{\circ} - \Delta\lambda = 60^{\circ}43'$ бурчагининг синуси $52^{\circ}19'5''$ бўлади. Тўғрибурчакли DOP учбурчагида DOP бурчаги ўша иккала муддат орасидаги Қуёш ҳаракати ярмига тенг, яъни $\frac{\Delta\lambda}{2} = 14^{\circ}38'30''$. Худди шунингдек, унга ўхшаш бўлган DHG тўғрибурчакли учбурчакнинг DH бурчагининг миқдори $90^{\circ} - \frac{\Delta\lambda}{2} = 75^{\circ}21'30''$ дир. Бунинг синуси $HG = 58^{\circ}3'5''$ бўлади.

HGD тўғрибурчакли уч бурчагидан синуслар теоремасига кўра

$$\frac{HG}{\sin GDH} = \frac{GD}{\sin DHG}$$

пропорция ўринли. Бундан

$$DG = \frac{(\sin \delta_1 + \sin \delta_2) \cdot 60}{\sin GDH} = \frac{17^{\circ}51'32'' \cdot 60}{58^{\circ}3'5''} = 18^{\circ}25'55''$$

шунга кўра $DG^2 = 4402986025^{\text{IV}}$.

$DG^2 = DB^2 + GB \cdot BE$ (470-изохга қаранг) муносабатда

$$GB \cdot BE = 4 \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_2 = 2520258560^{\text{IV}}$$

бўлганидан

$$DB^2 = DG^2 - GB \cdot BE = 4402986025^{IV} - 2520258650^{IV} = 1882727375^{IV}$$

демак, $DB = 43390''$, бундан $DP = \frac{DB}{2} = 21695''$.

Ўтиш пропорцияси $\frac{DP}{DO} = \frac{DP}{DO}$ га кўра

$$DO = \frac{21695'' \cdot 60}{15^P 9' 59''} = \frac{1301700'}{5999''} = 23^P 50' 28''$$

Демак, $DO = \sin \varepsilon = 23^P 50' 28''$, бундан
 $\varepsilon = 23^\circ 24' 46''$ бўлади.

Бу қиймат эса 1016 й. учун Ньюкомб формуласи билан ҳисобланган $\varepsilon = 23^\circ 34' 2''$ қийматдан $9' 16''$ кам.

⁴⁷⁷ Яъни Ер кутбига.

⁴⁷⁸ Ер экватори назарда тутиляпти.

⁴⁷⁹ Бу жумлалар Беруний Ернинг ғарбий яримшари ҳақида маълумотга эга эмаслигини кўрсатади.

⁴⁸⁰ Океан – Берунийда – اوقيانوس – юнонча Ωκεανός сўзининг транскрипцияси, бутун ерни ўровчи денгиз, ҳозирги Атлантика океани маъноларини билдирган. Араб тилидаги البحر المحيط – «ўровчи денгиз» ибораси ўша юнон тилидаги сўзнинг биринчи маъносидagi таржимасидир.

⁴⁸¹ «Ал-Холидот» – الخالدات – «ас-Суъадо ва-с-Саъода» – السعداء و السعادة («бахтликлар ва бахт») ороллари – Канар ороллари деб қабул қилинган. Бу оролларнинг энг йириклари бешта (қуйида 485-изохга қаранг).

⁴⁸² Икки юз фарсах – қарийб 1200 км. Канар оролларининг эса Африка соҳилига энг яқини 90 км ва энг узок ери қарийб 400 км масофани ташкил қилади. Лекин Африка қитъасидан Беруний айтган масофача узокликда Азор ороллари (қарийб 1400 км) туришига эътиборан ал-Холидот ороллари Азор ороллари бўлса керак.

⁴⁸³ Яъни шарқий усул тарафдорлари Шарқда узунлама бошланиши деб танлаган нуқталари ғарбий усул тарафдорларининг Шарқда узунлама охири деб танлаган нуқталаридан 10° шарқроқда бўлган.

⁴⁸⁴ Абу Исҳоқ Иброҳим ибн Ҳабиб ибн Сулаймон ал-Фазорий (777 й. вафот) – машҳур олим ва таржимон Абу-л-Ҳасан ал-Қифтийнинг (1172–1248) айтишича, у 773 й. Браҳмагуптанинг (VII а.) «Сиддҳанта»сини араб тилига таржима қилган. Энг биринчи мусулмон олимларидан бўлиб, астурлоблар ясаган (қаранг: Woерке, Sur le mot, p. 392). Аслида у Браҳмагуптанинг иккита асарини – «Браҳмаспҳута – сиддҳанта» ва «Кҳандакҳадьяка» асарларини таржима қилган. Булардан биринчисининг таржимаси Шарқда «Катта Синдҳинд» номи билан машҳур бўлган (қаранг: Володарский, Очерки, С. 173).

⁴⁸⁵ Бағдоднинг Гринвичдан ўтувчи нолинчи меридиандан бошлаб ҳисобланган узунламаси қарийб $44^\circ 22'$. Агар Беруний айтганидек, унинг узунламаси 70° бўлса, у ҳолда бу узунлама ҳисобланган нолинчи меридиан Азор ороллари группасига кирувчи Сан Мигель оролининг ғарбидан ўтувчи Гринвичдан ғарбга ҳисобланган 26 меридиан бўларди (481 ва 482-изохларга қаранг). Агарда Бағдоднинг узунламаси 80° деб олинса, у ҳолда бундай узунламанинг нолинчи меридиани Азор оролларининг энг ғарбидаги Флориш оролидан (31° ғарбий) ҳам 4° ғарброқдан ўтувчи меридиандан ҳисобланган бўларди.

Агар Бағдоднинг узунламаси Канар ороллариининг энг ғарбидан ҳисобланганда ҳам узунламаси 62° дан ошмас эди. Демак, бизнингча ал-Ҳолидот ороллари Канар ороллари эмас, Азор ороллари дир. Буни Беруний кўрсатган уларнинг Африка қирғоғидан масофаси (200 фарсах) ҳам тасдиқлайди.

⁴⁸⁶ Ерни (картографик) тасвирлаш – *تصوير الارض* Беруний картографияга махсус асар бағишлаган (*қаранг*: Беруний, Картография).

⁴⁸⁷ Беруний муайян Куёш ё Ой тутилишини икки астроном икки шаҳарда туриб кузатишида тутилиш вақтининг бошланиш ва охирларини аниқлаш, бу шаҳарлар орасидаги узунламалар айирмасига ва ҳар бир шаҳарнинг узунламаси қайси меридиандан бошлаб ҳисобланганлигига боғлиқ эканлигини назарда тутяпти. «Қонуни Масъудий» бешинчи мақоласининг биринчи – «Тутилишлар ёрдамида шаҳарлар узунламаларини аниқроқ билиш ҳақида» боби шу масалага бағишланган (*қаранг*: «Қонуни Масъудий», I, 371–375-бетлар).

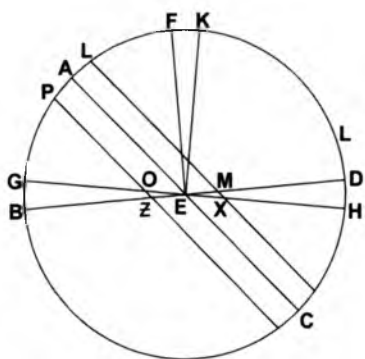
⁴⁸⁸ Шаҳарларнинг географик координаталарини топиш ва булар билан боғлиқ бўлган масалалар геодезик масалаларни ташкил қилади. Ҳар хил λ_1 ва λ_2 узунламасига эга бўлган икки шаҳар узунламаларининг айирмаси $\Delta\lambda$, ёки бу айирма маълум бўлиб, у узунламалардан бири номаълум бўлса, уларни $\lambda_2 = \lambda_1 \pm \Delta\lambda$ формуладан топилади. Узунламалар айирмасини топишнинг астрономик усулига кўра, агар бирор ондаги иккита, масалан A ва B , шаҳарлардаги вақт T_A ва T_B бўлса, улар орасидаги узунлама айирмаси $\Delta\lambda$ ушбу $\Delta\lambda = T_B - T_A$ формуладан топилади (*қаранг*: Бакулин... Курс общей астрономии. С. 156; Нарходжаев, Геодезические работы Беруни. С. 41, 45).

⁴⁸⁹ Юқоридаги 488-изоҳга қаранг.

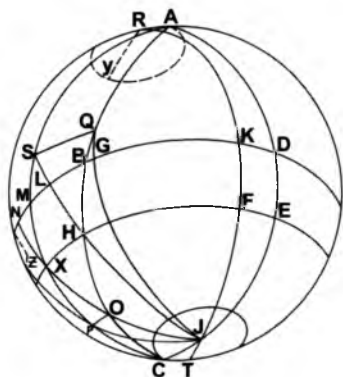
⁴⁹⁰ Бу ҳолда $\Delta\lambda = T_B - T_A$ формулага кўра A шаҳардаги Куёш чикиши B шаҳардагига нисбатан $\Delta\lambda$ муддат кеч бўлади.

⁴⁹¹ Биринчи ҳолда $\varphi_1 = \varphi_2$, демак, $\Delta\varphi = 0$ ва $\Delta\lambda = \lambda_2 \pm \lambda_1 \neq 0$; иккинчи ҳолда $\lambda_2 = \lambda_1$, демак, $\Delta\lambda = 0$ ва $\Delta\varphi = \varphi_2 \pm \varphi_1 \neq 0$; учинчи ҳолда $\Delta\varphi = \varphi_2 \pm \varphi_1 \neq 0$ ва $\Delta\lambda = \lambda_2 \pm \lambda_1 \neq 0$ бўлади.

⁴⁹² Бу ерда Беруний аслида юқоридаги ҳолларнинг иккинчисини, $\Delta\lambda = 0$ бўлган ҳолни кўряпти. Беруний шаклини осмон меридиани текислигига проекциялаган ҳолда 25-шакл кўринишида тасвирлайлик.



25-шакл



26-шакл

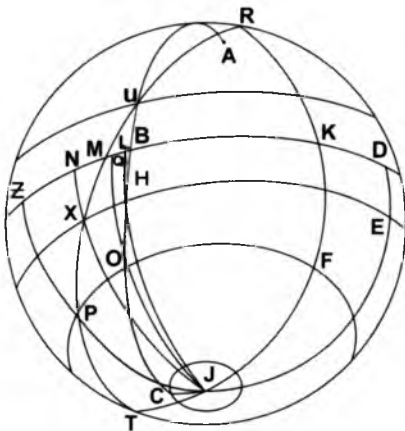
Бу ерда $AF = \varphi_1$, $AF = \varphi_2$ ва $\delta > 0$ бўлганида $LM = \alpha_1$, $LM = \alpha_2$ ҳамда $\delta < 0$ бўлганида $PZ = \alpha'_1$, $PO = \alpha_2$ дейлик. Шаклдан $MX = \Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ ($\delta > 0$) ва $OZ = \Delta\alpha' = \alpha'_2 - \alpha'_1$ ($\delta < 0$) бўлади. Демак, $\delta > 0$ да $\alpha_2 > \alpha_1$ ва M нуктада Қуёш чиқиши X нуктадагидан $\Delta\alpha$ гача кеч бўлади, бунда $\Delta\alpha$ айирма α_2 га тегишли ($\Delta\alpha \in \alpha_2$); $\delta < 0$ да эса $\alpha'_1 > \alpha'_2$ бўлиб, O нуктадаги Қуёш чиқиши Z нуктадагисидан $\Delta\alpha'$ ча кеч бўлади, бунда $\Delta\alpha'$ айирма α' га тегишли ($\Delta\alpha' \in \alpha'_1$).

⁴⁹³ Бу ерда Беруний юкоридаги ҳолларнинг биринчисини кўряпти. Унинг 29-шаклини бу ерда 26-шакл кўринишида тасвирлаймиз. Дастлаб бу ерда битта $DE = \delta = \varphi$ кенгламадаги ва зенитлари E ва F , уфқлари ABC ва RMT бўлган икки шаҳар узунламалари айирмаси аниқланади. Маълумки, бу шаҳарлар узунламаларининг айирмаси экваторнинг $KD = \Delta\lambda$ ёйи билан ўлчанади. Лекин KD ёйи FE ёйига инвариант бўлганлиги учун, яъни $\Delta\lambda = T_F - T_E$ бўлади. Худди шунингдек, Қуёшнинг ABC уфқдаги чиқиши RMT уфқида чиқишидан кеч қолиш вақтини кўрсатувчи сутка параллелининг ёйи ҳам шу айирма билан ифодаланади.

Беруний $XH = FE$ тенгликни исботлаш учун бир оз узун мулоҳаза юритган. Аслида эса бу исбот $HE = XF = 90^\circ$ эканлигидан келиб чиқади. Чунки бу иккала ёй ҳам ҳар бир уфқнинг мос зенитигача бўлган ёй, яъни зенитларнинг баландлиги бўлиб уларнинг ҳар бири квадрантни ташкил қилади. Агар улардан умумий ёй HF айирилса, $XH = FE$ қолади. Демак, Қуёш XH ёйни ҳам $\Delta\lambda$ вақтда ўтади. $DB = KM = 90^\circ$ бўлгани учун улардан умумий ёй BK айирилса $BM = KD = \Delta\lambda$ қолади. NL ёйи XH га инвариант бўлиб, у ҳам экваторнинг ёйи эканлигидан $NL = \Delta\lambda$, демак, $BM = NL$ келиб чиқади. Агар уларнинг иккисидан умумий ML ёйи айирилса, $NM = LB$ қолади. Осмон экваторида эса бу ёйлар иккала уфқ учун бир хил кундуз тенгламаси бўлади. Демак, $NM = LB = \Delta\alpha$. Экваторга параллел ва демак, XH ҳамда MB га инвариант бўлган PO ва SQ ёйларини ҳам Қуёш $\Delta\lambda$ вақтда ўтади.

⁴⁹⁴ Аксланган соя – *الظل المعكوس* – тангенс (411-изоҳга қаранг).

⁴⁹⁵ Учинчи ҳолда $\varphi_1 \neq \varphi_2$, $\lambda_1 \neq \lambda_2$. Бу ҳолда Беруний 30-шаклини 27-шакл кўринишида тасвирлаймиз.



27-шакл

Бу ерда $FK = \varphi_1$, $ED = \varphi_2$ ва $\varphi_1 > \varphi_2$. Шаклдан IT шимолий кутб I нинг биринчи уфқ RMT дан баландлиги; демак, худди шунингдек, шу кутбнинг иккинчи уфқ ABC дан баландлиги, демак, $IC = DE = \varphi_2$ ва булардан $IT > IC$ келиб чиқади. Бундан кейин Беруний катетлари $BL = \Delta\alpha_2$, $HL = \delta_2 = \varphi_2$, ўткир бурчаги $\angle H = 90^\circ - IC$ бўлган тўғрибурчакли сферик BHL уч бурчакка тангенслар теоремасини татбиқ қилади. Шунга кўра $\frac{\sin BL}{R} = \frac{\text{tg}HL}{\text{ctg}IC}$ пропорция ҳосил бўлади. Кейин катетлари $MN = \Delta\alpha_1$, $XN = \delta_1 = \varphi_1$ бўлган сферик тўғрибурчакли MNX учбурчагига тангенслар теоремасини татбиқ қилиб $\frac{\sin MN}{R} = \frac{\text{tg}NX}{\text{ctg}IT}$ пропорцияни

ҳосил қилган. Бундан сўнг $\frac{A}{B} = \frac{b}{c}, \frac{B}{C} = \frac{a}{b}$ нисбатлардан $\frac{A}{C} = \frac{a}{c}$ нисбатга ўтишдан иборат бўлган «аралаш пропорция» (النسبة المضطربة) тартибига кўра юқоридаги икки

пропорциядан $NS = LH$ эканлиги эътиборга олинган ҳолда $\frac{\sin BL}{\sin MN} = \frac{\text{ctg} IT}{\text{ctg} IC}$ пропорцияга ўтилган. Юқорида айтилганидек, $IT > IC$ бўлгани учун $\text{ctg} IT < \text{ctg} IC$ келиб чиқади. Демак, бундан кўринадики $\sin MN > \sin BL$, яъни $\sin \Delta\alpha_1 > \sin \Delta\alpha_2$ экан, яъни $MN > BL$. Бундан $LN > DK$ эканлиги кўринади. Агар $DK = \Delta\lambda$ иккала шаҳар узунламалари айирмаси ва $LN = \Delta\lambda_1 = T_E - T_F$ HX параллелида иккала уфқда Қуёш чиқиш вақтларининг айирмаси эканлигини эътиборга олсак, охириги тенгсизликдан $\Delta\lambda_1 > \Delta\lambda$ демак $T_E - T_F > \Delta\lambda$, бундан эса $T_E > T_F + \Delta\lambda$ эканлиги келиб чиқади.

Қуёшнинг POF параллелдаги чиқишига келсак, бу параллел учун $ZP = \varphi_1$ кенгламада кундуз тенгламаси $ZM = \Delta\alpha'_2$ ва $OQ = PZ = \varphi$ кенгламада кундуз тенгламаси $BQ = \Delta\alpha'_1$ бўлиб, $\Delta\alpha'_2 > \Delta\alpha'_1$ тенгсизлик ўринли. O ва P нукталаридаги чиқиш вақтининг айирмаси $ZM = \Delta\lambda' = T_E - T_F$ ва $\Delta\lambda > \Delta\lambda' > \Delta\lambda = DK$ бўлади.

Демак, учинчи ҳолда $\lambda_1 \neq \lambda_2$ ва $\varphi_1 \neq \varphi_2$ бўлганида турли параллеллардаги шаҳарлардаги чиқиш вақтларининг айирмаси улар узунламаларининг айирмасига тенг бўлмайди.

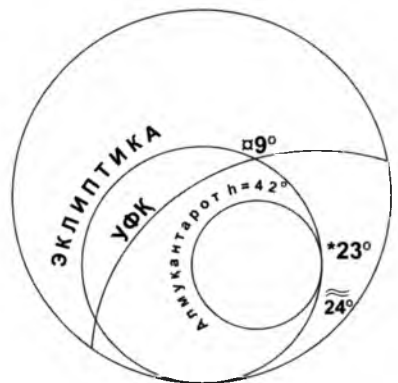
⁴⁹⁶ Далв – الدلو – яъни «челак», иккинчи номи ساكب الماء – «сув қуювчи» – эклиптикадаги буржлардан иборат зодиак юлдуз туркумларининг ўн биринчиси, эклиптиканинг $300^\circ \leq \lambda \leq 330^\circ$ оралиғини ташкил қилади. Қуёш бу буржни 22-январдан 21-февралгача ўтади. Астрономик белгиси ♃ Далвнинг йигирма тўрт даражаси – бу эклиптиканинг баҳорги тенгкунликдан $\lambda = 324^\circ$ узунламадаги нуктасидир.

⁴⁹⁷ Жавзо – الجوزاء ёки التوأمان – «Эгизак», буржлардан иборат зодиак юлдуз туркумларининг учинчиси, эклиптиканинг $60^\circ \leq \lambda \leq 90^\circ$ оралиғини ташкил қилади. Қуёш бу буржни 22 майдан 21 июнгача ўтади. Астрономик белгиси ♊ Жавзонинг тўққиз даражаси – эклиптиканинг $\lambda = 69^\circ$ узунламадаги нуктаси.

⁴⁹⁸ Ҳут – الحوت – «балиқ», иккинчи номи – السمكتان – «икки балиқ» – буржлардан иборат зодиак юлдуз туркумларининг ўн иккинчиси, эклиптиканинг $330^\circ \leq \lambda \leq 360^\circ$ оралиғини ташкил қилади. Қуёш бу буржни 22 февралдан 21 мартгача ўтади. Астрономик белгиси ♉ Ҳутнинг йигирма уч даражаси – эклиптиканинг $\lambda = 353^\circ$ узунламадаги нуктаси.

⁴⁹⁹ Бу ерда келтирилган иккала мисол ҳам Родос ($\varphi = 36^\circ$) оролидаги чиқиш ва ботишларга мисол бўлиб, Беруний бу мисолларни Птолемей «Алмажистий»сидан олган (қаранг: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd. II, s. 13). Беруний мисолида астуллоб дискидаги схемасини ушбу 28-шаклда намоиш қилиш мумкин.

Шаклда эклиптика уфқ айланаси билан $\lambda = 69^\circ$ нуктада ва $h = 42^\circ$ алмуқантароти билан $\lambda = 324^\circ$ ва 353° нукталарда кесишган (қаранг: Kennedy, A Commentary, p. 98-99). Демак, Қуёш



28-шакл

эклиптиканинг 324° нуктасида бўлганида ҳам ва 353° нуктасида бўлганида ҳам уфқда эклиптиканинг $\lambda = 69^\circ$ даражаси тулуъ қилади.

⁵⁰⁰ Бу ерда биз «хат» деб رسالة – «рисола» – сўзини таржима қилдик. Ушбу жумлани охирги («рисола» маъносида тушунилса ҳам тўғри бўлади. Абу Наср Ибн Ирок ўз шоғирдига атаб ўн иккита рисола ёзган (қаранг: Беруний туғилган куннинг 1000 йиллигига, 241–242-бетлар). Бу рисолалар биринчи марта 1948 й. Ҳайдаробод (Ҳиндистон) да чоп этилган (қаранг: Pasā'il Abi Nasr ila al-Bīrūnī, Hyderrabad – Deccan, 1948).

⁵⁰¹ «Думли ва кокиллилар» – ذوات الاذناب و الذوائب – кометалар.

⁵⁰² Ҳилол – هلال – янги ой.

⁵⁰³ Икки ёриткичнинг (яъни Куёш ва Ойнинг) тутилиши, бу ерда كسوف النيرين; одатда كسوف сўзи Куёш тутилишига нисбатан ва Ой тутилишига нисбатан эса фақат خسوف сўзи ишлатилади. Лекин бу ерда Беруний иккала тутилишни ҳам كسوف деб юритапти.

⁵⁰⁴ «Ас-Соҳибийга кириш» – المدخل الصاحبى – Абу-л-Фазл ал-Ҳиравийнинг (юкорида 300-изоҳга қаранг) асосий астрономик асари. Асар Бувайҳий вазир ас-Соҳиб Исмоил ибн Аббодга бағишланганлигидан шундай аталган бўлса керак.

⁵⁰⁵ Тутулиш бошланиши – بدء الكسوف

⁵⁰⁶ Очилиш бошланиши – بدء الانجلاء

⁵⁰⁷ Сегмент – قطعة, том маъноси «кесим».

⁵⁰⁸ Замонлар – ازمان – осмон экваторининг бир даражаси ёки соатнинг $\frac{1}{15}$ бўлаги, яъни 4' минут.

⁵⁰⁹ Биз шундай (ة ز يو) ўқиймиз, рус тилидаги ($0^h 16'$) ва араб тилидаги (ة و يو) нусхаларда хато берилган. Ҳақиқатан ҳам, агар 1° замон соатнинг 4' минут (508-изоҳга қаранг) бўлса, замоннинг 49' минути соатнинг $3'16''$ ни ташкил қилади. Демак, $1^\circ 49'$ замон = $0^h 7'16''$ бўлади.

⁵¹⁰ «Эгри» ёки замонавий соатлар – الزمانية العوجية ёки кундуз ёки кечанинг $\frac{1}{12}$ бўлаги. Баҳорги тенгкунликкача муддатда кундузнинг эгри соатлари ҳақиқий соатлардан ортик, кеча эгри соатлари эса ундан кам бўлади. Бу ортиклик (камлик) ёзги Куёш туриш пайтида максимал (минимал) қийматга етади ва кузги тенгкунлик яқинлашган сари камаё боради. Кузги тенгкунлик билан баҳорги тенгкунлик орасида кундуз (кеча) эгри соатлари ҳақиқий соатлардан кам (ортик) бўлиб, қишки Куёш туриш пайтида бу камлик (ортиклик) минимал (максимал) қийматни олади.

⁵¹¹ Текис соат الساعات المستوية кеча-кундузнинг $\frac{1}{24}$ бўлаги, яъни ҳақиқий соат.

⁵¹² Куёш тутулишлари янги Ой – ҳилол кўринган пайтларда ва Ой тутулишлари тўлин Ой пайтларида юз беради. Бундай ҳолатлар эса фақат Ой тугунлари, яъни Ой орбитасининг эклиптика билан кесишиш нукталари атрофида бўлади. Куёш тутулишлари юз бериши учун Ойнинг эклиптик кенгламаси $88' 7$ дан кам бўлиши ва унинг тугундан эклиптик масофаси $16^\circ 30'$ дан ошмаслиги керак. Демак, туннинг икки тарафини эътиборга олсак, битта тугун атрофида 33° ораликда Куёш тутулиши юз бериши мумкин. Лекин Куёш кунига $59'$ тезлик билан ҳаракатланиб, эклиптиканинг 33° ёйини 34 кунда ўтади. 34 кунда эса албатта бир марта ҳилол кўринади, бироқ синодик ой 29,5 кундан иборат бўлганлиги учун 34 кунда икки марта ҳилол кўриниши мумкин. Демак, иккита Ой тугуни олдида бир йилда, албатта, иккита Куёш тутулиши бўлади. Лекин у тўртта ва ҳатто бешта ҳам бўлиши мумкин. Беш-

та Қуёш тутилиши юз бериши учун уларнинг бири йил бошида 1 январдан кейин бўлган бўлиши керак. Шунда иккинчиси кейинги ҳилол кўринишида бўлади, учинчи ва тўртинчиси ярим йилдан бир оз олдинроқ ва бешинчиси эса биринчисидан 354 кун (354 кунда 12 синодик ой ўтган бўлади) кейин юз беради.

Ой тутилиши юз бериши учун Ер соясининг маркази Ой тугунининг ҳар икки тарафида ундан $10^{\circ}36'$ дан камроқ масофада бўлиши керак. Ер сояси кунига $59'$ тезлик билан ҳаракат қилиб бу масофани 10,8 кунда ўтади ва унинг иккилангани $21^{\circ}12'$ ни эса 21,6 кунда ўтади. Лекин синодик Ой 29,5 кунни ташкил қилганлигидан битта тўлиной тугундан ғарбда $10^{\circ}36'$ дан кагта масофада ва кейинги тўлин Ой тугундан шарқда худди шу масофада бўлиши мумкин ва, демак, бу ойда Ой тутилишлари бўлмайди. Тутилишлар кейинги ойда ҳам бўлмайди, чунки Ойнинг маркази 27,2 кундан (аждар ойидан) кейин тугундан ўтади, Ой тўлишиши эса бундан 2,3 кун юз беради, 2,3 кунда Ой тугундан 30° га узоқлашади. Кейинги Ой тутилиши бундан ярим йил кейин иккинчи тугун атрофида юз бериши мумкин ёки айтилган сабабларга кўра, юз бермаслиги ҳам мумкин.

Демак, йил давомида ё Ой тутилиши бутунлай юз бермаслиги ёки икки марта, кўпи билан уч марта юз бериши мумкин. Бир йилда уч марта Ой тутилиши юз бериши учун уларнинг биринчиси йил бошида 1 январдан кейин юз берган бўлиши керак. Шунда иккинчиси – июннинг охирида ва учинчиси биринчисидан 12 синодик ой (яъни 354 кун) кейин юз беради.

Шундай қилиб, айтилган шартларга кўра, йил давомида кўпи билан еттита тутилиш бўлиши мумкин – булар ё икки марта Ой тутилиши ва 5 марта Қуёш тутилишидан, ёки учта Ой ва тўртта Қуёш тутилишидан иборат бўлади. Биринчи ҳолда йил бошида икки марта Қуёш тутилиши ва улар орасида бир марта Ой тутилиши бўлади, кейин йил ўртасида яна иккита Қуёш тутилиши юз беради. Иккинчи ҳолда йил бошида битта Ой тутилиши, ундан кейин битта Қуёш тутилиши бўлади, кейин йил ўртасида иккита Қуёш ва битта Ой тутилиши, йил охирида битта Қуёш тутилиши ва ундан кейин учинчи Ой тутилиши юз беради. Аслида эса бундай йиллар кам бўлади, кўпроқ йилига иккита Қуёш тутилиши ва иккита Ой тутилиши юз беради. Йилига энг ками билан иккитагина тутилиши – у ҳам Қуёшники бўлиши мумкин.

⁵¹³ Беруний бу ерда Ой тутилиши мумкин бўлган еттита ҳолатни назарда тутяпти. Маълумки, Ой тутилиши рўпара туришларда юз беради. Рўпара туришлар эса ушбу еттита ҳолда бўлади:

1. Қуёш ботишида.
2. Қуёш ботишидан кейин.
3. Ярим кечадан олдин.
4. Ярим кечада.
5. Ярим кечадан кейин.
6. Қуёш чиқишидан аввал, тонгда.
7. Қуёш чиқишида.

Қуйида эслатиладиган рақамлар мана шу еттита ҳолатнинг комбинацияларидан иборат.

⁵¹⁴ Натурал қатор – الاعداد الطبيعية – том маъноси «табиий сонлар» (лотинча naturalis сўзи طبعی сўзининг таржимаси).

⁵¹⁵ Бу ерда Беруний $a_1, a_2, a_3, \dots \dots a_n$ арифметик прогрессиянинг биринчи n хадининг йиғиндисини топиш формуласи $S = \frac{(a_1 + a_n) \cdot n}{2}$ ни таърифляпти, $n = 7$ да $S_7 = \frac{1+7}{2} \cdot 7 = 28$.

⁵¹⁶ Бу ерда эслатилган 56 ва 224 рақамлари 28 га, 2 ва 8 карралаи – $56 = 28 \cdot 2$, $224 = 28 \cdot 8 = 56 \cdot 4$.

⁵¹⁷ Абу Закариё Яхё ибн Адий (975 й. вафот) Х асрнинг кўзга кўринган файласуфи (Ибн ал-Қифтий, 336–338-бетлар).

⁵¹⁸ Беруний куйидаги мулоҳазаларининг астрономияга алоқаси йўқ, балки комбинатор анализига тааллуқлидир. «Турган ўтирганмас» – *أَنَّ الْقَائِمَ غَيْرَ الْقَاعِدِ* Агар бу жумладаги араб ҳарфларини лотин транскрипцияда ҳар бир ҳарфнинг ўз ўрнида, лекин бизнинг тартиб бўйича чапдан ўнгга ўқилишидек ёзсак, ушбу «an alqam gir alqaed» тартибдаги ҳарфлар ҳосил бўлади. Яхё ибн Адий бу 16 ҳарфдан махсус бирлашмалар ёки ўринлаштиришлар тузган бўлиб, уларнинг сони $18384 = 16^3 \cdot 2^2$, ёки $18384 = 2^{14}$ комбинацияни ташкил қилади. Куйида келтирилган рақамлар ҳам ҳарфлар сони $16 = 2^4$ га карралаи. Бироқ 16 элементдан бажариш мумкин бўлган ўринлаштиришларнинг сони $16! = 4828336828000$ бўлиб, бу сон куйида келтирила-диган сонларнинг барчасидан ҳам катта.

⁵¹⁹ $18432 = 16^2 \cdot 2^3 \cdot 3^2$ ёки $18432 = 2^{11} \cdot 3^2$.

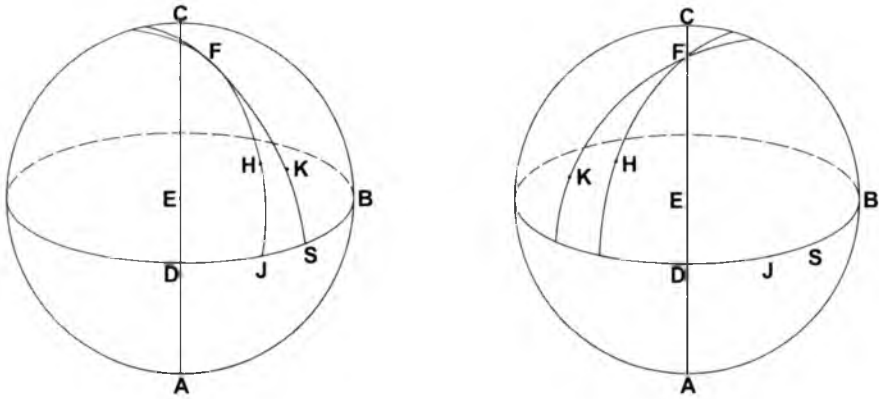
⁵²⁰ Абу-л-Қосим ал-Ҳасулий ҳақида маълумотга эга эмасмиз. У топган комбинациялар сони $25088 = 16^2 \cdot 2 \cdot 7^2$ ёки $25088 = 2^9 \cdot 7^2$.

⁵²¹ Абу-л-Саҳл Исо ибн Яхё ал-Масихий (1010 й. вафот этган) – йирик файласуф, физик ва математик. Гургонда яшаган ва амир Қобус ибн Вашмгир саройида хизмат қилган, Ибн Синонинг устози. Беруний Гургондалигида унинг илмий таъсирида бўлган (*қаранг*: Suter, Die Mathematiker, 59-бет; Ибн ал-Қифтий, 266-бет). Унинг келтирган комбинациялар сони $128480560000 = 2^7 \cdot 5^2 \cdot 1606007$ кўринишдан соддарок кўринишга келмади. Афтидан унда хатолик бўлса керак.

⁵²² Тўғри сфера – *الفلك المستقيم* – лотин тилидагиси *sphaera recta* – осмон экваторининг Ер экваторидаги номи (*қаранг*: Беруний, «Тафҳим», 113-бет). Экватордаги математик уфқ муайян жойдан 90° узунламадаги жой меридианининг текислигидан иборат.

⁵²³ Осмон ўртаси чизиги – *خط وسط السماء* – осмон меридиани бўлгани учун битта меридиандаги шаҳарлар бир хил узунламага эга. Лекин Беруний бу ерда «Осмон ўртаси чизиги» иборасини кўпроқ Куёш ботган ердаги шаҳар меридианига нисбатан ишлатяпти. Демак, «меридиан» сўзи «кундуз ярми» маъносини билдирганидек, бу ҳолда «осмон ўртаси чизиги» ярим кечани билдиради.

⁵²⁴ Бу ерда Беруний Ой тутилишларига кўра, шаҳарлар орасидаги узунлама айирмасини топишдан иборат геодезик масалаларга бағишланган катта бўлимни бошлаган. Келтирилган мулоҳазаларнинг асосий маъноси шундан иборатки, муайян жойдаги тутилиш вақтини у ернинг ярим кечаси ёки меридианига нисбатан, ёки у ердаги Куёш чиқиш ва ботишига нисбатан ўлчаш мумкин. Агар шу нарсалар маълум бўлса, у ҳолда жойнинг кундуз тенгламасини ҳисоблаш мумкин, бу эса жойнинг узунламаси ёки кенгламасини аниқлаш имконини беради. Бирор ҳодисанинг вақти уфқдан ҳисобланган бўлса, уни шу уфқнинг меридианига ёки ярим кечасига алмаштириш мумкин. Ниҳоят, исталаётган нарса, яъни иккала меридиан орасидаги узунлама айирмаси аниқланади.



29-шакл

Бу ерда тутилиш ҳодисаси учун Беруний кўраётган тўрт ҳолат уфқ билан эмас, кеча ва кундуз меридианлари билан боғлиқликда қаралган. Улар қуйидагилар:

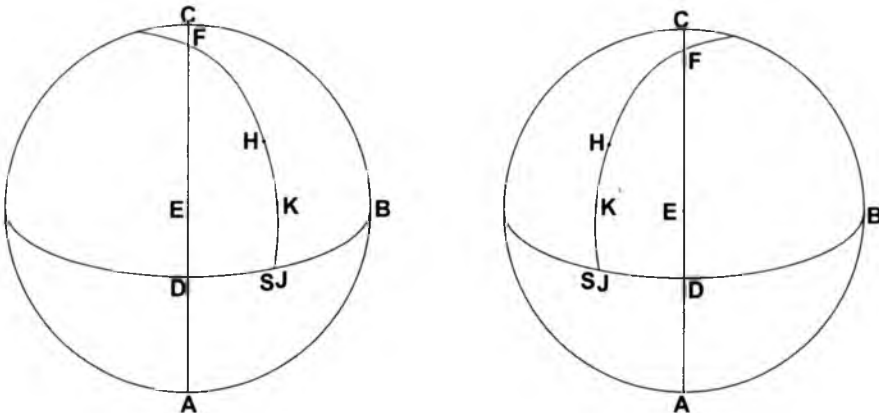
1. Иккала шаҳарда ҳам ярим кечада;
2. Иккисида ҳам ярим кечадан олдин ёки кейин;
3. Бирида ярим кечада ва иккинчисида ярим кечадан олдин ёки кейин;
4. Бирида ярим кечадан олдин, иккинчисида ярим кечадан кейин.

⁵²⁵ Биринчи ҳолда $\lambda_1 = \lambda_2$ ва $\Delta\varphi = \varphi_2 \pm \varphi_1$ бўлгани учун Ой тутилиши иккала шаҳарда ҳам битта физик онда юз беради. Ой тутилишида у Ер сояси билан Қуёш нуридан беркитилганлиги учун, у фақат Ернинг тунги ярмидаги шаҳарлар учун ўринли бўлган ҳодисадир. Демак, тутилиш кузатиладиган шаҳарларнинг ҳеч бири Ернинг кундузги ярмида бўлмайди.

⁵²⁶ Иккинчи ҳолнинг иккала вазияти учун Беруний келтирган 31-шаклни ушбу 29-шаклда тасвирлаймиз.

Иккала вазиятда ҳам E ва H шаҳарлар орасидаги узунлама айирмаси $-\Delta\lambda = DI = DS - IS$, демак, $\Delta\lambda = T_E - T_H$.

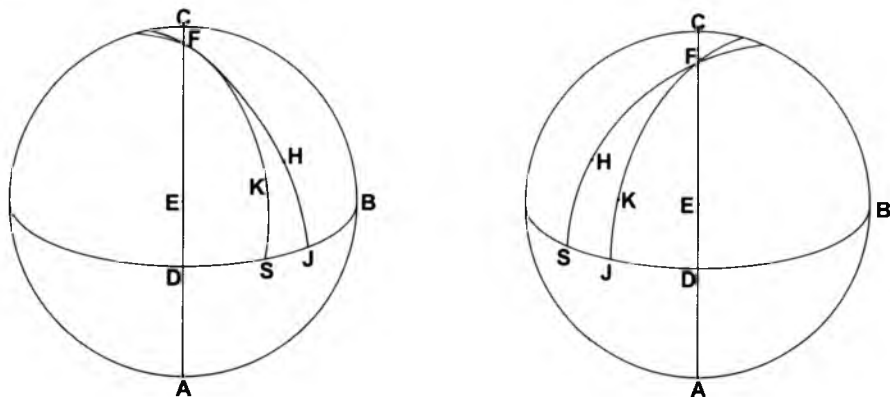
⁵²⁷ Учинчи ҳолдаги Беруний шаклини 30-шакл кўринишида тасвирлаймиз.



30-шакл

Бу ҳолда Ой тутилиши биринчи шаҳарнинг тунги меридианида бўлганлигидан иккала шаҳар узунламаларининг айирмаси уларнинг бирида ярим кечагача қолган вақт ёки бошқасида ундан ўтган вақт бўлади. Шаклдан $\Delta\lambda = DI = DS = T_E - T_H$

⁵²⁸ Тўртинчи ҳолат учун Беруний 33-шакли вазиятларини 31-шаклда тасвирлай-
миз.



31-шакл

Бу ҳолда ҳам иккинчи ва учинчи ҳоллардагидек $\lambda_1 \neq \lambda_2$, бу ерда иккала шаҳар узунла-
малари айирмаси биридаги тутилишдан ярим кечагача ўтган ва иккинчисида ярим кеча-
дан тутилишгача ўтган вақтлар йиғиндисига тенг, демак, шаклдан $\Delta\lambda = DI = DS + SI$.

⁵²⁹ Бу бўлимда ҳам Ой тутилишига кўра икки шаҳар узунламалари айирмаси-
ни аниқлаш масаласи чуқурроқ таҳлил қилинади. Энди бу масала Ой тутилишини
бир шаҳар меридианига кўра ва бошқа шаҳар уфқида Қуёш ботишига ёки чиқишига
кўра аниқланади. Беруний тутилишлар қуйидаги олти ҳолда бўлиши мумкинлигини
кўрсатади:

1) Тутилиш биринчи шаҳарнинг меридианида бўлади, иккинчи шаҳарда туги-
лишдан Қуёш ботишигача ёки чиқишигача вақт ўлчанган бўлади;

2) Биринчи шаҳарнинг меридианида ва иккинчи шаҳар уфқининг шарқи ёки
ғарбида бўлади;

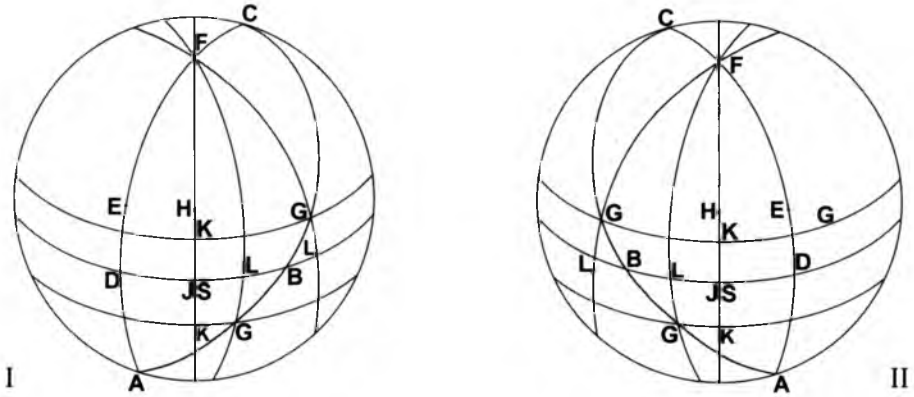
3) Тутилишнинг ўлчанган вақти биринчи шаҳарда ярим кечагача, иккинчисида
эса Қуёш ботишидан ёки биринчисида ярим кечадан кейин ва иккинчисида Қуёш
чиқишигача вақт бўлади;

4) Унинг кузатилган вақти биринчи шаҳарда ярим кечагача бўлиб, унинг ўзи
иккинчи шаҳар уфқининг шарқида ёки биринчисидаги вақт ярим кечадан кейин ва
унинг ўзи иккинчисининг ғарбий уфқида юз беради;

5) Унинг ўлчанган вақти биринчи шаҳарда Қуёш ботишидан ва иккинчиси-
да ярим кечадан кейин ёки биринчисида ярим кечагача ва иккинчисида Қуёш
чиқишигача ўтган вақт бўлади;

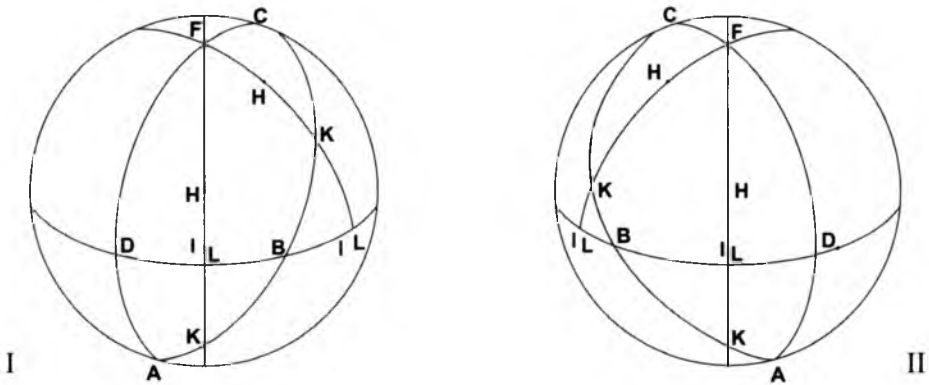
6) Тутилиш биринчи шаҳарнинг шарқий уфқида ва иккинчисида ўлчанган вақт
ярим кечадан кейинги ёки у биринчи шаҳарнинг ғарбий уфқида юз беради ва иккинчи-
сидаги ўлчанган вақт ярим кечагача бўлади. Бу олти ҳолнинг ҳар бири икки қисмдан
иборат эканлигини эътиборга олинса, Беруний айтган ўн икки ҳол келиб чиқади. Бу
олти ҳолдан ҳар бирининг иккала қисми учун ҳам Беруний қуйида шакллар келтирган.

⁵³⁰ Беруний 34-шаклини биз 32-шаклда тасвирлайлик.



32-шакл

Бу ердаги иккала ҳолатда ҳам шакл текислиги – зенити H бўлган шаҳар уфқи, ABC – зенити E бўлган шаҳар уфқи, F – оламнинг шимолий кутби (Берунийда у шаклнинг пастиди, яъни бизнингча тескари берилган). Беруний шарқ астрономиясига хос бўлган хусусиятга кўра шаклни ҳам осмон сфераси, ҳам Ер сфераси деб қараяпти. Шаклдан ва биринчи ҳол шартидан маълумки, SL ёйи осмон экваторида E шаҳри учун кечанинг тугилишигача ўтган ёки тугилишдан кейин кеча охиригача қолган вақт. Шу билан бирга, у H шаҳридаги маҳаллий вақтни билдиради, уни T_H деб белгилаймиз.



33-шакл

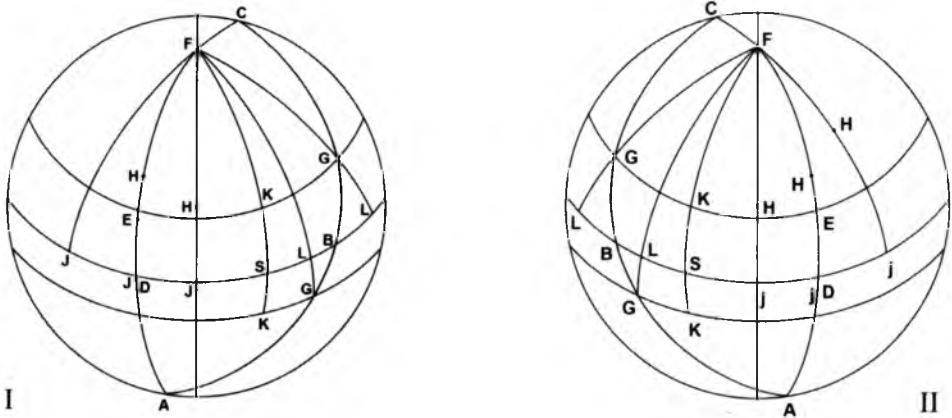
BL ёйи эса ABC уфққа нисбатан кундуз тенгламаси, уни $\Delta\alpha$ деймиз. E шаҳридаги вақтни ўша тугилиш пайтида T_E десак, H ва E шаҳарлари орасидаги узунлама айирмаси $DS = DI = \Delta\lambda_E - T_A$ формуладан топилиши керак. Агар $SL = \alpha_1$ ва $SL = \alpha_2$ деб белгиласак, шаклдан $SB = SL \pm BL$ ва $\alpha_2 = \alpha_1 \pm \Delta\alpha$ бўлади. Бу ерда, агар тугилиш экватордан шимолда бўлса манфий ишора, жанубда бўлса мусбат ишора олинади. Демак, $SD = DI = 90^\circ - SB$ ва $\Delta\lambda = 90^\circ - \alpha_2$ бўлади ёки $\Delta\lambda = 90^\circ - (\alpha_1 \pm \Delta\alpha_2)$ ҳосил бўлади.

⁵³¹ «Доир» – الدائر – яъни «ўтаётган», «доир» ёйи осмон экваторининг ёки суткалик параллелининг («доира»сининг) кундуз бошидан бери (яъни экватор ёки параллелининг уфқ текислиги билан кесишиш нуктасидан) ёриткич кузатилган ондаги нуктасигача ўтган ёйидир. Бизнинг шаклда «доир» ёйи $SB = \alpha_2 = 90^\circ - DS$ ёки $\alpha_2 = 90^\circ - \Delta\lambda$.

⁵³² Иккинчи ҳол учун Беруний 35-шаклини 33-шакл кўринишида тасвирлаймиз. Шаклдан $DI = DB \pm BL$, K шимолий нукта бўлганида бу ерда мусбат ишора ва жанубий бўлганида манфий ишора олинади. Агар мос белгилашларга ўтсак, $\Delta\lambda = 90^\circ \pm \Delta\alpha$ бўлади.

⁵³³ Беруний K нукта B билан устма-уст тушишини назарда тутяпти. Бу ҳолда $\Delta\alpha = 0$ бўлиб (532-изоҳга қаранг), $\Delta\lambda = 90^\circ$ қолади.

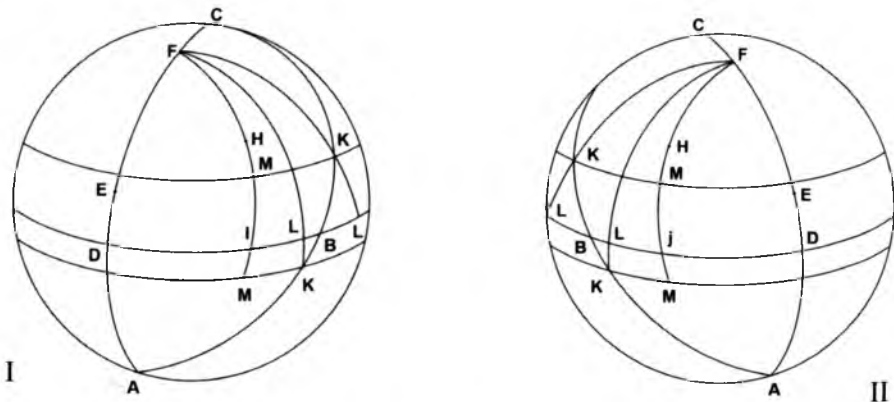
⁵³⁴ Учинчи ҳолга мос 36-шаклни 34-шаклда тасвирлаймиз.



34-шакл

Бу ҳолда ҳам осмон экваторининг ёйларини юқоридагидек (530-изоҳ) белгилаймиз. Агар $SL = \alpha_1$, $BS = \alpha_2$, $SI = \alpha_3$, $IB = \alpha_4$ ва кундуз тенгламаси $BL = \Delta\alpha$ десак, шаклдан ва учинчи ҳол шартидан $SB = SL \pm BL$ ёки $\alpha_2 = \alpha_1 \pm \Delta\alpha$ бўлади. H шаҳри меридианигача ўтган вақт $IB = IS \pm SB$, ёки $\alpha_4 = \alpha_3 \pm \alpha_2$ бўлади. Агар $SI \pm SB = 90^\circ$ бўлса, $\Delta\lambda = 0$ ва E, H шаҳарлари бир меридианда жойлашади, агар $SI \pm SB < 90^\circ$ ёки $SI \pm SB > 90^\circ$ бўлса $\Delta\lambda = ID \neq 0$ бўлади. У ҳолда $ID = 90^\circ \pm IB$ ёки $\Delta\lambda = 90^\circ \pm \alpha_4$ бўлади; бу ерда $\alpha_4 = \alpha_3 \pm \alpha_2$ ва $\alpha_2 = \alpha_1 \pm \Delta\alpha$.

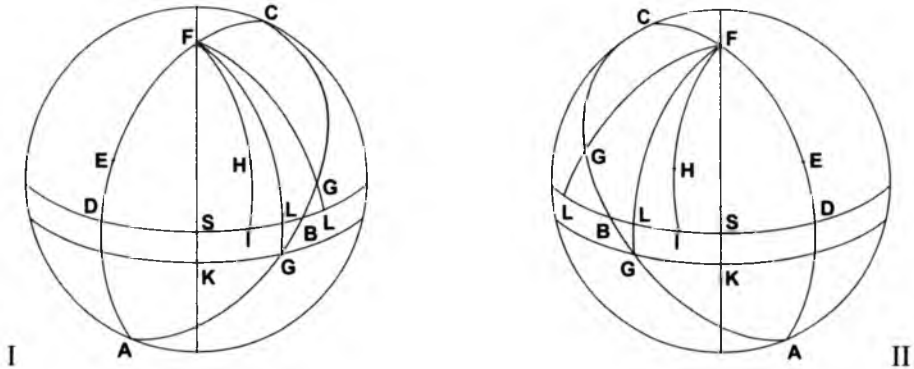
⁵³⁵ Тўртинчи ҳолат учун Беруний шаклини 35-шаклда тасвирлаймиз.



35-шакл

Агар $IB = \alpha_1$, $IL = \alpha_2$ ва $BL = \Delta\alpha$ десак, шаклдан ва тўртинчи ҳол шартларидан $IB = LI \pm BI$ ёки $\alpha_1 = \alpha_2 \pm \Delta\alpha$ ҳосил бўлади. Агар $DI = \Delta\lambda = DB - IB$ эканлигини эътиборга олсак, у ҳолда $\Delta\lambda = 90^\circ - \alpha_1$ ёки $\Delta\lambda = 90^\circ - (\alpha_2 \mp \Delta\alpha)$ келиб чиқади. Тутилиш экваторда бўлса, яъни K нукта B билан устма-уст тушса, у ҳолда $\Delta\alpha = 0$ ва $\alpha_1 = \alpha_2$ бўлиб, $\Delta\lambda = 90^\circ - \alpha_1$ бўлади.

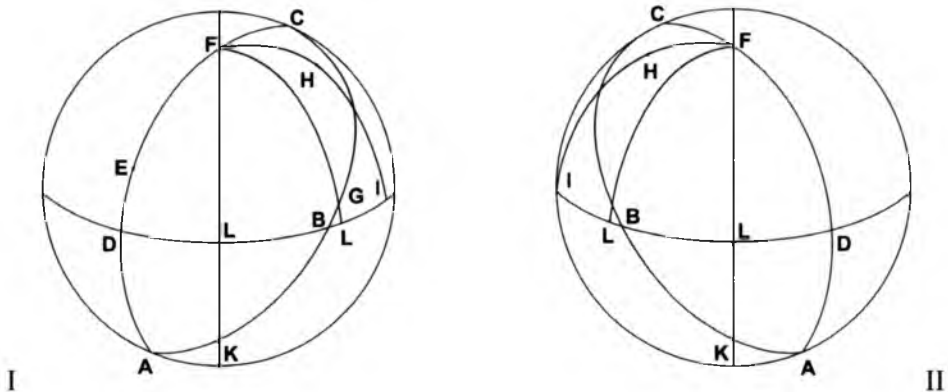
⁵³⁶ Бешинчи ҳолдаги Беруний шаклини 36-шакл кўринишида тасвирлаб, $SL = \alpha_2$ ва $BL = \Delta\alpha$ десак, шаклдан ва бешинчи ҳол шартларидан $SB = SL \mp BL = \alpha_2 \mp \Delta\alpha$ келиб чиқади.



36-шакл

Агар тутилиш экваторда S нуктада, яъни $BL = 0$ бўлса, $SB = SL = \alpha_2$ келиб чиқади. Акс ҳолда $IB = SB - SI$ ёки $IB = \alpha_2 - \alpha_1 \pm \Delta\alpha$ ҳосил бўлади. Бундан иккала шаҳар узунламалари айирмаси $DI = \Delta\lambda = 90^\circ - IB = 90^\circ - (\alpha_2 - \alpha_1 \pm \Delta\alpha)$ бўлади.

⁵³⁷ Охириги, олтинчи ҳолда шаклни ушбу 37-шаклда тасвирлаймиз.



37-шакл

Бу ҳолда $LI = \alpha_1$, $BL = \Delta\alpha$ десак, бунда $IB = LI \pm BL = \alpha_1 \pm \Delta\alpha$ бўлиб, агар тутилиш экваторда, яъни B нуктада бўлса, $BL = 0$ бўлганида L нукта ҳам B нукта билан устма-уст тушади ва $IB = LI = \alpha_1$ бўлади. Бундан иккала шаҳар узунламалари айирмаси $DI = IB + BD$ ёки $\Delta\lambda = 90^\circ + \alpha_1$ ҳосил бўлади.

⁵³⁸ Беруний икки шаҳар орасидаги узунлама айирмасини аниқлашда Ой тутилишидан фойдаланиб, бу гал бундай тутилишнинг икки шаҳарда кўринишининг кейинги олтига вазиятларидан биринчисини баён қилишда эквивалентликларини эътиборга олиб 40-шаклда тўрт вариантни кўради. Биз улардаги ўхшашлик сабабли фақат биринчисини оламиз ва осмон сферасида 38-шакл кўринишида тасвирлаймиз. Бу ерда DBP – осмон экватори, F – олам шимолий қутби, ABC – зенити E бўлган шаҳарнинг уфқи, NOM – зенити H бўлган шаҳарнинг уфқи, Q – иккала уфқ айланаларининг кесишиш нуктаси, K – Ой тутилиш пайтида, унинг ўрта FS – тутилиш меридиани, FHL – H шаҳридан ўтувчи меридиан, FED – E шаҳридан ўтувчи меридиан. Агар шаклни Ер сферасида қаралса барча нукта ва чизиқлар географик маънога эга бўлади ва биз иккала шаҳар узунламалари айирмаси $DI = \Delta\lambda$ ни аниқлашимиз керак. Бу ҳолда осмон экваторининг E шаҳридан кузатилаётган K нуктадаги тутилишигача кеча бошидан бери ўтган ёйини $LP = \alpha_2$, E шаҳри учун худди шундай нуктани $SP = \alpha_1$ дейлик, у ҳолда E шаҳри учун кундуз тенгламаси $BL = \Delta\alpha'$, H шаҳри учун эса $OP = \Delta\alpha'$ бўлади.

Агар E ва H шаҳарлари бир параллелда ётса, уларнинг кенгламалари тенг $DE = IH$ бўлиб, бундан $BL = OP$ ёки $\Delta\alpha' = \Delta\alpha'' = \Delta\alpha$ келиб чиқади. Биз $DE \neq IH$ ҳолни кўрайлик. Шаклдан кўринадики, $DB = IO = 90^\circ$ бўлганлигидан уларнинг умумий қисми IB ни айирилса $DB = IO = \Delta\lambda$ қолади, шуни топайлик. $BL \neq OP$ бўлганида $LO = LP \mp PO$ ($\delta \cong 0$) ҳосил бўлади. Агар бу тенгликнинг иккала тарафига $\delta > 0$ ёки $\delta < 0$ бўлишига қараб BL ни қўшсак ёки айирсак $BO = DI = LO \pm BL$ ҳосил бўлади. Бизнинг белгилашларда, бу охириги ифода $\Delta\lambda = (\alpha_2 \mp \Delta\alpha'') \pm \Delta\alpha$ кўринишни олади, бу ерда ифоданинг ўнг тарафида $\delta > 0$ да юқоридаги ишоралар (манфий ва мусбат), $\delta < 0$ да пастки ишоралар (мусбат ва манфий) олинади.

⁵³⁹ Бу ҳолда Беруний 41-шаклидаги иккала вазиятдан биринчисини 39-шаклда тасвирлаймиз. Шаклдан $DB = IM = 90^\circ$, демак аниқланиши керак бўлган $\Delta\lambda = DI = BM$ бўлади.

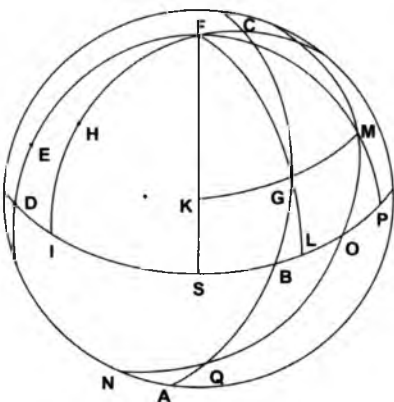
Агар Ой тутилиши пайтида Қуёш оғишга эга эмас ($\delta = 0$) бўлса, албатта тутилиш нуктаси K учун ҳам $\delta = 0$ бўлади. Бундай ҳолда M нукта B билан устма-уст тушар, яъни уфқ айланалари B нуктада кесишарди; бу эса IF ва DF меридианлар

устма-уст тушишини такозо қиларди. Шундай бўлганида $DI = \Delta\lambda = 0$, лекин $\varphi_1 \neq \varphi_2$ бўларди.

Агар $\delta < 0$ бўлса, аввалги белгилашларда (538-изоҳга қаранг) E шаҳри учун кундуз тенгламаси $BS = \Delta\alpha'$, H шаҳри учун эса $SM = \Delta\alpha''$ бўлиб, булардан $DI = BS + SM$ ёки $\Delta\lambda = \Delta\alpha' + \Delta\alpha''$ келиб чиқади. $\delta < 0$ бўлса, мос ёйлар $LB = \Delta\alpha'$, $LM = \Delta\alpha''$ бўлиб, булардан $BM = LM - BL$ ёки $\Delta\lambda = \Delta\alpha'' - \Delta\alpha'$ келиб чиқади.

⁵⁴⁰ Учинчи ҳол учун Беруний 42-шаклининг кеча ярмигача вақт учун бўлган биринчи вазиятини 40-шакл кўринишида тасвирлаймиз.

H шаҳрида тутилиш бошидан бери ўтган (ёки кеча охиригача қолган) вақтни $LP =$



38-шакл

α_1 , E шаҳри уфқидаги кундуз тенгламасини $BL = \Delta\alpha'$, H шаҳри уфқидаги кундуз тенгламасини $OP = \Delta\alpha''$ дейлик. Бу ҳолда ҳам $DI = OB = \Delta\lambda$ аниқланиши керак. Агар E ва H шаҳарлари бир хил кенгламага эга, $DE = IH$ бўлса, BKL ва OMP тўғрибурчакли сферик учбурчаклар тенг бўлиб, уларнинг мос томонлари тенг бўларди, жумладан $BL = OP$ ёки $\Delta\alpha' = \Delta\alpha''$ бўлар эди. Бундан $LP = OB$, яъни $\alpha_1 = \Delta\lambda$ келиб чиқар эди.

Айтайлик, $DE \neq IH$ бўлсин. У ҳолда $\delta > 0$ бўлганида $OB = BL \mp OP$ ёки $\Delta\lambda = \Delta\alpha' + \alpha_1 - \Delta\alpha''$ бўлади, $\delta < 0$ бўлганида $OB = OP + LP - BL$ ёки $\Delta\lambda = \Delta\alpha'' + \alpha_1 - \Delta\alpha'$ бўлади.

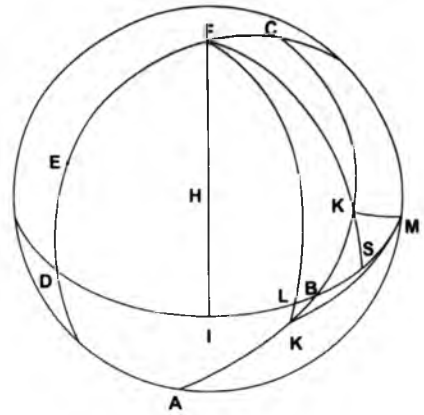
Демак, умумий ҳолда $\Delta\lambda = \alpha_1 \pm \Delta\alpha' \pm \Delta\alpha''$ ($\delta \cong 0$).

⁵⁴¹ Тўртинчи ҳол учун Беруний 43-шаклининг биринчи вазиятини 41-шаклда тасвирлаймиз. Бу ерда $SL = \alpha_1$, $LB = \Delta\alpha'$ ва $SO = \Delta\alpha''$ деб белгилайлик.

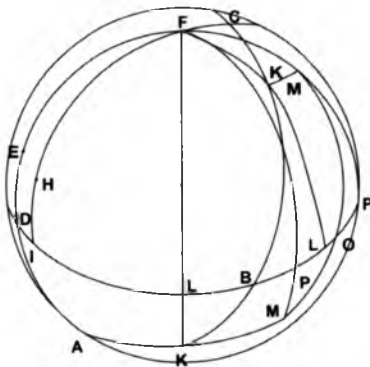
Агар $\delta > 0$ бўлса, $BS = SL - BL$ ва $\delta < 0$ бўлса, $BS = SL + BL$, демак, умуман $BS = SL \mp BL$ ($\delta \cong 0$), ёки $BS = \alpha_1 \mp \Delta\alpha'$ бўлади.

Тутилиш меридиани билан E шаҳри меридиани орасидаги узунлама айирмаси $DS = 90^\circ - BS$, яъни $DS = 90^\circ - (\alpha_1 \mp \Delta\alpha')$ ($\delta \cong 0$). Бундан $DO = DS + SO$ ёки $DO = 90^\circ - (\alpha_1 \mp \Delta\alpha') \pm \Delta\alpha''$. Демак, E ва H шаҳарлари узунламалари айирмаси $DI = OI + DO = 90^\circ + DS + SO$, ёки $\Delta\lambda = 180^\circ + \Delta\alpha'' - (\alpha_1 \mp \Delta\alpha')$ ($\delta \cong 0$) бўлади.

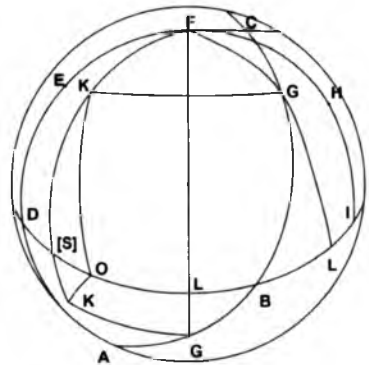
⁵⁴² Бешинчи ҳолда Беруний 44-шаклини биз 42-шаклда тасвирлаймиз.



39-шакл

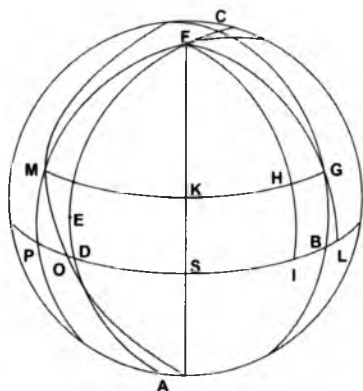


40-шакл



41-шакл

E шаҳридаги кеча бошидан бери ўтган вақтни $SL = \alpha_1$, ундаги кундуз тенгламасини $BL = \Delta\alpha'$, H шаҳрида кеча охиригача қолган вақтни $SP = \alpha_2$, ундаги кундуз тенгламасини $PO = \Delta\alpha''$ деб белгилайлик. У ҳолда $\delta > 0$ бўлганида $BS = SL - BL$ – бу E шаҳри шарқий уфқи учун ва $OS = SP - OP$ – H шаҳри ғарбий уфқи учун ўринли бўлади.



42-шакл

$ABC - E$ шаҳрининг уфқи, FKL – тутилиш меридиани. $KP-H$ шаҳри гарбий уфқининг ёйи бўлсин. Шаклда $LK = \delta > 0$, бу ҳолда $BP = BL + LP = \Delta\alpha' + \Delta\alpha''$; $IP = BD = 90^\circ$ эканлигидан $IP + BD = 180^\circ$. Бу охириги муносабатлардан $IP + BD + BL + LP = 180^\circ + BP$ ҳосил бўлади. Бу тенгликнинг чап тарафидаги ифода шарқий ярим шарда узунламалар айирмаси, яъни $DBI = 180^\circ + BL + LP$ ёки $\Delta\lambda = 180^\circ + \Delta\alpha' + \Delta\alpha''$ бўлади.

Бундан ғарбий яримшардаги узунлама айирмаси $360^\circ - \Delta\lambda = 180^\circ - (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'')$ бўлади. Агар $\delta < 0$ бўлса шарқий яримшарда

$$DBI = 180^\circ - (BL + LP) \text{ ёки}$$

$$\Delta\lambda = 180^\circ - (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'') \text{ бўлади,}$$

ғарбий яримшарда эса

$$DI = IP + DP \text{ ёки}$$

$$180^\circ - \Delta\lambda = \Delta\alpha' + \Delta\alpha'' \text{ бўлади.}$$

⁵⁴⁴ Муътазилийлар – Умавий халифалар даврида вужудга келган рационалистик оқим – муътазилия мазҳабининг вакиллари. Муътазилия аввал мутакаллимия (юқорида 26-изоҳга қаранг) таркибида бир тариқат бўлиб, кейин ундан ажралиб чиқади. (معتزل – ажралган, бўлинган) ва алоҳида оқим бўлиб шаклланади. Аббосийлар даврида, айникса халифа ал-Маъмун (813–833) даврида муътазилийлар кенг мавкега эга бўлиб, муътазилия ҳатто давлат микёсида ҳукмрон диний идеологияга айланади. Бироқ халифа Мутаваккил (847-861) даврида уларнинг адашган тоифа экани исботланиб, уларнинг фаолияти тақиқланади. Улар исломга хос бўлган, инсон тақдирининг аввалдан белгиланганлиги ҳақидаги қуръон кўрсатмасига қарши чиқиб, инсон иродасининг эркинлигини тарғиб қилдилар. Бундан ташқари улар инсон ўз фаолиятида ақл-идроққа таянишини ва ақл эса билим критерийси эканлигини даъво қилиб чиқдилар.

Муътазилия таълимотининг яна бир муҳим хусусияти шундан иборат эдики, у худони барча анитропоморфик ҳислатлардан маҳрум қилди ва бу билан ислом ақидаларининг таянчларини инкор этди. Муътазилийлар тарафдорлари Хуросон ва Ўрта Осиёда ҳатто XVI асрда ҳам учрарди (Григорян. Из истории философии. С. 35–38; Хайруллаев. Мироззрение Фараби. С. 132–134; Бартольд, II, ч. 1, С. 155, 225, 226).

$BD = IO = 90^\circ$ бўлгани учун у икки муносабатдан $SD = 90^\circ - BS$ ва $SI = 90^\circ - OS$ маълум. Бу охириги икки ёйнинг йиғиндиси узунламалар айирмасига тенг, яъни $DI = DS + SI$ ёки $DI = 180^\circ - (BS + SO)$, бундан $\Delta\lambda = 180^\circ - [\alpha_1 + \alpha_2 - (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'')]$; $\delta < 0$ бўлган ҳолда $BS = SL + BL$, $OS = OP + PS$ ва $LP = LS + SP$, бундан $OB = LS + SP - (OP + BL)$ ёки $OB = \alpha_1 + \alpha_2 - (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'')$ бўлади. Булардан $\Delta\lambda = 180^\circ - OB$ ёки $\Delta\lambda = 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2) + (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'')$.

⁵⁴³ Олтинчи ҳолдаги Беруний 45-шаклининг биринчи вазиятини 43-шаклда тасвирлаймиз.

Бу ерда, DBI – осмон экватори, F – олам кутби,

⁵⁴⁵ Абу Ҳошим Абдуссалом ибн Муҳаммад ал-Жуббой (933 й. – вафот) – муътазилия таълимотининг мафкурачиларидан бири.

⁵⁴⁶ «Само ва олам» – السماء و العالم – Аристотелнинг «Осмон ҳақида» асарининг араб тилидаги таржимаси.

⁵⁴⁷ Абу Бишр Матта ибн Юнус ал-Қиноъий (940 й. вафот) – X асрнинг йирик муътазилия таълимотининг мафкурачиларидан бири.

⁵⁴⁸ Беруний муътазилийлар орасида уларнинг имомлари Аристотелга нисбатан кўпроқ обрў ва эътиборга эга демокчи.

⁵⁴⁹ Ой тўла тутилган пайтида унинг маркази унга диаметрал қарама-қарши бўлган Қуёш марказига тўғри келган зенитга нисбатан нодир бўлади.

⁵⁵⁰ Қуёш орбитаси – فلك الشمس – унинг суткалик параллели.

⁵⁵¹ Ҳақиқий уфқ – الافق الحقيقي – яъни математик уфқ.

⁵⁵² 46-шаклда *AEB* бурчаги Қуёшнинг горизонтал параллаксидир. Беруний уни Птолемей «Алмажистий»сидан олган (*қаранг:* Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd, II, s. 18) бўлиб, у ерда унинг қиймати $p = 0^{\circ}2'51''$. Қуёш горизонтал параллаксининг ҳақиқий қиймати эса $p = 8''$, 79 бўлиб, у Птолемей келтирган ва Беруний тан олган қийматдан ўн тўққиз мартадан ортик.

⁵⁵³ Шаклда *HEG* бурчаги Ойнинг горизонтал параллакси бўлиб, унинг ҳақиқий қиймати $p = 57'$. Беруний уни олтидан беш даражадан ортиқроқ деб, ўзи кейинчалик «Қонуни Масъудий»нинг еттинчи мақоласида (*қаранг:* «Қонуни Масъудий», II, 190-бет) келтирган қиймати $0^{\circ}52'59''25'''$ ни назарда тутаётган бўлса керак. Бу қиймат ҳақиқийсидан $4'0''35'''$ кам.

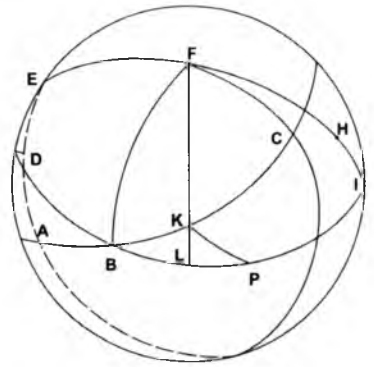
⁵⁵⁴ *Жавзаҳир* сфераси – فلك الجوزهر – Ой орбитаси, жавзаҳирлар унинг кўтари-лувчи (δ) тушувчи (ζ) тугунлари, бошқача айтганда унинг орбитасининг эклиптика билан кесишиш нуқталари. Ой тутилишлари Қуёш кўтарилиувчи («Бош») ёки тушувчи («Дум») тугунга яқинлашганидагина максимал бўлади (*қаранг:* Беруний, «Тафҳим», 122-бет).

⁵⁵⁵ «Қонуни Масъудий» бешинчи мақоласининг биринчи боби тутилишлар ёрдамида шахарлар узунламаларини аниқлашга бағишланган (*қаранг:* I-китоб, 371-375-бетлар) ва саккизинчи мақоласи бутунлай тутилишларга бағишланган (*қаранг:* II китоб, 207–282-бетлар).

⁵⁵⁶ «Оптика китоби» – كتاب المناظر – Птолемейнинг «Оптика» номли асарининг араб тилидаги таржимаси. Асарнинг асл юнон тилидаги нусхаси ҳам, араб тилидаги таржимаси ҳам сақланмаган. Фақат унинг араб тилидаги таржимасидан лотин тилидаги нашри мавжуд (*қаранг:* Нейгебауэр. Точные науки в древности. С. 214).

⁵⁵⁷ Ёруғлик рефракцияси ходисаси ҳақида сўз кетяпти.

⁵⁵⁸ Ой тутилиш пайтида Қуёш ва унга диаметрал қарши (مقابل – «муқобил») турган Ой ўрталарига мос келувчи осмон экваторининг даражалари назарда тутил-япти.



43-шакл

⁵⁵⁹ Тутилишда «тўхташ» – مكث – ёриткичнинг тўлиқ тутилишдаги фазаси ва унинг муддати.

⁵⁶⁰ «Очилиш» – انجلاء – тутилишдаги яна бир фаза бўлиб, у ёриткичнинг тўлиқ тутилиши тугаб, унинг дискидан қоронғилик кета бошлаши.

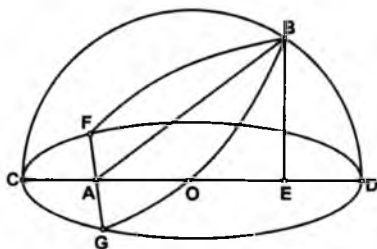
⁵⁶¹ Баландлик азимути – баландлиги маълум ёриткичнинг азимути.

⁵⁶² Кундуз ўқи – سهم النهار ёриткич суткалик параллели диаметрининг меридиан ва уфқ орасида жойлашган AB қисми ёки кундуз учбурчагининг (ABE) гипотенузаси (⁵⁶⁷-изохга қаранг). Агар ёриткич баландлигининг синуси $BE = \sin h_{\max}$, косинуси $OE = \cos h_{\max}$ ва шарқий азимутининг синуси $AO = \sin \Theta$ бўлса, 44-шаклда кундуз учбурчаги ABE дан Пифагор теоремасига кўра кундуз ўқини

$$AB = \sqrt{(\cos h_{\max} \pm \sin \Theta)^2 + \sin^2 h_{\max}}$$

кўринишда топилади.

⁵⁶³ Ёриткич ўтиш даражаси درجه ممز – – эклиптиканинг ёриткич оғиш доираси билан кесишиш нуқтаси. Беруний ўтиш даражасини аниқлашга атаб махсус асар ёзган.



44-шакл

Асарнинг 1948 й. Ҳайдарободда (Ҳиндистон) араб тилидаги нашри асосида амалга оширилган инглиз тилидаги таржимаси мавжуд (қаранг: Bīrūnī, Tranzit, яна 567-изохга қаранг).

⁵⁶⁴ Ёриткич ўтиш даражасининг матолиъи – ёриткич матолиъининг (مطالع) ёки тўғри чиқшининг ўзи.

⁵⁶⁵ Осмон ўртаси даражасининг матолиъи – осмон экваторининг маълум жой меридиани билан кесишиш нуқтаси.

⁵⁶⁶ Юлдуз баландлигини – h , тушки баландлигини – h_{\max} , айна вақт билан юлдузнинг тушки ҳолати орасидаги ёйни – t десак, бу ёй ўқи Беруний қондасига кўра

$$\sin t = \frac{(\sin h_{\max} - \sin h) \cdot \sqrt{(\cos h_{\max} \pm \sin \Theta)^2 + \sin^2 2h_{\max}}}{\sin h_{\max}}$$

формуладан топилади.

Агар ўтиш даражасининг матолиъини α_1 десак, осмон ўртаси даражасининг матолиъи α_2 ни t ёйга кўра

$$\alpha_2 = \alpha_1 \pm t$$

муносабатдан топилади.

⁵⁶⁷ Кундуз учбурчаги юқоридаги 44-шаклда ABE учбурчаги бўлиб, унинг BE катети тушки баландлик синуси, AE катети – тушки чизикнинг бир қисми ва гипотенузаси AB – кундуз ўқи (562-изохга қаранг).

⁵⁶⁸ Вақт учбурчаги – баландлик учбурчагининг ўзи (218-изохга қаранг).

⁵⁶⁹ Беруний 47-шаклидаги уч вазиятдан иккинчиси учун шаклни тўлиқроқ ҳолда 45-шаклда тасвирлаймиз. Бу ерда ABC – уфқ, AEC – туш чизиғи, BRQ – осмон экватори, P' – унинг шимолий кутби, BE – тенгкунлик чизиғи, DLH – юлдузнинг суткалик параллели, DG – унинг уфқ билан кесишиш чизиғи, L – юлдузнинг маълум вақтдаги ўрни, PLR – юлдуз орқали ўтган меридиан. $FH = \sin h_{max}$ ва $LO = \sin h$ маълум ва юқорида айтилганидек (562 ва 566 изоҳга қаранг), HFG тўғрибурчакли учбурчакда кундуз ўқи $\sqrt{(\cos h_{max} \pm \sin \Theta)^2 + \sin^2 h_{max}}$ маълум. HFG , LOP тўғрибурчакли уч бурчаклар ўхшашлигидан $\frac{OL}{LP} = \frac{FH}{HG}$ пропорция ҳосил бўлади.

Бундан $LO = \frac{LP \cdot FH}{HG}$ ёки $LP = KG = \frac{\sinh \sqrt{(\cos h_{max} \pm \sin \Theta)^2 + \sin^2 h_{max}}}{\sin h_{max}}$. Демак,

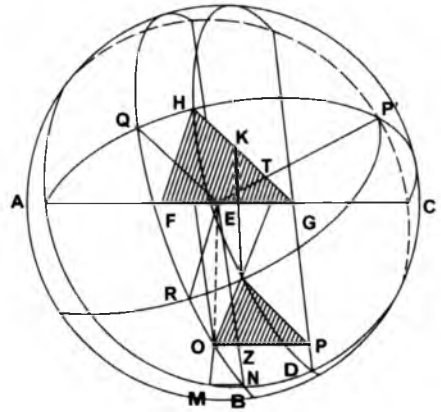
$$KH = HG - KG = \frac{(\sin h_{max} - \sin h) \cdot \sqrt{(\cos h_{max} \pm \sin \Theta)^2 + \sin^2 h_{max}}}{\sin h_{max}}.$$

Шаклда «маълум

вақт»ни кўрсатувчи ёй DL бўлиб, у шу билан бирга «доир» ёй, яъни у ҳозир юлдуз L нуктада бўлганидаги ёйни кўрсатади уни $DL = \tau$ деб белгилайлик. Осмон меридиани текислиги билан ёриткич огиш доираси текисликлари орасидаги бурчак $\angle QER = \angle HTL$ бўлиб, у QR ёйи билан ўлчанади, яъни у соат бурчагидир, уни $\angle QER$ деб белгилайлик. У ҳолда «доир» ёйи τ соат бурчаги t ва кундуз тенгламаси $\Delta\alpha$ билан ушбу $\tau = 90^\circ - (t \pm \Delta\alpha)$ формула орқали боғланган.

⁵⁷⁰ Охирги икки жумлани биз «Кейин шаҳар кенгламасининг синусини унга бўламиз ва бўлинмани азимут тўлдирувчисининг синусига кўпайтирамиз ва кўпайтмани тўлиқ синусга бўламиз» деб ўқиймиз. Қуйида чиқариладиган формулалар ҳам шуни тақозо қилади.

⁵⁷¹ Агар баландлик маълум бўлмай юлдуз азимути A , шаҳар кенгламаси φ ва юлдуз оғиши δ маълум бўлганида Беруний юлдуз турган нуктасидан туш пайтигача ёки туш пайтидан юлдуз турган онгача қолган ёки ўтган вақтни аниқлаш қоидасини қуйидаги формулалардан кўришимиз мумкин (Кулайлик учун бундан буён $R = 1$ деб оламиз, маълумки Берунийда $R = \sin 90^\circ = 60$). Умумий ҳолда бу масала соат бурчаги t ни аниқлашдан иборат. Бу ерда



45-шакл

$\sin x = \cos \varphi \cdot \cos A$ – биринчи ёдда сақланувчи,

$\cos x = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}$ иккинчи ёдда сақланувчи.

$\sin y = \frac{\sin \varphi \cdot \cos A}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$ муносабатдан ёдда сақланувчи.

$$y = \arcsin \frac{\sin \varphi \cdot \cos A}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}} \text{ ёй ҳосил бўлади.}$$

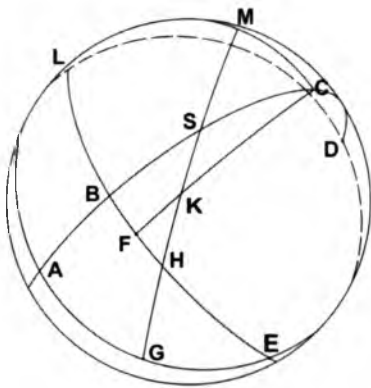
$$\sin z = \frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}} \text{ муносабатдан иккинчи ёй.}$$

$$z = \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}} \text{ ҳосил бўлади.}$$

Иккала ёйдан соат бурчаги

$$t = y \mp z = \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos A}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}} \mp \arcsin \frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$$

кўринишда топилади, бу ерда $\delta > 0$ бўлганида манфий ишора ва $\delta < 0$ бўлганида мусбат ишора олинади. Кўриш кийин эмаски, бу ерда «ёдда сақланувчи ёй» – y – «доир» ёй τ нинг 90° гача тўлдирувчиси – $y = 90^\circ - \tau$ ва z ёйи эса кундуз тенгламаси $z = \Delta\alpha$, y ҳолда яна юқоридаги (569-изох) $t = 90^\circ - \tau \mp \Delta\alpha$ формула ҳосил бўлади.



46-шакл

Беруний соат бурчагини аниқлашнинг худди шунга ўхшаш усулини «Қонуни Масъудий» тўртинчи мақоласининг йигирма биринчи бобида баён қилган (қаранг: I китоб, 351–354-бетлар ва 485-изох).

⁵⁷² Бу ерда ёриткичнинг осмон экваторидан баландлиги, яъни огиши $FK = \delta$ назарда тутиляпти, чунки FKC оғиш доирасидир.

⁵⁷³ Соат бурчагини аниқлашга тааллуқли Беруний 48-шаклдаги вазиятларнинг биринчисини 46-шаклда тасвирлаймиз. Шаклда AED уфқ доираси, S – зенит, EBL – осмон экватори, C – оламнинг шимолий кутби, ABC – осмон меридиани, GCM – баландлик доираси, K – ёриткич

турган нукта, FKC – унинг оғиш доираси бўлсин. Ёриткич оғиши $FK = \delta$, азимути $HG = A$, шаҳар кенгламаси $BS = \varphi$ маълум бўлган ҳолда BF ёйини, яъни соат бурчаги $< BCF = t$ ни аниқлаш қоидаси тўғрибурчакли сферик CSM , BSH , CMK ва FKH учбурчакларига сферик синуслар теоремасини бир неча марта кетма-кет қўллаб, BH ва FH ёйларни топишдан иборат. Аввал SCM учбурчагидан синуслар теоремасига кўра $\frac{\sin S}{\sin SCM} = \frac{\sin MC}{\sin MSC}$ – пропорциясидан $\sin CM = \cos \varphi \cdot \cos A$ – «биринчи ёдда сақланувчи» топилади. Шунга кўра, $\cos MC = \sin ML = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}$ топилади.

BSH ва HML тўғрибурчакли сферик учбурчакларидан яна ўша теоремага кўра

$$\frac{\sin SH}{\sin HM} = \frac{\sin BC}{\sin ML} \text{ пропорциядан } \sin SH = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}} \text{ – «иккинчи ёдда сақланув-}$$

чи» топилади. Худди шу учбурчакдан ва SAG учбурчагидан яна ўша теоремага кўра

$\frac{\sin SH}{\sin SG} = \frac{\sin HB}{\sin GA}$ – пропорциясидан

$\sin HB = \frac{\cos A \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$ муносабатга кўра биринчи ёй топилади.

$$HB = \arcsin \frac{\cos A \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$$

Сўнгра тўғрибурчакли сферик CKM учбурчакка сферик синуслар теоремасини

татбиқ қилиб, $\frac{\sin KC}{\sin CMK} = \frac{\sin CM}{\sin CKM}$ пропорциядан $CKM = -\frac{\cos \varphi \cdot \cos A}{\cos \delta}$ топилади.

Демак, бу охириги муносабатдан $\angle CKM \leq FKH$ ҳам маълум. У ҳолда катетлари $FK = \delta$, $FH = \Delta\alpha$ ва ўткир бурчаклари H , K бўлган тўғрибурчакли сферик

FKH учбурчакдан сферик синуслар теоремасидан $\frac{\sin FH}{\sin CKM} = \frac{\sin KF}{\sin ML}$ пропорция-

га кўра $\sin FH = \frac{\sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos A}{\cos \delta \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$ муносабатдан иккинчи ёй $FH = \arcsin$

$\frac{\cos \varphi \cdot \cos A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 A}}$ топилади.

Бу иккала ёйдан соат бурчаги t ни $BH = t = BH \mp FH$ тенгликдан топилади, бу ерда $\delta > 0$ да манфий ва $\delta < 0$ да мусбат ишора олинади, $\delta = 0$ да $FH = 0$ бўлиб, $BH = BF$ бўлади.

⁵⁷⁴ Баландлик билан азимут берилган ҳолда соат бурчагини ҳисоблаш амалларини кўриш учун 45-шаклда катта айлананинг радиуси $R = 1$ ва кичик айлана (параллелнинг) радиуси r дейлик, у ҳолда EOZ , EMN тўғрибурчакли учбурчаклар ўхшашлигидан ушбу $\frac{EO}{OZ} = \frac{EM}{MN}$ пропорциядан азимут аргументи $OZ = \cosh \cdot \sin A$ топилади. EOZ учбурчагидан Пифагор теоремасига кўра

$EZ = \sqrt{OE^2 - OZ^2} = \sqrt{\cos^2 h - \cos^2 h \cdot \sin^2 A} = \cos h \cdot \cos A$. Лекин DLH параллелида $LT = r = \cos \delta$ бўлган масштабда $EZ = KL = \sin t$ бўлади. Бундан $R = 1$ масштабда

$\frac{\sin t}{R} = \frac{\sin_r t}{\cos \delta}$ пропорция орқали ўтади. Демак, $\sin t = \frac{R \cdot \sin_r t}{\cos \delta}$ ёки $t = \arcsin \frac{R \cdot \sin_r t}{\cos \delta}$

бўлади.

⁵⁷⁵ Қуёш *буҳти* – بهت الشمس – Қуёшнинг сутка давомида эклиптика бўйлаб ўтган ёйи. Қуёшнинг эклиптикадаги ҳаракати нотекис бўлгани учун *буҳтлар* ҳар хил бўлади. *Буҳт* – санскритча bhukti сўзидан келиб чиққан (*қаранг*: «Қонуни Масъудий», I, 72-73-бетлар).

⁵⁷⁶ Агар юлдуз «доир» ёйини τ , экватор даражаларида ҳисобланган соат бурчагини t десак, осмон ўртасининг матолиъи – t нинг функцияси сифатида $\alpha(t) = \tau + t$ кўринишда ёзилиши мумкин. Осмон ўртаси даражасининг Қуёш ботаётган пайтдаги матолиъи $\alpha_\circ(t)$, Қуёш *буҳти* λ бўлса, Қуёшнинг ботишидан тутилиш пайтигача бўлган ҳақиқий ҳаракати $\Delta\lambda = [\alpha_\circ(t) - \alpha(t)] \cdot \frac{\lambda}{360^\circ}$ формуладан аниқланади.

Агар $\Delta\lambda$ га Куёшнинг ботиш пайтидаги узунламасини кўшилса, унинг тутилиш пайтидаги узунламаси ҳосил бўлади. Агар бу узунламадан 180° ни айирилса, тутилишнинг эклиптикадаги ўрни ҳосил бўлади.

⁵⁷⁷ «Ал-Хоразмий зиж» – *زيج الخوارزمي* – Мухаммад ал-Хоразмий (юқоридаги 274-изоҳга қаранг) томонидан халифа Маъмун даврида тузилган зиж – халифаликда тузилган зижларнинг энг аввалгиси эди. Унинг араб тилидаги нусхаси сақланмаган. Мазкур зижнинг испан-араб астрономи ва математиғи Маслама ал-Мажритий (X–XI) томонидан қайта ишланган нусхасини Аделард Батлик лотин тилига таржима қилган. Ушбу таржимадан немис тилидаги таржимаси билан лотинча нусхасини 1914 й. Г. Зутер нашр қилган (қаранг: *Die Astronomischen Tafeln des Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi*, Copenhagen, 1914).

1962 й. О. Нейгебауэр зижнинг инглиз тилидаги таржимасини нашр қилган (қаранг: *Neugebauer, The astronomical tables of al-Khwarizmi*, Kobenhavn, 1962).

1964 й. Ю.Х. Копелевич ва Б.А. Розенфельд зижнинг 6, 23 ва 28 боблари ҳамда синуслар ва тангенслар жадвалларининг рус тилидаги таржимасини нашр қилганлар (қаранг: Мухаммад ал-Хорезми. Математические трактаты. С. 89–93; Юшкевич, История математики. С. 207, 431).

⁵⁷⁸ «Синдҳинд» ҳақида юқорида 378-изоҳга қаранг.

⁵⁷⁹ Экватор чизиғи, бу ерда – *خط الاستواء* – Ер экватори.

⁵⁸⁰ «Ҳабаш ал-Ҳосиб, марвлик машхур математик ва астроном Аҳмад ибн Абдуллоҳ ал-Марвазийнинг лақаби, Бағдодда яшаган. Ибн ан-Надимнинг хаба-рига кўра (қаранг: Ибн ан-Надим, 275-бет) 100 ёшида вафот этган. Бағдод халифалари ал-Маъмун ва ал-Муътасимларнинг сарой астрономи бўлган. Берлиндаги бир қўлёзмада кўрсатилган хабарга кўра, ўз зижини ҳижрий 300/м. 912 й. тамомлаган. Лекин кўп хабарлар унинг 864–867 йиллар вафот этганига гувоҳлик беради. Тригонометрияга тангенс ва котангенс тушунчаларини киритган. У учта зиж тузган бўлиб, булардан бири «Синдҳинд»ларнинг қайта ишлангани эди. Булардан ташқари, у «Китоб фи маърифати ал-кура вал амали бихо», «Китоб ал-амал би-л-астурлоб ал-курий ва ажайбухи». «Китоб ал-комила фий руъйати ал-ҳилол», «Китоб ал-абъод вал-ажром», «Китоб ад-давоир ас-салос ал-мумасса ва кайфияти ал-авсол», «Китоб амали ас-сутух ал-мабсута вал-қоима вал-моила вал-мунҳарифа», «Китоб ар-рахоим вал мақойис» асарларини ёзган. Лекин буларнинг кўпи бизгача етиб келмаган (қаранг: Матвиевская, Учение о числе, с. 81; Fuat Sezgin, *Geschichte*, Bd. V, s. 275-276; Ибн ал-Қифтий, 170-бет; Schoy, *Über den Gnomon schatten und die Schattentafel*, Hannover, 1923, s. 12; Kennedy, *Islamic Actronomical Tables*, № 15. 16; Vernet, *Las tabulae probatae*, in: *Homenie a Millàs Vallicrosa*, Barcelona, 1956, II, p. 501-522; Kennedy, *An Early Method of Successive Approximations*, in: *Centaurus*, 13 (1969|248-250).

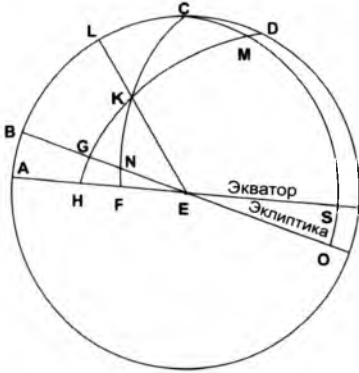
⁵⁸¹ Ёриткич орбитасининг оғиши, бу ерда *ميل مجرى الكواكب* – яъни ёриткич суткалик параллелининг осмон экваторидан оғиши.

⁵⁸² Ан-Найризий ва унинг зиж ҳақида 298-изоҳга қаранг.

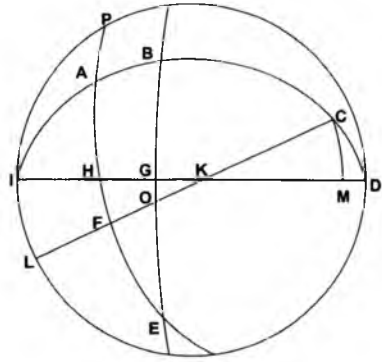
⁵⁸³ Ал-Баттоний ва унинг зиж ҳақида 303-изоҳга қаранг.

⁵⁸⁴ Осмон экваторидан узоклик, бу ерда – *بعد عن معدّل النهار*

⁵⁸⁵ Бу коидани $\delta_K = \frac{\sin(\beta \pm \beta_K) \cos \delta_E}{R}$ кўринишида ёзиш мумкин ($\delta_K, \delta_E, \beta$ ва β_K ёйлар ҳақида 587-изоҳга қаранг).



47-шакл



48-шакл

⁵⁸⁶ Тўрт қутбдан ўтувчи доира – الدائرة المارة بالاقطاب الأربعة – Қуёш туришлар қолжори, осмон сферасининг катта айланаси, у эклиптика қутбларидан, олам қутбларидан ҳамда Қуёш туриш нукталаридан ўтиши сабабли шундай аталади.

⁵⁸⁷ Беруний юлдузнинг эклиптик координаталари маълум бўлганида унинг экваториал координаталаридан бири, масалан, оғишини аниқлаш учун келтирган қоидасини кўрайлик. Бунинг учун унинг 49-шаклидаги биринчи вазиятини 47-шаклда тавсирлаймиз.

Бу ерда AES –осмон экватори, C –олам шимолий қутби, BEO – эклиптика, D – унинг шимолий қутби, $AB = \epsilon$ –энг катта оғиш, K – оғиш доираси CF да юлдуз ўрни, $GK = \beta_K$ – унинг эклиптик кенгламаси, $GE = \lambda_K$ – юлдуз даражаси ёки унинг эклиптик узунламаси, $HE = \alpha_G$ – шу даража матолиъи; GH ҳам эклиптик кенглама бўлганлиги учун уни β_E деймиз, $FE = \alpha_K$ –юлдузнинг матолиъи, $OS = \delta$ – юлдуз даражасининг оғиши, NE – юлдуз матолиъининг мос даражаси, $ABSD$ – Қуёш туришлар қолжори бўлсин. Берунийнинг юлдуз оғиши $FK = \delta_K$ ни аниқлаш қоидаси қуйидагича кўрсатилиши мумкин. Матнда кўрилган ҳолларда $KH = GH \pm KG = \beta \pm \beta_K$, $BE = GO = 90^\circ$ бўлгани учун $BG = EO = 90^\circ - GE = 90^\circ - \lambda_K$ бўлади ва $SO = \delta$ эканлигидан $MS = 90^\circ - GE = 90^\circ - \lambda_K$ бўлади.

HKF ва HMS тўғрибурчакли сферик учбурчакларига сферик синуслар теоремасини бир мартадан татбиқ қилишдан $\frac{\sin HK}{\sin KF} = \frac{\sin HM}{\sin MS}$ пропорция ҳосил бўлади.

$HK = \beta \pm \beta_K$, $MS = 90^\circ - \delta$, $HM = 90^\circ$ бўлганлиги учун β , β_K ва δ лар маълум бўлган ҳолда $KF = \delta_K$ ёйи $\sin \delta_K = \frac{\sin(\beta \pm \beta_K) \cos \delta}{R}$ формуладан топилади.

Оғиш δ_K ни $GH = \beta$ фойдаланмасдан топишда аввал тўғрибурчакли сферик EGK учбурчакка $GK = \beta_K$, $EG = \lambda_K$ катетлари ва номаълум бўлган гипотенузасига кўра сферик Пифагор теоремасини татбиқ қилиб, $\cos EK = \cos GK \cdot \cos EG$, ёки $\cos EK = \cos \beta_K \cdot \cos \lambda_K$ муносабатдан EK ёйи топилади, бундан $\sin EK = \sqrt{1 - \cos^2 \beta_K \cdot \cos^2 \lambda_K}$

«бўлак» аниқланади. Сўнгра EGK ва EBL тўғрибурчакли сферик учбурчакларга сферик синуслар теоремасини қўллаб,

$$\frac{\sin EK}{\sin KG} = \frac{\sin LE}{\sin LB}$$

пропорциядан мос қийматларни ўрнига қўйиш билан

$$\sin LB = \frac{\sin \beta_K \cdot R}{\sqrt{1 - \cos^2 \beta_K \cdot \cos^2 \lambda_K}}$$

муносабат ҳосил бўлиб, ундан

$$LB = \arcsin \frac{\sin \beta_K \cdot R}{\sqrt{1 - \cos^2 \beta_K \cdot \cos^2 \lambda_K}}$$

«ёдда сақланувчи» ёй ҳосил қилинади.

Шаклдан $AB = \varepsilon$ бўлгани учун $\beta > 0$, $\delta_K > 0$ бўлса, $LA = LB + \varepsilon$ ва $\beta > 0$, $\delta < 0$, ёки $\beta < 0$, $\delta > 0$ бўлса, $LA = LB - \varepsilon$ ва умуман $LA = LB \pm \varepsilon$ бўлади. Агарда $LB = \varepsilon$ бўлса, $\delta_K = 0$ бўлади.

Ва ниҳоят ALE , KFE сферик учбурчаклардан мазкур теоремага кўра

$$\frac{\sin LA}{\sin EL} = \frac{\sin KG}{\sin KF}$$

пропорция ҳосил бўлади.

Агар ушбу пропорцияда мос қийматларни ўз ўрнига қўйсақ ва қулайлик учун (муаллифга ҳилоф бўлса-да), $R = 1$ деб олсак, исталаётган δ_K ушбу

$$\sin \delta_K = \sin \left(\arcsin \frac{\sin \beta_K}{\sqrt{1 - \cos^2 \beta_K \cdot \cos^2 \lambda_K}} \pm \varepsilon \right) \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta_K \cdot \cos^2 \lambda_K}$$

формуладан топилади.

⁵⁸⁸ Бу ҳолда Беруний 50-шаклининг биринчи вазиятини 48-шаклда тасвирлаймиз. Шаклда $PILD$ уфқ текислиги, O – унинг зенити, GOL шу шаҳарнинг осмон ўрта чизиғи, яъни унинг меридиани, $PAHFE$ – осмон экватори, C – олам шимолий қутби, $BGOE$ – эклиптика, D – унинг шимолий қутби. Шартга кўра K юлдузнинг эклиптик кенгламаси $GK = \beta_K$, оғиши $FK = \delta_K$, H нукта матолиғи α_H («узунламаси») «узунлама оғиши» $HG = \beta$ ва Қуёш туриш нуктасигача энг яқин масофа BG нинг оғиши $CM = \delta$ маълум бўлиб, «тенглама» – $HF = \Delta\alpha$ аниқланиши керак. Беруний уни икки хил усул билан аниқлайди.

Биринчи усулда PHI , PFL тўғрибурчакли сферик учбурчаклардан сферик синуслар теоремасига кўра $\frac{\sin PH}{\sin HI} = \frac{\sin PF}{\sin LF}$ пропорциядан $HI = 90^\circ - KH = 90^\circ - (\beta \pm \beta_K)$, $PH = 90^\circ - HF = 90^\circ - \Delta\alpha$ эканлигини эътиборга олиб ва $R = 1$ дейилса,

$$\cos \Delta\alpha = \frac{\cos(\beta \pm \beta_K)}{\cos \delta_K}$$

бўлиб, бундан

$$\Delta\alpha = \arccos \frac{\cos(\beta \pm \beta_K)}{\cos \delta_K}$$

иккинчи усулда KHF , KCM тўғрибурчакли сферик учбурчаклардан мазкур теоре-

мага кўра $\frac{\sin KH}{\sin FH} = \frac{\sin KC}{\sin CM}$ пропорциядан $\sin \Delta\alpha = \frac{\sin(\beta \pm \beta_K) \cdot \sin \delta}{\cos \delta_K}$ бўлиб, бундан

$$\Delta\alpha = \arcsin \frac{\sin(\beta \pm \beta_K) \cdot \sin \delta}{\cos \delta_K}$$

ҳосил бўлади.

«Осмон ўртаси чизиғи ўтиш даражасини» α_F десак, у

$$\alpha_F = \alpha_H \pm \Delta\alpha$$

формуладан топилади. Бу ерда $\delta > 0$ ё $\delta < 0$ бўлишига қараб мусбат ёки манфий ишора олинади. $\Delta\alpha$ эса юқоридаги икки формуланинг биридан аниқланади.

⁵⁸⁹ Абу Али ал-Хусайн ибн Абдуллоҳ ибн Сино (980–1037 й.) – бухоролик машҳур табиб, файласуф, ўрта асрнинг энг буюк энциклопедик олимларидан. Унинг медицина, математика, астрономия, фалсафа, мантиқ ва бошқа фанлар соҳасида ёзган бебаҳо асарлари фан тарихида сўнмас из қолдирди. Унинг «Тиб қонунлари» асари бир неча аср давомида Шарқ ва Ғарбда медицинадан асосий қўлланма бўлиб келди. У ўзининг «Китоб аш-шифо», «Китоб ан-нажот» ва «Донишнома» номли асарларида астрономия ва математиканинг муҳим масалалари ҳақида чуқур илмий мулоҳазалар юритган. Ибн Сино астрономик инструментлар яшашга ва механикага доир махсус асарлар ёзган. Олим Бухоронинг Афшона қишлоғида туғилиб, Ҳамадон (Эрон) шаҳрида вафот этган ва ўша ерда дафн қилинган. Олим Хоразмда ал-Маъмун саройида Беруний билан ҳамкорликда бўлган (қаранг: Григорян С.Н. Великие мыслители Средней Азии. – М., 1958; Терновский, Ибн Сина; Якубовский, Ибн Сина; Семенов, Абу Али ибн Сина).

⁵⁹⁰ Шамс ал-Маолий, Қобус ибн Вашмгир – Зиёрийлар сулоласидан. Табаристон ва Гургоннинг ҳокими (978–1012 й.) (қаранг: Босворт. Мусульманские династии. С. 135).

⁵⁹¹ Заррин Гису («олтин соч» демақдир) Қобус ибн Вашмгирнинг кизи.

⁵⁹² Ибн Синонинг бу рисоласи ҳақида маълумотга эга эмасмиз.

⁵⁹³ Беруний «Қонуни Масъудий»да Бағдоднинг узунламасини $70^\circ 0'$ Журжоннинг узунламасини $80^\circ 10'$ деб олган. Демак, узунлама айирмаси $\Delta\lambda = 10^\circ 10'$ бўлади (қаранг: 1-китоб, 410, 420-бетлар).

⁵⁹⁴ «Манкиб ал-фарас» – منكب الفرس – яъни «От елкаси» – Пегас юлдуз туркумининг β (Шеат) юлдузи (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 323-бет ва 141-изоҳ).

⁵⁹⁵ Жиж эгаси – صاحب الزيج – Ҳабаш ал-Ҳосиб назарда тутиляпти.

⁵⁹⁶ Бу ерда $\lambda_x = \lambda_b \pm \Delta\lambda$ қоида устида сўз кетяпти, λ_b – Бағдод узунламаси, $\Delta\lambda = \Delta t \cdot 15^\circ$ – қидириляётган шаҳар ва Бағдод узунламаларининг айирмаси, Δt – ўша шаҳарда ҳисобланган ёки ўлчанган вақт, λ_x – номаълум шаҳар узунламаси.

⁵⁹⁷ Муқобил замон – الزمانان المتقابلان – яъни тутилиш кузатиляётган иккита шаҳарда шу тутилиш пайтидаги маҳаллий вақт.

⁵⁹⁸ Зижчи – زيجى – бу ерда фақат зиж тузиш, уларга асосланиш билан шуғулланадиган ва амалий астрономиядан узоқ бўлган киши назарда тутилади.

⁵⁹⁹ Абу Али Муҳаммад ибн Абду-л-азиз ал-Ҳошимий – X аср биринчи ярмида ар-Раккада ишлаган астроном. У 932 й. 16 ноябрда ар-Раккада Ой тутилишини кузатиб, у ернинг узунламасини аниқлаган (*қаранг*: Беруний, «Қонуни Масъудий», II, 44-бет, 53-изоҳ; Kennedy, A Commentary, p. 125).

⁶⁰⁰ Ҳижрий 320 й. 14-зулқаъда–мил. 932 й. 15 ноябрдан 16 ноябрга ўтар кечаси.

⁶⁰¹ 1^h соат = 15° бўлгани учун $0^h28' \cdot 15^\circ = 7^\circ$ бўлади, араб ва рус тилларидаги нусхаларда хато $7^\circ5'$ кўрсатилган. Беруний «Қонуни Масъудий»да келтирган маълумотларга кўра (*қаранг*: I китоб, 410, 418-бетлар). Бағдод билан ар-Ракка узунламалари айирмаси $6^\circ5'$ ва ар-Ракка Бағдоддан ана шу узунлама миқдорича ғарбда туради. Ҳозирги маълумотларга кўра, бу айирма $5^\circ23'$ ни ташкил қилади.

⁶⁰² Птолемейнинг кузатишлари назарда тутиляпти.

⁶⁰³ Бу узунлама айирмаси даражаларда $0^h50' \cdot 15^\circ = 12^\circ30'$ бўлади. Ҳозирги маълумотларга кўра, Искандария билан ар-Ракка орасидаги узунлама айирмаси $9^\circ8'$ ни ташкил қилади.

⁶⁰⁴ Муҳаммад ибн Исҳоқ ибн Устоз Бундоз ас-Сарахсий – IX аср астрономи. Хуросоннинг Сарахс шаҳридан. У ҳақида маълумот фақат Беруний асарларида мавжуд.

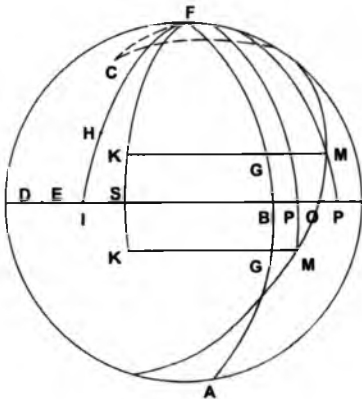
⁶⁰⁵ Кубба – القبة ёки قبة الارض – Ер куббаси – мусулмон астрономларининг тасавурида Ернинг маъмур чорагининг ўртасидаги меридиан остидаги жой. Одатда уни Ҳинд олимларига эргашиб Ҳиндистондаги Ужайн (أزين) шаҳрида деб ҳисобланган. Лекин Беруний «Қонуни Масъудий»да Кубба меридианини Ланка оролидан ўтган меридиан деб ҳисоблаган (*қаранг*: I-китоб, 366–368-бет; Крачковский, IV, Арабская географическая литература, с. 69).

⁶⁰⁶ Куббадаги тутилиш соатларини t_ϱ бирор X шаҳардаги ўша тутилиш соатларини t_x десак, ас-Сарахсий қондасини

$$\Delta\lambda = [t_\varrho - (t_x \pm \Delta\alpha \cdot 4')]\cdot 15^\circ \text{ ва } \lambda_x = 90^\circ \pm \Delta\lambda$$

кўринишда ёзиш мумкин.

⁶⁰⁷ Беруний ал-Сарахсийнинг қондасини исботлаш учун келтирган шаклини биз 49-шакл кўринишида тасвирлаймиз.



49-шакл

Агар $BS = \lambda_E$, $SP = \lambda_H$, $OP = \Delta\alpha$ десак, $\delta > 0$ ёки $\delta < 0$ да $SO = SP \pm OP$ бўлади. Шаклдан $DI = OB = SO - BS$, демак, $\Delta\lambda = \lambda_E - (\lambda_H \pm \Delta\lambda)$ ва бундан $\lambda_H = 90^\circ \pm \Delta\lambda$ бўлади.

⁶⁰⁸ Беруний бу ерда «Шарқ олимлари» деб хинд олимларини назарда тутаётган бўлиши керак. Уларнинг Кубба – Ужайн билан Бағдод орасидаги узунлама айирмаси учун соатларда $\Delta t = 1^h20'$ қийматни келтиришларига қараганда Бағдоднинг географик ўрни ҳақида аниқ тасаввурга эга эмасликларини кўрсатади.

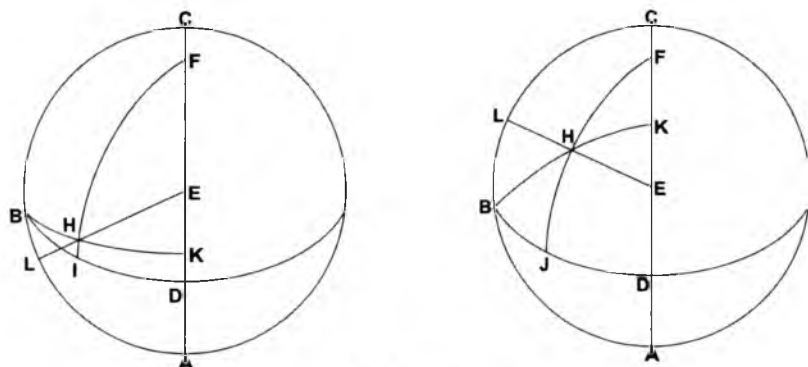
Ҳақиқатан ҳам Берунийдаги маълумотларга кўра Бағдоднинг узунламаси $70^\circ0'$, Ужайннинг

узунламаси $100^{\circ}51'$, демак $\Delta\lambda = 30^{\circ}51'$ бўлади. Агар буни соатларга алмаштирсак $\Delta t = 2^{\text{h}}3'24''$ бўлади. Бағдоддан $\Delta t = 1^{\text{h}}20'$ шарқдаги жой Ужайндан анча ғарбда, ҳозирги Покистондаги Кветта ёки Қалат шаҳарларига мос келади. Ҳозирги аниқ ҳисоблашларга кўра Бағдод узунламаси $44^{\circ}26'$ Ужайнники $-75^{\circ}51'$ ва $\Delta\lambda = 31^{\circ}25'$.

⁶⁰⁹ «Тенгланган узунлама» – الطول المعدل

⁶¹⁰ «Тенгланган кенглама» – العرض المعدل

⁶¹¹ Бу ерда икки шаҳар зенитлари орасидаги сферик масофани топиш йўли билан улар орасидаги масофани аниқлашдан иборат геодезик масала кўриляпти. Беруний 55-шаклининг биринчи ва иккинчи вазиятларини 50-шаклда тасвирлаймиз.



50-шакл

Шаклда шаҳарларнинг кенглалари $DE = \varphi_E$, $IH = \varphi_H$ ҳамда улар орасидаги узунлама айирмаси $ID = \Delta\lambda$ маълум, улар зенитлари орасидаги сферик масофа $HE = \rho$ ва H шаҳрининг E шаҳрига нисбатан азимути $BL = A$ аниқланиши керак. Қуйидаги ҳисоблашларда қулайлик учун $R = 1$ деб оламиз. FHK ва FID тўғрибурчакли сферик учбурчакларга сферик синуслар теоремасини татбиқ қилиб, ушбу

$$\frac{\sin HF}{\sin HK} = \frac{\sin FI}{\sin DI}$$

пропорция ҳосил қилинади ва бундан $\sin HK = \cos\varphi_H \cdot \sin\Delta\lambda$ муносабатдан «тузатилган узунлама» ёйи HK аниқланади. Сўнгра BHI ва BKD тўғрибурчакли сферик учбурчаклардан яна ўша теоремага асосан

$$\frac{\sin BH}{\sin HI} = \frac{\sin BK}{\sin KD}$$

пропорциядан келиб чиқувчи

$$\sin KD = \frac{\sin\varphi_H}{\sqrt{1 - \cos^2\varphi_H \cdot \sin^2\Delta\lambda}}$$

формуладан «тузатилган кенглама» ёйи KD аниқланади. Мавжуд тўрт вазият эътиборга олинса $EK = DK \pm ED$ ёки

$$EK = \arcsin \frac{\sin\varphi_H}{\sqrt{1 - \cos^2\varphi_H \cdot \sin^2\Delta\lambda}} \pm \varphi_E$$

бўлади.

BHL ва BKA тўғрибурчакли сферик уч бурчаклардан мазкур теоремага кўра

$$\frac{\sin BH}{\sin HL} = \frac{\sin BK}{\sin KA}$$

пропорция ҳосил бўлади. Ушбу пропорциядан, $BK = 90^\circ$, $BH = 90^\circ - HK$, $AK = 90^\circ \mp EK$ эканлигини эътиборга олсак, H зенитнинг ABC уфқидан баландлиги HL куйидаги кўринишда топилади

$$\sin HL = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda} \cdot \sin \left[90^\circ \pm \left(\arcsin \frac{\sin \varphi_H}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda}} \pm \varphi_E \right) \right]$$

Агар $HL = 90^\circ - HE = 90^\circ - \rho$, яъни HL баландлик масофа $HE = \rho$ нинг тўлдирувчиси эканлиги эътиборга олинса, у ҳолда охириги формула масофаники бўлиб, уни ушбу содда формада ёзиш мумкин

$$\cos \rho = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda} \cdot \cos \left(\arcsin \frac{\sin \varphi_H}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda}} \pm \varphi_E \right);$$

H шаҳрининг азимути $BL = A$ икки хил усул билан аниқланган. Биринчисида EHK , EAL тўғрибурчакли сферик уч бурчакларга сферик синуслар теоремасини

татбиқ қилиш билан $\frac{\sin HE}{\sin KH} = \frac{\sin EL}{\sin LA}$ пропорция ҳосил қилинган.

Бундан $\sin AL = \frac{\cos \varphi_H \cdot \sin \Delta\lambda}{\sin \rho}$ формуладан

$$AL = 90^\circ - BL = \arcsin = \frac{\cos \varphi_H \cdot \sin \Delta\lambda}{\sin \rho} \quad \text{ёки}$$

$$A = BL = 90^\circ - \arcsin \frac{\cos \varphi_H \cdot \sin \Delta\lambda}{\sin \rho}$$

бўлади.

Иккинчидан BHL ва EHK тўғрибурчакли сферик уч бурчакларда мазкур теоремани татбиқ қилиб, $\frac{\sin HB}{\sin BL} = \frac{\sin EH}{\sin KE}$ пропорция ҳосил қилинади ва бундан азимут $BL = A$ ни куйидаги

$$\sin A = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda} \cdot \sin \left(\arcsin \frac{\sin \varphi_H}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda}} \right)}{\sin \rho}$$

кўринишда топилади, бу ерда

$$\sin \rho = \sqrt{1 - (1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda) \cdot \cos^2 \left(\arcsin \frac{\sin \varphi_H}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H \cdot \sin^2 \Delta\lambda}} \pm \varphi_E \right)}$$

⁶¹² Агар $\Delta\lambda = 0$, $\varphi_H \neq \varphi_E$ ва $\varphi_H < 0$ ёки $\varphi_H > 0$ бўлса $\rho = \varphi_E \pm \varphi_H$ бўлади ва бу ҳолда I, D нукталар устма-уст тушади.

⁶¹³ Зиммийлар – أهل الذمة – ислом мамлакатларида яшовчи «китоб ахллари» (أهل الكتاب – христианлар, яҳудийлар). Улар билан бўлган битимга кўра, диний урф-одатларини бажаришга ва амонатга рухсат шарти билан ислом аскарлари фойдасига ўз мол-мулк ва ер-сувларидан хирож тўлаб туриш, янги ибодатхоналар курмаслик ва бошқа мажбуриятлар улар «зиммасига тушган».

⁶¹⁴ Бу ҳақда 44-изоҳга қаранг.

⁶¹⁵ Яъни ўша шаҳардан Маккага йўналиш аниқланса.

⁶¹⁶ Макка кенгламаси $21^{\circ}25'$, Берунийда $21^{\circ}20'$ (қаранг: «Қонуни Масъудий». I, 404-бет).

⁶¹⁷ Мансур ибн Талха ҳақида 312-изоҳга қаранг.

⁶¹⁸ Макка узунламаси Берунийда Холидот оролларида ҳисобланганида $67^{\circ}0'$ (қаранг: «Қонуни Масъудий». I, 404-бет), Гринвич меридианидан ҳисобланганда эса $39^{\circ}47'$.

⁶¹⁹ Ҳабаш ал-Ҳосибнинг ушбу (كتاب الاعداد و الاجرام) китоби сақланмаган. Афтидан бу асар унинг ёзган учта астрономик рисоласидан бири бўлса керак (қаранг: Матвиевская. Учение о числе. С. 81).

⁶²⁰ Муҳаммад алайҳиссалом Маккадан Мадинага хижрат қилганларидан сўнг (622 й. 21 сентябрь) намоз ўқишда Қуддусга юз ўгиришни буюрганлар ва бир ярим йил Қуддус кибла бўлган.

⁶²¹ Беруний геоцентризми.

⁶²² Қулоч – باع – «боъ», узунлик ўлчами, тўрт газга тенг. Агар бир газ 49,872 см бўлса, бир кулоч 199,5 см бўлади (қаранг: Хинц. Мусульманские меры. С. 63).

⁶²³ Тадмур – Суриядаги қадимий шаҳар, ҳозир ҳам шу ном билан аталади. Дамашқдан 443 км шимолий шарқда жойлашган, у орқали Мосулдан Хомсга олиб борадиган йўл ўтган. Беруний қадимги ўлчашлар деб Птолемей ўлчашларини ёки IV асрда исқандариялик Теон бажарган ўлчашларни айтаётган бўлса керак.

⁶²⁴ Ар-Ракқа билан Тадмур ораси тўғри чизик бўйлаб 169 км, агар бир мил – 1995 м десак, 90 мил – 179,550 км бўлади. Бу икки шаҳар битта меридианда эмас, ар-Ракқа Тадмурнинг шимоли-шарқда.

⁶²⁵ Беруний «Геодезия»да Тадмурни фақат шу ерда эслайди. Афтидан у «Геодезия»дан аввал ёзган бирор асарини назарда тутди. Бу ерда Тадмурнинг кенгламаси, у ар-Ракқадан жанубда бўлишига қарамай, уникадан кўп, яъни хато берилган. «Геодезия»дан кейин ёзилган «Қонуни Масъудий» асарида Тадмур кенгламаси $34^{\circ}40'$ берилган, шунда иккала кенглама айирмаси $1^{\circ}21'$ бўлади. Тадмур ва ар-Ракқа географик координаталарининг Птолемей «География»сида (V мақола, 15, 18-бет) Беруний «Қонуни Масъудий»сида (I китоб, 418-бет) келтирилган қийматларини ҳозир қабул қилинган қийматлари билан қуйидаги жадвалда солиштирайлик:

	Узунлама			Кенглама		
	Птолемейда	Берунийда	Ҳозир	Птолемейда	Берунийда	Ҳозир
Тадмур	$71^{\circ}40'$	$63^{\circ}55'$	$38^{\circ}15'$	$34^{\circ}0'$	$34^{\circ}40'$	$34^{\circ}36'$
Ар-Ракқа	$73^{\circ}12'$	$63^{\circ}55'$	$39^{\circ}3'$	$35^{\circ}20'$	$36^{\circ}1'$	$35^{\circ}57'$
Айирма	$1^{\circ}32'$	$0^{\circ}0'$	$0^{\circ}48'$	$1^{\circ}20'$	$1^{\circ}21'$	$1^{\circ}21'$

Солиштиришлар шуни кўрсатадики, Беруний ҳам IV аср астрономлари каби бу икки шаҳарни бир хил меридианда деб хато қилган, лекин унинг кенгламалар учун келтирган қийматлари анча катта аниқликка эга. Ўша қадимгиларнинг ўлчашларича иккала шаҳар орасидаги масофа 90 мил бўлиб, у $1^{\circ}21'$ нинг узунлигидир, бундан 1° нинг узунлиги $66 \frac{2}{3}$ мил бўлади. Агар бу қийматни километрларга ўтказсак, $66 \frac{2}{3} \cdot 1,995 \text{ км} = 133 \text{ км}$. Бу эса ҳақиқий қиймат 110,6 км дан анча ортиқ, шу сабабли ҳам у Берунийни қаноатлантирмаган.

⁶²⁶ Агар 1 газ = 49,875 см бўлса, ҳиндлардаги 1 фарсах = $16000 \cdot 49,875 = 7980$ метр ва бундан Ер айланасининг узунлиги $L = 2\pi R = 6600 \cdot 7980 \text{ м} = 52668 \text{ км}$ бўлади. Бу эса ҳақиқий қиймат – 40000 км дан 12668 км ортиқ.

⁶²⁷ Ҳермес Трисмагест – қадимги Миср афсонавий донишманди.

⁶²⁸ Агар 1 газ = 49,875 см, 1 фарсах = 12000 газ = 5,985 км бўлса, Ер айланасининг узунлиги $L = 9000 \phi = 53865 \text{ км}$ бўлади. Бу қиймат ҳақиқийсидан 13865 км ортиқ.

⁶²⁹ Бу қиймат метр системасига кўчирилганда қуйидагича бўлади:

$$L_{1^{\circ}} = 18 \frac{1}{3} \phi = 18 \frac{1}{3} \cdot 3 \text{ мил} = 55 \text{ мил} = 55 \cdot 5333 \frac{1}{3} \text{ газ} = 55 \cdot 2,66 \text{ км} = 146,3 \text{ км}.$$

Бу ерда ҳам қиймат жуда катта чиқди, бунга сабаб ҳиндларда фарсах қийматининг катталигида, яъни 16000 газ = 7980 м деб олиниши ва бундан 1 мил = $\frac{1}{3} \phi = 2660 \text{ м}$ деб олинишидир. Агар 1 мил = 1995 м бўлса, 1 $\phi = 5885 \text{ м}$ бўлиб, Ер айланаси 1° нинг узунлиги $l_{1^{\circ}} = 18 \frac{1}{3} \phi = 55 \text{ мил} = 107,525 \text{ км}$ чиқиб, ҳақиқий қийматга жуда яқин бўларди.

⁶³⁰ Бу қийматни метр тизимига кўчирсак, $l_{1^{\circ}} = 25 \phi = 75 \text{ мил} = 75 \cdot 4000 \text{ газ} = 300000 \cdot 0,49875 \text{ м} = 149,625 \text{ км}$ бўлади. Бунда Ер катта айланасининг узунлиги $L = l_{1^{\circ}} \cdot 360 = 53865 \text{ км}$ (628-изоҳга қаранг) чиқади.

⁶³¹ $l_{1^{\circ}} = 100$ бўлганида $L = 36000 \text{ мил} = 12000 \phi = 70620 \text{ км}$ бўлади.

⁶³² Тинчлик шаҳри, яъни Бағдод.

⁶³³ «Қора» газ – *النزاع السودا* – маълумотларга кўра, халифа ал-Маъмун даврида Бағдод билан Сурраманро орасида геодезик ўлчашлар олиб борилганида эталон сифатида қора танли қулнинг тирсаги олинган. Хинцнинг хабар беришича (қаранг: Хинц. Мусулманские меры. С. 63), унинг узунлиги 54,04 см бўлган, К. Наллино эса (қаранг: Наллино. р. 142, 1-изоҳ) уни 49,43 см деб таъкидлайди. «Қора» газ Хинц айтганидек бўлса $11^{\circ} = 56 \frac{2}{3} \text{ мил} = 56 \frac{2}{3} \cdot 4000 \text{ газ} = 122,4901 \text{ км}$ бўлиб, 1 мил = 2161,6 м бўлар эди. Агар у К.Наллино айтганидек бўлса, $l_{1^{\circ}} = 56 \frac{2}{3} \text{ мил} \cdot 1977,2 \text{ м} = 111,758 \text{ км}$ бўлади.

⁶³⁴ Бағдод ва Сурраманраонинг Берунийдаги ва ҳозирги географик координаталарини қуйидаги жадвалда солиштирайлик:

	Узунлама		Кенглама	
	Берунийда	Ҳозир	Берунийда	Ҳозир
Бағдод	70°0'	44°26'	33°20'	33°20'
Сурраманро	69°45'	43°52'	34°12'	34°13'
Айрма	0°15'	0°34'	0°52'	0°53'

Демак, Беруний айтганидек, ал-Маъмун давридаги бу биринчи ўлчаш ишларида иккита хатога йўл қўйилган: 1) Иккала шаҳарни битта меридианда дейилган ва 2) 52' ни 1° деб қабул қилинган.

Агар шу ўлчашларда қўлланилган «Қора» газни 49,43 см (633-изоҳга қаранг) деб олинганида Ер катта айланасининг 52' учун 111,758 км мос келади. Бу ҳолда «бутун» айлананинг узунлиги $52' \cdot 360 = 111,758 \text{ км} \cdot 360$ ёки $312^\circ = 40232,88 \text{ км}$ бўлади.

Бу ерда бир даража билан 52' орасидаги фарқлар йигиндиси 48° ни ташкил қилади, бунга эса 6189,671 км мос келади. Демак, бу ҳолда «ҳақиқий» узунлик $L = 46422,55 \text{ км}$ бўларди. «Қора» газ 54,04 см деб олинганида эса хатолик янада ортар эди.

⁶³⁵ Кўчиш – *مرحلة* – карвон йўли билан манзилдан манзилга кўчиш назарда тутилади. Шубҳасиз, бу ҳолда йўл меридиан йўналишидан четлашиши сабабли масофа катта чиққан.

⁶³⁶ Стадия – юнонча *στάδιον* сўзидан – қадимги юнонликларда узунлик ўлчами, турли даврларда унинг миқдори турлича бўлган. Энг аввало бир стадия деб ўртача қадам билан 2 минут давомида ўтилган йўл олинган (тахминан 185 м). Бундан ташқари, аттик стадия 177,6 м ва олимпик стадия 192,27 м эканлиги маълум. Стадиянинг яна 288 м, 150 м, 107 м ва 112 м миқдорлари ҳам қўлланилган (*қаранг*: Петросян. Древнеармянские источники). Птолемей «География»сида Ер меридиани узунлигини $L = 180000$ стадия деб олган, бундан унинг 1° ининг узунлиги 500 стадия бўлади. Афтидан бунда у олимпик стадияни қўллаган (*қаранг*: «Қонуни Масъудий», I, 62-бет).

⁶³⁷ Синжор саҳроси – *بَرْيَة سنجار* – Ирокнинг шимоли-ғарбида, Мосул шаҳридан ғарбдаги саҳро. Ўрта асрларда Мосулдан уч кунлик масофада жойлашган Синжор шаҳри номи билан аталган. У шаҳар ўрнида ҳозир Балад Синжор шаҳарча сақланган. Бу шаҳарчага шимолдан Синжор ясситоғлиги (Жабал Синжор) ёндашади. Ҳозир шу саҳро ва тоғнинг ғарбий бир қисми Сурия территориясига киради.

⁶³⁸ Сурраманраодан 43 фарсах ≈ 258 узоқликда Синжор саҳросидаги жой Балад Синжордан қарийб 30 – 40 км жанубда 36-параллелга тўғри келади.

⁶³⁹ Али ибн Исо ал-Астурлобий – IX аср астрономи, астурлоб сифатида машҳур бўлган. Унинг астурлобга бағишланган рисоласи кўп нусхаларда тарқалган (*қаранг*: Suter, Die Mathematiker, s. 13; Наллино, p. 281–283).

⁶⁴⁰ Аҳмад ибн ал-Бухтурий аз-Зарроъ (яъни «газчи», Ер ўлчовчи). Ибн Юнус уни ал-Маъмун даврида Синжорда бажарилган ўлчаш ишларида иштирок этганлар ичида Али ибн ал-Бухтурий номи билан эслайди. У ҳақда бошқа маълумотлар сақланмаган (*қаранг*: Suter. Die Mathematiker. S. 209).

⁶⁴¹ Қарийб 111,7 км.

⁶⁴² Яҳё ибн Аксом ал-Қозий – машҳур қози, халифа ал-Маъмун даврида Басра қозиларининг раиси бўлган. Унинг ўгли Муҳаммад арифметик рисола муаллифи (*қаранг*: Suter. Die Mathematiker. S. 30; Ибн ал-Қифтий. 188 б; Fuat Sezgin *Gesvichte*. Bd. V, s. 273; Ибн ан-Надим. p. 282).

⁶⁴³ Абу Ҳомид ас-Сағоний ҳақида юқоридаги 343-изоҳга қаранг.

⁶⁴⁴ Собит ибн Қурра ҳақида юқоридаги 154-изоҳга қаранг.

⁶⁴⁵ Ал-Фарғоний, Абу-л-Аббос Ахмад ибн Муҳаммад ибн Касир – фарғоналик буюк астроном ва математик, ал-Хоразмий билан бирга Бағдодда ишлаган ва халифа Мутаваккил (847–861) даврида бир муддат Мисрда яшаб, у ерда нилометр ясаган, 861 й. вафот этган. Унинг бир қатор астрономик асарларидан «Астрономия негизлари» номли энциклопедик асари Европада машхур бўлган. Птолемей «Алмажистий»сини шарҳлаган, астрономик асбоблар ҳақида ва Куёш соатлари ҳақида рисоалар ёзган. Унинг «Етти иқлим ҳақида» номли географик асари ҳам маълум (қаранг: Матвиевская. Учение о числе. С. 81; Вороновский. Астрономы Средней Азии, С. 106–107).

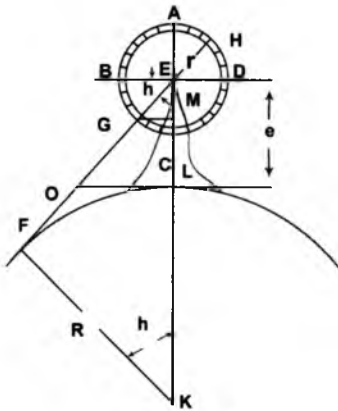
⁶⁴⁶ Деҳистон – Каспий денгизининг жануби-шарқий қирғоғидаги қадимий ўлка ва қишлоқ, бу номни қадимда ўша ерда кўчманчилик қилган дах қабиласи номидан олган, ҳозирги Туркменистон Республикаси Ҳасан кўли районидаги ерлар (қаранг: Бартольд. Обзор. С. 81–8)

⁶⁴⁷ Бу ҳақда қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 387-бет.

⁶⁴⁸ Бу ерда Беруний Птолемей «География»си 1-мақоласининг учинчи бобидан цитата келтиряпти. Бу цитата Мжик томонидан немис тилига таржима қилиниб шарҳланган (қаранг: Hans von Mžik. SS. 19–20, 79–84).

⁶⁴⁹ Араб тилидаги ва рус тилидаги нусхаларда ح د (DH) дейилган, биз ح о ўқиймиз.

⁶⁵⁰ Биз изоҳларнинг 50-шаклига муурожаат қилиб, у ерда $IH = \varphi_{HP}$, $DE = \varphi_{EP}$, $DI = \Delta\lambda$, $\angle AEL = 90^\circ - A$ десак, ўлчанган масофа $EH = \rho$ нинг градуслари қуйидагича топилади.



51-шакл

Аввал FHK , FID тўғрибурчакли сферик уч бурчакларга сферик синуслар теоремасини татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin FH}{\sin HK} = \frac{\sin FI}{\sin ID}$$

пропорциядан

$$\sin HK = \frac{\cos \varphi_H \cdot \sin \Delta\lambda}{R}$$

топилади.

Сўнгра HKE ва ALE уч бурчакларга ўша теоремани татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin KH}{\sin HE} = \frac{\sin AL}{\sin LE}$$

пропорциядан

$$\sin \rho = \frac{\cos \varphi_H \cdot \sin \Delta\lambda \cdot R}{\cos A}$$

топилади. Ва ниҳоят $\frac{EH}{360^\circ} = \frac{\rho}{2\pi R}$ пропорциядан $EH = \frac{180^\circ \cdot \cos \varphi_H \cdot \sin \Delta\lambda}{\pi \cdot \cos A} - \rho$ масофанинг градуслари топилади.

⁶⁵¹ Шарқ ва ғарб тарафидаги йўналиш.

⁶⁵² Нисбатларни ажратиш – تفصيل النسبة – ҳақида юқорида 363-изоҳга қаранг.

⁶⁵³ Беруний шаклини 51-шаклда тасвирлайлик. Шаклда қуйилашиш ёйи $BG = HD = h$, армилляр сферанинг радиуси $EH = r$, тоғ баландлиги $EL = l$, аниқланиши

керак бўлган Ер радиуси $FK = R \sin h$. У ҳолда EMG ва EFK тўғрибурчакли уч-бурчаклар ўхшашлигидан

$$\frac{BG}{GM} = \frac{EK}{KF} \text{ ёки } \frac{EG}{EG-GM} = \frac{EK}{EK-KF}$$

бўлади. Бу ерда $EK = EL + LK = l + R$ бўлгани учун тегишли алмаштиришлардан сўнг Ер радиуси $R = \frac{l \cdot \cos h}{r - \cos h}$ кўринишда топилади.

Иккинчи усулда LOE тўғрибурчакли уч бурчакдан синуслар теоремасига кўра $\frac{EL}{\sin O} = \frac{LO}{\sin E}$ пропорциядан $LO = OF = l \cdot \frac{\cos h}{\sin h}$ ҳосил бўлади. Шу уч бурчакдан Пифагор теоремасидан $OE = \sqrt{EL^2 + OL^2} = l \sqrt{1 + \cot^2 h} = l \cdot \frac{1}{\sin h}$ бўлади. Демак, $EF = OE + OF = l \cdot \frac{1}{\sin h} + l \cdot \frac{\cos h}{\sin h} = l \cdot \frac{1 + \cos h}{\sin h}$.

EFK тўғрибурчакли уч бурчакдан синуслар теоремасига кўра $\frac{EF}{\sin K} = \frac{FK}{\sin E}$ пропорциядан тегишли алмаштиришлардан сўнг Ер радиуси $R = \frac{l \cos h (1 + \cos h)}{\sin^2 h}$ кўринишда топилади.

⁶⁵⁴ Санад ибн Али ҳақида юқорида 286-изоҳга қаранг.

⁶⁵⁵ Халифа ал-Маъмуннинг Рум (Византия)га юриши ҳақида 277-изоҳга қаранг.

⁶⁵⁶ Бу ҳолда $EL = l$, $BG = h$, $BH = \sinh$, $MH = \cosh$ ва $MB = R$ десак, Ер радиуси $LK = r$ қуйидагича аниқланади.

MBH , EKF Тўғрибурчакли уч бурчакларнинг ўхшашлигидан $\frac{MB}{HM} = \frac{EK}{KF}$ пропорциядан «нисбатларни ажратиш» операциясига кўра $\frac{MB}{MB-MN} = \frac{EK}{EL}$ пропорция ҳосил қилинади. Бундан $EK = El + LK = \frac{MB \cdot EL}{MB - MH}$ ёки $l + r = \frac{R \cdot l}{R - \cos h}$ ва ниҳоят Ер радиуси

$$r = \frac{l \cdot \cos h}{R - \cos h}$$

ҳосил бўлади.

⁶⁵⁷ Биз عمود (том маъноси «перпендикуляр») сўзини гап баландлик устида кетаётгани учун шундай таржима қилдик. Одатда Беруний баландлик ўрнида ارتفاع сўзини ишлатади.

⁶⁵⁸ Агар квадрат томонини a , $AF = m$, $CH = n$ десак, тоғ баландлиги $EG = l$ қуйидагича аниқланади. FAD , DCE тўғрибурчакли уч бурчаклар ўхшашлигидан $\frac{FA}{AD} = \frac{DC}{CE}$ пропорциядан $CH = \frac{a^2}{m}$ топилади. Сўнгра CEG , DCH тўғрибурчакли учбурчаклар ўхшашлигидан $\frac{CE}{EG} = \frac{DC}{CH}$ пропорцияга кўра тоғ баландлиги $EG = l = a \cdot \frac{n}{m}$ топилади.

⁶⁵⁹ Нандна – Покистоннинг шимоли-шарқида Желам шаҳри яқинидаги Палиатх тоғидаги қалъа, ҳозирги номи Тилла. Беруний «Ҳиндистон»ида (қаранг: 244-бет) унинг кенгласини $32^\circ 0'$ деб олган. Покистон топографик карталарида унинг кенг-

ламасини $\varphi = 32^{\circ}43'$ ва узунламасини $\lambda = 73^{\circ}14'$ деб берилади. Бу ерда келтириллаётган ўлчашларни у «Қонуни Масъудий»да келтирган (қаранг: I китоб, 387–388-бетлар; Rizvi, A newiy discovered).

⁶⁶⁰ Ассиёб гази – ذراع الثياب – яъни «кўйлак гази», бу Ҳиндистонда газламаларни ўлчашда қўлланган, узунлиги 49,875 см бўлса керак. Бу ҳолда Нандна қалъасининг баландлиги $652^{\circ}3'18'' = 325,213$ м бўлади.

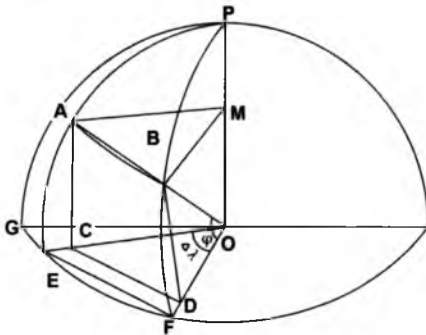
⁶⁶¹ Агар 1 мил = 1973,2 м (Хинц, Мусулманские меры, с. 72) бўлса, $55^{\circ}53'15''$ мил = 110,277 км бўлади ва агар 1 газ = 0,4933 м бўлса, $223550^{\circ}19'45''$ газ = 110,277 км бўлади. Худди шу бирликларда Ер катта айланасининг узунлиги $L = 2\pi R = 80478118^{\circ}30'39''$ газ бўлади. Агар Беруний «Қонуни Масъудий»да олганидек (I китоб, 240-бет), $\pi = 3,1417$ бўлса, Ер радиуси $R = \frac{39699,856}{2\pi} = 6318,21$ км чиқади. Агар

1 мил = 1995 м бўлса, $L = 40138,716$ км ва Ер радиуси $R = \frac{40138,716}{2\pi} = 6388$ км чиқади. Бу қиймат Ернинг экваториал радиуси учун қабул қилинган $a = 6378,16$ км қийматдан 9,84 км ортиқдир.

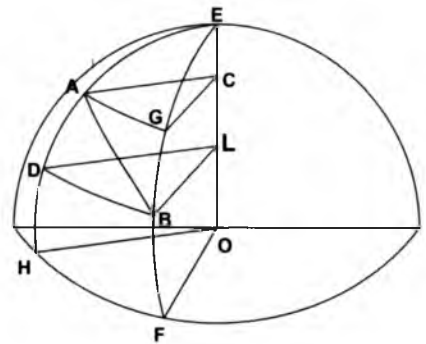
⁶⁶² Яъни византияликлар.

⁶⁶³ Агар кенглама айирмаси $\Delta\varphi$, Ернинг бир градусли ёйининг узунлиги l_1 бўлса, у ҳолда даражалари $\Delta\varphi$ бўлган ёйининг узунлиги $\rho = l_1 \cdot \Delta\varphi$ кўринишда топилади.

⁶⁶⁴ Беруний коидаси ушбу 52-шаклдан келиб чиқади. Бу ерда $GEFN$ – экватор, P – Ернинг шимолий кутби, A ва B бир параллелда жойлашган шаҳарлар, $EF = \Delta\lambda$ – улар орасидаги узунлама айирмаси, втр $EF = 2R \sin \frac{\Delta\lambda}{2}$ узунлама айирмасининг ватари бўлсин. Уларнинг кенгламаси $\angle BOF = \varphi$ бўлгани учун $BD = R \sin \varphi$ ва $DO = R \cos \varphi$ бўлади, улар орасидаги параллел ёйининг ватари $AB = a$ бўлсин.



52-шакл



53-шакл

У ҳолда шаклдан $\frac{CD}{\text{втр } EF} = \frac{DO}{OF}$ ёки $a = \cos \varphi \cdot 2R \cdot \sin \frac{\Delta\lambda}{2}$ бўлади. Бундан A ва B шаҳарлар орасидаги масофа миллари

$$\rho_{AB} = l_1 \cdot \varphi = \text{arca} = l_1 \cdot \text{arc} 2R \cos \varphi \cdot \sin \frac{\Delta\lambda}{2}$$

формуладан топилади.

⁶⁶⁵ Биз шундай (وتر) ўқиймиз. Матнда ва рус тилидагиси хато – حيب (синус).

⁶⁶⁶ Беруний шаклини 53-шаклда тасвирлайлик. Бу ерда $AH = \varphi_1$ – биринчи шаҳар кенгламаси, $BF = \varphi_2$ – иккинчи шаҳар кенгламаси, $AD = \varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi$ – икки шаҳар кенгламалари айирмаси, $HF = \Delta\lambda$ – улар узунламалари айирмаси ва AB – икки шаҳар орасидаги аниқланиши керак бўлган масофа бўлсин. A ва B шаҳарларидан ўтган катта айлананинг шу шаҳарлар орасига тўғри келган ёйи ватарини втр $AB = a$ дейлик. У ҳолда EAG , EDO ва EHF тўғрибурчакли сферик учбурчакларга сферик синуслар теоремасини татбиқ қилишдан

$$\frac{\sin EA}{2 \cdot AC \cdot \sin \frac{AC}{2}} = \frac{\sin EH}{2 \cdot R \cdot \sin \frac{HF}{2}} \quad \text{ва} \quad \frac{\sin EB}{2 \cdot DL \cdot \sin \frac{BD}{2}} = \frac{\sin EH}{2 \cdot R \cdot \sin \frac{HF}{2}}$$

пропорциялар ҳосил бўлади. Агар бу пропорцияларнинг мос тарафлари ҳадма-ҳад кўпайтирилиб, тегишли алмаштириш бажарилса, ёйлар ватарларининг кўпайтмаси

$$4AC \cdot DL \cdot \sin \frac{AG}{2} \cdot \sin \frac{BD}{2} = \frac{4R^2 \cdot \sin^2 \frac{HF}{2} \cdot \sin AE \cdot \sin BE}{\sin^2 EH}$$

ҳосил бўлади.

$AGBD$ сферик тўртбурчак томонлари ва диагоналлари ватарларидан Птолемей теоремасига асосан (қаранг: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd. I, s. 28).

$$4R^2 \cdot \sin^2 \frac{AB}{2} = 2R \sin \frac{AB}{2} \cdot 2R \sin \frac{GD}{2} = 2AC \cdot \sin \frac{AG}{2} \cdot 2DL \sin \frac{BD}{2} + 4R^2 \sin^2 \frac{AD}{2}$$

ёки

$$4R^2 \cdot \sin^2 \frac{AB}{2} = \frac{4R^2 \cdot \sin^2 \frac{HF}{2} \cdot \sin AE \cdot \sin BE}{R^2} + 4R^2 \cdot \sin^2 \frac{AD}{2}$$

тенгликдаги мос қийматларни ўрнига қўйиб, квадрат илдиз олинса, иккала шаҳар масофасининг ватари

$$\sin \frac{AB}{2} = \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2} \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{R^2} + \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}$$

ҳосил бўлади. Бундан масофа ёйи

$$AB = 2R \arcsin \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2} \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{R^2} + \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}} \quad \text{кўринишда топилади.}$$

⁶⁶⁷ Ҳиндларнинг бу китоби ва унинг муаллифи ҳақида маълумотга эга эмасмиз.

⁶⁶⁸ Шаҳар параллелининг «маржони» – طوق – деб ҳинд астрономлари шу параллелнинг ярим айланасини ёки бутунлай ўзини атаганлар.

⁶⁶⁹ Аксланган синус – الجيب المعكوس – Ғарбий Европада ўрта асрларда $\sin \text{vers}$. Агар айлана радиуси $R = 1$ бўлса, ёйнинг аксланган синуси,

$$\sin \text{vers } \alpha = 1 - \cos \alpha \quad \alpha < 90^\circ,$$

$$\sin \text{vers } \alpha = 1 + \cos \alpha \quad \alpha > 90^\circ,$$

⁶⁷⁰ «Сурья сиддханта»да ва Ариабхаттанинг (V–VI а.) «Ариабхаттиам» асарида радиуснинг қиймати $R = 3438'$ деб олинган. Ҳиндлар қадим даврлардаёқ доира

ўлчамини аниқ ҳисоблай олганлар. Шубҳасиз, улар айлананинг узунлиги радиусига тенг бўлган ёйи, яъни 1 радиан = $\frac{180^\circ}{\pi} \approx 57^\circ 17' 45''$ ни ҳам билганлар. $3438' = 57^\circ 18'$ бўлганлигидан, секундлардан қутулиш учун у қийматни минутларгача яхлитланганлиги кўринади (Юшкевич: История математики, с. 158).

⁶⁷¹ Ҳиндларнинг усули бўйича биринчи ҳолда «маржон» узунлигини аниқлаш коидасини

$$\tau = 180^\circ - \frac{(R - R \cos \varphi)C}{2 \cdot 3438'} \quad \text{ёки} \quad \tau = 180^\circ - \frac{(R - R \cos \varphi)C}{2R} = 180^\circ - \frac{(1 - \cos \varphi)C}{2}$$

кўринишда ёзиш мумкин, бу ерда $C = 2\pi R$. Агар иккинчи ҳолда $\Delta\varphi = 0$ ва $\Delta\lambda \neq 0$ бўлса, «маржон»га кўра икки шаҳар орасидаги масофа

$$\rho = \frac{7}{6} \cdot \frac{\Delta\lambda \left[180^\circ - \frac{(R - R \cos \varphi)C}{2R} \right]}{180^\circ} = \frac{7}{6} \cdot \frac{\Delta\lambda \left[180^\circ - \frac{(1 - \cos \varphi)C}{2} \right]}{180^\circ}$$

формуладан топилади.

Учинчи ҳолда $\Delta\lambda = 0$, $\Delta\varphi \neq 0$ бўлиб, коида $\rho = \frac{5}{4} \cdot \frac{\Delta\varphi \cdot C}{4 \cdot 90^\circ}$ шаклда ёзилади. Агар бу ерда махраждаги ифода $4 \cdot 90^\circ = 360^\circ = 2\pi R = C$ эканлигини эътиборга олсак, охириги формула янада содда бўлган $\rho = \frac{5}{4} \cdot \Delta\varphi$ ҳолга келади.

Агар тўртинчи ҳолда $\Delta\varphi \neq 0$ ва $\Delta\lambda \neq 0$ бўлса, узокликнинг квадрати $(l_1 \cdot \Delta)^2$ ёдда сақланувчи; иккала шаҳар ўз параллелларининг «маржонлари» куйидаги

$$\tau_1 = 180^\circ - \frac{R_1(1 - \cos \varphi_1) \cdot C_1}{2 \cdot 3438'}$$

$$\tau_2 = 180^\circ - \frac{R_2(1 - \cos \varphi_2) \cdot C_2}{2 \cdot 3438'}$$

ифодалар бўлса, у ҳолда иккала шаҳар орасидаги масофа фарсахлари

$$\rho = \frac{4}{3} \sqrt{(l_1 \cdot \Delta\varphi)^2 + \left(\frac{\lambda_1 \cdot \tau_1}{180^\circ} - \frac{\lambda_2 \cdot \tau_1}{180^\circ} \right)^2}$$

формуладан топилади.

⁶⁷² Бу ерда $\pi = \frac{C}{2R}$ нисбат ҳақида сўз кетяпти. Беруний эслатаётган қиймат Архимед π сони учун кўрсатган $3\frac{1}{7} > \pi > 3\frac{10}{71}$ чегаранинг юқорисидир.

⁶⁷³ Бу ердаги сонлар нисбати $\pi = \frac{C}{2R} = \frac{125664000}{40000000} = \frac{3927}{1250} = 3,1416$ бўлиб, бу π сони учун анча аниқ қиймат, $R = 3438'$ эканлигида бир оз кичик қиймат $\pi = \frac{180^\circ}{3438'} \approx 3,1413$ чиқади. Беруний бу ерда фарсахларда келтираётган қийматлар «Ариабхаттиам»дан (юқорида 669-изоҳга қаранг) олинган (қаранг: David Pingree. The Fragments. P. 121).

Демак, π нинг юқоридаги қийматига кўра, Ер айланасининг узунлиги

$$C = 2100 \cdot 3,1416 = 6597 \frac{9}{25}$$

пропорцияга кўра $\rho_{AOB} = \frac{HE \cdot \tau}{180^\circ} = AB$ ёйнинг параллел бўйича узунлиги масофа деб олинган. Бу ерда $\tau = \pi r$ – параллелнинг «маржони».

AKH ва SKM тўғрибурчакли сферик уч бурчаклардан сферик синуслар теоремасига асосан $\frac{\sin AK}{\sin KS} = \frac{\sin AH}{\sin SM}$ пропорцияни ёзайлик. Бундан $KA < KS$ ва $AH < SM$, лекин $AH = MO$ бўлгани учун $MO < SM$ бўлади. Бундан Беруний $AS < AO$ деган хулосага келади. Охири тенгсизликка кўра $2AS < 2AO$, демак, $\rho_{ASB} = ASB < \rho_{AOB} = AOB$ келиб чиқади. Бундан ҳиндларнинг усули хато эканлиги кўринади.

Берунийнинг исботлаш усулида бир оз камчилик бор, масалан, $MO < SB$ тенгсизликдан $AS < AO$ тенгсизликка ўтиш фақат кўз билан кўришга асосланган ва мантиқан ишонарли эмас. Аслида эса масала бир оз мураккаб. Уни кўрсатиш учун Ер шарининг катта айланаси KAB ва ϕ кенгламадаги параллелни A ва B нукталарда кесишган ҳолда битта текисликда тасвирлайлик (55-шакл). ASB ва AOB ёйларнинг бир-биридан катта ва кичиклик масаласи уларнинг чегарадошлик бурчаги ва эгрилигига боғлиқ. Айланаларнинг бир хил ватарга тиралган ёйларида қайси бирининг чегарадошлик бурчаги катта бўлса, ўша ёй катта бўлади. AOB ёйнинг чегарадошлик бурчаги α ва ASB ёйнинг чегарадошлик бурчаги α' бўлиб, албатта $\alpha > \alpha'$, демак, $AOB > ASB$. Иккинчидан, кўринадикки чегарадошлик бурчаклари айланаларнинг радиуслари билан ҳам боғлиқ, бу эса эгрилик билан ҳам боғлиқликни кўрсатади. Айлана радиуси билан унинг ўртача эгрилиги тескари пропорционалликда боғланган. KAB айлананинг ўртача эгрилиги $K = \frac{1}{R}$, параллелнинг ўртача эгрилиги $K' = \frac{1}{r}$, десак, шубҳасиз $K < K'$, демак $ASB < AOB$.

Энди 54 шаклга қайтиб айтамызки, унда ўша кенгламадаги параллел радиусига тенг бўлган яна бир айланани маркази ESM меридианнинг SM қисмида бўлган ҳолда яна A ва B нукталардан ўтказиб чизиш мумкин. Унинг AOB ёйга тенг ёйи сферанинг ASB дан иккинчи тарафида, яъни AOB ёйга ASB га нисбатан симметрик бўлган ҳолда ўтказиш мумкин.

⁶⁸² Бу ҳолда Беруний коидаси $\rho_{LS} = \frac{\Delta\phi C}{40 \cdot 90^\circ}$ кўринишда бўлиб, ҳиндларни коидасидан $\frac{5}{4}$ коэффициент йўқлиги билан фарқ қилади.

⁶⁸³ Охири жумлалардан кўринадикки, Беруний чексиз кичик ёйлари уларнинг синуслари ўрнида ишлатилиши мумкин демуқчи бўлади. Демак, у чексиз кичик x ёй учун $x = \sin x$ муносабатни назарда тутди. Маълумки, бундан машҳур лимит $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ келиб чиқади.

⁶⁸⁴ Марин-Тирлик Птолемейнинг ўтмишдоши, географ, картография билан шуғулланган; мил. 110 й. ўз картасида тўғрибурчакли координат системасини қўллаган ва цилиндрик проекциядан фойдаланган. Мариннинг картасида барча меридианлар ва Родос кенгламаси бўйлаб масофалар аниқ ифодаланган. Бошқа кенгламаларда эса улар Родос параллелидан узоқлашган сари масофада хато орта борарди. Птолемей ўз «География»сини ёзишда унинг натижаларидан фойдаланган (*қаранг:* Нейгебауэр. Точные науки в древности. 210).

⁶⁸⁵ Макка ва Бағдод орасидаги катта айлана бўйлаб ўлчанган $12^{\circ}1'51''$ узоқлик юқорида 665а-изоҳдаги охириги формулага кўра, уларнинг кенгламалари $21^{\circ}40'$, $33^{\circ}25'$ ва уларнинг узунламалари айирмаси $3^{\circ}0'$ га кўра келтирилиб чиқарилган.

⁶⁸⁶ الأودية

⁶⁸⁷ Хулвон – ўрта асрларда Эроннинг Бағдод билан Ҳамадон орасидаги жойлашган шаҳар.

⁶⁸⁸ Ҳамадон – $\left(\begin{array}{l} \text{Hagmatana} \mid \rightarrow \text{Экбатана} \\ \mid \rightarrow \text{Ҳамадон} \end{array} \right)$ Эроннинг қадимий шаҳри, Ахоманийлар сулоласидан (мил. авв. 552 йилдан) аввал Мидиянинг пойтахти бўлган. Юнонларда Экбатана номи билан аталган. Ҳозир Ҳамадон Эроннинг йирик шаҳарларидан биридир. Абу Али ибн Синонинг қабри шу шаҳарда.

⁶⁸⁹ Юқорида айтилганидек (қаранг: матннинг 212-бет, таржиманинг 162-бет), Ер катта айланаси бир даражанинг узунлигини $56^{\circ}40'$ мил деб олинган. Демак, 397 мил $7^{\circ}0'21''$ ни ташкил қилади.

⁶⁹⁰ Птолемей теоремаси (қаранг: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd, I, s. 18).

⁶⁹¹ Рукн ад-Давла – 949–976 йй. Бувайҳий амири.

⁶⁹² Беруний 61-шаклида $AB = \rho - A$ ва B шаҳарлар орасидаги масофа ёйи, $AE = 90^{\circ} - \varphi_A$, $BE = 90^{\circ} - \varphi_B$, $AG = \lambda_B - \lambda_A$ – шу шаҳарлар узунламалари айирмаси бўлса, Беруний A ва B шаҳарлари орасидаги узунламалар айирмасини топиш қоидасини уларнинг кенгламалари φ_A ва φ_B ва ораларидаги масофа ρ га кўра қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$2R \cdot \sin \frac{\lambda_B - \lambda_A}{2} = \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\varphi_B - \varphi_A}{2}}{\cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_B}}$$

бу ерда R – Ер шарининг радиуси.

Худди шу ҳисоблашларни Беруний «Қонуни Масъудий»нинг олтинчи маколасида ҳам келтирган (қаранг: I китоб, 41–45-бетлар).

⁶⁹³ Абу Бакр Муҳаммад ибн Закария ат-Табиб (865–925 й.) – X асрнинг йирик олими: табобат, химия, физика, астрономия ва мантиққа доир кўплаб асарлар ёзган (қаранг: Fuat Sezgin, Geschichte, Bd. IV, s. 275, 345; Каримов. Тайна тайн. С. 27–31).

⁶⁹⁴ «Геодезия»нинг рус тилидаги нашрида «У [Куёш] тугилишларини Бағдодда кузатган, биродари эса шу тугилишларни Райда кузатган» деган жумла тушиб қолган.

⁶⁹⁵ Мағриб денгизи – بحر المغرب – Атлантика океани.

⁶⁹⁶ Бу ҳақда қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 419-бет.

⁶⁹⁷ Беруний танлаган бош меридиан ҳақида 482 ва 485-изоҳларга қаранг.

⁶⁹⁸ Журжония ва Рай орасидаги масофа миллари 5 га тўғриланганидан кейин $\rho_{AB} = 185 \phi \cdot \frac{5}{6} = 185 \cdot 3 \text{ мил} \cdot \frac{5}{6} \approx 463$ мил бўлади.

Унинг даражалари $AB = 463 : 56 \frac{2}{3} = 8^{\circ}10'43''$ бўлади. Уларнинг кенгламалари эса $\varphi_B = 42^{\circ}17'$ ва $\varphi_A = 35^{\circ}34'39''$. Шуларга кўра юқоридаги (қаранг: 691-изоҳ) формулага кўра

$$\Delta\lambda = 2 \arcsin \left(\frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(8^P 33' 16'')^2 - (7^P 1' 5'')^2] \cdot 44^P 23' 22''}{48^P 47' 59''}} \cdot \frac{60}{44^P 23' 22''} \right) = 6^\circ 1' 26''$$

Бу ерда аниқроқ кийматлар

$$2R \cdot \sin \frac{\rho}{2} = 8^P 33' 56'' 32'''$$

$$2R \cdot \sin \frac{\Delta\varphi}{2} = 7^P 1' 5'' 58'''$$

$$2R \cdot \sin \frac{\varphi_B}{2} = 44^P 23' 22'' 36''' \quad \text{ва} \quad \Delta\lambda = 6^\circ 1' 26'' 54'''$$

кўринишда бўлиши керак эди. $\lambda_A = 78^\circ 5' 20''$ бўлгани учун Журжониянинг узунла-
маси

$$\lambda_B = 78^\circ 5' 20'' + \Delta\lambda = 78^\circ 5' 20'' + 6^\circ 1' 26'' = 84^\circ 6' 46''$$

бўлади.

⁶⁹⁹ Кумис – ўрта асрларда Эроннинг шимолидаги вилоят; маркази Дамғон (қаранг: 702-изох) бўлиб, унга яна Симнон ва Бистом шаҳарлари ҳам кирган (қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 419-бет).

⁷⁰⁰ Дунбаванд – Эроннинг шимолида, Жабол ва Кумис вилоятлари орасидаги тизма тоғлар; энг баланд нуқтаси 5604 м.

⁷⁰¹ Сория – ўрта асрларда Эроннинг Табаристон вилоятида Омудан (қаранг: 701-изох) кейинги иккинчи йирик шаҳри. Ҳозирги Сори – кичик шаҳар (қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 420-бет).

⁷⁰² Омуд – ўрта асрларда Табаристоннинг энг йирик шаҳри.

⁷⁰³ Дамғон – ўрта асрларда Кумис вилоятининг (қаранг: 698-изох) энг йирик шаҳри.

⁷⁰⁴ Аслида Сория Дамғондан ғарбда.

⁷⁰⁵ Бу ҳақда юқорида матннинг 202 ва таржиманинг 155-156-бетларига ҳамда 591-593-изохларга қаранг.

⁷⁰⁶ Рай ва Журжониянинг узунламасига кўра Журжоннинг узунлама ва кенгламасини топишда Беруний аввал Рай ва Журжон орасидаги масофа $\rho_{BF} = 70$ фарсах $\cdot \frac{5}{6} = 70 \cdot 3 < 8$; $\cdot \frac{5}{6} = 175$ мил, милларига кўра унинг ёйи $BF = \frac{175}{56 \frac{2}{3}} = 3^\circ 5' 18''$ ни топган. Сўнгра ABE тўғрибурчакли сферик уч бурчакка сферик

синуслар теоремасини татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin AB}{\sin BEA} = \frac{\sin AE}{\sin ABE}$$

пропорциядан

$$\sin AB = \sin \rho = \sin 8^\circ 10' 14'' = 8^P 31' 38''$$

$$\sin AE = \cos \varphi A = \cos 42^\circ 17' = 44^P 23' 22''$$

$$\sin BEA = \sin \Delta\lambda_{AB} = \sin 6^\circ 1' 36'' = 6^P 17' 48''$$

эканлигини эътиборга олиб,

$$\sin ABE = \frac{\sin BEA \cdot \sin AE}{\sin AB} = \frac{44^P 23' 22'' \cdot 6^P 17' 48''}{8^P 31' 38''} = 32^P 46' 41''$$

қийматини топган. Бу қиймат маълум бўлганидан сўнг ўша теоремани тўғри-бурчакли сферик FHB уч бурчагига татбиқ қилиб

$$\frac{\sin ABE}{\sin FHB} = \frac{\sin HF}{\sin FB}$$

пропорциядан

$$\angle FHB = 90^\circ, \quad \widehat{BF} = 3^\circ 5' 18''$$

ларга кўра

$$\sin HF = \frac{\sin FB \cdot \sin ABE}{R} = \frac{3^P 13' 57'' \cdot 32^P 46' 41''}{60} = \frac{105^P 57' 18'' 13'' 57' IV}{60} = 1^P 45' 57''$$

топилган. Бундан $HF = \arcsin 1^P 45' 57'' = 1^\circ 41' 12''$ ва унинг тўлдирувчиси $HX = 90^\circ - HF = 88^\circ 18' 48''$ ва унинг синуси $\sin HX = 59^P 58' 26''$ топилади. Ўша теоремани BGM ва XGH уч бурчакларига татбиқ қилиниб, $\frac{\sin BG}{\sin MB} = \frac{\sin GH}{\sin HX}$ пропорциядан $BM = 90^\circ - BF$, $GH = 90^\circ$ эканлигини эътиборга олган ҳолда ифодадан унинг ёйи

$$BG = \arcsin \left(\frac{R \cdot BF}{\sin HX} \right) = \arcsin \frac{60 \cdot 59^P 54' 46''}{59^P 58' 26''} = \arcsin 59^P 56' 20'' = 87^\circ 24' 57''$$

ва $BH = 90^\circ - GB = 2^\circ 35' 3''$ аниқланади.

Шаклдан ва топилган қийматлардан маълумки,

$$HE = FB - BH = 90^\circ - \varphi_B - BH = 90^\circ - 35^\circ 34' 39'' - 2^\circ 35' 3'' = 51^\circ 50' 18''$$

демак,

$$EZ = 90^\circ - HE = 38^\circ 9' 42'',$$

демак, бундан $\sin EZ = 37^P 4' 22''$.

Кейин EZO ва HZX уч бурчакларига мазкур теоремани татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin EZ}{\sin OE} = \frac{\sin ZH}{\sin HX}$$

пропорция ҳосил қилинади. Бундан $HZ = 90^\circ$ ва бошқа қийматларга кўра,

$$\sin OE = \frac{\sin EZ \cdot \sin HX}{\sin ZH} = \frac{2223^P 23' 55'' 9'' 32 IV}{60} = 37^P 3' 24''$$

топилади, демак, $OE = 38^\circ 8' 33''$. Лекин $OE = FL = \varphi_F$ - Журжоннинг кенгламаси-дир. Унинг тўлдирувчиси эса $EF = 90^\circ - \varphi_F = 51^\circ 51' 27''$, бундан $\sin EF = 47^P 11' 17''$ ҳосил бўлади. Яна ўша теоремани EFH ва ELP учбурчакларига татбиқ қилиб

$$\frac{\sin EF}{\sin FH} = \frac{\sin EL}{\sin LP}$$

пропорция ҳосил қилинади, бу ерда $EL = 90^\circ$. Бундан

$$\sin LP = \frac{60 \cdot \sin FH}{\sin EF} = \frac{105^P 57' 0''}{47^P 11' 17''}$$

ва $LP = \arcsin 2^p 14'43'' = 2^{\circ}8'41''$ бўлади. Лекин $LP = \Delta\lambda_{BF}$ – Рай ва Журжон узунламалари айирмасидир. Демак, бундан Журжоннинг узунламаси

$$\lambda_F = \lambda_B + \Delta\lambda_{BF} = 78^{\circ}5'20'' + 2^{\circ}8'41'' = 80^{\circ}14'1'' \text{ бўлади.}$$

Бу киймат Ибн Сино топган $79^{\circ}20'$ кийматдан $0^{\circ}54'1''$ ортиқ. Ибн Синонинг Журжон кенгламаси учун топган 37° киймати Беруний топган $38^{\circ}8'33''$ кийматдан $1^{\circ}8'33''$ кам.

⁷⁰⁷ У ҳақда юқорида 319-изоҳга қаранг.

⁷⁰⁸ Ҳижрий 371 й./м. 982 й.

⁷⁰⁹ Хоразмнинг Африғийлар давридаги пойтахт шаҳри Кот назарда тутиляпти (230-изоҳга қаранг).

⁷¹⁰ 995 й.

⁷¹¹ Бушканз ҳақида 231-изоҳга қаранг.

⁷¹² Ўрта Осиёда оддий фарсах – қарийб 6 км дан ташқари узун фарсах – қарийб 8,5 км ҳам қўлланган (қаранг: Хинц. Мусульманские меры. С. 120) Бирок бу ердаги ҳисоблашлар кўрсатишича, Беруний 1 фарсах деб 6,3 км ни назарда тутяпти.

⁷¹³ Журжония билан Бушканз кишлоғи узунламалари айирмасини топишда Беруний узунламалар айирмасини топиш учун юқорида топган қондасидан (қаранг: 691-изоҳ) фойдаланган. У аввал Журжониянинг кенгламаси $\varphi_A = 42^{\circ}17'$ ва Бушканзнинг кенгламаси $\varphi_B = 41^{\circ}36'$ айирмаси $\Delta\varphi_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 0^{\circ}41'$ нинг ватарини яъни $\Delta\varphi_{AB} = 2R \cdot \sin \frac{\Delta\varphi_{AB}}{2} = 0^p 42'56''$ ни топган, бунинг квадрати (втр $\Delta\varphi_{AB})^2 = 0^p 30'43''16'''16^{IV}$ бўлади. Бу жойлар орасидаги масофа

$$\rho_{AB} = 17 \text{ фар} = 17 \cdot 3 \text{ мил} = 51 : 56 \frac{2}{3} = 0^{\circ}54'0'', \text{ бунинг ватарини}$$

$$\text{втр } \rho_{AB} = 2R \cdot \sin \frac{\rho_{AB}}{2} = 0^p 56'33'', \text{ бунинг квадрати}$$

$$(\text{втр } \rho_{AB})^2 = 0^p 53'17''54'''9^{IV}.$$

Иккала квадрат айирмаси

$$(\text{втр } \rho_{AB})^2 - (\text{втр } \Delta\varphi_{AB})^2 = 0^p 53'17''54'''9^{IV} - 0^p 30'43''16'''16^{IV} = 0^p 22'34''37'''53^{IV},$$

бундан

$$\frac{[(\text{втр } \rho_{AB})^2 - (\text{втр } \Delta\varphi_{AB})^2] \cdot \cos \varphi_A}{\cos \varphi_B} = \frac{16^p 42'11''20'''5^{IV} 12^V 26^{VI}}{44^p 52'4''} = 0^p 22'20''11'''23^{IV},$$

ва ниҳоят

$$2R \cdot \sin \frac{\Delta\lambda_{AB}}{2} = R \sqrt{\frac{\sin 2 \frac{\rho_{AB}}{2} - \sin 2 \frac{\varphi_A - \varphi_B}{2}}{\cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_B}} = 0^p 49'28''$$

ва бундан $\Delta\lambda_{AB} = 0^{\circ}47'14''$ бўлади. Бундан Бушканзнинг узунламаси

$$\lambda_C = \lambda_A + \Delta\lambda_{AB} = 84^{\circ}0'54'' + 0^{\circ}47'14'' + 84^{\circ}48'8''$$

бўлади.

⁷¹⁴ Ҳижрий 380 й./ммл. 991 й.

715 Кот ва Бушканзнинг узунламаларига кўра, Журжония узунламасини аниқлашда Беруний қўллаган усулида у келтирган 63-шаклни биз 56-шаклда тасвирлайлик.

Бу ерда HFG – осмон экватори, E – унинг кутби, A, B ва C лар – Журжония, Бушканз ва Котнинг зенитлари, EDH – Журжониянинг меридиани ва ECX – Котнинг меридиани бўлсин. Бу ерда $AB = 0^{\circ}54'$ – масофа, $AC = 19$ фар. = $57 : 56 \frac{2}{3} = 1^{\circ}0'21''$ иккинчи масофа ва $BC = 3$

фар. = $3 \cdot 3$ мил = 9 мил = $9 : 56 \frac{2}{3} = 0^{\circ}9'32''$ иккинчи масофа, $BD = \Delta\lambda_{AB}$ – Журжония ва Бушканз узунламалари айирмаси, $AD = \Delta\varphi_{AB}$

= $0^{\circ}41'$ – улар кенгламаларининг айирмаси бўлсин. У ҳолда $DN = AB - AD = 0^{\circ}54' - 0^{\circ}41' = 0^{\circ}13'$ – кенгламалар айирмаси билан икки шаҳар орасидаги масофа ёйининг айирмасидир. Унинг ватари втр $DN = 0^{\circ}13'37''$, $OC = AC - AB = 0^{\circ}6'21''$ – биринчи ва иккинчи масофалар айирмаси, унинг ватари

$$\text{втр } OC = 0^{\circ}6'39'', (\text{втр } OC)^2 = 0^{\circ}0'44''13'''21''''$$

ва учинчи масофанинг ватари

$$\text{втр } BC = 0^{\circ}9'59'', (\text{втр } BC)^2 = 0^{\circ}1'39''40'''1''''.$$

$$\text{Бундан } (\text{втр } BC)^2 - (\text{втр } OC)^2 = 0^{\circ}0'55''26'''40'''' ,$$

$$\frac{[(\text{втр } BC)^2 - (\text{втр } OC)^2] \cdot \sin AB}{\sin BC} = \frac{0^{\circ}0'52''15'''23''''}{1^{\circ}3'12''} = 0^{\circ}0'49''36'''37''''$$

ва

$$\sqrt{\frac{[(\text{втр } BC)^2 - (\text{втр } OC)^2] \cdot \sin AB}{\sin BC}} = 0^{\circ}7'2''$$

ABO ва AZL уч бурчақларидан синуслар теоремасига асосан $\frac{\text{втр } OB}{\text{втр } LZ} = \frac{\sin AB}{\sin AZ}$ бўлади: бундан $\text{втр } LZ = \frac{\text{втр } OB \cdot R}{\sin AB}$ ёки мос қийматларни бу муносабатга қўйиб, тегишли алмаштиришларни бажарсак,

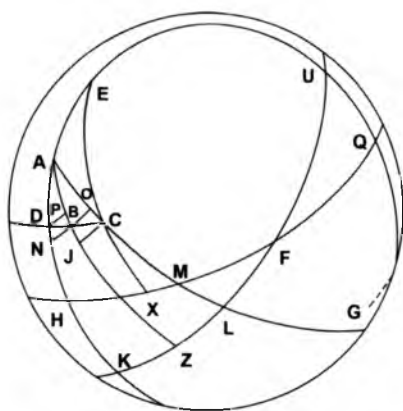
$$\sin \Delta A_{BC} = R \sqrt{\frac{\frac{\sin^2 \rho_{AC}}{2} - \sin^2 \frac{\rho_{AC} - \rho_{BC}}{2}}{\sin \rho_{AB} \cdot \sin \rho_{BC}}} = \frac{7^{\circ}2'0''}{0^{\circ}56'33''} = 6^{\circ}40'36''$$

Бундан Бушканз билан Кот азимутларининг айирмаси

$$\Delta A_{BC} = LZ = 6^{\circ}22'45''$$

бўлади.

Кейинги босқичда шу усулни қўллаб, Журжония билан Бушканз азимутлари айирмаси топилади. Аввал BD ёйининг ватари $\text{втр } BD = 0^{\circ}36'52''$ ҳисобланади,



56-шакл

униинг квадрати (втр BD)² = 0°22'37"55"21^{IV}; юқоридан маълумки, втр DN = 0°13'37";
униинг квадрати (втр DN)² = 0°3'5"24"49^{IV};

Иккала квадрат айирмаси

$$(\text{втр } BD)^2 - (\text{втр } DN)^2 = 0^{\circ}19'32"30"32^{\text{IV}},$$

бундан

$$\frac{[(\text{втр } BD)^2 - (\text{втр } DN)^2] \cdot \sin \Delta \varphi_{AB}}{\sin AB} = \frac{0^{\circ}13'58"59"42^{\text{IV}} 53^{\text{V}} 52^{\text{VI}}}{0^{\circ}50'33"} = 0^{\circ}14'50"10"50^{\text{IV}}$$

ва

$$\sqrt{\frac{[(\text{втр } DB)^2 - (\text{втр } DN)^2] \cdot \sin \Delta \varphi_{AB}}{\sin AB}} = 0^{\circ}29'50"$$

Нихоят,

$$\sin \Delta A_{AB} = \sin ZK = \sqrt{\frac{[(\text{втр } DB)^2 - (\text{втр } DN)^2] \cdot \sin \Delta \varphi_{AB}}{\sin AB}} \cdot \frac{60}{\sin \Delta \varphi_{AB}}$$

эканлигидан

$$\sin \Delta A_{AB} = \sin ZK = \frac{29^{\circ}50'0''}{0^{\circ}42'56''} = 41^{\circ}39'36''$$

ва бундан

$$\Delta A_{AB} = ZK = \arcsin 41^{\circ}39'36''$$

бўлади. Шаклдан

$$KL = \Delta A_{AC} = LZ + ZK = 6^{\circ}22'45'' + 40^{\circ}37'42'' = 47^{\circ}0'27'',$$

бундан

$$\sin KL = \Delta A_{AC} = 43^{\circ}54'12''$$

бўлади. Бу ерда ΔA_{AC} – Журжония билан Кот азимутларининг айирмасидир. Шаклга асосан $LF = 90^{\circ} - KL = 42^{\circ}59'33''$, бундан $\sin LF = 40^{\circ}54'41''$, $KL = FU$ ва MFL бурчаги Журжония кенгламасининг тўлдирувчиси $KH = 90^{\circ} - \varphi_4$ ёй билан ўлчанади. У ҳолда FUQ тўғрибурчакли сферик учбурчакка синуслар теоремасини татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin LK}{\sin UQ} = \frac{\sin Q}{\sin F}$$

пропорция ҳосил қилинади. Бундан

$$\sin UQ = \frac{\sin KL \cdot \sin F}{R} = \frac{1948^{\circ}50'40"28"24^{\text{IV}}}{60} = 32^{\circ}28'51''$$

ва

$$UQ = \arcsin 32^{\circ}28'51'' = 32^{\circ}46'31''$$

бўлади. AHM учбурчагининг M бурчаги QG ёйи билан ўлчанади ва у

$$QG = 90^{\circ} - UQ = 90^{\circ} - 32^{\circ}46'31'' = 57^{\circ}13'29'';$$

$$\sin QG = 50^{\circ}26'53'' = \sin M.$$

LMF тўғрибурчакли уч бурчагидан сферик синуслар теоремасига кўра

$$\frac{\sin LF}{\sin ML} = \frac{\sin M}{\sin F}$$

бундан

$$\sin LM = \frac{\sin LF \cdot \cos HK}{\sin M} = \frac{1816^p 2' 1'' 46''' 2^{IV}}{50^p 26' 53''} = 35^p 59' 53''$$

$$LM = \arcsin 35^p 59' 53'' = 36^{\circ} 51' 3''$$

бўлади. Шаклдан

$$CL = 90^{\circ} - AC = 90^{\circ} - 1^{\circ} 0' 21'' = 88^{\circ} 59' 39''$$

ва

$$MC = CL - ML = 88^{\circ} 59' 39'' - 36^{\circ} 51' 3'' = 52^{\circ} 8' 36'', \sin MC = 47^p 22' 22''$$

бўлади.

MCX сферик уч бурчакка яна ўша теоремани татбиқ қилиб $\frac{\sin MC}{\sin CX} = \frac{\sin X}{\sin M}$ пропорцияни ҳосил қиламиз. Бундан

$$\sin CX = \frac{\sin MC \cdot \sin M}{R} = \frac{2389^p 51' 52'' 17''' 26^{IV}}{60} = 39^p 49' 52''$$

ва

$$CX = \varphi_C = \arcsin 39^p 49' 52'' = 41^{\circ} 35' 40''$$

бўлади.

Маълумки, $AC = 1^{\circ} 0' 21''$, бундан втр $AC = 1^p 3' 11''$, $(\text{втр } AC)^2 = 1^p 6' 32'' 8''' 1^{IV}$ ва $\Delta\varphi_{AC} = \varphi_A - \varphi_B = 0^p 41' 20''$, бундан

$$\text{втр } \Delta\varphi_{AC} = 0^p 43' 17'', (\text{втр } \Delta\varphi_{AC})^2 = 0^p 31' 13'' 26''' 49^{IV}$$

бўлади. Иккала квадрат айирмаси

$$(\text{втр } AC)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi_{AC})^2 = 0^p 35' 18'' 41''' 12^{IV}$$

бўлади, бундан

$$\frac{[(\text{втр } AC)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi_{AC})^2] \cdot \cos \varphi_A}{\cos \varphi_C} = \frac{26^p 7' 27'' 19''' 26^{IV} 42^V 24^{VI}}{44^p 52' 11''} = 0^p 34' 56'' 0''' 31^{IV}.$$

Бунинг илдизи $\sqrt{0^p 34' 56'' 0''' 31^{IV}} = 0^p 45' 47'' 0'''$ бўлади. Ва ниҳоят Журжония ва Кот узунламалари айирмаси

$$2R \sin \frac{\Delta\lambda_{AC}}{2} = \sqrt{\frac{[(\text{втр } AC)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi_{AC})^2] \cdot \cos \varphi_A}{\cos \varphi_C}} \cdot \frac{60}{\cos \varphi_A} = \frac{45^p 47' 0''}{\cos \varphi_A} = 1^p 1' 53''$$

муносабатдан $\Delta\lambda_{AC} = 2 \arcsin \frac{1^p 1' 53''}{2R} = 0^{\circ} 59' 6''$ кўринишда топилади. Бундан Котнинг узунламаси $\lambda_C + \Delta\lambda_{AC} = 84^{\circ} 0' 54'' + 0^{\circ} 59' 6'' = 85^{\circ}$ демак, ҳақиқатда ҳам Кот Бағдоддан ($\lambda = 70^{\circ}$) бир «текис» соат, яъни 15° шарқда экан.

⁷¹⁶ Хижрий 387 й./мил. 997 й.

⁷¹⁷ Яздигарднинг 258 ва 256 йиллари – мил. 889–890 йиллар бўлади. Рус тилидаги нашрдаги изоҳларда саналар хато – 883, 884 (қаранг: Бируни. «Геодезия», рус. с. 327).

⁷¹⁸ Колиф – ўрта асрларда йирик бўлмаган шаҳар, Термиздан гарбда, ҳозир Ўзбекистон Республикаси территориясида, Амударё бўйида темир йўл станцияси.

$$^{719} 150 - 150 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{5} = 140.$$

⁷²⁰ Бу ерда ҳам Беруний

$$\sin \frac{\Delta\lambda}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}}$$

қоидадан фойдаланиб, Журжониянинг узунламасига кўра Балхнинг узунламасини аниқлаш. Бу икки шаҳар кенгламалари айирмаси $\Delta\varphi = 5^\circ 35' 24''$, бунинг ватари втр $\Delta\varphi = 5^p 51' 5''$, квадрати (втр $\Delta\varphi$)² = $34^p 14' 19'' 30''' 25^{IV}$, улар орасидаги масофа

$\rho = 140$ фар = $140 \cdot 3$ мил = 420 мил = $420 : 56 \frac{2}{3} = 7^\circ 24' 42''$, бунинг ватари втр $\rho = 7^p 45' 22''$,

бунинг квадрати (втр ρ)² = $60^p 9' 26'' 8''' 4^{IV}$, квадратлар айирмаси (втр ρ)² – (втр $\Delta\varphi$)² = $60^p 9' 26'' 8''' 4^{IV} - 34^p 14' 19'' 30''' 25^{IV} = 25^p 55' 6'' 37''' 39^{IV}$.

Бу айирмани Журжония кенгламасининг косинусига кўпайтириб, Балх кенгламасининг косинусига бўламиз

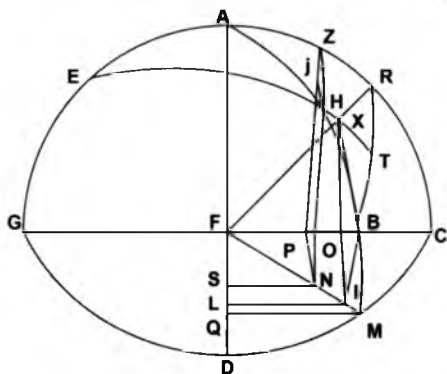
$$\frac{[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos \varphi_{\text{ж}}}{\cos \varphi_{\text{б}}} = \frac{1150^p 30' 29'' 21''' 27^{IV} 45^V 18^{VI}}{48^p 6' 38''} = 23^p 54' 49'' 49''' 34^{IV}$$

ҳосил бўлади. Бунинг илдизи

$$\sqrt{23^p 54' 49'' 49''' 34^{IV}} = 4^p 53' 24''$$

бўлади. Бундан

$$\sin \frac{\Delta\lambda}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}} = 6^p 36' 35''$$



57-шакл

ва

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{б}} - \lambda_{\text{ж}} = 2 \arcsin \frac{6^p 36' 35''}{2R} = 6^\circ 18' 54''$$

демак, Балхнинг узунламаси

$\lambda_{\text{б}} = \lambda_{\text{ж}} + \Delta\lambda = 84^\circ 0' 54'' + 6^\circ 18' 54'' = 90^\circ 19' 48''$ бўлади.

⁷²¹ Дарғон – ҳозир Туркменистоннинг ши-моли-шаркида Амударёнинг чап соҳилидаги Дарғонота шаҳри. XI асрда Хоразмнинг энг жанубий шаҳри ҳисобланган.

⁷²² Дарғоннинг узунлама ва кенгламасини Журжония ва Балхнинг узунлама ва кенгламаларига кўра аниқлаш учун келтирган шаклини биз 57-шаклда тасвирлаймиз. Бу ерда CDG – Журжониянинг уфқи, A – унинг зенити, H – Дарғоннинг зенити ва B – Балхнинг зенити, BTP – осмон экватори, E – унинг шимолий кутби. Шартга кўра

$$\rho_{AB} = 7^{\circ}24'42'', FI = \sin \rho_{AB} = 7^{\circ}44'27'', IO = \sin \Delta\lambda = 5^{\circ}18'1'';$$

бундан

$$FI^2 = 59^{\circ}54'11''52'''49^{IV}, IO^2 = 28^{\circ}5'34''36'''1^{IV}$$

$$IL^2 = FI^2 + IO^2 = 31^{\circ}48'37''16'''48^{IV}, IL = 5^{\circ}38'24''.$$

FIL ва FMQ тўғрибурчакли учбурчаклар ўхшашлигидан $\frac{FI}{IL} = \frac{FM}{MQ}$ пропорция ҳосил бўлади, бундан

$$MQ = \sin MD = \frac{FI \cdot IL}{FI} = \frac{338^{\circ}24'}{7^{\circ}44'23''} = 43^{\circ}43'21''$$

ва

$$MD = \arcsin 43^{\circ}43'21'' = 46^{\circ}46'42''$$

келиб чиқади. Шаклдан $CM = 90^{\circ} - MD = 43^{\circ}13'18''$ ва $\sin MC = 41^{\circ}5'22''$. Яна мазкур учбурчаклар ўхшашлигидан $\frac{FI}{IO} = \frac{FM}{QF}$ пропорцияни ёзамиз, бундан

$$QF = \sin MC = \frac{R \cdot IO}{FI} = \frac{318^{\circ}1'}{7^{\circ}44'23''} = 41^{\circ}5'22''$$

ҳосил бўлади. Журжония билан Дарғон орасидаги масофа

$$\rho_{AH} = 50 \text{ фар} = 50 \cdot 3 \text{ мил} = 150 \text{ мил} = 150 : 56 \frac{2}{3} = 2^{\circ}38'49''$$

эканлигидан

$$FN = \sin \rho_{AH} = 2^{\circ}49'15''$$

бўлади.

FNP ва FNQ тўғрибурчакли учбурчаклар ўхшашлигидан

$$\frac{FN}{NP} = \frac{FM}{QF}$$

пропорцияга кўра

$$NP = \sin HZ = \frac{FN \cdot QF}{R} = \frac{113^{\circ}51'7''12'''30^{IV}}{60} = 1^{\circ}53'51''$$

бўлади. Булардан

$$FN^2 = 7^{\circ}40'39''3'''45^{IV}, NP^2 = 7^{\circ}36'1''49'''21^{IV}$$

ва тўғрибурчакли учбурчакдан Пифагор теоремасига кўра

$$FP = \sin AZ = \sqrt{FN^2 - NP^2} = \sqrt{4^{\circ}4'37''14'''24^{IV}} = 2^{\circ}1'9''$$

бўлади, бундан $AZ = 1^{\circ}46'43''$ ҳосил бўлади. $AE = 90^{\circ} - \varphi_A$ эканлигидан

$$ZA + AE = EZ = 49^{\circ}29'43''.$$

Демак,

$$EZ = EH = 90^\circ - \varphi_H = 49^\circ 29' 43'',$$

бундан Дарғоннинг кенгламаси $\varphi_H = 40^\circ 30' 17''$ келиб чиқади. EZH ва ETR сферик учбурчаклардан синуслар теоремасига кўра

$$\frac{\sin EH}{\sin HZ} = \frac{\sin ET}{\sin TR}$$

пропорцияни ёзамиз. Бундан Журжония билан Дарғон орасидаги узунламалар айирмаси

$$\sin TR = \sin \Delta\lambda_{AH} = \frac{R \cdot \sin HZ}{\sin EH} = \frac{113^p 51'}{45^p 37' 17''} = 2^p 49' 44''$$

муносабатдан ушбу $\Delta\lambda_{AH} = \lambda_H - \lambda_A = 2^\circ 23' 2''$ кўринишда топилади, демак, Дарғоннинг узунламаси

$$\lambda_H = \Delta\lambda_{AH} + \lambda_A = 84^\circ 0' 54'' + 2^\circ 23' 2'' = 86^\circ 23' 56''$$

кўринишда топилади.

⁷²³ Агар юқоридаги 57-шаклда H – Амуя (ҳозирги Чоржўй) бўлса, у ҳолда Журжония билан унинг орасидаги масофа

$$\rho_{AH} = \left(1 - \frac{1}{5}\right) \approx 80\phi = 80 \cdot 3\text{мил} = 240\text{мил} = 240 : 56\frac{2}{3} \approx 4^\circ 14' 7'',$$

унинг синуси

$$FN = \sin \rho_{AH} = 4^p 25' 52'' \text{ бўлади.}$$

$$\frac{FN}{NP} = \frac{FM}{QF}$$

пропорцияга кўра

$$NP = \sin HZ = \frac{NF \cdot OF}{R} = 3^p 2' 4''$$

бундан

$$NP^2 = 9^p 12' 28'' 16''' 16'''' \text{ ва } FN^2 = 19^p 38' 5'' 5''' 4''''$$

хосил бўлади.

FNP тўғрибурчакли учбурчакдан Пифагор теоремасига кўра

$$FP = \sin AZ = \sqrt{FN^2 - NP^2} = \sqrt{10^p 25' 36'' 48''' 48''''}$$

бўлади, бундан $AZ = \arcsin 3^p 13' 44'' = 3^\circ 5' 6''$ келиб чиқади. Шаклдан $ET = ER = 90^\circ$ ва Z, H нуқталар битта параллелда ётганлиги учун $EH = EZ$, демак,

$$90^\circ - \varphi_H = 90^\circ - \varphi_A + AZ = 47^\circ 43' + 3^\circ 5' 6'' = 50^\circ 48' 6''.$$

Бу ердан $\varphi_H = 90^\circ - 50^\circ 48' 6'' = 39^\circ 11' 54''$ бўлади. Лекин Беруний аввал $\cos \varphi = 46^p 29' 52''$ ни топади ва бундан $\varphi_H = \arcsin \cos 46^p 29' 52''$ ни топган.

Ниҳоят, EZH ва ETR тўғрибурчакли сферик уч бурчакларга сферик синуслар теоремасини татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin EH}{\sin HZ} = \frac{\sin ET}{\sin TR}$$

пропорциядан

$$\sin RT = \sin \Delta\lambda_{AH} = \frac{R \cdot \sin HZ}{\sin EH} = \frac{182^p 4'}{46^p 29' 52''} = 3^p 54' 56''$$

келиб чиқади, бундан

$$\Delta\lambda_{AH} = \lambda_H - \lambda_A = \arcsin 3^p 54' 56'' = 3^{\circ} 44' 30''$$

эканлигидан Амуя билан Журжония орасидаги узунлама айирмаси $\Delta\lambda_{AH} = 3^{\circ} 44' 30''$ га кўра Амуянинг узунламаси

$$\lambda_H = \Delta\lambda_{AH} + \lambda_A = 84^{\circ} 0' 54'' + 3^{\circ} 44' 30'' = 87^{\circ} 45' 24''$$

ҳосил бўлади.

Қадимги Амуя ўрнида жойлашган, Чоржўйнинг географик координатлари $\lambda = 69^{\circ} 36'$, $\varphi = 38^{\circ} 51'$.

⁷²⁴ Биз шундай (صح) ўқиймиз, матнда хато – 63 (سج) берилган.

Агар 1 мил = 1,995 км десак, 93 мил = 185,535 км бўлади, Дарғонота билан Чоржўй ораси тўғри чизик бўйлаб ўлчанган масофа 187,5 км.

⁷²⁵ Биз шундай (صو) ўқиймиз, матнда хато – 66 (سو) берилган. 1 мил = 1,995 км дейилганида, 96 мил = 191,52 км бўлади. Дарғонота билан Бухоро орасида тўғри чизик билан ўлчанган масофа 195,5 км.

⁷²⁶ 54 мил = 107,73 км, Чоржўй билан Бухоро орасидаги тўғри чизик билан ўлчанган масофа 90 км.

⁷²⁷ Беруний Бухоронинг географик координаталарини Дарғон ва Амуянинг географик координаталарига кўра аниқлашда Котнинг координаталарини аниқлашдаги усулни қўллаган. Шунинг учун яна 56-шаклга мурожаат қиламиз. Бу ерда A – Дарғон, B – Амуя, C – Бухоро ва

$$\rho_{AB} = 31 \text{ ф.} = 31 \cdot 3 \text{ мил} = 93 \text{ мил} = 93 : 56 \frac{2}{3} = 1^{\circ} 6' 42'' (1^{\circ} 38' 28'') - \text{биринчи масофа,}$$

$$\rho_{AC} = 32 \text{ ф.} = 31 \cdot 3 \text{ мил} = 96 \text{ мил} = 96 : 56 \frac{2}{3} = 1^{\circ} 9' 53'' (1^{\circ} 41' 38'') - \text{иккинчи масофа,}$$

$$\rho_{BC} = 18 \text{ ф.} = 18 \cdot 3 \text{ мил} = 54 \text{ мил} = 54 : 56 \frac{2}{3} = 0^{\circ} 57' 11'' - \text{учинчи масофа бўлсин.}$$

Шаклдан $OC = \rho_{AC} - \rho_{AB} = 0^{\circ} 3' 11''$ ва втр $OC = 2R \sin \frac{\rho_{AC} - \rho_{AB}}{2} = 0^p 3' 20''$, (втр $OC)^2 = 0^p 0' 11'' 6''' 40''''$.

Учинчи масофа ватари

$$\text{втр } \rho_{BC} = 2R \sin \frac{\rho_{BC}}{2} = 0^p 59' 53''$$

ва

$$(\text{втр } \rho_{BC})^2 = 1^p 1' 26'' 30''' 49''''.$$

Иккала квадрат айирмаси

$$(\text{втр } \rho_{BC})^2 - (\text{втр } OC)^2 = 1^p 1' 15'' 24''' 9''''$$

бўлади, бундан

$$\frac{(\text{втр } \rho_{BC})^2 - (\text{втр } OC)^2 \cdot \sin \rho_{AC}}{\sin \rho_{AB}} = \frac{1^P 1' 15'' 24''' 9^{IV} \cdot 1^P 13' 10''}{1^P 9' 51''} =$$

$$= \frac{1^P 14' 41'' 56''' 56^{IV} 58' 30^{VI}}{1^P 9' 51''} = 1^P 4' 9'' 55''' 14^{IV}$$

хосил бўлади. Бунинг илдизи $\sqrt{1^P 4' 9'' 55''' 14^{IV}} = 1^P 2' 3''$ бўлади. Илдизни $R = \sin 90^\circ = 60$ кўпайтириб, $\sin \rho_{AC} = 1^P 13' 10''$ га бўламиз, бундан

$$\sin LZ = \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho_{BC}}{2} - \sin^2 \frac{\rho_{AC} - \rho_{AB}}{2}}{\sin \rho_{AB} \cdot \sin \rho_{AC}}} \cdot R = \frac{1^P 2' 3'' \cdot 60}{1^P 13' 10''} = \frac{62^P 3'}{1^P 13' 10''} = 50^P 50' 57''$$

хосил бўлади. Шаклда LZ ёйи Дарғон уфқининг Амуя ва Бухоро устидан ўтган баландлик доиралари орасидаги қисми, яъни улар азимутларининг айирмасидир.

Демак, бу ёй

$$\Delta A_{BC} = LZ = \arcsin 50^P 50' 57'' = 50^\circ 8' 33'' \text{ бўлади.}$$

Шаклда $NDPB$ сферик трапецияни кўрайлик, унинг диагонали экваторга параллел ва даражалари Дарғон ва Амуя узунламалари айирмасининг даражасига тенг.

Демак,

$$\Delta \lambda_{AB} = \lambda_B - \lambda_A = 87^\circ 45' 24'' - 86^\circ 23' 56'' = 1^\circ 21' 28''.$$

Бундан

$$\text{втр } DB = \frac{\text{втр } \Delta \lambda_{AB} \cdot \cos \varphi_B}{R} = \frac{\text{втр } 1^\circ 21' 28'' \cdot \cos 42^\circ 17'}{60} =$$

$$\text{ва} \quad = \frac{1^P 25' 11'' \cdot 46^P 29' 52''}{60} = \frac{66^P 0' 50'' 8''' 32^{IV}}{60} = 1^P 6' 1''$$

$$(\text{втр } DB)^2 = 1^P 12' 38'' 12''' 1^{IV}$$

хосил бўлади. Шаклдан

$$AD = AH - DH = \varphi_A - \varphi_B = 1^\circ 18' 23''$$

$$\text{втр } BR = (\varphi_A - \varphi_B) - \rho_{AB} = 1^\circ 18' 23'' - 1^\circ 6' 42'' = 0^\circ 11' 41'';$$

бундан

$$\text{втр } BP = 2R \sin \frac{(\varphi_A - \varphi_B) - \rho_{AB}}{2} = 0^P 12' 11'' \text{ ва } (\text{втр } BR)^2 = 0^P 2' 28'' 26''' 1^{IV}.$$

Квадратлар айирмаси

$$(\text{втр } DB)^2 - (\text{втр } BP)^2 = 1^P 12' 38'' 12''' 1^{IV} - 0^P 2' 28'' 26''' 1^{IV} = 1^P 10' 9'' 46'''.$$

Ҳисоблашнинг давомида қуйидаги амаллар бажарилади:

$$[(\text{втр } DB)^2 - (\text{втр } BR)^2] \sin AD = 1^P 10' 9'' 46''' \cdot 1^P 22' 2'' = 1^P 35' 55'' 41''' 11^{IV} 32^{VI}.$$

$$\frac{[(\text{втр } DB)^2 - (\text{втр } BR)^2] \sin AB}{\sin \rho_{AB}} = 1^P 22' 24'' 2''' 24^{IV};$$

бундан

$$\sqrt{1^P 22' 24'' 2''' 24^{IV}} = 1^P 10' 19'', 1^P 10' 19'' \cdot 60 = 70^P 19'.$$

Нихоят, Амуянинг азимути $KZ = A_B$ топилади,

$$\sin KZ = \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho_{BC}}{2} - \sin^2 \frac{(\varphi_A - \varphi_B)}{2}}{\sin \rho_{AB} \cdot \sin(\varphi_A - \varphi_B)}} \cdot R = 51^{\circ}25'49'',$$

бундан

$$KZ = A_B = \arcsin 51^{\circ}25'49'' = 50^{\circ}45'21'', KL = KZ + ZL$$

эканлигидан

$$A_C = A_F + \Delta A_{BC} = 50^{\circ}45'21'' + 50^{\circ}8'33'' = 100^{\circ}53'54''$$

ҳосил бўлади. Бундан $180^{\circ} - A_C = 79^{\circ}6'6''$ демак,

$$\begin{aligned} \sin(180^{\circ} - A_C) &= \sin A_C = 59^{\circ}55'2'' = \sin KL, \\ LF &= 90^{\circ} - (180^{\circ} - KL) = 90^{\circ} - 79^{\circ}6'6'' = 10^{\circ}53'54''. \\ \sin LF &= 11^{\circ}24'39'' \end{aligned}$$

Яна юкоридагидек (714-изоҳ) $KL = FU$ эканлигидан MLF уч бурчагининг F бурчаги Дарғон кенгламасининг тўлдирувчиси ёй билан ўлчанади. У ҳолда FUQ тўғрибурчакли сферик учбурчакдан синуслар теоремасига кўра

$$\frac{\sin KL}{\sin Q} = \frac{\sin UQ}{\sin F}$$

пропорцияни ёзамиз. Бундан

$$\sin UQ = \frac{\sin KL \cdot \sin F}{R} = \frac{2733^{\circ}29'24''54''32''^{\text{IV}}}{60} = 45^{\circ}33'29''$$

ва $UQ = \arcsin 45^{\circ}33'29'' = 49^{\circ}24'1''$ бўлади.

AHM учбурчагининг M бурчаги GO ёйи билан ўлчанади, демак,

$$\angle M = GO = 90^{\circ} - UQ = 40^{\circ}35'59'',$$

бундан

$$\sin M = 39^{\circ}2'46''.$$

LMF тўғрибурчакли сферик учбурчакдан сферик синуслар теоремасига кўра

$$\frac{\sin LF}{\sin ML} = \frac{\sin M}{\sin F}$$

пропорцияни ёзамиз, бундан

$$\sin LM = \frac{\sin LF \cdot \cos HK}{\sin M} = \frac{517^{\circ}32'0''33''24''^{\text{IV}}}{39^{\circ}2'45''} = 13^{\circ}15'19''$$

келиб чиқади, бунинг ёйи $LM = \arcsin 13^{\circ}15'19'' = 12^{\circ}45'47''$ бўлади.

Шаклдан $CL = 90^{\circ} - \rho_{AC} = 90^{\circ} - 1^{\circ}9'53'' = 88^{\circ}50'7''$ ва

$$NC = CL - ML = 88^{\circ}50'7'' - 12^{\circ}45'47'' = 76^{\circ}4'20''$$

бундан $\sin MC = 58^{\circ}14'9''$ бўлади.

Энди MCX тўғрибурчакли сферик учбурчакка сферик синуслар теоремасини татбиқ қилиб $\frac{\sin MC}{\sin CX} = \frac{\sin X}{\sin M}$ пропорцияни ёзамиз. Бундан

$$\sin CX = \frac{\sin MC \cdot \sin M}{\sin M} = \frac{2273^P 52' 58'' 8''' 54^{IV}}{60} = 37^P 53' 53''$$

келиб чиқади, унинг ёйи $CX = \varphi_C = \arcsin 37^P 53' 53'' = 39^\circ 10' 15''$ – Бухоронинг кенг-ламасидир. Бу қиймат Бухоронинг ҳақиқий кенгламаси $39^\circ 47' 47''$ дан $37' 32''$ кам.

Кенглама тўлдирувчиси $CE = 90^\circ - \varphi_C = 50^\circ 49' 45''$ ва унинг синуси $\cos \varphi_C = 46^P 30' 57''$ бўлади.

Бундан $\Delta \varphi_{AC} = \varphi_A - \varphi_C = AD = 1^\circ 20' 52''$ ва втр $\Delta \varphi_{AC} = 1^P 23' 49''$.

(втр $\Delta \varphi_{AC}$)² = $1^P 57' 5'' 14''' 1^{IV}$; втр $\rho_{AC} = 1^P 13' 13''$.

(втр ρ_{AC})² = $1^P 29' 13'' 21''' 40^{IV}$.

Квадратлар айирмаси

(втр $\Delta \varphi_{AC}$)² – (втр ρ_{AC})² = $0^P 27' 51'' 52''' 21^{IV}$

бўлади. Бундан

$$\frac{[(\text{втр } \Delta \varphi_{AC})^2 - (\text{втр } \rho_{AC})^2] \cdot \cos \varphi_A}{\cos \varphi_C} = \frac{21^P 11' 12'' 40''' 51^{IV} 54^V 36^{VI}}{46^P 30' 57''} = 0^P 27' 19'' 42''' 52^{IV};$$

Бунинг илдизи $\sqrt{0^P 27' 19'' 42''' 52^{IV}} = 0^P 40' 29''$ бўлади. Ниҳоят, Дарғон билан Бухоро узунламалари айирмасининг синуси

$$\sin \Delta \lambda_{AC} = \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\Delta \varphi_{AC}}{2} - \sin^2 \frac{\rho_{AC}}{2}}{\cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_C}} \cdot 60 = 0^P 55' 15''$$

бўлиб, узунламалар айирмаси $\Delta \lambda_{AC} = \arcsin 0^P 55' 15'' = 0^\circ 50' 11''$ ҳосил бўлади. Бундан Бухоронинг узунламаси

$$\lambda_C = \lambda_A + \Delta \lambda_{AC} = 86^\circ 24' 36'' + 0^\circ 50' 11'' = 87^\circ 14' 47''$$

бўлади.

⁷²⁸ Биз шундай ўқиймиз. Матнда ва рус тилидаги таржимада хато – $2^P 57' 55''$ келтирилган.

⁷²⁹ Бухоро билан Балх орасидаги масофани топишда Беруний қуйидаги усулни қўллаган. Юқорида топилган у шаҳарларнинг узунлама ва кенгламаларига кўра шуларнинг айирмалари

$$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 90^\circ 19' 48'' - 87^\circ 30' = 2^\circ 49' 48''$$

$$\Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 39^\circ 20' - 36^\circ 41' 36'' = 2^\circ 38' 24''$$

топилган. (665-изоҳ).

$$AB = 2 \arcsin \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2 \frac{\Delta \lambda}{2}}{R^2} + \sin^2 \frac{\Delta \varphi}{2}}$$

қоидага кўра масофа ёйи ҳисобланади:

$$\begin{aligned}
 AB &= 2 \operatorname{arc} \sin \frac{1}{2} \sqrt{\frac{40^P 24' 30'' \cdot 48^P 6' 38'' \cdot (2^P 57' 52'')^2}{60^2} + (2^P 45' 52'')^2} = \\
 &= 2 \operatorname{arc} \sin \frac{1}{2} \sqrt{\frac{137^P 34' 29'' 44''' \cdot 142^P 37' 15'' 56''' 56^{IV}}{60} + (2^P 45' 52'')^2} = \\
 &= 2 \operatorname{arc} \sin \frac{1}{2} \sqrt{2^P 17' 34'' \cdot 2^P 22' 37'' + 7^P 38' 31'' 45''' 4^{IV}} = \\
 &= 2 \operatorname{arc} \sin \frac{1}{2} \sqrt{13^P 5' 31'' 3''' 2^{IV}} = 2 \operatorname{arc} \sin \frac{3^P 36' 56''}{2} = 3^P 27' 11'' = \\
 &= 3^P 27' 11'' \cdot 56^P 40' = 195^P 40' 23'' \text{ мил} = 65^P 13' 28'' \text{ фарсах}.
 \end{aligned}$$

⁷³⁰ Абу-л-Аббос ибн Хамдун – у ҳақда маълумот фақат «Геодезия»да келтирилади.

⁷³¹ Эфемериди – *تقويم* яъни «тузатиш», «тўғрилаш», календарь маъносини ҳам англатади. Арабча *تقويم* сўзи юнонча «кундалик, кундалик ёзув» маъносини англатувчи *επι-ημεριδη* (*επι* – «га» ва *ημερα* – «кун» сўзларидан) сўзининг таржимаси.

⁷³² Багшур – *بغشور* ўрта асрларда Хирот билан Марварруд орасида Кушк дарёси бўйидаги шаҳарча.

⁷³³ Марварруд – *مروالروود* ўрта асрларда Афғонистоннинг шимолида Мурғоб дарёси бўйида ҳозирги Марвчак қишлоғи ўрнидаги шаҳар (*қаранг*: Булгаков. Сведения арабских географов. С. 150–156).

⁷³⁴ Машхур астроном Абдурахмон ибн Умар ас-Сўфий (*қаранг*: 325-изоҳ) назарда тутиляпти.

⁷³⁵ Бағдодни биринчи шаҳар, Шерозни иккинчи шаҳар дейлик, уларнинг географик координатлари (λ_1, φ_1) ва (λ_2, φ_2) бўлсин. У ҳолда улар орасидаги масофа ёйи фарсах $\rho = 170 \cdot \frac{9}{10} = 153 \text{ ф} = 153 \cdot 3 \text{ мил} = 459 \text{ мил} = 2^P 38' 24''$ унинг ватари втр $\rho = 2R \sin \frac{\rho}{2} = 8^P 28' 32''$ ва (втр ρ)² = $71^P 50' 6'' 9''' 4^{IV}$ бўлади. Бағдоднинг кенгламаси $\varphi_1 = 33^P 25'$ эди. Шерознинг кенгламаси $\varphi_2 = 29^P 36'$ бўлгани учун улар айирмаси $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 3^P 49'$ бўлади. Бунинг ватари

втр $\Delta\varphi = 2R \sin \frac{\Delta\varphi}{2} = 3^P 59' 46''$ ва (втр $\Delta\varphi$)² = $15^P 58' 8'' 3''' 16^{IV}$. Иккала квадрат айирмаси (втр ρ)² – (втр $\Delta\varphi$)² = $71^P 50' 6'' 9''' 4^{IV} - 15^P 58' 9'' 3''' 16^{IV} = 55^P 51' 58'' 5''' 48^{IV}$ бўлади.

Бундан

$$[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos \varphi_1 = 2797^P 50' 17'' 44''' 44^{IV} 13^V 36^{VI}$$

$$\frac{[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} = \frac{2797^P 50' 17'' 44''' 44^{IV} 13^V 36^{VI}}{52^P 10' 10''} = 55^P 51' 58'' 1''' 48^{IV}$$

бунинг илдизи

$$\sqrt{\frac{[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2 \cdot \cos \varphi_1]}{\cos \varphi_2}} = \sqrt{55^P 51' 58'' 5''' 48^{IV}} = 7^P 28' 27''$$

бўлади.

Демак, Бағдод билан Шероз узунламалари айирмасининг синуси

$$\text{втр } \Delta\lambda = 2R \sin \frac{\Delta\lambda}{2} \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}} \cdot 60 = 8^p 57' 16''$$

айирманинг ўзи эса,

$$\Delta\lambda = 2 \text{arc sin } \frac{8^p 57' 16''}{2R} = 8^\circ 33' 32''$$

бўлади. Бундан Шерознинг узунламаси

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 8^\circ 33' 32'' + 70^\circ 0' = 78^\circ 33' 32''$$

хосил бўлади.

⁷³⁶ Заранж – زرنج – пахлавийча ذرنك сўзининг араб тилидаги транскрипцияси – ўрта асрларда Сеистоннинг йирик шаҳри бўлган. Ҳозир Ҳилманд дарёсининг бўйида Афғонистоннинг жануби-ғарбида, Эрон чегарасига яқин жойда, Дарёчаи Хамун кўлининг жанубида жойлашган. Милоддан илгари Дрангиананинг пойтахти бўлган (қаранг: Бартольд. Обзор. С. 47).

⁷³⁷ Абу-л-Ҳасан Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Сулаймон ҳақида маълумот фақат «Геодезия»да келтирилган.

⁷³⁸ Сиржон – سيرجان – ёки Ширжон, Кермоннинг энг йирик шаҳри (қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 412-бет).

⁷³⁹ Ўрта аср тарихчиларининг хабарларига кўра, Каёнийлар Шарқий Эронда Аҳоманийлардан аввал ҳукм сурган подшоҳлар сулоласи.

⁷⁴⁰ Кўхистон – ўрта асрларда Хуросоннинг жанубидаги тоғли ўлка (қаранг: Бартольд. Обзор. С. 93–94).

⁷⁴¹ Бу ерда Шерозни биринчи шаҳар, Заранжни иккинчи шаҳар деб уларнинг географик координаталарини (λ_1 , φ_1) ва (λ_2 , φ_2) дейлик. У ҳолда Шероз билан Заранж орасидаги масофа ёйи

$$\rho = 195 \cdot \frac{6}{7} = 167 \frac{1}{7} D. \approx 168 \cdot 3 < 8; = 504 : 59 \frac{2}{3} \approx 8^\circ 53' 39''$$

бунинг ватари втр $\rho = 2R \sin \frac{\rho}{2} = 9^p 18' 16''$, ватарнинг квадрати (втр ρ)² = 86^p34' 21''40'''16^{iv} бўлади.

Шероз кенгламаси $\varphi_1 = 29^\circ$, Заранжнинг кенгламаси Абу-л-Ҳасан Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Сулаймоннинг ўлчашига кўра $\varphi_2 = 30^\circ 52'$, уларнинг айирмаси $\Delta\varphi = 1^\circ 16' 0''$, бунинг ватари $\Delta\varphi = 2R \sin \frac{\Delta\varphi}{2} = 1^p 19' 35''$ ватарнинг квадрати

$$(\text{втр } \Delta\varphi)^2 = 1^p 45' 33'' 30''' 25^{iv}$$

бўлади. Иккала квадрат айирмаси

$$(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2 = 86^p 34' 21'' 40''' 16^{iv} - 1^p 45' 33'' 30''' 25^{iv} = 84^p 48' 48'' 9''' 51^{iv}$$

бунинг Заранж кенгламасининг косинусига кўпайтмаси

$$[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cos \varphi_2 = 81^p 48' 48'' 9''' 51^{iv} \cdot 51^p 30' 6'' = 4368^p 1' 49'' 20''' 5^{iv} 29^v 6^{vi}$$

Кўпайтмани Шероз кенгламасининг косинусига бўлинса

$$\frac{[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} = 83^{\circ}43'39''54''42''''$$

ҳосил бўлади. Бундан иккала шаҳар узунламалари айирмасининг синуси

$$\sin \frac{\Delta\lambda}{2} = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}} = \frac{10^{\circ}39'37''}{2R}$$

бўлади. Бунинг ёйи

$$\Delta\lambda = 2 \arcsin \frac{10^{\circ}39'37''}{2 \cdot 60} = 10^{\circ}11'36''$$

бўлиб, бундан Заранжнинг узунламаси

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 78^{\circ}33'32'' + 10^{\circ}11'36'' = 88^{\circ}45'8''$$

бўлади. Беруний уни яхлитлаб 89° деб олган. Нишопур билан Заранж узунламаларининг айирмаси $\Delta\lambda' = \lambda_2 - \lambda' = 4^{\circ}12'16''$ бўлгани учун Нишопурнинг узунламаси

$$\lambda' = \lambda_2 - \Delta\lambda' = 88^{\circ}45'8'' + 4^{\circ}12'16'' = 84^{\circ}32'52''$$

бўлиши керак эди. Лекин Беруний Заранжнинг яхлитланган узунламаси 89° дан фойдалангани учун Нишопурнинг узунламаси $\lambda' = 84^{\circ}46'44''$ бўлади.

⁷⁴² Ҳижрий 410 й./мил. 1019–1020 й. Беруний юқорида h_{\max} ва h_{\min} лар учун шу ерда эслатилган кийматларни Яздигарднинг 388–389 (яъни милодий 1019–1020 й.) йиллари топганини айтган (матннинг 111-бети ва 376-изоҳга қаранг). Лекин рус тилидаги нашрда изоҳда Яздигард йиллари милодий 1017–1018 й. деб хато кўчирилган (қаранг: «Геодезия». С. 307, 515-изоҳ).

⁷⁴³ Биз шундай (غزنة) ўқиймиз; матнда, рус тилидаги (қаранг: «Геодезия». С. 245) ва инглиз тилидаги нашрларда (қаранг: Kennedy, A. Commentary, p. 185) хато – Балх (بلخ) келтирилган.

Ҳақиқатан ҳам, агар $86^{\circ}4'0''$ ни Балх кенгламасининг косинуси $48^{\circ}6'38''$ га бўлинса $1^{\circ}47'20''$ чиқади, бу эса $1^{\circ}43'21''$ дан катта. Иккинчи тарафдан узунлама айирмасининг синусини топиш формуласи нотўғри бўлар эди.

⁷⁴⁴ Юқоридаги ҳоллардан фаркли ўлароқ Беруний Балх ва Ғазна узунламалари айирмасини ва бундан Ғазна узунламасини аниқлашда ўзининг ўлчаш ишлари натижаларига таянпти. Унинг бу ўлчашлари 1019 йил қишги Қуёш туришда ва 1020 йил ёзги Қуёш туришда бажарилган бўлиб, биринчи ҳолда $h_{\min} = 32^{\circ}50'$ ва $h_{\max} = 80^{\circ}0'$ топилган. Бундан энг катта оғиш

$$\varepsilon = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} = \frac{80^{\circ} - 32^{\circ}50'}{2} = 23^{\circ}35'$$

топилган. Ўша баландликдан $h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi + \varepsilon$ ва $h_{\min} = 90^{\circ} - \varphi - \varepsilon$ формулаларга кўра Ғазнанинг кенгламаси $\varphi_2 = 33^{\circ}35'$ топилган. Юқорида айтилганидек (матн 251-бет таржима 181-бет). Балхнинг кенгламаси $\varphi_1 = 36^{\circ}41'36''$ эди. Демак, иккала кенглама айирмаси $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 3^{\circ}6'36''$, бунинг ватари втр $\Delta\varphi = 3^{\circ}15'23''$ ва (втр $\Delta\varphi)^2 = 10^{\circ}36'14''38''49''''$. Балх билан Ғазна орасидаги катта айлана бўйлаб ўлчанган масофанинг ёйи

$$\rho = 80 \cdot \frac{4}{5} = 64 D. = 64 \cdot 3 < 8; = 192 < 8; = 192 : 56 \frac{2}{3} = 3^{\circ}23'18'',$$

унинг ватари

$$\text{втр } \rho = 2R \sin \frac{\rho}{2} = 3^{\circ}32'52'' \text{ ва } (\text{втр } \rho)^2 = 12^{\circ}35'12''13'''4'''';$$

квадратлар айирмаси

$$(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2 = 12^{\circ}35'12''13'''4'''' - 10^{\circ}36'14''38'''49'''' = 1^{\circ}58'57''34'''15''''$$

бўлади. Бундан

$$[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos \varphi_2 = 1^{\circ}58'57''34'''15'''' \cdot 49^{\circ}59'5'' = 99^{\circ}6'9''29'''43''''36''''15'''';$$

$$\frac{[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} = 2^{\circ}3'35''37'''4''''$$

ва бунинг илдизи

$$\sqrt{\frac{[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos \varphi_2}{\cos \varphi_1}} = 1^{\circ}26'4''$$

бўлади. Илдизни 60 га кўпайтириб, Ғазна кенгламасининг косинуси $\cos \varphi_2 = 49^{\circ}59'5''$ га бўлсак, Балх билан Ғазна узунламалари айирмасининг синуси

$$\sin \frac{\Delta\lambda}{2} = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}} \cdot 60 = \frac{80^{\circ}4'0''}{49^{\circ}59'5'' \cdot 2R} = \frac{1^{\circ}43'21''}{2R}$$

чиқади. Унинг ёйи

$$\Delta\lambda = 2 \arcsin \frac{1}{2R} \cdot 1^{\circ}43'21'' = 1^{\circ}38'42''$$

узунламалар айирмасидир. Бундан Ғазнанинг узунламаси

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 91^{\circ} + 1^{\circ}38'42'' = 92^{\circ}38'42''$$

чиқади. Беруний уни яхлитлаб, 93° деб олган.

⁷⁴⁵ Руххаж – الرخج – ўрта асрларда Аргандоб дарёси водийсида, ҳозирги Қандахор яқинидаги ўлка (қаранг: Бартольд. Обзор. С. 50).

⁷⁴⁶ Беруний «[нишонни] тутиш» деб, юкорида айтган (қаранг: матн, 62-бет, таржима 80-бет) асосий мақсади – Ғазнага нисбатан бошқа шаҳарларининг ўрнини аниқлашни назарда тутяпти.

⁷⁴⁷ Бўст – بست – ўрта асрларда йирик шаҳар, унинг ўрни Ҳилманд дарёси бўйида, Марказий Афғонистоннинг жануби-ғарбида ҳозирги Қалаи – Бист ўрнида бўлган (қаранг: Бартольд. Обзор. С. 48).

⁷⁴⁸ Яъни Заранж.

⁷⁴⁹ Диоклетиан – دقلطيانوس – Дуклителиёнус (лекин Даккиёнус эмас) латинча Diocletianus сўзининг араб тилидаги транскрипцияси – Рим императори (284-305). Беруний «Диоклетиан йиллари» деб, Диоклетианнинг тахтга ўтирган куни – 284 й. 29-августдан бошланган Диоклетиан эраси йилларини назарда тутяпти.

⁷⁵⁰ Ҳижрий 90 – 100 йиллар/мил. 709 – 719 йиллар.

⁷⁵¹ Мавлудлар йиллари – سنى المواليد – астрологик маънога эга тушунча; астрологик ҳукми чиқарилаётган бирор шахснинг туғилаётган пайтида Қуёшнинг эклиптикада бўлган нуктаси.

⁷⁵² Жадий – جدى «Эчки» – эклиптикадаги буржлардан иборат зодиак юлдуз туркумларининг ўнинчиси, эклиптиканинг $270^\circ \leq \lambda \leq 300^\circ$ оралиғини ташкил қилади. Куёш бу буржни 22-декабрдан 21-январгача ўтади. Астрономик белгиси ♎.

⁷⁵³ Беруний бу ерда келтираётган хабарлар фан тарихи жиҳатидан муҳим аҳамиятга эгадир. Ҳақиқатан ҳам, Бўстнинг кенгламасини ва Жадий буржи бошининг баландлигини топиш учун энг муҳим астрономик асбоблар армилла ва астурлоб бўлиши керак, Мавлудларни ҳисоблаш учун эса бирор зижга асосланиш лозим. Демак, Беруний эслаётган 709–719 йилларда (749-изоҳга қаранг) шундай асбоб ва зиж бўлганки, бундай ҳисоблашларни бажариш мумкин бўлган. Шунга кўра, фан тарихида ўрнашиб қолган фикр – ал-Фазорий (484-изоҳга қаранг) мусулмон мамлакатларида астурлоб ясаган энг биринчи олимларидан дейиш ва бу мамлакатларда илмий тадқиқот ишлари VIII аср ўрталаридан бошланган дейиш Беруний маълумотларига кўра хато бўлиб чиқади. Бу маълумотлардан кўринишича, мусулмон мамлакатларида аниқ фанлар, чунончи, астрономия ва математика соҳасидаги илмий тадқиқотлар VII аср охирилари ва VIII аср бошларидаёқ, Ҳинд зижлари бу ерларга келишидан аввалроқ кенг йўлга қўйилган.

⁷⁵⁴ Энг катта оғишнинг Птолемейдаги миқдори $\varepsilon = 23^\circ 51' 20''$ эди (қаранг: 268-изоҳ ва Ptolemäus. Handbuch. Bd. I, S. 54).

⁷⁵⁵ Берунийнинг бу зиж ҳақидаги маълумотлари бизнинг юқорида (752-изоҳ) айтилган фикримизни тасдиқлайди.

⁷⁵⁶ «Тўрт макола» – Птолемейнинг Τετραβιβλος номли асарининг араб тилидаги таржимаси. Асар халифа ал-Мансур (754 – 775 й.) даврида Абу Яҳё ал-Батрик томонидан араб тилига таржима қилинган. (қаранг: Наллино. С. 246).

⁷⁵⁷ Берунийнинг маълумотига кўра, Али ибн Муҳаммад Вишгардий унинг Ғазнада яшовчи замондоши бўлган ва астрономия ёки астрология билан шуғулланган.

⁷⁵⁸ Бўстликлар ўз шаҳарларининг кенгламасини ҳисоблашда энг катта оғиш миқдорини Птолемейдаги $\varepsilon = 23^\circ 51' 20''$ қийматидан фойдаланганлар. Шунга кўра.

$$90^\circ - \varphi_1 = h_{\min} + \varepsilon = 34^\circ 10' + 23^\circ 51' 20'' = 58^\circ 2' 20''$$

ва

$$\varphi_1 = 90^\circ - 58^\circ 1' 20'' = 31^\circ 58' 40'' \approx 32^\circ$$

бўлган. Лекин Беруний $\varepsilon = 23^\circ 35'$ деб, $90^\circ - \varphi_1 = 34^\circ 10' + 23^\circ 35' = 57^\circ 45'$ топади, бундан $\varphi_1 = 32^\circ 15'$ бўлади.

Заранжнинг кенгламаси $\varphi_2 = 30^\circ 52'$ бўлгани учун (матн 265-бет), бу икки шаҳар кенгламалари айирмаси $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 32^\circ 15' - 30^\circ 52' = 1^\circ 23'$ бунинг ватари втр $\Delta\varphi = 1^\circ 26' 55''$ ватар квадрати (втр $\Delta\varphi$)² = $2^\circ 5' 54'' 30''' 25''''$ бўлади. Бўст билан Заранж орасида катта айлана бўйлаб ўлчанган масофа ёйи

$$\rho = 60 \cdot \frac{5}{6} = 50 \text{ ф.} = 50 \cdot 3 \text{ мил} = 150 \text{ мил} = 150 : 56 \frac{2}{3} = 2^\circ 38' 49''$$

бунинг ватари втр $\rho = 2^\circ 46' 19''$ квадрати (втр ρ)² = $7^\circ 41' 1'' 14''' 1''''$ бўлади. Иккала квадрат айирмаси

$$(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2 = 5^p 35' 6'' 43''' 36^{IV}$$

$$[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos 30^\circ 52' = 287^p 38' 49'' 56''' 41^{V} 21^{\nu} 36^{VI},$$

бундан

$$\sqrt{\frac{[(\text{втр } \rho)^2 - (\text{втр } \Delta\varphi)^2] \cdot \cos 30^\circ 52'}{32^\circ 15'}} = \sqrt{5^p 40' 7'' 5''' 59^{IV}} = 2^p 22' 51''.$$

Бундан иккала шаҳар узунламалари айирмасининг синуси

$$\sin \frac{\Delta\lambda}{2} = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{(\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}) \cdot \cos \varphi_2}{\cos \varphi_1}} \cdot \frac{R}{\cos \varphi_2} = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\rho}{2} - \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}} \cdot R = \frac{2^p 46' 25''}{2R}$$

бунинг ёйи

$$\Delta\lambda = 2 \arcsin \frac{2^p 46' 25''}{2R} = 2^\circ 37' 30''$$

бўлади. Демак, Бўстнинг узунламаси

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 89^\circ + 2^\circ 37' 30'' = 91^\circ 37' 30''$$

бўлади.

⁷⁵⁹ Ғазнанинг кенгламаси $\varphi_1 = 33^\circ 35'$, Бўстнинг кенгламаси $\varphi_2 = 32^\circ 15'$ бўлгани учун улар айирмаси

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 1^\circ 20'$$

бўлади. Ғазна билан Бўст оралиғидаги масофа ёйи $\rho = 80 \cdot \frac{5}{6} = 66 \frac{5}{6}$ бўлади, агар унинг касрини ташласак

$$\rho = 66 \phi = 66 \cdot 3 \text{ мил} = 198 \text{ мил} = 198 : 56 \frac{2}{3} = 3^\circ 29' 39''$$

бўлади.

Бу ерда ҳам Птолемей теоремасидан фойдаланилса, иккала шаҳар узунламалари айирмаси

$$\begin{aligned} \Delta\lambda &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(\text{втр } 3^\circ 29' 39'')^2 - (\text{втр } 1^\circ 20')^2] \cdot \cos 32^\circ 15'}{\cos 33^\circ 35'}} \cdot \frac{60}{\cos 32^\circ 15'}} = \\ &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(3^p 18' 38'')^2 - (1^p 23' 46'')^2] \cdot 50^p 44' 37''}{49^p 59' 5''}} \cdot \frac{60}{50^p 44' 37''}} = \\ &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \left(\frac{3^p 18' 38'' \cdot 60}{50^p 44' 37''} \right) = 2 \arcsin \frac{3^p 34' 34''}{2R} = 3^\circ 24' 56'' \end{aligned}$$

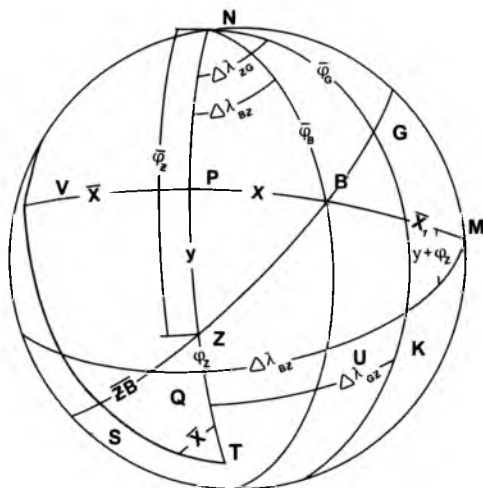
бўлади. Бундан Ғазнанинг узунламаси

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 91^\circ 37' 30'' + 3^\circ 24' 56'' = 95^\circ 2' 26''$$

бўлади.

⁷⁶⁰ Ғазна билан Заранж орасидаги масофа ёйи

$$\rho = 120 \cdot \frac{5}{6} = 100 : 3 = 300 : 56 \frac{5}{6} = 5^\circ 17' 39'',$$



58-шакл

Ғазнанинг кенгламаси $\varphi_1 = 33^\circ 35'$, Заранжнинг кенгламаси $\varphi_2 = 30^\circ 52'$ эканлигидан бу кенгламалар айирмаси $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 2^\circ 43' 0''$ бўлади. У ҳолда Птолемей теоремасига асосан, иккала шаҳар узунламалари айирмаси

$$\begin{aligned} \Delta\lambda &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(\text{втр} 5^\circ 17' 39'')^2 - (\text{втр} 2^\circ 43')^2] \cdot \cos \varphi_2}{\cos \varphi_1}} \cdot \frac{R}{\cos \varphi_2} = \\ &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{22^P 37' 25'' 37''' 3^{IV} \cdot 51^P 30' 6''}{49^P 59' 5''}} \cdot \frac{60}{51^P 30' 6''} = \\ &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \left(\frac{4^P 49' 41'' \cdot 60}{51^P 30' 6''} \right) = 2 \arcsin \frac{5^P 37' 29''}{2R} = 5^\circ 22' 24'' \end{aligned}$$

бундан Ғазнанинг узунламаси

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 89^\circ + 5^\circ 22' 24'' = 94^\circ 22' 24''$$

топилади.

Демак, Ғазна узунламасининг учта қийматлари куйидагилардир: 93° Балх йўли билан ҳисобланганда; $95^\circ 2' 26''$ – Бўст йўли билан ҳисобланганда ва $94^\circ 22' 24''$ – Заранж йўли билан ҳисобланганда. Беруний ўз ҳисоблашларида мана шу охириги қийматдан фойдаланади.

⁷⁶¹ Бу ерда Беруний Бўстнинг ўрнини жанубий йўналишдан аниқлапти. Беруний ҳисоблашларини шаклсиз бажарган бўлса ҳам, унинг ҳисоблашларини ушбу 58-шакл ёрдамида кўрсатамиз. Шаклда N – шимолий кутб, QUM – экватор, Z – Сижистон шаҳри, яъни Заранж, B – Бўст, G – Ғазна; MBV – катта айлана Заранж меридианига перпендикуляр ва у билан P нуктада кесишган, $SZBG$ – шу учала шаҳардан ўтган катта айлана. Аввал Беруний ўз ҳисоблашида куйидаги катталиқ

$$\left(\frac{\sin \bar{\varphi}_G \cdot \sin \lambda_{ZG}}{\sin ZG} \right) \cdot \sin ZB = \left(\frac{\cos 33^\circ 35' \cdot \sin 5^\circ 22' 24''}{\sin 5^\circ 17' 22''} \right) \cdot \sin 2^\circ 38' 49'' =$$

$$= \left(\frac{49^P 59' 5'' \cdot 5^P 37' 7''}{5^P 32' 10''} \right) \cdot 2^P 46' 15'' = 140^P 33' 48'' 58''' 45^{IV} = n_1 - \text{«биринчи ёдда сакланувчи» сонни топади. Кўриш мумкинки, NZG сферик учбурчакка сферик синуслар теоремасини татбиқ қилинса}$$

$$\frac{\sin NG}{\sin NZG} = \frac{\sin ZG}{\sin ZNG} \quad \text{ёки} \quad \frac{\sin \bar{\varphi}_G}{\sin NZG} = \frac{\sin ZG}{\sin \lambda_{ZG}}$$

пропорция ҳосил бўлади, бундан $n_1 = \sin NZG \cdot \sin ZB$ келиб чиқади. Кейинги ҳисоблашда

$$\frac{n_1}{R} = \sin X = 140^P 34' : 60 = 2^P 20' 34''$$

ва $\arcsin X = 2^\circ 14' 15''$ ва бундан $\bar{X} = \cos X = 59^P 57' 15'' = n_2$ иккинчи ёдда сакланувчи топилади.

Бу ҳисоблашни ҳам сферага татбиқлашда кўрсатиш мумкин, бунда

$$\sin X = \frac{n_1}{R} = \frac{\sin NZG \cdot \sin ZG}{R}$$

ёки $\frac{\sin X}{\sin NZG} = \frac{\sin ZB}{90^\circ}$, яъни BPZ тўғрибурчакли сферик учбурчакка сферик синуслар теоремасининг татбиқидир. Бу уч бурчакда $X = BP$ – катет, ZB – гипотенуза ва $\angle ZPB$ – унинг тўғри бурчаги.

Беруний ҳисоблашда давом этиб,

$$\cos \frac{ZB}{n_2} = \sin Y = \frac{\sin ZB \cdot R}{n_2} = \frac{\cos 2^\circ 38' 49''}{n_2} = \frac{\sin 87^\circ 21' 11'' \cdot R}{n_2} = \frac{59^P 57' 7'' \cdot 60}{59^P 57' 19''} = 59^P 58' 51''$$

микдорни аниқлайди, бу ерда $Y = \arcsin 59^P 58' 51'' = 88^P 33' 25'' Y = 1^\circ 26' 35''$. Бу ҳисоблашнинг сферага татбиқи бир оз мураккаб. Шундай бўлса-да, кўриш қийин

эмаски, $\sin Y = \frac{\sin ZB \cdot R}{n_2}$ ёки $\frac{\sin Y}{R} = \frac{\sin ZB}{\sin \bar{X}}$. Айтайлик, VST – қатта айлана бўлиб, B – унинг қутби бўлсин. У ҳолда $VP = \bar{X}$ ва $SZ = \bar{ZB}$; $T - VPBM$ қатта айлананинг қутби бўлади. Демак, $PZ = Y$ дейиш мумкин, у ҳолда $ZT = \bar{Y}$ бўлади ва T нуктадаги сферик бурчак \bar{X} ёйи билан ўлчанади. Агар SZT тўғрибурчакли сферик учбурчакка сферик синуслар теоремасини татбиқ қилинса, юқоридаги пропорция ҳосил бўлади.

Кейинги ҳисоблашга кўра

$$\frac{\cos(\bar{\varphi}_Z - \bar{Y}) \cdot n_2}{R} = \frac{\cos(59^\circ 8' - 1^\circ 26' 35'') \cdot n_2}{R} = \frac{\sin 1^\circ 26' 35'' \cdot 59^P 57' 15''}{60} =$$

$$= \frac{32^P 14' 11'' \cdot 59^P 57' 15''}{60} = 32^P 12' 42'' = \sin \varphi_B.$$

$\varphi_B = \arcsin 32^\circ 12' 42'' = 32^\circ 28' 13''$ бўлади. Кўриш мумкинки, бу ҳисоблаш ушбу

$$\frac{\cos(\bar{\varphi}_Z - \bar{Y}) \cdot \sin \bar{X}}{R} = \sin \varphi_B$$

муносабатдан ёки

$$\frac{\sin \bar{X}}{R} = \frac{\sin \varphi_B}{\sin(\bar{\varphi}_Z - \bar{Y})} = \frac{\sin \varphi_B}{\sin(Y + \bar{\varphi}_Z)}$$

пропорциядан олинган. Айтайлик, $M - VPB$ нинг экватор билан кесишган нуқтаси бўлсин. У ҳолда $M - NPZ$ доиранинг уфқида бўлади ва M нуқтадаги сферик бурчак $PZ + \varphi_Z = Y + \varphi_Z$ ёй билан ўлчанади, бундан ташқари, $BM = \bar{X}$, BUM сферик учбурчакка сферик синуслар теоремаси татбиқ қилинса, юқоридаги пропорция ҳосил бўлади. Ҳисоблашларнинг охирида Беруний

$$\frac{n_1}{\cos \varphi_B} = \frac{n_1}{\sin 57^\circ 31' 47''} = 140^\circ 33' 48'' 58''' 45^{IV} : 50^\circ 37' 13'' = \sin \Delta \lambda_{ZB}$$

ни топади. Бундан

$$\Delta \lambda_{ZB} = \arcsin 2^\circ 46' 37'' = 2^\circ 39' 10''$$

келиб чиқади. Бу ерда ҳисоблаш

$$\frac{\sin NZG \cdot \sin ZB}{\cos \varphi_B} = \sin \Delta \lambda_{ZB}$$

ёки

$$\frac{\sin ZB}{\sin \Delta \lambda_{ZB}} = \frac{\sin \bar{\varphi}_B}{\sin NZG}$$

пропорциядан олинганлигини кўриш мумкин. Бу пропорция эса NZB сферик учбурчакка сферик синуслар теоремасини татбиқ қилишдан келиб чиқади.

Демак, ҳисоблашлардан кўринадики, Бўстнинг узунламаси

$$\lambda_B = \lambda_Z + \lambda_{ZB} = 89^\circ + 2^\circ 39' 10'' = 91^\circ 39' 10''$$

бўлади. Беруний юқорида (матн 269-бет.) Бўстнинг узунламасини $91^\circ 39' 10''$ деб топган эди. Уни минутларгача яхлитланса, $91^\circ 38'$ ҳосил бўлади.

⁷⁶² Қибла азимути ҳақида юқорида 54-изоҳга қаранг

⁷⁶³ Берунийнинг маълум шаҳардан Маккага йўналишини, яъни «Макка азимути-ни» аниқлаш коидасини қуйидаги формулаларга кўчириш мумкин:

$$\frac{\cos \varphi \cdot \sin \Delta \lambda}{R} = \sin X -$$

«перпендикуляр»нинг синуси, бундан $\cos X = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \Delta \lambda}$. Сўнгра

$$\frac{\sin \varphi \cdot R}{\cos X} = \sin Y$$

топилади, бунинг ёйи

$$Y = \arcsin \left(\frac{\sin \varphi \cdot R}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \Delta \lambda}} \right).$$

Сўнгра

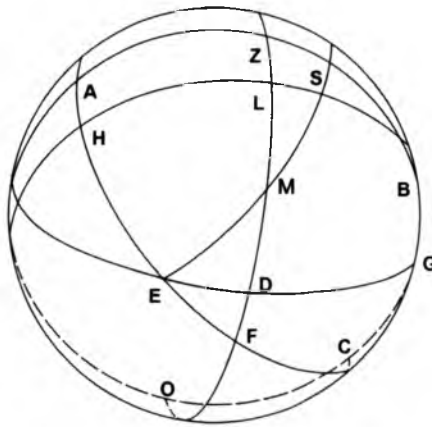
$$\frac{\cos(Y-\varphi_M) \cdot \cos X}{R} = \sin Z \text{ ва } \cos Z = \sqrt{1 - \cos^2(Y-\varphi_M) \cdot \cos^2 X}$$

муносабатлардан Макка азимутининг синуси

$$\sin A = \frac{\cos \varphi_M \cdot \sin \Delta\lambda}{\cos Z} \text{ ёки кенгрок кўринишда}$$

$$\sin A = \frac{\cos \varphi_M \cdot \sin \Delta\lambda}{\sqrt{1 - \cos^2(Y-\varphi_M) \cdot (1 - \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \Delta\lambda)}}$$

бўлади.



59-шакл

⁷⁶⁴ Ғазнанинг координаталари $\lambda = 94^\circ 22' 24''$, $\varphi = 33^\circ 35'$ бўлса, бундан кенглама тўлдирувчиси $\bar{\varphi} = 56^\circ 25'$ Макка ва Ғазна узунламалари айирмаси $\Delta\lambda = 26^\circ 22' 24''$ бўлса, у ҳолда «перпендикуляр»нинг синуси

$$\sin X = \frac{\cos \varphi \cdot \sin \Delta\lambda}{R} = \frac{49^P 59' 5'' \cdot 27^P 35' 14''}{R} = \frac{13778^P 56' 22'' 42'' 10^{IV}}{60} = 22^P 58' 56''$$

ва «перпендикуляр»нинг ўзи $X = \arcsin 22^P 58' 56'' = 22^P 31' 19''$, тўлдирувчиси $\bar{X} = 67^\circ 28' 41''$ бўлади, бундан $\sin X = \cos \bar{X} = 55^P 25' 26''$ келиб чиқади.

Сўнгра

$$\sin Y = \frac{\sin \varphi \cdot R}{\cos X} = \frac{33^P 11' 30'' \cdot 60}{55^P 25' 26''} = \frac{1991^P 20' 0''}{55^P 25' 26''} = 35^P 55' 44''$$

муносабатдан «ёй»

$$Y = \arcsin 35^P 55' 44'' = 36^P 46' 48''$$

топилади. «Ёй» билан Макка кенгласи орасидаги айирма

$$Y - \varphi_M = 36^\circ 46' 48'' - 21^\circ 40' = 15^\circ 6' 48'',$$

бунинг тўлдирувчиси

$$\overline{Y - \varphi_M} = 74^\circ 53' 12''$$

бўлади. Бундан

$$\sin(\overline{Y - \varphi_M}) = \cos(Y - \varphi_M) = 57^\circ 55' 29''$$

ҳосил бўлади. Сўнгра

$$\sin Z = \frac{\cos(Y - \varphi_M) \cdot \cos X}{R} = \frac{3210^P 24' 48'' 7''' 34^{IV}}{60} = 53^\circ 30' 25''$$

эканлигидан, бунинг ёйи

$$Z = \arcsin 53^\circ 30' 25'' = 63^\circ 5' 54'',$$

бунинг тўлдирувчиси $\bar{Z} = 26^\circ 54' 6''$ ва бундан $\bar{Z} = \cos Z = 27^\circ 8' 51''$ бўлади. Ниҳоят,

$$\sin A = \frac{\cos \varphi_M \cdot \sin \Delta \lambda}{\cos Z} = \frac{1538^P 17' 11'' 24''' 6^{IV}}{27^\circ 8' 51''} = 56^\circ 39' 50''$$

эканлигидан азимут

$$A = \arcsin \frac{\cos \varphi_M \cdot \sin \Delta \lambda}{\cos Z} = \arcsin 56^\circ 39' 50'' = 70^\circ 48' 15''$$

бўлади.

⁷⁶⁵ Беруний Ғазна қибласини аниқлашдаги 65-шаклини, биз 59-шаклда сфера устида тасвирлаймиз. Бу ерда ABC – Ғазна уфқи, E – унинг зенити, AEC – меридиани, M – Макканинг зенити, OML – унинг меридиани, HLB – осмон экватори, F – унинг шимолий кутби бўлсин. У ҳолда $EH = \varphi_M$ – Ғазнанинг кенгламаси, $ML = \varphi_M$ – Макканинг кенгламаси, $HL \Delta \lambda$ – иккала шаҳар узунламалари айирмаси – EFD бурчак шу ёй билан ўлчанади. Ғазна қабиласининг азимути $AS = A$ аниқланиши керак. Бу азимутни аниқлашда Беруний уч усулни кўради. Биринчи усулда аввал FED ва FHL сферик учбурчакларга сферик синуслар теоремасини татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin FE}{\sin ED} = \frac{\sin FH}{\sin HL}$$

пропорциядан «перпендикуляр»нинг синуси

$$\sin ED = \frac{\cos \varphi_E \cdot \sin \Delta \lambda}{R}$$

топилади. Сўнгра OFC ва ODG сферик учбурчакларга ўша теоремани татбиқ қилиб

$$\frac{\sin OF}{\sin FC} = \frac{\sin OD}{\sin DG} \text{ пропорциядан «ёй»нинг синуси } \sin OF = \frac{R \cdot \sin \varphi_E}{\cos X} \text{ топилади.}$$

Шаклдан $OF = DL = Y$, $MD = DL - ML = Y - \varphi_M$, $MZ = 90^\circ - (Y - \varphi_M)$ бўлгани учун MZS ва ZDG сферик уч бурчакларга мазкур теоремани татбиқ қилиб, $\frac{\sin MZ}{\sin SM} = \frac{\sin ZD}{\sin GG}$ пропорциядан, «Макка баландлиги»нинг синуси

$$\sin ED = \frac{\cos(Y - \varphi_M) \cdot \cos X}{R}$$

топилади. Бундан «баландлик»нинг ўзи $ME = 90^\circ - MS = \overline{SM} = \rho_{ME}$ бўлади.

Ниҳоят, MEF сферик уч бурчагига ўша теоремани татбиқ қилиб,

$$\frac{\sin ME}{\sin MFE} = \frac{\sin FM}{\sin FEM}$$

пропорциядан Ғазна кибласи азимутининг синуси

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sin \rho_{ME}}$$

топилади.

⁷⁶⁶ Макка азимутини аниқлаш иккинчи усулининг назарий қисмида Беруний аввал «диаметр» – $\sin X = \frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_E}$ ни топган (бу ерда φ_E – шаҳримиз кенгламаси, φ_M – Макка кенгламаси). Сўнгра «тенглаштирилган узунлама» синуси –

$$\frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{R} = \sin Y$$

топилган. Кейинги этапда «ёдда сакланувчи синус»

$$\left[\frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_E} = \frac{\cos \varphi_E (1 - \cos \Delta\lambda)}{R} \right] \cdot \sin \varphi_E \cdot \frac{1}{R} = \sin Z$$

ва «ўлчам» $\frac{\sin \varphi_E \cdot R}{\cos \varphi_E} = \sin U$ ҳисобланади.

Беруний азимути A астрономик азимут A' билан $A = A' \pm 90^\circ$ муносабат билан боғланган, чунки у азимутни шарқ нуктасидан жанубга йўналишда ҳисоблайди. Худди шунингдек, унинг азимути A геодезик азимут A'' билан $A = A'' \pm 90^\circ$ муносабат билан боғланган. Демак, агар $\sin U < \sin Z$ бўлса, Берунийда азимут A жанубий бўлиб, астрономик азимут $-270^\circ < A' < 90^\circ$ оралиқда ишорасини манфийдан мусбатга ўзгартиради; агар $\sin U = \sin Z$ бўлса, $A = 0^\circ$ бўлиб, $A' = -270^\circ$ ва ишораси манфий; агарда $\sin U > \sin Z$ бўлса, Берунийда азимут A шимолий бўлиб, астрономик азимут $90^\circ < A' < 270^\circ$ оралиқда ишорасини мусбатдан манфийга ўзгартиради. Ниҳоят, юқоридагиларга асосан Макка азимутининг синуси топилади.

$$\sin A = \frac{R \cdot \sin Y}{\sqrt{(\sin U - \sin Z)^2 + \sin^2 Y}}$$

Мос кийматлар ўрнига қўйилганидан сўнг тенглама

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi_E \left[\cos \Delta\varphi - \frac{\cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E (1 - \cos \Delta\lambda)}{R^2} - \frac{\sin \varphi_M}{\sin \varphi_E} \right] 2 + \frac{\sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M}{R^2}}}$$

кўришни олади.

⁷⁶⁷ Бу ерда Беруний Макка азимутини Ғазна учун топишда юқорида баён қилинган назарий усулга кўра ҳисоблаш бажаряпти. Бу шаҳарларнинг кенгламалари

$$\varphi_M = 21^\circ 40' \text{ ва } \varphi_E = 33^\circ 35'$$

бўлгани учун булар тўлдирувчиларининг айирмаси

$$(90^\circ - \varphi_M) - (90^\circ - \varphi_E) = \varphi_E - \varphi_M = \Delta\varphi = 11^\circ 55'$$

бўлади. Демак,

$$\overline{\Delta\varphi} = 78^\circ 5' \text{ дан } \sin \overline{\Delta\varphi} = \cos \Delta\varphi = 58^P 42' 25''$$

бўлади. Бундан

$$\cos \Delta\varphi \cdot R = 58^P 42' 25'' \cdot 60 = 3522^P 25' 0''$$

га кўра диаметр

$$\sin X = \frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_E} = 70^P 28' 12''$$

топилади.

Узунламалар айирмасининг синуси $\sin \Delta\lambda = 27^P 35' 14''$ ва унинг «аксланган синуси» $1 - \cos \Delta\lambda = 6^P 43' 9''$ эканлигидан

$$\cos \varphi_E \cdot \sin \Delta\lambda = 1538^P 17' 11'' 24''' 6^{IV}$$

$$(1 - \cos \Delta\lambda) \cdot \cos \varphi_E = 374^P 39' 58'' 47''' 51^{IV}$$

ларга кўра

$$\frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{R} = 25^P 38' 17'' = \sin Y$$

«тенглаштирилган узунлама» синуси ва

$$\sin Z = \frac{(1 - \cos \Delta\lambda) \cdot \cos \varphi_E}{R} = 6^P 14' 40''$$

топилади. Бундан

$$\sin X - \sin Z = 70^P 28' 12'' - 6^P 14' 40'' = 64^P 13' 32''$$

ва

$$(\sin X - \sin Z) \cdot \sin \varphi_M = 2131^P 34' 29'' 22''' 40^{IV}$$

эканлигидан

$$\frac{(\sin X - \sin Z) \cdot \sin \varphi_E}{R} = 35^P 31' 34'' = \sin U -$$

«ёдда сақланувчи» ҳосил бўлади. Бундан «ўлчам» –

$$\frac{\sin \varphi_M \cdot R}{\cos \varphi_E} = \frac{1329^P 8' 0''}{\cos \varphi_E} = 26^P 35' 27'' = \sin V$$

топилади. $\sin V < \sin U$, яъни

$$\sin U - \sin V = 35^P 31' 34'' - 26^P 35' 27'' = 8^P 56' 7''$$

демак,

$$(\sin U - \sin V)^2 = 79^P 50' 21'' 4''' 49^{IV}$$

ва

$$\sin^2 Y = 657^P 18' 35'' 36''' 49^{IV}$$

эканлигига кўра

$$(\sin U - \sin V)^2 + \sin^2 Y = 737^P 8' 56'' 41''' 38^{IV}$$

$$\sqrt{(\sin U - \sin V)^2 + \sin^2 Y} = 27^P 9' 1''$$

бўлади. Демак, Ғазна қибласи азимутининг синуси

$$\sin A = \frac{\sin Y \cdot R}{\sqrt{(\sin U - \sin V)^2 + \sin^2 Y}} = 56^{\circ}39'29''$$

ва азимутнинг ўзи $A = \text{arc sin } 56^{\circ}39'29'' = 70^{\circ}57'13''$ ҳосил бўлади.

⁷⁶⁸ «Макка тошининг тушиш жойи», яъни Ер шарига Ғазнада ўтказилган уринма текисликка (унинг уфқига) Макканинг зенитидан туширилган перпендикулярнинг асоси. Беруний бу ерда мабодо зенитдан тош ташланса, унинг тушиши мумкин бўлган нуқтани тасаввур қилиб, бу жойни уфқдаги «тош тушиш жойи» – *مسقط الحجر* деб атаган.

⁷⁶⁹ Беруний 66-шаклини 60-шаклда сферада тасвирлайлик. Бу ерда ABC – Ғазна уфқи, AEC – туш чизиғи, AHC – Ғазна меридиани, ва T – унинг зенити, BQR – осмон экватори, N – олам шимолий кутби, M – Макка зенити, KMH – Макканинг параллели, EB – осмон экваторининг Ғазна уфқ текислиги билан кесишиш чизиғи, FK – Макка параллелининг ўша уфқ текислиги билан кесишиш чизиғи бўлсин. Маълумки, бу ҳолда DFH – кундуз уч бурчаги ва GZM – вақт учбурчаги бўлади. Шаклдан кўринадики, $RQ = \Delta\lambda$ – иккала шаҳар узунламалари айирмаси; Макка параллелидаги MLH бурчак ҳам шу ёй билан ўлчанади. $MR = \varphi_M$ – Макка кенгламаси, $TQ = \varphi_T$ – Ғазна кенгламаси бўлганлиги учун, $TH = \varphi_T - \varphi_M = \Delta\varphi$ бўлади. У ҳолда $LH = R$ бўлган масштабда $MO = PE = \sin\Delta\lambda$ ва $LO = \cos\Delta\lambda$ бўлгани учун шу масштабда $HO = 1 - \cos\Delta\lambda$. Лекин $EQ = R$ бўлган масштабда $LH = \cos\varphi_M$ чунки $LE = \sin\varphi_M$. Шунинг учун $EQ = R$ масштабга MO ва HO ларни ўтказайлик. У ҳолда $\frac{MO = \sin\Delta\lambda}{LH = R} = \frac{MO}{\cos\varphi_M}$ ва $MO = \frac{\sin\Delta\lambda \cdot \cos\varphi_M}{R}$ бўлади. Шаклдан $HD = \cos\Delta\varphi$ ва $ED = \sin\Delta\varphi$ бўлгани учун HFD тўғри бурчакли учбурчакдан синуслар теоремасига асосан

$$\frac{HD}{\sin HFD} = \frac{FH}{\sin FDH}$$

пропорцияга кўра

$$HF = \frac{\cos\Delta\varphi \cdot R}{\cos\varphi_T}$$

«диаметр» ҳосил бўлади. Демак,

$$HO = LH - LO = \frac{\cos\varphi_M}{R} - \frac{\cos\varphi_M \cdot \cos\Delta\lambda}{R} = \frac{\cos\varphi_M(1 - \cos\Delta\lambda)}{R}$$

бўлади. LMO тўғрибурчакли учбурчакдан Пифагор теоремасига кўра

$$LO = \sqrt{LM^2 - MO^2} = \sqrt{\frac{\cos^2\varphi_M}{R^2} - \frac{\sin^2\Delta\lambda \cdot \cos^2\varphi_M}{R^2}} = \frac{\cos\varphi_M \cdot \cos\Delta\lambda}{R}$$

бўлади. Бундан

$$FO = MZ = FH - OH = \frac{\cos\Delta\varphi \cdot R}{\cos\varphi_T} - \frac{\cos\varphi_M(1 - \cos\Delta\lambda)}{R}$$

ҳосил бўлади. MZG учбурчагидан синуслар теоремасига кўра

$$\frac{MZ}{\sin MZG} = \frac{ZG}{\sin ZMG}$$

пропорциядан

$$ZG = \frac{\sin \varphi_T}{R} \cdot \left[\frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_T} - \frac{\cos \varphi_M (1 - \cos \Delta\lambda)}{R} \right] -$$

«ёдда сақланувчи» келиб чиқади. ELF учбурчагидан ўша теоремага кўра

$$\frac{EL}{\sin F} = \frac{EF}{\sin L}$$

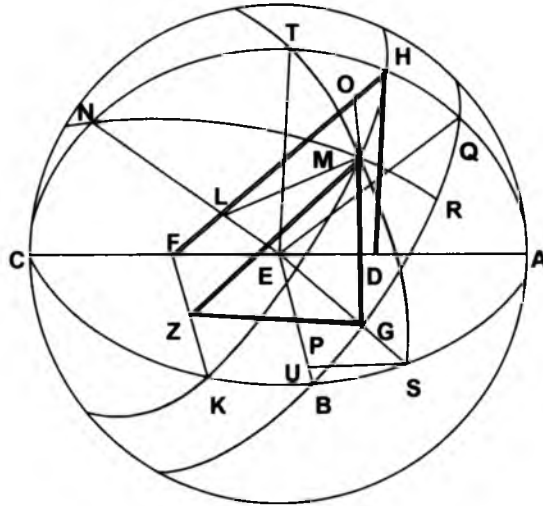
пропорциядан

$$EF = \sin \Theta = \frac{R \cdot \sin \varphi_M}{\cos \varphi_T} -$$

«ўлчам» ҳосил бўлади. Шаклдан $PZ = ZG - ZP$ эканлиги маълум. PGE тўғрибурчакли учбурчакдан Пифагор теоремасига кўра

$$GE^2 = PG^2 + PE^2 \text{ ёки } GE = \sqrt{(ZG - ZP)^2 + MO^2} =$$

$$= \sqrt{\left\{ \frac{\sin \varphi_T}{R} \cdot \left[\frac{\cos \Delta\varphi \cdot R}{\cos \varphi_T} - \frac{\cos \varphi_M (1 - \cos \Delta\lambda)}{R} \right] - \frac{R \cdot \sin \varphi_M}{\cos \varphi_T} \right\}^2 + \frac{\sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M}{R^2}}$$



60-шакл

У ҳолда EPG , EUS тўғрибурчакли учбурчаклар ўхшашлигидан $\frac{GE}{PE} = \frac{ES}{EU}$ пропорция ҳосил бўлади. Бундан азимут синуси

$$EU = \sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{\left[\cos \Delta\varphi - \frac{\sin \varphi_M \cdot \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_T (1 - \cos \Delta\lambda)}{R^2} \right]^2 + \frac{\sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M}{R^2}}}$$

келиб чиқади.

⁷⁷⁰ Юкоридан (765-изоҳга қаранг) маълумки, «тенглаштирилган узунлама» синуси

$$\sin Y = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{R}$$

кўринишдадир; «ўлчам»ни эса ушбу

$$\sin Z = \frac{(1 - \cos \Delta\lambda) \cdot \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E}{R^2} + [1 - \sin(\varphi_E - \varphi_M)]$$

кўринишда ёзамиз. Агар қулайлик учун $R = 1$ десак, бу ҳолда азимутни топиш қондасини қуйидаги

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{(1 - \sin Z)^2 \sin^2 Y}}$$

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{[\sin \Delta\varphi - (1 - \cos \Delta\varphi) \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E]^2 + \sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M}}$$

кўринишда ёзиш мумкин.

⁷⁷¹ Ҳисоблаш қулайлиги учун $R = 1$ деб Берунийнинг учинчи ҳолда исботлаш усулини унинг 67-шаклидан кўриш мумкин.

Бу ерда $AK = 90^\circ - \varphi_E$, $KH = \varphi_M$ эканлигидан

$$JO = HM = (1 - \cos \Delta\varphi) \cdot \cos \varphi_M$$

$$NO = \sin Y = \sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M$$

ва

$$HD = \sin(\overset{\frown}{AK} + \overset{\frown}{KH}) = \sin(90^\circ - \varphi_E + \varphi_M) = \cos(\varphi_E - \varphi_M)$$

бўлади. У ҳолда $DE = \sin(\varphi_E - \varphi_M)$ бўлгани учун $AD = 1 - DE = 1 - \sin(\varphi_E - \varphi_M)$ бўлади.

Тўғрибурчакли HMZ учбурчагидан синуслар теоремасига кўра

$$\frac{HM}{\sin HZM} = \frac{ZH}{\sin HMZ}$$

пропорциядан $\angle HMZ = 90^\circ - \varphi_E$, $\angle HZM = 90^\circ$ эканлигини эътиборга олган ҳолда

$$MZ = DL = HM \cdot \cos \varphi_E = (1 - \cos \Delta\varphi) \cdot \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E$$

ни топамиз. Бундан «ўлчам»

$$AI = DI + AD = (1 - \cos \Delta\varphi) \cdot \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E + (1 - \sin \Delta\varphi)$$

келиб чиқади.

Шаклдан $LE = 1 - AI$ ва $GL = NO$ бўлгани учун LGE тўғрибурчакли учбурчадан Пифагор теоремасига кўра $GE^2 = GL^2 + LE^2$ бўлади, бундан

$$\begin{aligned}
 GE &= \sqrt{GL^2 + LE^2} = \\
 &= \sqrt{\sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M + [1 - (1 - \cos \Delta\varphi) \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E - (1 - \sin \Delta\varphi)]^2} = \\
 &= \sqrt{\sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M + [\sin \Delta\varphi - (1 - \cos \Delta\varphi) \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E]^2}
 \end{aligned}$$

топилади.

GLE тўғрибурчакли учбурчакдан синуслар теоремасига кўра

$$\frac{GE}{\sin GLE} = \frac{GL}{\sin LEG}$$

пропорциядан $\angle GLE = 90^\circ$ ва LEG азимутни ифодаловчи $\overset{\frown}{AS} = A$ ёйи билан ўлчанишини эътиборга олинса, у ҳолда азимут

$$\sin A = \frac{GL}{GE} = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{[\sin \Delta\varphi - (1 - \cos \Delta\varphi) \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E]^2 + \sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M}}$$

формуладан топилади.

⁷⁷² Берунийнинг қибла азимутининг аксланган соя, яъни тангенс ёрдамида топиш қоидадини

$$\operatorname{tg} A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sin \Delta\varphi - (1 - \cos \Delta\lambda) \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E}$$

кўринишда ёзиш мумкин.

Текис соя, яъни котангенс билан ифодаланган азимутни топиш қоидади қуйидагичадир.

$$\begin{aligned}
 \{R - [(1 - \cos \Delta\lambda) \cdot \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E + (1 - \sin \Delta\varphi)]\} R &= 536^p 6' 0'' \\
 \operatorname{ctg} A &= \frac{\{R - [(1 - \cos \Delta\varphi) \cdot \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_E + (1 - \sin \Delta\varphi)]\} R}{\frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{R}} = 20^p 54' 37''
 \end{aligned}$$

$$A = \operatorname{arc} \operatorname{ctg} 20^p 54' 37'' = 70^\circ 47' 11''$$

⁷⁷⁴ Беруний «бўлақлар» масштабидан «бармоқлар» масштабига

$$\operatorname{ctg}_{12} A = \frac{12}{60} \operatorname{ctg}_{60} = A = 0^p 12' \cdot 20^p 54' 37'' = 4^p 10' 55''$$

қоида орқали ўтяпти.

⁷⁷⁵ Сунъий усул – الطريق الصناعى

⁷⁷⁶ Қибла азимутини аниқлашда зижларда қўлланадиган усулини намойиш қилиш учун келтирилган 68-шаклни биз 61-шаклга сфера устида тасвирлайлик.

Шаклда ABC – Ғазнанинг уфқи, E – унинг зенити, AEC – унинг меридиани, M – Макканинг зенити, FML – унинг меридиани, BLH – осмон экватори, F – олам ши-молий кутби, AS – Ғазна қибласининг азимути бўлсин, у ҳолда $LM = \varphi_M$ – Макканинг кенгламаси, $HE = \varphi_E$ – Ғазнанинг кенгламаси бўлади. FMK ва FLH сфе-

рик учбурчакларга сферик синуслар теоремасини татбиқ қилиб $\frac{\sin FM}{\sin MK} = \frac{\sin FL}{\sin LH}$ пропорциядан $FM = 90^\circ - \varphi_M$, $FL = 90^\circ$, $LH = \Delta\lambda$ эканлигини эътиборга олсак, «тенглаштирилган узунлама» синуси

$$\sin MK = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{R} = 25^{\circ}38'17''$$

ни топамиз; бунинг ёйи

$$MK = \text{arc sin } 25^{\circ}38'17'' = 25^{\circ}17'47'',$$

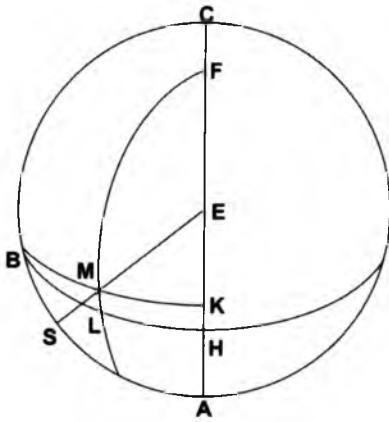
ёйнинг тўлдирувчиси

$$BM = 90^\circ - MK = 64^{\circ}42'13''$$

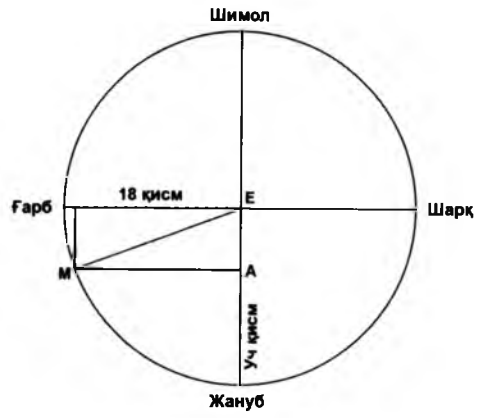
тўлдирувчисининг синуси

$$\sin BM = \cos MK = 54^{\circ}14'48''$$

бўлади.



61-шакл



62-шакл

BML ва BRH сферик учбурчакларга мазкур теоремани татбиқ қилиб

$$\frac{\sin BM}{\sin ML} = \frac{\sin BK}{\sin KH}$$

пропорциядан $BM = 90^\circ - MK$, $BK = 90^\circ$, $ML = \varphi_M$ эканлигини эътиборга олиб, «тенглаштирилган кенглама» синуси

$$\sin KH = \frac{R \cdot \sin \varphi_M}{\cos MK} = \frac{R^2 \cdot \sin \varphi_M}{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M} = \frac{1329^{\circ}8'}{54^{\circ}14'48''} = 24^{\circ}30'6''$$

ни топамиз. Бунинг ёйи

$$KH = \text{arc sin } 24^{\circ}30'6'' = 24^{\circ}6'7'' -$$

«тенглаштирилган кенглама»нинг ўзидир. Шаклдан кўриш мумкинки,

$$KH = HE - KH = \varphi_E - \text{arc sin } \frac{R^2 \cdot \sin \varphi_M}{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M} = 33^{\circ}25' - 24^{\circ}6'7'' = 9^{\circ}28'53'',$$

бунинг тўлдирувчиси

$$KA = 90^\circ - KE = 80^\circ 31' 7''$$

бунинг синуси

$$\sin AK = \cos KE = 54^\circ 10' 49''$$

бўлади.

Агар $MS = 90^\circ - ME$ бўлиб, бу ерда ME – иккала шахар орасидаги «масофа» эканлигини эътиборга олсак, MEK тўғрибурчакли сферик учбурчакдан сферик Пифагор теоремасига кўра $\cos ME = \frac{\cos MK \cdot \cos KE}{R}$ муносабатни ёзамиз. Бундан қулайлик учун $R = 1$ дейилса

$$\begin{aligned} \cos ME &= \sqrt{1 - \sin^2 \Delta\lambda \cdot \cos^2 \varphi_M} \cdot \cos\left(\varphi_E - \arcsin \frac{\sin \varphi_M}{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}\right) = \\ &= \frac{3210^\circ 19' 58'' 5''' 12''''}{60} = 53^\circ 30' 19'' \end{aligned}$$

ҳосил бўлади.

$ME = \arcsin \cos 53^\circ 30' 19'' = 26^\circ 54' 20''$ – шу масофа ёйи. Унинг мил ва фарсахлари

$$ME = 26^\circ 54' 20'' \cdot 56 \frac{2}{3} = 1524^\circ 38' 53'' \text{ мил} = 508^\circ 12' 58'' \text{ бўлади.}$$

Ниҳоят, MKE учбурчагига синуслар теоремасини татбиқ қилсак,

$$\frac{\sin ME}{\sin KM} = \frac{\sin ES}{\sin SA}$$

пропорциядан Ғазна қибласининг азимути

$$\sin A = \frac{R \cdot \sin MK}{\sin ME}$$

ёки

$$\sin A = \frac{\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_M}{\sqrt{1 - \cos^2 MK \cdot \cos^2 KE}} = 56^\circ 39' 23''$$

бўлади. Бундан азимутнинг ўзи

$$A = \arcsin 56^\circ 39' 23'' = 70^\circ 46' 56''$$

ҳосил бўлади.

⁷⁷⁷ Ғазна қибласи азимутини ҳисоблашнинг бу охириги усули, юқорида баён қилинганларга нисбатан анча содда. Биз уларни Беруний шаклини бирор ўзгартирилган ҳолда кўрайлик. 62-шаклда E – Ғазна, ME – Макка йўналиши ва MEA бурчаги қибла азимути бўлгани учун

$$EA = \cos A = \frac{1}{3} = 0^\circ 20' 0'';$$

бундан $A = \arcsin \cos 0^\circ 20' = 70^\circ 31' 44''$ келиб чиқади. Шу билан бирга,

$$AM = \sin A = 1 - \frac{1}{18} = \frac{17}{18} = 0^\circ 56' 40''$$

бундан

$$A = \arcsin \sin 0^\circ 56' 40'' = 70^\circ 48' 43''$$

ҳосил бўлади.

Шуни ҳам айтиш керакки, Беруний «Геодезия»нинг фақат шу ерида радиуси бирга тенг бўлган айлана билан иш кўрган, лекин ўзи бу ҳақда махсус эслатиб ўтмаган.

Беруний Ғазна қибласи азимутини ҳисоблаш усулларининг қанчалик тўғри эканлигини текшириб кўриш учун у топган қийматларни ҳақиқий қиймат $A = 70^{\circ}48'43''$ билан солиштириб кўрайлик.

Усуллар	Қийматлар	Фарқлар
Биринчи усул	$70^{\circ}48'15''$	$+ 0^{\circ}1'9''$
Иккинчи усул	$70^{\circ}47'13''$	$+ 0^{\circ}0'7''$
Учинчи усул	$70^{\circ}49'16''$	$+ 0^{\circ}2'10''$
Тангенс усули	$70^{\circ}47'9''$	$+ 0^{\circ}0'3''$
Котангенс усули	$70^{\circ}47'11''$	$+ 0^{\circ}0'5''$
Тўртинчи усул	$70^{\circ}46'56''$	$- 0^{\circ}0'10''$

Бу солиштиришдан кўринадики, қибла азимутини соялар бўйича ҳисобланиши асосий тўрт усул бўйича ҳисобланишига нисбатан анча аниқ.

Қибла азимутини аниқлаш масаласи мусулмон астрономлари учун муҳим эканлигини биз юқорида (54-изоҳ) эслатиб ўтган эдик. Беруний бу масала хусусида бошқа асарларида, чунончи, «Ёдгорликлар», «Қонуни Масъудий», «Тафҳим»да ҳам тўхталиб ўтади. Бу масала К.Шойнинг тадқиқотларида анча чуқур текширилган (*қаранг*: Schoy, Abhandlung des Al-Hasan; Schoy, Bestimmung der geographischen; Schoy, Kibla; Schoy, Abhandlung von al-Fade).

⁷⁷⁸ Ҳиндия доираси ҳақида қаранг «Қонуни Масъудий», I, 329–330-бетлар.

⁷⁷⁹ Яъни бу билан Муҳаммад ойнанинг бир гал ўттиз кун ва бир гал йигирма тўққиз кун ҳисобланишига ишора қилган. Бу ҳадис ҳақида «Ёдгорликлар»нинг 100–101-бетларига қаранг.

⁷⁸⁰ *تقويم* ҳақида юқорида 730-изоҳга қаранг.

⁷⁸¹ Қозиклар – *أوتاد* – бирлиги, *وند* – Птолемейдаги *κεντρα* (*κεντρον* – қозик, учи найза таёқ; лотинча *centrum*, яъни «марказ» сўзи ҳам шундан) сўзининг таржимаси: Ғарбий Европада «қозиклар»ни *cardines* ёки *puncta cardinales* – «кардинал нукталар» деб аталган. «Қозиклар» деб тўртта асосий астрологик уйларнинг – 1-, 4-, 7- ва 10-уйларнинг бошланиш нукталарини, яъни эклиптиканинг осмон меридиани ва уфқ билан кесишиш нукталарини аталган (*қаранг*: «Қонуни Масъудий», I, 358-360-бетлар).

⁷⁸² «Тугилганлар» – *مواليد* – атомлардан ташкил топган жониворлар, ўсимликлар ва минераллар назарда тутиляпти. Атомларни эса ўрта асрларда Шарқда «оналар» (*أمهات*) деб аталган.

⁷⁸³ Алмашиш – *تحويل السنة* – йил алмашиши – *تحويل السنة* (лотинча *revolution anni* иборасининг таржимаси) назарда тутиляпти. Куёшнинг баҳорги тенгкунлик нуктасидан ўтиш пайтини шундай аталган.

⁷⁸⁴ Бирлашиш – *اجتماع* – икки ёриткичнинг бир буржда мос келиши. Астрологлар буни одатда учрашиш (*اقتران*) ҳам деганлар.

⁷⁸⁵ Рўпара туриш – استقبال – икки ёриткичнинг эклиптикада ораларидаги эклиптик масофа $\lambda = 90^\circ$ бўлган нукталарга мос келишидир.

⁷⁸⁶ Квадратура – تربيع – икки ёриткичнинг эклиптикада ораларидаги эклиптик масофа $\lambda = 45^\circ$ бўлган нукталарга мос келишидир.

⁷⁸⁷ Квадратура ярми – نصف تربيع – икки ёриткичнинг эклиптикада ораларидаги эклиптик масофа $\lambda = 45^\circ$ бўлган нукталарга мос келишидир.

⁷⁸⁸ Ҳаштмарг – هشتمرج, форсча هشتمرز «саккиз кирра» сўзидан олинган.

⁷⁸⁹ Беруний бу ерда астрология ва астрологларга нисбатан ўзининг норозилигини, астрологияни ғайриилм эканлигини, астрологларнинг эса қаллобликларини фош қилиб очиқдан-очиқ айтган. Астрологияга бўлган бундай муносабатни у «Қонуни Масъудий»да ҳам айтган (қаранг: II китоб, 491-бет).

⁷⁹⁰ Ҳижрий 410 й. жумоди 1-м. 1019 й. сентябрь.

⁷⁹¹ Олифта – العيوق – Капелла, Аравакашнинг (Жилов ушлаб турувчининг) α юлдузи (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 128-бет, 60-изоҳ, 317-бет, 126-изоҳ).

⁷⁹² Яман Сириуси – الشعري اليمانية – яъни Сириус, Катта Ит юлдуз туркумининг α юлдузи. Бу юлдузни Сурия Сириуси, яъни Шимол Сириуси (қаранг: 791-изоҳ) деб аталувчи Процион юлдузидан фарқ қилиш учун Яман, яъни жануб Сириуси деб аталган. «Сириус» сўзини юнонча σείριος – «жазирама иссиқ» сўзидан деб гумон қилинади, лекин юлдузнинг араб тилидаги номида сомиё халқларга хос (айн) товушининг мавжудлиги бу номнинг юнонларга қадимги Яқин Шарқ халқларидан, чунончи, бобилликлар ёки финияликлардан ўтган бўлишига далолат беради (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 128-бет, 56-изоҳ ва 350-бет, 178-изоҳ).

⁷⁹³ Шом Сириуси – الشعري الشامية – Процион, Кичик Итнинг α юлдузи. Бу юлдузни Сириусдан, яъни Яман Сириусидан (қаранг: 790-изоҳ) нурсизрок бўлгани учун одатда «Йиғлоқи Сириус» – الشعري الغميصة – деб ҳам аталган (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 128-бет, 56-изоҳ ва 351-бет, 180-изоҳ).

⁷⁹⁴ Алдабарон – الدبران – Савр юлдуз туркумининг α юлдузи. Бу юлдузнинг номи одатда лотинча транскрипциядаги шакли бўйича «Альдебаран» деб юритишади (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 326-бет, 147-изоҳ ва 372, 374–377-бетлар).

⁷⁹⁵ Сунбула буржининг охири ва Мезон буржининг боши 21–22 сентябрь, яъни кузги тенгкунликка яқин пайт демоқчи.

⁷⁹⁶ Ҳижрий 409 й. зул-қаъда – мил. 1019 й. март.

⁷⁹⁷ Қандаҳор – قندهار – Афғонистоннинг жануби-шарқидаги шаҳар. Ўрта асрлардаги ўрни ҳозиргидан шарқроқда бўлган.

⁷⁹⁸ Ламғон – لمغان – Ғазна яқинидаги қишлоқ ва тоғли вилоят.

⁷⁹⁹ Бу ерда Беруний юнонча φλό – σοφος (ҳикмат севувчи, донолик севувчи) сўзининг араб тилидаги транскрипциясини (فيلسوف) ва таржимасини (محب للحكمة) ҳам келтиряпти. Бу билан унинг юнон тилидан хабардорлиги яна бир бор исботланади.

⁸⁰⁰ Фалсафа – فلسفة – сўзи юнонча φλό – σοφια (билимни, доноликни севиш; фалсафий таълим) сўзи билан деярли бир хил маънога эга бўлишига қарамай, у юнонча сўзнинг транскрипцияси эмас, балки арабча транскрипциядаги «файла-суф» сўзидан ясалган арабча сўздир.

⁸⁰¹ Рум – бу ерда Кичик Осиё.

⁸⁰² Беруний бу ерда Умавий халифалар ва Аббосий халифалардан ал-Мансур (754–775), ал-Махдий (775–785), ал-Ҳодий (785–786), ар-Рашид (786–809), ал-Амин (809–813) ва ал-Маъмунни (813–833) назарда тутаётган бўлса керак. Чунки мазкур халифалар давридаги араб-византия урушлари ар-Раққа орқали ўтган ва бу жангларда ар-Раққа халифаларнинг лагери вазифасини ўтаган.

⁸⁰³ 15° замон = 1^h бўлгани учун 20° замон = $1^h 20'$ бўлади. Қуббанинг узунламасини аниқлашда йўл қўйилган хатоликлар ҳақида юқорида 608-изоҳга қаранг.

⁸⁰⁴ $4^\circ 22'$ замон = $1^h 17' 28''$ бўлади. Рус тилидаги нашрда хато – $0^h 17' 30''$ дейилган.

⁸⁰⁵ Теон (Θεων, Берунийда ثاون) – исқандариялик математик ва астроном, эрамининг IV асрида яшаган, Евклид ва Птолемейнинг асарларини изоҳлаган. Теоннинг асосий астрономик асари «Қонун» (Κανον) деб аталган (қаранг: «Қонуни Масъудий», I, 87, 117-бетлар).

⁸⁰⁶ Беруний Ғазнанинг Маккага нисбатан узунлама бўйича ҳолатини аниқлаш учун Ер Қуббаси, Бағдод, ар-Раққа ва Искандария шаҳарларининг узунламаларини восита қилиб олган. «Синдҳинд»га асосан Қубба билан Бағдод орасидаги узунлама айирмаси $\Delta\lambda = 90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$ соатларда бу $\frac{20^\circ}{15^\circ} = 1^h 20'$ бўлади (801-изоҳга қаранг).

Ғазна билан Қубба орасидаги узунлама айирмаси

$$\Delta\lambda = 90^\circ 22' - 90^\circ = 4^\circ 22' = 4^\circ + \frac{1^\circ}{5} + \frac{1^\circ}{6}$$

соатларда

$$4^\circ 22' : 15 = 4^\circ 22' \cdot 0^h 4' = 0^h 17' 28'' \approx 0^h 17' = \frac{15+2}{60} = \frac{1^h}{4} + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{10}\right)^h$$

бўлади.

Птолемей «Алмажистий»си ва Теон «Қонун»ида жадвалларда Искандария шаҳри асос қилиб олинган. Унинг кенгламаси бу жадвалларда $\varphi = 30^\circ 58'$ деб олинган. Искандария ва Бобил орасидаги узунлама айирмаси «Алмажистий»га кўра

$$\Delta\lambda = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{10}\right)^h = 0^h 50' = 0^h 50' \cdot 15^\circ = 12^\circ 30'$$

(қаранг: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd. I (V), 12; Bd. II (VI), 6). Бирок Птолемей «География»си ва Теон «Қонун»ида $\Delta\lambda = 18^\circ 30'$ ва Искандария кенгламаси учун $\varphi = 31^\circ$ қиймат ҳам ишлатилган.

«Янги давр» астрономларининг ҳисоблашларига кўра

$$\Delta\lambda = 13\frac{3^\circ}{4} = \left(13\frac{3^\circ}{4} : 15^\circ\right)^h = \left(\frac{55}{4 \cdot 15}\right)^h = 0^h 50' = \frac{11^h}{15} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}\right)^h.$$

Муаллифнинг айтишича, Бобил Бағдоднинг яқинида (ҳозирги ҳисоб бўйича оралари 70 км) бўлганлиги учун, бу узунлама айирмасини Искандария билан Бағдод учун ҳам олинавверса бўлар эди.

Ал-Баттоний зижига кўра, узунламалар:

Искандарияники – $60^\circ 30'$,

Ар-Раққаники – 73° ,

Бобилники – 79°,

Бағдодники – 80°

эканлигидан, Беруний Искандария билан қолган учала шаҳар орасидаги узунлама айирмалари мос равишда 12°30' (шунингдек, 10°), 18°30' ва 19°30' бўлиши керак эди, деган хулосага келади. Лекин у айтишича, ал-Баттоний зижида чалкашликлар мавжудлиги сабабли бу айирмаларни у аниқроқ ҳисоблашга ўтади.

⁸⁰⁷ Ал-Анбор – الانبار – ўрта асрларда Ироқдаги шаҳар. У Бағдоддан 12 фарсах (қарийб 70 км) ғарбда, ҳозирги Эль-Фаллужа шаҳрига яқин жойлашган.

⁸⁰⁸ Ҳит – هيت – Ироқда ўрта асрларда ва ҳозир ҳам шу ном билан аталувчи шаҳар. Бағдоддан қарийб 180 км ғарбда, ар-Ракка йўлида, Фирот дарёсининг гарбий қирғоғида жойлашган.

⁸⁰⁹ Она – عانة – Ироқда ўрта асрларда ва ҳозир ҳам шу ном билан аталадиган шаҳар. Ар-Ракка йўлида Фирот дарёсининг гарбий қирғоғида жойлашган.

⁸¹⁰ Ар-Раҳба – الرحبة – ўрта асрларда Бағдоддан ар-Раккага олиб борадиган йўлдаги карвонсарой, Фиротнинг ўнг қирғоғида жойлашган (Ёқут, II, 764-бет). Унинг тахминий ўрни ҳозир Суриядаги Маёдин шаҳри яқинига тўғри келади.

⁸¹¹ Ар-Раққанинг кенгламаси $\varphi_1 = 36^\circ 10'$, Бағдодники $\varphi_2 = 33^\circ 25'$ эканлигини эътиборга олсак, кенглама айирмаси $\Delta\varphi = 2^\circ 36'$ бўлади.

Бунинг ватари втр $\Delta\varphi = 2^p 43' 21''$, ватарнинг квадрати $7^p 24' 43'' 18''' 21^{IV}$ бўлади. Улар иккиси орасидаги масофа ёйи $\rho = 110$ ф. = $110 \cdot 3 = \left(330 : 56 \frac{2}{3}\right)^\circ = 5^\circ 49' 34''$, бунинг ватари втр $\rho = 6^p 5' 54''$, унинг квадрати (втр ρ)² = $37^p 11' 22'' 48''' 36^{IV}$ бўлади. Демак, шуларни эътиборга олиб иккала шаҳар узунламалари айирмасини маълум (юқорида 665а-изоҳга қаранг) формулага асосан топиш мумкин. Унга кўра

$$\begin{aligned} \Delta\lambda &= 2 \operatorname{arc} \sin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(\text{втр } 5^\circ 49' 34'')^2 - (\text{втр } 2^\circ 36')^2] \cdot \cos 33^\circ 25'}{\cos 33^\circ 35'}} \cdot \frac{R}{\cos 33^\circ 25'} \\ &= 2 \operatorname{arc} \sin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(6^p 5' 54'')^2 - (2^p 43' 21'')^2] \cdot 50^p 4' 52''}{48^p 31' 51''}} \cdot \frac{60}{50^p 4' 52''} = \\ &= 2 \operatorname{arc} \sin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{30^p 43' 43'' 59''' 26^{IV} \cdot 60}{50^p 4' 52''}} = 2 \operatorname{arc} \sin \frac{6^p 38' 28''}{2R} = 6^\circ 20' 43'' \end{aligned}$$

ҳосил бўлади (юқорида 601-изоҳга қаранг). У ҳолда ар-Раққанинг узунламаси λ_1 ни Бағдоднинг узунламаси λ_2 ва узунламалар айирмаси $\Delta\lambda$ га кўра қуйидагича топилади

$$\lambda_1 = \lambda_2 - \Delta\lambda = 80^\circ - 6^\circ 20' 43'' = 73^\circ 39' 17''.$$

Узунлама айирмасининг Беруний эслатаётган Абу Али Муҳаммад ибн Абду-л-Азиз ал-Ҳошимий топган қиймати $\Delta\lambda = 7^\circ$ эди (матннинг 203-бети ва таржиманинг 157-бети, 601-изоҳига қаранг).

⁸¹² Ҳумс ёки Ҳўмс – Суриядаги ўрта асрларда ва ҳозир ҳам йирик шаҳар. Дамашқдан 120 км шимолда ва Байрутдан 125 км чамаси шимоли-шарқда. Ўртаер денгизи қирғоғидан қарийб 65 км масофада.

⁸¹³ Табария – طبرية – ўрта асрларда ва ҳозир ҳам Фаластиндаги кичик шаҳар, шу номли кўлнинг ғарбий қирғоғида жойлашган. Ҳозир Исроил давлати территориясида.

⁸¹⁴ Ар-Рамла – الرملة – ўрта асрларда ва ҳозир ҳам Фаластиндаги кичик шаҳар. 1967 й. уни Исроил босиб олган. Қуддус билан Тель-Авив орасидаги йўлда, Тель-Авивдан қарийб 42 км жануби-шарқда жойлашган.

⁸¹⁵ Миср шаҳри – ўрта асрларда (XII асргача) Мисрнинг пойтахти ал-Фустат бўлган. Одатда уни мамлакат номи билан «Миср» деб аталган. Ҳозир Қохиранинг ал-Миср ал-Қадима райони.

⁸¹⁶ Ар-Раққанинг кенгламаси $\varphi_1 = 36^\circ 1'$ ва Искандарияники $\varphi_2 = 30^\circ 58''$ бўлса, кенгламалар айирмаси $\Delta\varphi = 5^\circ 3'$ бунинг ватари втр $\Delta\varphi = 5^p 17' 12''$, унинг квадрати (втр $\Delta\varphi$)² = $27^p 56' 55'' 50''' 24''''$ бўлади. Иккала шаҳар орасидаги масофа ёйи $\rho = 628$ мил = $628 : 56 \frac{2}{3} = 11^\circ 4' 56''$, унинг ватари втр $\rho = 11^p 31' 4''$ бунинг квадрати (втр ρ)² = $132^p 39' 33'' 8''' 16''''$ IV бўлгани учун яна аввалгидек узунламалар айирмасини куйидагича топилади

$$\begin{aligned} \Delta\lambda &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(\text{втр } 11^\circ 4' 56'')^2 - (\text{втр } 5^\circ 3')^2] \cdot \cos 30^\circ 58''}{\cos 33^\circ 35'}} \cdot \frac{R}{\cos 30^\circ 58''} = \\ &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{[(11^p 31' 4'')^2 - (5^p 17' 12'')^2] \cdot 51^p 26' 53''}{48^p 31' 51''}} \cdot \frac{60}{51^p 26' 53''} = \\ &= 2 \arcsin \frac{1}{2R} \frac{\sqrt{111^p 0' 16'' 27''' 49''''} \cdot 60}{51^p 26' 53''} = 2 \arcsin \frac{12^p 17' 14''}{2R} = 11^\circ 45' 15'' \end{aligned}$$

(юкоридаги 603-изоҳга қаранг).

Бундан узунламалар айирмаси $\Delta\lambda$ га кўра ар-Раққанинг узунламаси λ_3 ва Искандария узунламаси λ_2 топилади.

$$\lambda_1 = \lambda_2 + \Delta\lambda = 60^\circ 30' + 11^\circ 45' 15'' = 72^\circ 15' 15'' \text{ ва}$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 - \Delta\lambda = 73^\circ - 11^\circ 45' 15'' = 61^\circ 14' 45''.$$

⁸¹⁷ «Бу китобдан кўра лойикрок» деб Беруний «Қонуни Масъудий»ни назарда тутаяпти. Бунга далил шуки, «Қонуни Масъудий» олтинчи мақоласининг «Эклиптикадаги Куёш туриш, тенгкунлик ва бошқа муҳим нукталарнинг қандай вақтларга тўғри келишини аниқлаш усули ҳақида» деб аталувчи учинчи бобида бу масала кўрилади ва шу мақоланинг олтинчи, еттинчи, саккизинчи бобларида Беруний бу масалага «[тааллуқли] кузатишлар ҳақида» ўзига «етиб келган [хабарларни]», яъни Гиппарх ва Птолемейнинг кузатишларига оид хабарларни, «таҳлил» ва «танқид» қилади (қаранг: «Қонуни Масъудий», II, 47-51, 50–95-бетлар).

Демак, бундан кўринадики, Берунийда «Геодезия»ни ёзаётган вақтидаёқ, яъни 1025 й. астрономиядан фундаментал бир асар ёзиш нияти бўлган. Бу ниятини у ўн икки йил оша 1037 й. амалга оширган.

⁸¹⁸ Беруний бу ерда «Алмажистий» 3-мақоласининг 1-боби – «Йил узунлиги ҳақида» бобини назарда тутаяпти (қаранг: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd. I. S. 130–148).

⁸¹⁹ Птолемей бу маълумотни «Алмажистий»си 5-мақоласининг 3-бобида келтирган (*қаранг*: Ptolemäus, Handbuch der Astronomie, Bd. I. S. 130–148).

⁸²⁰ Бухтунассар – Қадимги Бобил подшоҳи Набу-Носирнинг (мил. авв. 747–733 й. – Европада Набонассар) ўрта аср Шарқ адабиётида қўлланган арабийлашган номи. Бухтунассар эраси унинг тахтга ўтирган куни – 747 й. 27 февралдан бошланган. Бухтунассар 586 йилининг 30 мосури – мил. авв. 161 й. 30 март Бухтунассар эраси – реал тарихий воқеага асосланган энг қадимги эра ҳисобланади (*қаранг*: Селешников, История календаря. – С. 51; Бикерман. Хронология. – С. 106; «Қонуни Масъудий», I, 76-бет).

⁸²¹ *Ғҳати* – Берунийда *چهری جھاری* – ҳиндларда вақт ўлчами сутканинг $\frac{1}{60}$ қисми ёки 24 минут (*қаранг*: «Қонуни Масъудий», I, 80-бет, 130-изоҳ).

⁸²² Агар Ғазна узунламасини Ал-Баттоний жижидагидек 10° га орттириб, яъни Азор оролларида ҳисобланса, $\lambda = 104^\circ 22' 24''$ бўлади. У ҳолда Искандария билан унинг узунламалари айирмаси $\Delta\lambda = 43^\circ 52' 24''$ бўлади. Бундан агар $360^\circ = 24^h = 60^s$ сутка минути (819-изоҳга қаранг) эканлигини ҳамда иккала шаҳар маҳаллий вақтларининг фарқи $2^h 55' 29'' 36'''$ эканлигини эътиборга олинса, у ҳолда $\Delta\lambda = 43^\circ 52' 24'' = 7^s 18' 44''$ *ғҳати* бўлади. Тенгкунлик Искандарияда Қуёш ботаётган пайтда, демак, у ерда тушдан кейин 6^h соат, яъни 15^s *ғҳати* ўтганида юз берган. Демак, бундан кўринадики, Ғазнада бу пайт Қуёш ботганидан кейин окшом соат $8^h 55' 29'' 36'''$ да, яъни унинг тушидан $22^s 18' 44''$ *ғҳати* ўтганида бўлган.

⁸²³ «Қўшимча кунлар» – Бухтунассар эрасида қўлланадиган йил 365 кундан иборат бўлиб, у ўн иккита 30 кунлик ой ва бешта қўшимча кун («эпагоменай»)дан иборат (*қаранг*: «Қонуни Масъудий», I, 76-бет; Бикерман. Хронология. – С. 40). Бухтунассар 589 й. 1-эпагомен – мил. авв. 156 й. 23-апрель, бу пайт Ғазнадаги вақт кундуз соат $11^h 55' 29'' 36'''$ бўлади.

⁸²⁴ Бухтунассар 590 й. 1-эпагомен мил. авв. 157 й. 30 март. Бу пайт Ғазнада маҳаллий вақт кундузи соат $14^h 55' 29'' 36'''$ бўлади.

⁸²⁵ Бухтунассар 601 й. 4-эпагомен – мил. авв. 146 й. 21 апрель. Бу пайт Ғазнадаги маҳаллий вақт кечаси соат $2^h 55' 29'' 36'''$ бўлади.

⁸²⁶ Бухтунассар 602 й. 4-эпагомен – мил. авв. 145 й. 9 апрель, бу пайт Ғазнадаги маҳаллий вақт кундузи соат $11^h 55' 29'' 36'''$ бўлади.

⁸²⁷ Бухтунассар 605 й. 4-эпагомен – мил. авв. 142 й. 31 март. Ғазнадаги маҳаллий вақт кечки пайт соат $8^h 55' 29'' 36'''$ бўлади.

⁸²⁸ Атур – *أثور* – миср ойларидаги учинчиси (*қаранг*: «Қонуни Масъудий», I, 76-бет).

⁸²⁹ Бухтунассар 880 й. 7 атур – мил. 134 й. 4 октябрь. Кузатилган пайт Ғазнадаги маҳаллий вақт куннинг иккинчи ярмида соат $4^h 55' 29'' 36'''$. Демак, шу куни Искандарияда эрта билан соат 6 да Қуёш чикқан бўлади.

⁸³⁰ Бухтунассар 887 й. 7 атур – мил. 141 й. 3 октябрь.

⁸³¹ Биз шундай ўқиймиз, чунки Искандария билан Ғазна ораси $7^s 18' 44''$ эди (Матннинг 297-бети ва 820-изоҳига қаранг).

⁸³² $54^s 18' 44''$ *ғҳати* = $21^h 43' 29'' 36'''$. Демак, Искандарияда тенгкунлик кузатилганида Ғазнадаги маҳаллий вақт билан соат $9^h 43' 29'' 36'''$ эди.

⁸³³ Ғазна ва Бағдоднинг узунламаларини Ал-Баттоний зиждагидек, Канар оролларида ҳисоблаб $104^{\circ}22'24''$ ва 80° деб олсак, узунлама айирмаси соат ва *ҳати*ларда.

⁸³⁴ Бухтунассарнинг 1578 й. 21-фармути – мил. 832 й. 14 октябрдаги Бағдоддаги кузатиш пайтида Ғазнада кундузи маҳаллий вақт билан соат $13^{\text{h}}25'29''36'''$ эди. Бу ерда биз *ҳати*ларни $1^{\circ}3'44''$ ўқиймиз, матнда ва рус тилидаги таржимада хато $1^{\circ}33'44''$ келтирилган.

⁸³⁵ «Куёш йили китоби» – كتاب سنة الشمس – ўрта асрларда Ғарбий Европада De anno solis номи билан Собит ибн Қурранинг асари сифатида маълум бўлган. Инглиз тилидаги таржимаси мавжуд: Thâbit ben Qurra, On the Solar year and on the motion of eighth sphere, transl. and comm., O.Heugebauer, Proceedings of American Philosophical Society, v. 106 (1962), p. 264–299.

⁸³⁶ Бухтунассарнинг 1579 й. 25-фармути – мил. 833 й. 18 октябрь куни Шамосияда тенгкунлик кузатилган пайтида Ғазнада маҳаллий вақт билан оқшом соат $8^{\text{h}}25'29''36'''$ эди. Бу ерда биз $21^{\circ}3'44''$ ўқиймиз, матнда ва русча таржимада $21^{\circ}33'44''$ берилган.

⁸³⁷ Бухтунассарнинг 1580 й. 26-фармути – мил. 834 й. 19 октябрь. Дамашқда тенгкунликни шу йили 18 октябрь кеч соат $23^{\text{h}}12'$ да топган. Демак, бу пайт Ғазнадаги маҳаллий вақт, агар Дамашқ билан Ғазна узунламаларининг айирмаси Ал-Баттоний зиж бўйича $\Delta\lambda = \lambda_G - \lambda_D = 104^{\circ}22'24'' - 70'' = 34^{\circ}22'24''$ ёки соатларда $\Delta t = 2^{\text{h}}17'29''36'''$ эканлигини эътиборга олинса, кечаси соат $1^{\text{h}}29'29''36'''$ бўлган эканлиги кўринади. Чунки ўша пайт Ғазнада тушдан кейин ўтган *ҳати*лар соатларга кўчирилса, $39^{\circ}43'44'' = 13^{\text{h}}29'29''36'''$ бўлади. Демак,

$$12^{\text{h}} + 13^{\text{h}}29'29''36''' = 25^{\text{h}}29'29''36'''(-24^{\text{h}}) = 1^{\text{h}}29'29''36'''$$

⁸³⁸ Матнда ва рус тилидаги таржимада хато $27^{\circ}28'44''$ (كزكج مد) келтирилган, чунки Ғазна билан Бағдод орасидаги узунлама айирмаси $\Delta\lambda = 24^{\circ}22'24''$ бўлиб, бу $4^{\circ}3'44''$ *ҳати*ни ташкил қилади.

⁸³⁹ Бухтунассар 1591 й. 29-фармутиси – мил. 845 й. 22 октябри. Шу куни Бағдодда тенгкунлик Куёш ботганидан $3^{\text{h}}50'$ соат ўтганидан кейин кузатилган. Демак, бу пайт Бағдоддаги маҳаллий вақт билан кеч соат $21^{\text{h}}12'$ ва Ғазнада эса $22^{\text{h}}49'29''36'''$ бўлган, чунки $27^{\circ}28'44'' = 10^{\text{h}}49'29''36'''$.

⁸⁴⁰ Бухтунассар 1599 й. 30-фармутиси – мил. 853 й. 23 октябрь. Юкорида (матнинг 263, 265-бетлар, таржиманинг 176 ва 177-бетлари) Беруний Нишопур узунламаси учун тўрт хил қийматларни – $84^{\circ}45'57''$, $84^{\circ}45'57''$ ва $85^{\circ}0'$ – келтирган. Ғазнанинг узунламаси $94^{\circ}22'24''$ бўлгани учун бу қийматларга кўра узунлама айирмалари – $9^{\circ}36'27''$, $8^{\circ}24'32''$, $9^{\circ}35'40''$ ва $9^{\circ}22'24''$ бўлади. Буларнинг *ҳати*лари мос равишда – $1^{\circ}36'4''$, $1^{\circ}24'5''$, $1^{\circ}35'56''$ ва $1^{\circ}33'44''$ бўлади. Беруний Нишопур узунламасининг аниқроқ қийматини $85^{\circ}0'$ деб олганлигидан узунламалар айирмасини мана шу қийматга асослаб, унинг *ҳати*ларини келтирган. Демак, Нишопурда тенгкунлик туш пайтига тўғри келгани учун Ғазнада бу вақт улар маҳаллий вақтларининг айирмасидан иборат, яъни

$$\Delta t = T_G - T_N = 12^{\text{h}}37'29''48''' - 12^{\text{h}} = 0^{\text{h}}37'29''36''' = 1^{\circ}33'44''.$$

⁸⁴¹ Бухтунассар 1607 й. 2 бохун мил. 863 й. 25 октябрь.

⁸⁴² Биз гҳатиларни шундай (نويد) ўқиймиз. Матнда ва рус тилидаги таржимада хато (يچ و يچ ва 13^g6'14") келтирилган. Чунки Сурраманрао Бағдоддан «чорак даража» яъни 0°15' гарбда бўлгани учун узунламаси $\lambda_c = \lambda_B - \Delta\lambda = 70^\circ - 0^\circ 15' = 69^\circ 45'$ бўлади. У билан Ғазна узунламаларининг айирмаси $\Delta\lambda = 94^\circ 22' 24'' - 69^\circ 45' = 24^\circ 37' 24''$ бўлади. Бу эса *гҳатиларда* $\Delta\lambda \cdot \frac{60^g}{360^\circ} = 24^\circ 37' 24'' \cdot \frac{60^g}{360^\circ} = 4^g 6' 14''$ бўлади. Тенгкунлик Сурраманраода тушлик пайтида бўлгани учун Ғазнада бу вақтлари айирмасига тўғри келади, демак,

$$\Delta t = T_G - T_C = 4^g 6' 14'' \cdot \frac{2}{5} = 1^h 38' 28'' 48''.$$

⁸⁴³ Бухтунассар 1630 й. 8-бохун – мил. 884 й. 31 октябрь. Ал-Баттоний зижида ар-Раққа узунламаси 73° деб олинган, демак, унга кўра Ғазнанинг узунламаси 104°22'24" эканлигидан узунламалар айирмаси $\Delta\lambda = 31^\circ 22' 24''$ бўлади. Бу эса 2^h5'29"36" соат ёки 5^h13'44" *гҳати* бўлади. Тенгкунлик ар-Раққада кузатилган пайтда кечанинг 7^h15' соати ўтган бўлиб, бу пайт Ғазнада тушдан 38^h21'14" *гҳати* ёки 15^h20'29"36" соат ўтган эди. Демак, Ғазнада кечаси соат $T_G = 3^h 20' 29'' 36'''$, ар-Раққада эса кечаси соат $T_R = T_G - \Delta t = 3^h 20' 29'' 36''' - 2^h 5' 29'' 36''' = 1^h 15'$ бўлган. Бундан ўша куни ар-Раққада Қуёш кеч соат $t = 13^h 20' - 7^h 15' = 6^h$ да ботган эканлиги келиб чиқади.

⁸⁴⁴ Бухтунассар 1636 й. 9-бохун – мил. 890 й. 1 ноябрь. *Гҳатилар* сони матнда ва рус тилида таржимада хато – ج مج يذ келтирилган, биз уни ليج ؤ ўқиймиз. Чунки Беруний юқорида (матннинг 260–261-бетлари, таржиманинг 175-бети), айтганидек Балхнинг узунламасини 91° деб олган. Ғазнанинг узунламаси 94°22'24" эканлигидан узунламалар айирмаси $\Delta\lambda = 3^\circ 22' 24''$, бунинг *гҳатилари* 0^h33'44" бўлади, соатларда эса бу 0^h13'29"36" соат бўлади. Демак, бу пайт Ғазнадаги маҳаллий вақт 12^h13'29"36" соат ва Балхда ўша куни Қуёш соат 4^h24' да чиккан бўлади, чунки 0^h33'44" иккала шаҳар маҳаллий вақтларининг фарқи бўлиб, Балхда тенгкунлик туш пайтида кузатилган ва у ерда Қуёш чикишидан тушгача 7^h36' соат ўтган бўлади.

⁸⁴⁵ Бухтунассарнинг 1718 й. 23-бохун – мил. 972 й. 21 ноябрь. Шерознинг узунламаси 78°33'32" (матннинг 264-бети ва таржиманинг 176-бетига қаранг) бўлгани учун иккала шаҳар узунламалари айирмаси $\Delta\lambda = 15^\circ 44' 52''$ ёки $\Delta t = 1^h 2' 59'' 28'''$ соат бўлади. Шерозда тенгкунлик кузатилган пайтида Ғазнада тушдан кейин 5^h38'40" *гҳати* 2^h3'15"28" соат ўтган эди. У ҳолда Шерозда тенгкунлик кузатилган пайт тушдан кейин соат $\Delta t = 2^h 3' 15'' 28'''$ бўлади. Демак, Шерозда ўша куни Қуёш чиккан вақт $T_\odot = 12^h - (5^h - 1^h 0' 16'') = 8^h 0' 16''$ бўлади.

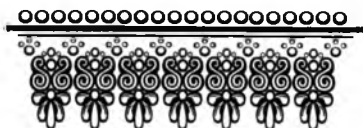
⁸⁴⁶ Бухтунассарнинг 1719 й. 29-бохун – мил. 973 й. 21-ноябрь. Ғазнада тушдан кейин 17^h38'8"40" *гҳати* ёки 7^h3'15"28" соат ўтганида Шерозда тенгкунлик кузатилаётган ва бундан Қуёш ботаётган пайтда маҳаллий вақт $t = 19^h 3' 15'' 28''' - 1^h 2' 59'' 28''' = 18^h 0' 16''$ бўлган.

⁸⁴⁷ Бухтунассарнинг 1722 й. 30-бохун – мил. 976 й. 22-ноябрь. Бағдодда тенгкунлик кузатилган пайтида Ғазнада вақт 10^h37'29"36" бўлган, Бағдодда эса соат 9^h бўлган.

⁸⁴⁸ Бухтунассарнинг 1764 й. 10-боуни – мил. 1918 й. 4-март. Ғазна вақти бўйича тенгкунлик кундузи соат 13^h41'26" да кузатилган, ўша пайт Ғурганчда маҳаллий вақт билан соат 13^h00' бўлган. Демак, Ғурганчда ўша кун Кувеш эрта билан соат 6^h00' да чиққан.

⁸⁴⁹ Бухтунассарнинг 1767 й. 10-боуни – мил. 1021 й. 2 декабрь.

⁸⁵⁰ Ҳижрий 416 й. 22-ражаб – мил. 1025 й. 20 сентябрь.



БИБЛИОГРАФИК НОМЛАР ВА ҚИСҚАРТМАЛАР КЎРСАТКИЧИ

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

Абдуллаев И. Сўз боши, Беруний «Ёдгорликлар» – Беруний ва унинг «Қадимги халқлардан қолган ёдгорликлар» асари // Абу Райҳон Беруний «Ёдгорликлар». Тан. асар. 1 ж. – Т.: 1968.

Абдурахмонов А. Автореферат – Математика в астрономических трудах Беруни. Автореферат канд. дисс. – Ташкент, 1970.

Абдурахманов А. Новые исследования о математике ал-Бируни. Труды XII научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников ИИЕ и Т АН СССР. Секция истории математики и механики. – М., 1969.

Абу Райҳон Беруний. Китоб-ут тафҳим, ли авоиلى саноат-ит-танчим, Ба чоп тай-ёрқунондагон: Алийкул Девонақулов, Чаҳонаро Мамедова, Гадонбой Собиров, Пешгуфтор: М. Осимӣ, Нашриёти «Дониш», – Душанбе, 1973.

Абу ал Вафо كتاب، ابى الوفاء محمد بن محمد البرجانى فى ما يحتاج اليه الكتاب، و العمّال و غيرهم من علم الحساب : علم الحساب العربى "حساب اليد" ص 24-367، تحقيق الدكتور احمد سعيدان، الجامعة الاردنية-عمان 1971

Адам Мец. Мусульманский Ренессанс. Перевод с немецкого. Предисловие, библиография и указатель Бертельса Д. Е. Изд. 2-е. – М., 1973.

Ақромхўжаев О.М. Беруний – геологик ҳодисалар, минераллар ва жавоҳирларни ўрганган дастлабки тадқиқотчи.

Ал-Аълам 1954-1959، القاهرة، الاعلام لخير الدين الزركلى ج ا،

Алим Гафуров. Лев и Кипарис. – М., 1971.

Аристотель. Аналитики первая и вторая. Перевод Фохта Б. А. – М., 1952.

Арриан А. Поход Александра. Перевод с древнегреческого М. Е. Сергеенко. М. – Л., 1962.

Артамонов М. И. История хазар. – Л., 1962.

Архимед. Сочинения, перевод, вступительная статья и комментарии И.Н. Веселовского. Перевод арабских текстов Б. А. Розенфельда. – М., 1962.

Аҳмад Бадавӣ 1950، القاهرة، 2، موكب الشمس لاحمد بدوى، ج ا،

Ал-Бақувӣ. Абд ар-Рашид ал-Бақувн. Китаб талхис ал-асар ‘аджаъиб ал-малик ал-қахҳар («Сокращение [книги о] «памятниках» и чудеса царя могучего»). Издание текста, перевод, предисловие, примечания и приложения З.М. Буниятова. – М., 1971.

Бақулин П.И., Кононович Э. В., Мороз В.И. Курс общей астрономии. – М., 1970.

Бартольд В.В. II (1). Сочинения, II (1). – М., ИВЛ, 1963.

Бартольд В. В. II (1). Аланы – Академик Бартольд Аланы, Сочинения II (1). – М., ИВЛ, 1963. С. 866–867.

Бартольд В.В. Историко-географический обзор Ирана СПб., 1903.

Бартольд В.В. Туркестан в эпоху монгольского нашествия. Сочинения, I. – М., ИВЛ, 1963.

Бартольд В.В. Ученые мусульманского «Ренессанса» – Сочинения. Т. VI. – М., 1966, С. 617—629.

Абул-Фазл Бейхаки. История Мас'уда (1030–1041). Вступ. статья, перевод и примечания А. К. Арендса. – Ташкент, 1962.

Беленицкий А.М. Место минералогического трактата Бируни в истории восточной минералогии. Абу-р- Райхан Мухаммед ибн Ахмед ал-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). Перевод Беленицкого А. М., – М., 1963. С. 402–418.

Беленицкий. Краткий очерк жизни и трудов Бируни. Минералогия – Беленицкий А. М. Краткий очерк жизни и трудов Бируни; Абу-р-Райхан Мухаммед ибн Ахмед ал-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). Перевод Беленицкого А.М. – М., 1963. С. 271–291.

Бертельс Д.Е. Предисловие. Книга Адама Меца, «Мусульманский Ренессанс», Изд. 2-е. М., 1973. С. 3–13. Беруни и гуманитарные науки. – Ташкент, 1972.

Беруни. К 1000-летию со дня рождения. – Ташкент, 1973.

Беруни. Канон Мас'уда. I – Абу Райхан Беруни. Избр. произв. Т. V. Ч. 1. Канон Мас'уда (книги I–V) 4. Вступ. статья, перевод и прим. П. Г. Булгакова и Б. А. Розенфельда при участии М. М. Рожанской (перевод и примечания) и А. Ахмедова (примечания). Ташкент, 1973.

Беруни. Канон Мас'уда. II – Абу Райхан Беруни. Избр. произв. Т. V. Ч. II. Канон Мас'уда (книги VI–XI). Перевод и примечания Б. А. Розенфельда и А. Ахмедова при участии М.М. Рожанской (перев. и примеч.), С.А. Красновой и Ю.П. Смирнова (перев.), указатели А. Ахмедова. – Ташкент, 1976.

Беруни. Картография – Ахмедов А., Розенфельд Б.А. «Картография» – одно из первых дошедших до нас сочинений Беруни, в сб. Математика на средневековом востоке. – Ташкент, 1978. С. 127–153.

Беруни. Наука о звездах – Абу Райхан Беруни. Избр. произв. Т. VI. Книга вразумления начаткам науки о звездах. Вступ. статья, перевод и примечания Б. А. Розенфельда и А. Ахмедова, при участии М. М. Рожанской, А. А. Абдурахманова и И. Д. Сергеевой. – Ташкент, 1975.

Беруни. Минералогия – Абу-р-Райхан Мухаммед ибн Ахмед ал-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). Перевод А.М. Беленицкого. – М., 1963.

Беруни. Фармакогнозия – Абу Райхан Беруни. Избр. произведения. Т. IV. Фармакогнозия в медицине (китаб ас-Сайдана фи-т-тибб). Исследования, перевод, примечания и указатели У. И. Каримова. – Ташкент, 1973.

Беруни. «Геодезия» كتاب تحديد نهايت الاماكن لتصحيح مسافات المساكن لابي الريحان.. البيروني، ب بولجاكوف، راجعه الدكتور امام ابراهيم احمد، جامعة الدول العربية، مجلة معهد المخطوطات العربية، ج 8 حقه الدكتور الفاهرة، 1962م، حققه الدكتور

Беруни. «Геодезия» (рус). – Абу Рейхан Бируни. Избр. произв. Т. III. Определение границ мест для уточнения расстояний между населенными пунктами (Геодезия). Исследование, перевод и примечания П. Г. Булгакова. Ташкент, 1966.

Беруний. Ёдгорликлар – Абу Райхон Беруний. Танланган асарлар. 1-том. «Қадимги халқлардан қолган ёдгорликлар». Таржимон А. Расулов, изоҳларни И. Абдуллаев ва А.Расулов тузган, – Тошкент, 1968.

Беруний. Картография – Юлдуз туркумларини проекциялаш ва жойларни (хари-тага) кўчириш ҳақида (Картография). Таржимон А. Расулов, изоҳларни А. Расулов ва А. Аҳмедов тузган, чизмалар А. Аҳмедовники. Беруний туғилган кунининг 1000 йиллигига. – Тошкент, 1973. 244–259-бетлар.

Босворт К.Э. Мусулманские династии. Перев. с англ. и примеч. П. А. Грязневи-ча. – М., 1971.

Беруний. Рўйхат – Абу Райхон Берунийнинг ўз асарларига ўзи тузган рўйхат. «Беруний туғилган кунининг 1000 йиллигига» тўпламида. Арабчадан А. Расулов таржимаси. – Тошкент, 1973. 230–243-бетлар.

Беруний. Сайдана. Қаранг: Беруни. Фармакогнозия.

Беруний. «Тафҳим» – Абу Райхон Беруний. Танланган асарлар. 6-том. Юлдуз-шунослик санъати асосларини тушунтириш китоби (Тафҳим), А. Абдурахмонов ва А. Аҳмедов таржимаси. Сўз боши С. Ҳ. Сирожиддинов, А. Абдурахмонов ва А. Аҳмедовники. Изоҳларни А. Аҳмедов, А. Абдурахмонов, Б.А.Розенфельд тузган. Қўлёзма. Беруний туғилган кунининг 1000 йиллигига мақолалар тўплами. – Тош-кент, 1973.

Беруний. Қонуни Масъудий, 1 – Абу Райхон Беруний. Танланган асарлар. VI том. Биринчи китоб. Қонуни Масъудий. 1–5-мақолалар. Таржимон А. Расулов. Махсус муҳаррир А. Аҳмедов, сўз боши ва изоҳларни А. Аҳмедов ва А.Расуловлар тузган. – Тошкент, 1973.

Беруний. Қонуни Масъудий, II – Абу Райхон Беруний. Танланган асарлар. V том. Иккинчи китоб. Қонуни Масъудий. 6–11-мақолалар. Махсус муҳаррир, сўз боши ва кўрсаткичлар муаллифи А. Аҳмедов. Изоҳларни А. Аҳмедов ва Б.А. Розенфельд туз-ган. – Тошкент, 1976.

Беруний. Ҳиндистон – Абу Райхон Беруний. Танланган асарлар. II том. Ҳиндларнинг ақлга сиғадиган ва сиғмайдиган таълимотларини аниқлаш китоби (Ҳиндистон). Арабчадан А. Расулов, Ю. Ҳакимжонов, Р. Жалолов таржимаси. Сўз боши ва изоҳлар А. Ирисовники. – Тошкент, 1965.

Бикерман Э. Хронология древнего мира. Ближний Восток и античность. Перев. с англ. И. М. Стеблин – Каменского. – М., 1976. Беруний билан Ибн Синонинг савол-жавоблари. Таржимонлар А. Расулов ва М. Абдурахмонов. – Тошкент, 1950.

Ал-Бируни. Звездный каталог, пер. С. А. Красновой и М. М. Рожанской. Примеча-ния Б.А. Розенфельда. Историко-астрономические исследования. Вып. 8. – М., 1962. С. 83–192.

Бируни. Индия – Абу Райхан Бируни. Избранные произведения. Т. II. (Индия). Перевод Халидова А.Б. и Завадовского Ю. И. Комментарии В. Г. Эрмана и А. Б. Хали-дова. – Ташкент, 1963.

Брагинский И. С. Возможен ли Ренессанс на Востоке? «Теоретические проблемы восточных литератур». – М., 1969.

Брагинский И.С. Из истории таджикской и персидской литератур. – М., 1972.

Булгаков П.Г. Абу Райхон Беруний. – Тошкент, 1973.

Булгаков П.Г. Глобус Бируни. Общественные науки в Узбекистане. № 1, 1965. С. 39–44.

Булгаков П.Г. Жизнь и труды Беруни. – Ташкент, 1972.

Булгаков П.Г. Бируни и его «Геодезия». Абу Райхан Бируни. Избр. произведения. Т. III. Определения границ мест для уточнения расстояний между населенными пунктами (Геодезия). Исследование, перевод и примечания П. Г. Булгакова. – Ташкент, 1966. С. 7–78.

Булгаков П.Г. «Книга путей и государств» Ибн Хордадбега. Палестинский сборник. № 3, 1957. С. 127–136.

Булгаков П.Г. Сведения арабских географов IX – начала X веков о маршрутах и городах Средней Азии. – Л., 1954 – [канд. дисс., рукопись, б-ка им. А. М. Горького, ЛГУ].

Вайнберг Б.И. Монеты древнего Хорезма. – М., 1977.

Вайнберг Б.И. Удельный чекан раннесредневекового Кердера; «Антропология и культура Кердера». – Ташкент, 1973. С. 114–115.

Волин С. К истории древнего Хорезма. Вестник древней истории, 1941. № 1. С. 192–196.

Володарский А. И. Очерки истории средневековой индийской математики. – М., 1977.

Воробьева М.Г., Рожанская М.М. О некоторых астрономических функциях Кой-Крылган-калы. В кн. «Кой-Крылган-кала» – памятник культуры Древнего Хорезма IV в. до н. э. – IV в. н. э. Труды Хорезмской экспедиции. Т. V. М., 1967. С. 251–264.

Воробьева М. Г., Рожанская М. М., Веселовский И. И. Древнехорезмийский памятник IV в. до н. э. Кой-Крылган-кала с точки зрения истории астрономии – Историко-астрономические исследования. Вып. X. – М., 1969. С. 15–34.

Вороновский Д.Г. Астрономы Средней Азии от Мухаммеда ал-Хаваризми до Улугбека и его школы (IX–XVI вв.). Сборник «Из истории эпохи Улугбека». Ташкент, 1965. С. 100–172.

Гафуров Б.Г. Таджики. Древнейшая, древняя и средневековая история. – М., 1972.

Геродот. История, в девяти книгах. Перевод и примечания Г.А.Стратановского. – Л., 1972.

Гольдциер И. Лекции об исламе. СПб., 1912.

Горбунова Н.Г. Фергана по сведениям античных авторов. В сб. «История и культура народов Средней Азии». – М. 1976. С. 26–30.

Греков Б.Д. Волжские болгары в IX–X вв. «Исторические записки». Т. 14, 1945.

Григорьян С.Н. Из истории философии Средней Азии и Ирана VII–XII вв. – М., 1960.

Гулямов Я.Г. История орошения Хорезма с древнейших времен до наших дней. – Ташкент, 1957.

Гулямов Я.Г. Эпоха Абу Райхана Беруни. В сб. «Беруни и гуманитарные науки» – Ташкент, 1972. С. 25–34.

Ад-Даббах. Бану Муса ибн Шакир. Книга об измерении плоских и сферических фигур, перев. и прим. Дж. ад-Даббаха – «Историко-математические исследования», 1956. вып. 16. С. 389–426.

Дандамаев М.А. Ахеменидское государство и его значение в истории древнего Востока. В сб. «История иранского государства и культуры. К 2500-летию иранского государства». – М., 1971, С. 94–104.

Дементьев И.А. Суэцкий канал. изд. 2. – М., 1954.

Дьяконов И.М. Восточный Иран до Кира (К возможности новых постановок вопроса). В сб. «История иранского государства и культуры. К 2500-летию иранского государства». – М., 1971. С. 122–154.

Евклид. «Негизлар» – «Начала» Евклида. Перевод с греческого и комментарии Д. Д. Мордохай-Болтовского при редакционном участии М. Я. Выгодского и И. И. Веселовского. Т. I–III. – М. – Л., ОГИЗ, 1948–1950.

Захидов. Бируни как мыслитель. В сб. «Бируни». М.–Л., 1950. С. 3–21.

Зикриллаев. Берунийнинг физика соҳасидаги ишлари. – Тошкент, 1973.

Ибн ал-Асир – التاريخ الكامل العلامة أبي الحسن علي بن ابي الكريم

• محمد بن محمد... المعروف بابن الاثير، ج 1-12، القاهرة، 1301

Ибн Мажид – Шумовский Т. А. Три неизвестные лоции Ахмада ибн Маджида, арабского лощмана Васко да Гамы в уникальной рукописи Института востоковедения АН СССР. – М. – Л., 1957.

Ибн Халликон – كتاب وفيات الاعيان و انباء ابناء الزمان تاليف القاضي

احمد الشهير بابن خلكان، ج 1-2، بولاق، 1375

Ибн Фазлон, Ковалевский А. П. Книга Ахмеда Ибн-Фазлана о его путешествии на Волгу в 921–922 гг. Статьи, переводы и комментарии. – Харьков, 1956.

Ибн ал-Кифтий – كتاب اخبار العلماء باخبار الحكماء للوزير جمال الدين

ابى الحسن على بن القاضى الاشرف يوسف الققطى . القاهرة، 1226

Иброҳим Мўминов. Хоразмлик буюк энциклопедист, – Тошкент, 1973. История Туркменской ССР – История Туркменской ССР. Т. I. Книга первая. – Ташкент, 1955.

Каримов У. И. Абу Райхон Беруний (Ҳаёти ва ижоди). Беруний туғилган кунининг 1000 йиллигига тўплами. 19–31-бетлар.

Каримов У. И. О дате смерти Беруни в ж. «Общественные науки в Узбекистане». № 8. – Ташкент, 1970. С. 67–68.

Каримов. Рукопись Сайданы – Абу Райхан Беруни. Избр. произв. Т. IV. Фармакогнозия в медицине (Китоб ас-сайдана фи-т-тибб). Исследование, перевод, примечания и указатели У. И. Каримова. Ташкент, 1974.

Каримов У.И. Неизвестное сочинение ар-Рази. Книга «Тайны тайн». – Ташкент, 1957.

Кедров Б. М., Розенфельд Б.А. Абу Райхан Бируни. – М., 1973.

Кляшторный С.Г. Древнетюркские рунические памятники. – М., 1964.

Конрад. Об эпохе Возрождения. Избр. труды. С. 235–264.

Конрад Н.И. О смысле истории. В сб. Конрад И. И. Запад и Восток. – М., 1966.

Конрад Н.П. Шекспир и его эпоха. В сб. Конрад Н. П. Запад и Восток. – М., 1966.

Константин Багрянородный. Об управлении государством. ИГАПМК, 1934. Вып. 91.

Крачковский И.Ю. Арабская географическая литература. Избранные сочинения. Т. IV. – М. – Л., 1957.

Крачковский И.Ю. Бируни и его роль в истории восточной географии. сб. «Бируни». – М. – Л., 1950.

- Крачковский И. Ю.* Избр. сочинения. Т. VI.
- Краснова С. А.* Геометрические построения в трудах ученых средневекового Ближнего и Среднего Востока. В сб. «Физико-математические науки в странах Востока». Вып. 1. – М., 1966. С. 42–45.
- Краснова С. А.* Геометрические построения на Ближнем и Среднем Востоке в средние века. Автореферат канд. дисс., – М., 1965.
- Леммлейн Г.Г.* Минералогические сведения, сообщаемые в трактате Бируни. Абу Райхан Мухаммед ибн Ахмед ал-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). Перевод А. М. Беленицкого. – М., 1963. С. 292–402.
- Лившиц В.А.* «Зороастрийский» календарь. В кн. Э. Бикермаи. Хронология древнего мира. – М., 1976. С. 320–332.
- Лившиц В.А.* Хорезмийский календарь и эры древнего Хорезма. «Палестинский сборник». Вып. 21 (84), 1970. С. 161–169.
- Лившиц В.А.* Хорезмийский календарь и эры древнего Хорезма. В сб. «История, культура, языки народов Востока». – М., 1970. С. 5–16.
- Лэн-Пуль С.* Мусульманские династии. Хронологические и генеалогические таблицы с историческими сведениями. Перевод с английского с примечаниями и дополнениями Бартольда В. СПб., 1988.
- Матвиевская Г. П.* К истории математики в Средней Азии. – Ташкент, 1962. С. 48.
- Матвиевская Г. П.* Учение о числе на средневековом Востоке. – Ташкент, 1967.
- Маркс К. и Энгельс Ф.* Сочинения. Изд. 2. Т. 20. С. 345.
- Маркс К. и Энгельс Ф.* Сочинения. Т. 23, Изд. 2-е. М., 1960.
- Мухаммад ал-Хорезми.* Математические трактаты. Перевод Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельда. Комментарии Б. А. Розенфельда. – Ташкент, 1964.
- Мурсалимова Г., Рахимов А.* Умумий астрономия курси. – Тошкент, 1976.
- Муминов И. М.* Абу Райхон Беруний – буюк энциклопедист олим, Беруний ва ижтимоий фанлар тўплами. – Тошкент, 1973. 3–26-бетлар.
- Наллино* – علم الفلك تاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ملخص – المحاضرات التى القاها ... كولو نلينو، روما، 1911
- Нарходжаев К. И.* Геодезические работы Бируни. – Ташкент, 1977.
- Нейгебауэр О.* Точные науки в древности. Перевод Е. В. Гохман. Под ред. А. П. Юшкевича. – М., 1968.
- Низами Арузи Самарканди.* Собрание редкостей, или Четыре беседы. Перевод С. И. Баевского и З. Н. Ворожейкиной. – М., И В Л., 1963.
- Низовья Аму-Дарьи.* Сарыкамыш. Узбой. История формирования и заселения. – М., 1960 (Материалы Хорезмской экспедиции, вып. 3).
- Норхўжаев Қ.* Беруний ва унинг геодезия фанига доир ишлари. – Тошкент, 1973.
- Омар Хайям.* Трактаты, перевод Б. А. Розенфельда. Под ред. В. С. Сегалия и А. П. Юшкевича. Вступ. статья и коммент. Б. А. Розенфельда и А. П. Юшкевича. – М., 1961.
- Петросян Б.Г.* Древнеармянские источники о градусном измерении земного меридиана. – М., 1971.
- Плетнева С.А.* Хазары. – М., 1976.
- Полак И.Ф.* Умумий астрономия курси, рус тилидаги 7-нашрига мувофиқ биринчи нашри. – Тошкент, 1965.

Путешествие Абу Хамида ал-Гарнати в восточную и центральную Европу (1131 – 1153 гг.). Публикация О. Г. Большакова, А. Л. Монгайта. – М., 1971.

Рашид ад-Дин. Сборник летописей. Т. I. Кн. 1. Перев. с персидского А. А. Хетагурова. – М. – Л., 1952. Кн. 2. Перев. О. И. Смирновой. – М. – Л., 1952. Т. II. Перев. Ю. П. Верховского. – М. – Л., 1960; қаранг: Т. I. Кн. 2. С. 216–217.

Розен В.Р. Alberuni's India – Розен В.Р Рецензия на кн.: Alberuni's India. An Account of the Religion, Philosophy, Literature, Chronology, Astronomy, Customs, Laws and Astrology of India about A.D. 1030. Edited in the Arabic Original by Dr. Edward Sachau. London, 1887, – ЗВО, III, (1888), 1889. С. 146–162.

Розенфельд Б.А., Рожанская М.М., Соколовская З.К. Абу-р-Райхан ал-Бируни. – М., 1973.

Розенфельд Б.А., Рожанская М.М. Астрономический труд ал-Бируни «Канон Мас'уда». Историко-астрономические исследования. Вып. 10. – М., 1970. С. 63–95.

Розенфельд Б.А., Краснова С.А., Рожанская М.М. О математических работах Абу-р- Райхана ал-Бируни. «Из истории науки и техники в странах Востока». Вып. 3, 1963. С. 71–92.

Розенфельд Б.А. Попытка квадратичного интерполирования у Абу Райхана ал-Бируни. Историко-математические исследования. Вып. 12, 1959. С. 421–430. Поправка: Вып. 15, 1963. С. 473.

Рожанская М.М. Механика на средневековом Востоке. – М., 1976.

Рожанская М.М. О функциональных зависимостях в «Каноне Мас'уда» ал-Бируни. Вестник Каракалпакского филиала АН УзССР, 1966. № 4. С. 14–21.

Рожанская М. М. Функциональные зависимости у ал-Бируни. Автореферат канд. дисс. – М., 1967.

Рожанская М.М. Методы исследования общих свойств функций в «Каноне Мас'уда» ал-Бируни. Вестник Каракалпакского филиала АН УзССР, 1967. № 1. С. 29–35.

Садиков Х.У. Бируни и его работы по астрономии и математической географии. М., 1953.

Селешников С.И. История календаря и хронология. Изд. 3-е. Под ред. П. Г. Куликовского. – М., 1977.

Семенов А.А. Абу Али ибн Сина (Авиценна). – Сталинабад, 1953.

Семенов А.А. Ал-Бируни – величайший ученый средневекового Востока и Запада. Литература и искусство Узбекистана, 1938. Кн. 1, С. 106 –116.

Семенов А.А. Бируни – выдающийся ученый средневековья. В сб. «Бируни – великий ученый средневековья». – Ташкент, 1950, С. 26–42.

Синдбод. 1943. حسين فوزى، حديث السندباد القديم القاهرة

Сирожиддинов. ... Беруний математик ва астроном – Сирожиддинов С. Х., Матвиевская Г. П., Ахмедов А. Беруний математик ва астроном. – Тошкент, 1973.

Сиражиддинов С.Х., Матвиевская Г.П., Ахмедов А. Математика и астрономия в работах Абу Райхана Бируни. – Ташкент, 1973.

Современный Иран (справочник). – М., 1975.

Солих Закий. Осори боқия – (1912). ج ا، آثار باقيه، 1329هـ.

Ставиский Б.Я. О северных рубежах кушанской Бактрии. В сб. «История и культура народов Средней Азии». – М., 1976. С. 43–46.

Ставиский Б.Я. Средняя Азия и ахеменидский Иран. В сб. «История иранского государства и культуры. К 2500-летию иранского государства». М., 1971, С. 155–163.

Столярова Т.Д. Трактат Ибн Курры «Книга о карастуне». В сб. «Из истории точных наук на средневековом Ближнем и Среднем Востоке». – Ташкент, 1972. С. 206–210.

Танжий – كتاب تحديد نهايت الاماكن لتصحيح مسافات المساكن...
للبيرونى، نشره محمد بن تاويت الطنجى أنقرة، 1962م.

Тарих-и систан – («История Систана»). Перевод, введение и комментарий. Л. П. Смирновой. – М., 1974.

Терновский В.Н. Ибн Сина (Авиценна). – М., 1969.

Толстов С.П. Бируни и его время. В сб. «Бируни». – М.–Л., 1950.

Толстов С.П. Бируни и его памятники минувших поколений. В кн. Абу Рейхан Бируни. Избранные произведения. Т. I (Памятники минувших поколений). – Ташкент, 1957.

Толстов С.П. По следам древнехорезмийской цивилизации. – М. – Л., 1948.

Толстов С.П. Бируни и проблема древней средневековой истории Хорезма. Материалы первой всесоюзной научной конференции востоковедов в г. – Ташкенте. Ташкент, 1958.

Толстов С.П. По древним дельтам Окса и Яксарга. – М., ИВЛ, 1962.

Толстов С.П. Города гузов (историко-этнографические этюды). Советская этнография. № 3, 1947. С. 55–102.

Улуғбек. «Зижи Гурагоний» – محمد ميرزا اولوغ بيك ، زيچ كركانى

ЎзССР ФА Абу Райҳон Беруний номли шарқшунослик институти, инвентарь № 2214.

Умаров Ф.Ё. Абу Райҳон Беруний; Николай Коперник¹ ва ҳозирги замон фани, Тошкент, 1973.

Усмонов Т. Берунийнинг физика тарихида тутган ўрни – Беруний туғилган кунининг 1000 йиллигига. – Тошкент, 1973. 179–197-бетлар.

Фрейман А.А. Согдийский рукописный документ астрологического содержания (календарь). В сб. «Согдийский документ с горы Муг». Вып. I. – М., 1962.

Фильштинский И.М., Шидфар Б.Л. Очерк арабо-мусульманской культуры, М., 1971.

Хайруллаев М. Фараби. – Ташкент, 1975.

Хайруллаев М.М. Фараби – крупнейший мыслитель средневековья. Ташкент, 1973.

Хайруллаев М.М. Мировоззрение Фараби и его значение в истории философии. Ташкент, 1967,

Хайруллаев М. Уйғониш даври ва Шарк мутафаккири. – Тошкент, 1971.

Хасанов Х. Карта мира из книги Бируни «Ат-Тафхим». «Общественные науки в Узбекистане». № 8, 1963. С. 59–61.

Хинд В. Мусульманские меры и веса с переводом в метрическую систему. Перевод с немецкого Ю. Э Брегеля. – М., 1970.

Чалоян В.К. Восток – Запад (преемственность в философии античного и средневекового общества). – М., 1968.

Чельшев Е. П. О некоторых чертах Ренессанса в Индии. Народы Азии и Африки, 1972. № 2. С. 90–101.

Чельшев Е. П. Ренессанс в Индии, «Народы Азии и Африки» журналы. 1-сон, 1972. 101–106-бетлар.

Шарипов А. Ж. Беруний фалсафий карашлари ва Аристотелнинг натурфилософияси, «Беруний туғилган кунининг 1000 йиллигига» тўпламида. – Тошкент, 1973. 71–79-бетлар.

Шарипов А. Великий мыслитель Абу Райхан Беруни. – Ташкент, 1972.

Шарипов А. Малоизвестные страницы переписки между Бируни и Ибн Сино. Журн. «Общественные науки в Узбекистане». – Ташкент, 1965. № 11.

Энгельс Табиат диалектикаси Фридрих Энгельс. Диалектика природы. – М., Политиздат, 1975. С. 6, 162–166.

Юшкевич А. П. История математики в средние века. – М., 1961.

Якубовский А. Ю. Вопросы этногенеза туркмен в VIII–X вв. Советская этнография. № 3, 1947. С. 48–54.

Якубовский А. Ю. Ибн Сина в кн. Ибн Сина. Материалы научной сессии АН УзССР, посвященной 1000-летию юбилею Ибн Сины. – Ташкент, 1953, С. 5–29.

Якубовский А. Ю. Развалины Ургенча. Известия Государственной Академии истории материальной культуры. Т. VI. Вып. 2. Л., 1930.

Ўзбекистон ССР тарихи, бир томлик, ЎзССР Фанлар академияси нашрети. – Тошкент, 1985.

Қодиров А. Абу Али ибн Сино. – Тошкент, 1962.

Қуръон – القرآن

Қадрий – تراث العرب العلمى فى الرياضيات و الفلك، تأليف قدرى – حافظ طوقان، الطبعة الثالثة، القاهرة، 1963م.

Ҳикматуллаев Ҳ. Розий ва Беруний. Беруний туғилган кунининг 1000 йиллигига. – Тошкент, 1973. 198–205-бетлар.

Ҳудуд ал-алам. Рукопись Туманского. С введением и указателем В. Бартольда. Л., 1930.

Носиров А., Ҳикматуллаев Ҳ. Аҳмад Фарғоний (Ҳаёти ва ижоди). – Тошкент, 1966.

Ғарбий Европа тилларидаги адабиётлар

Ahmad, Al-Biruni's astronomical works – *J.J. Ahmad*, Al-Biruni's astronomical works, Cairo University Press, Bulletin N 48, Cairo, 1959; The works of al- Bayrouni, part II, ibid, N 50, 1959; Al-Biruni's astronomical works, part III, ibid, N 57, 1962.

Amedroz, The Vizir Abu-l-Fadl ibn al-Amid, – *H. F. Amedroz*, The Vizir Abu-l-Fadl Ibn al-Amid, Der Islam, III, 1912, p. 323–351.

Barani, Al-Biruni and his Magnum Opus – *S.H. Barani*, Al-Biruni and his Magnum Opus «Al-Qanunu'l-Mas'udi», Al-Qanunu'l-Mas'udi, p. I–LXXII.

Barani, Muslim researches in geodesy – *S.H. Barani*, Muslim researches in geodesy; Al-Biruni Commemoration volume, Calcutta, 1951, p. 1–52.

Baraniy, Kitabut-Tahdid – *S.H. Baraniy*, Kitabut-Tahdid, Islamic Culture, XXXI, N 2, 1957, Hyderabad-Deccan, p. 165–177.

Bartholemae, Altiranisches Wörterbuch, – Chr. Bartholemae, Altiranisches – Wörterbuch, Strassburg, 1904.

Biruni, Transit, – Al-Biruni on Transits, transl, by Mohammad Saffouri and Adnan Ifram with a commentary by E. S. Kennedy, American University of Beirut, Beirut, 1959.

Boilot – *D.J. Boilot*, L'Oeuvre d'al-Beruni, Institut Dominicain d'études orientales du Caire, Melanges, 2, Le Caire, 1955, 161–256.

Boilot, L'oeuvre d'al-Beruni – *D. I. Boilot*. L'oeuvre d'al-Beruni. Institut Dominicain d'études orientales de Caire. Melanges, v. 2. Le Caire, 1955, p. 161–256; Bibliographie d'al-Beruni, Corrigenda et addenda. – ibid., v. 3, 1956, p. 391–396.

Brockelmann, GAL, – *Carl Brockelmann*, Geschichte der arabischen Literatur, 2nd., Leiden, 1943.

Büchner, Die Schrift, – *Buchner F.*, Die Schrift über den Qarastun von Thabit b. Qurra, Sitz. d. phys. – med. Soz. in Erlangen, Bd 52/53, 1920/21, s. 141–188.

Cassino, Sulle equazioni cubiche – *U. Cassino*, Sulle equazioni cubiche di al- Biruni, Periodico di matematica 4ser., vol. 21. 1, 1941, La tresezione dell'angolo in Al-Biruni; ўша ерда, № 2, 1941.

Chronologie – Chronologie orientalischer Völker von Alberuni. Hrsg. von Dr. C. E. Sachau, Leipzig, 1878.

David Pingree, The Fragments – David Pingree, The Fragments of the Works of al-Fazari, Journal of Near Eastern Studies, vol. 29 (1970).

De Caelo, Aristotle, On the Heavens, – *De Caelo*, Aristotle, On the Heavens, text w. transl, by W. K. C. Guthrie (Loeb Classical Library), London, 1939.

Die Astronomischen Tafeln des Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi, – Die Astronomischen Tafeln des Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi in der Bearbeitung des Mas-lama ibn Ahmad al-Madjriti und der latein. Übersetzung des Athelhard von Bath auf Grund der Vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen herausgegeben und Kommentiert von H. Suter in Zürich. Memoires de l'Academie Royale des sciences et des lettres de Danemark, Copenhagen, 7-eme serie. Section des lettres, t. III, N 1, 1914.

El, – The Encyclopaedia of Islam, 4 vols., Leyden and London, 1913–1934.

Екут. – The Irshad al-arib ila ma'rifat al-adib or Dictionary of Learned Men of Iaquut. Ed. by D. S. Margoliouth. vol. I–VII, Leiden–London, 1907–1927 (GMS, VI, 1-7).

Fazooq. Al-Kanun al-Mas'udi – *M. Fazooq*, Al-Kanun al-Mas'udi by Alberouni, Transl, and Ed. Aligarh, 1929.

Ferra п. Le Wakwak, – Le *Wakwak* est-il le Japon? Par G. Ferran, Journal asiatique, 1932, Avril–Juin, p. 193–243.

Ferran, Madagaskar, – Madagaskar et les Iles Uaq–Uaq par G. Ferran, Journal, asiatique, X serie, III, N 3, Mai–Juin, 1904, p. 489–509.

Fuat Sezgin. Geschichte des arabischen schrifttums, Bd. IV, Alchimie-Chemie, Botanik-Agrikultur, Leiden, 1971.

Жамил Али. – The Determination of the Coordinates of Cities, al-Biruni's, Tahdid al-Amakin, the English translation, by Jamie Ali, Centennial Publications, The American University of Beirut, Beirut, 1967.

Hans von Mzik, – *Hans von Mzik* unter Mitarbeit von Friedrich Hopfner, Das Klaudias Ptolemaios Einführung in die darstellende Erdkunde, Erster. Teil: Theorie und Grundlagen der darstellenden Erdkunde. Wien, 1938.

Härtner, Schramm. Al-Biruni and the theory of solarapogee – W. Hartner, M. Schramm. Al-Biruni and the theory of solar apogee. What was original in Arabic science; Scientific change, ed. by A. S. Crombie, Oxford, 1963.

Hell, *Wiedemann*, Geographisches, – I. Hell, E. Wiedemann. Geographisches aus dem Mas'udischen Kanon von al-Beruni, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften XXIX, SBPMS, 44 (1912), 1913, s. 119–125.

Henning. The Choresmian documents, – W. B. Henning, The Choresmian documents–«Asia Major», N. S., 11, 1955, p. 158–169.

Ибнан-Надим. – Kitāb al-Fihrist. Mit Anmerkungen hrsg. von G. Flügel, nach dessen Tode besorgt von J. Roediger und A. Müller Bd I: den Text enthaltend, von J. Roediger, Leipzig, 1871; Bd II: die Anmerkungen und Indices enthaltend, von A. Müller Leipzig, 1872.

Ибн Хурдодбех. – Kitāb al-Masālik va al-Mamālik, ed M. J. De Goeje, Leyden, 1889.

Kazim. Al-Biruni and trigonometry – M. A. Kazim, Al-Biruni and trigonometry: – Al-Biruni Commemoration volume, Calcutta, 1951, p. 160–171

Kennedy. A. Commentary – A. Commentary upon Birunis Kitāb Tahdid al-Amakin, by E. S. Kennedy, American University of Beirut, Beirut, Lebanon, 1973.

Kennedy E.S. An Early Method of Successive Approximations, in Centaurus 13/1969/, 248–250.

Kennedy. Al-Biruny – E. S. Kennedy. Al-Biruni (Al-Beruny), Dictionary of scientific Biography, vol. 3, 1970, p. 147–158.

Kennedy. Al-Biruni on Transits, – Al-Biruni on Transits, transl. by M. Saffouri and A. Ifram with a commentary by E. S. Kennedy, Beirut, 1959.

Kennedy, Engle, Wamsted. The Hindu calendar – E. S. Kennedy, S.Engle, J. W a m s t e d. The Hindu calendar as described in al-Beruni's Masudic Canon, Journal of Near Eastern studies, vol, 24, № 3, 1965, p. 274–284.

Kennedy, E. S. Inlamic Astronomical Tables, № 15. 16;

Kramers. Determination – J. H. Kramers, Al-Biruni's Determination of Geographical Longitude by Measuring the Distances, Al-Biruni – Commemoration Volume, Calcutta, Iran Society, 1951, p. 177–193.

Krause. Al-Biruni – M. Krause. Al-Biruni, Der Islam, 26, Heft 1, 1940, s. 1–15.

Krause. DI, XXV – M. Krause. Zu «Der Islam», Band 22, s. 267. Der Islam, 25, 1938, s. 196.

Krause. DI, XXII – M. Krause. Ушбу китобга тақриз; Мах. Meyerhof. Das Vorwort zur Drogenkunde des Beruni eingeleitet, übersetzt und erläutert, Berlin, 1932. Der Islam, 22, 1934, s. 266–269.

Krenkow Abu'R-Reihan al-Beruni – F. Krenkow. Abu'R-Raihan al-Beruni, Islamic Culture, vol. VI, N 4, 1932, p. 528–534.

Krenkow Beruni and the MS Sultan Fatin № 3386 – F. Krenkow, Beruni and the MS Sultan Fatih N 3386, Al-Biruni – Commemoration Volume, Calcutta, Iran Society, 1951, p. 195–208.

Marvazi. – Sharaf al-Zaman Tahir Marvazi on Chena, the Turks and India, ed., transl., and comm, by V. Minorsky, London, 1942.

Meyerhof. Vorwort. – M. Meyerhof. Das Vorwort zur Drogenkunde des Beruni eingeleitet, übersetzt und erläutert, Berlin, 1932.

Neugebauer. Thabit ben Qurra, – O. Neugebauer. Thabit ben Qurra «On the solar year and «On the motion of the eight sphere». Transl. and comment, by O. Neugebauer. – Proc. Amer. Philos. Soc., 1962, 106, N 3, p. 290–299.

Neugebauer. The astronomical tables of al-Khowarizmi, – O. Neugebauer. The astronomical tables of al-Khowarizmi. hist. – filo s Skrifter undivet of Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Bd. 4, N 2, Kobenhaven, 1962.

Oppolzer – Th. Oppolzer. Canon der Finsternisse, Akad. d. Wiss Moth. – Nat. Cl., Denkchriften 52, 1887. Stechert reprint, New York; 1921. Transl. by Owen Gingerich as Canon of Eclipses, Dover Publications., New York, 1962.

Ptolemaeus. Geographia, – Claudius Ptolemaeus. Geographia, ed C. F. A. Nobbe, Leipzig, 1843–45. An edition with Latin translation by Karl Müller in Claudii Ptolemaei Geographia, 2 vols. Paris, 1883, 1891.

Ptolemäus. Handbuch der Astronomie, – C. Ptolemäus. Handbuch der Astronomie, Bd. I–II. 2 Anlage. Deutsche Übers, und erläut. Aus von K. Manitius, Vorwort und Berichtigungen von O. Neugebauer, Leipzig, 1963.

Rasa'il Abi Nasr ilä al-Birüni, Hyderabad–Deccan, 1948.

Rescher. Über arabische Manuskripte – O. Rescher. Ures arabische Manuskripte der Laleli Moschee, Le Monde Oriental, VII, 193, s. 97–136.

Right. The Elements of the Art of Astrology, Preface, – Abu'l-R a y h a n a l- B i r u n i. The Book of instruction in the Elements of the Art of Astrology, ed. and trasl. by R. Wright, London, 1934, see Preface.

Ritter DI, XIX – H. Ritter, Ушбу Китобга Тақриз: Bibliothek arabischer Historiker und Geographen, hrsg, von Hans v. Mzik. Der Islam, XIX, 1930, s. 52–57.

Rizvi. Altitude – Azimuth calculations – Al-Biruni's method of visibility of Moon and its modern vesion (Altitude – Azimuth calculations), by Saiyid Samad Husain Rizvi. National

Seminar on history of sciences in the Central Asian Countries. University of Islamabad, Pakistan, 1974.

Rizvi A newly discovered, – Millenary of Abu Raihan Muhammad ibn Ahmad Al-Biruni. A newly discovered book of al-Biruni Ghurratuz-Zijat and al-Biruni's measurements of earth dimensions, by Saiyid Samad Husain Rizvi. Presented on the Occasion of Al-Biruni International Congress, Pakistan, Karachi, 1973.

Rizvi. Direction of Qibla, – Difection of Qibla by means of Sun-shadow, by Saiyid Samad Husain Rizvi. International Congress of Mathematical Siences, Pakistan, Karachy, 1975.

Rizvi. Millenary – see: Rizvi. A newly discovered.

Rizvi. Unique and unknown book of al-Beruni – A unique and unknown book of al-Beruni Ghurrat uz-Zijat or Karana Tilaka, (by) Saiyid Samad Husain Rizvi, Islamic Culture, vol. XXXVII, NN 2–4, vol. XXXVIII, NN 1–4, vol. XXXIX NN 1–2, 1963-1965.

Ruska. Uber das Fortleben der antiken Wissenschaft in Orient. Arch. Gesch. Math. Naturwiss. Techn., 1927, X, 112–135.

Sachau. Chronologie, Einleitung – Chronologie orientalischer Völker von Alberuni, herausgegeben von dr. C. E. Sachau, Leipzig, 1878.

Sarton. Introduction, – G. Sarton. Introduction to the histiry of science, vol. I– III, Baltimore, 1927–1948.

Schirmer. Studien – Schirmer O. Studien zur Astronomie der Araber. – Sitsung- ber, phys. – med. Soz. Erlangen, Bd. 58, 1926–1927, 33–88.

Schoy. Abhandlung des Al-Hasan, – C. Schoy. Abhandlung des al-Hasan ibn al- Haitham über die Bestimmung der Richtung der Qibla, Zeitschrift der deutschen morgenländischen Gesellschaft, 75 (1921), pp. 242–253.

Schoy. Abhandlung von al-Fadl, – C. Schoy. Abhandlung von al-Fadl b. Hatim an-Nairizi über die Richtung der Qibla, übersetzt und erläutert, Bayer. Akad. der Wiss. Math. KL, 1922.

Schoy. Aus der astronomischen Geographie – C. Schoy. Aus der-astronomischen Geographie der Araber, Originalstudien aus al-Qanun al-Mas'udi des arabischen Astronomen Muh. b. Ahmad Abu al-Rihan al-Biruni, Isis, 5, 1923, p. 51–74.

Schoy. Al-Biruni's computation – C. Schoy. Al-Biruni's computation the – value of л American Mathematical Monthly, vol. 33, 1926, p. 323–325.

Schoy. Al-Biruni's method – C. Schoy. Al-Biruni's method of approximation of chord 40°, American Mathematical Monthly, vol. 33, 1926, p. 95–96.

Schoy. Die Bestimmung, – C. Schoy. Die Bestimmung der geographischen Brete der Stadt Ghazna, mittels Beobachtungen in Meridian, durch den arabischen Astronomen und Geographen Al-Biruni, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Bd, 53, N 2, 1925, s. 41–47.

Schoy. Die trigonometrische Lehren – G. Schoy. Die trigonometrische Lehren des persischen Astronomen Abu'l Raihan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni, dargest- ellt nach al-Qanun al-Mas'udi. Hannover, 1927.

Schoy. Erdmessungen – C. Schoy. Erdmessungen bei den Arabern Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin, 1917, s. 431–445.

Shoy, Kibla – C. Schoy. «Kibla», the article in the Encyclopaedia of Islam, vol. 2, p. 985–989.

Schoy. C., Über den Gnomon – schatten und die Schattentafel, Hannover, 1923.

Shadows. – Al-Biruni, Ifrād al-maqāl fi amr al-zilal; Rasai'l al-Biruni, Osmania Oriental Publications Bureau, Hyderabad–Deccan, 1948.

Shamsi. Al-Bayruni – F. A. Shamsi Abu al-Rayhan al-Bayruni, in Islamic studies, vol. XIII, N 3, September, 1974, p. 179–220.

Shamsi. Where was al-Bayruni Born? – F. A. Shamsi. Where was al-Bayruni Born? The New Times (газета) Rawalpindi, March 26 and 27, 1974. Steinshneider. Intorno, – M. Steinshneider. Intorno al Liber Karastonis, Letter à D. B. Boncompagni. – Ann. math., 1863. U. 54.

Suter Die Abhandlungen, – H. Suter. Die Abhandlungen, Thābit b. Kurras und -, I Abū Sahl al-Kūhīs über die Ausmessung der Paraboloiden, Sitz. d. phys.–med. Soz. in Erlangen, Bd 48/49, 1916/1917, ss. 186–227.

Suter. Die Mathematiker, – H. Suter. Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke, Abhandl. zur Gesch. d. math. Wiss., Hft X, Leipzig, 1900. Suter. Ober die Projektion. – H. Suter. Über die Projektion der Sternbilder und der Länder von Al-Birūni. Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin, Ueft. IV, Erlangen, 1922, s. 79–93.

Suter und Wiedemann. Über al-Biruni – H. Suter und E. Wiedemann, Über al-Biruni und seine Schriften. Sitzungsberichten der physikalisch–medizinischen Sozietät in Erlangen, Bd. 52–53 (1920–1921), Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft, LX, s. 55–96.

The Elements of the Art of Astrology, – The book of Instruction in the Elements of the Art of Astrology by Abu'l-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Biruni Reproduced from Brit. Mus. Ms. Or. 8349. The Translation facing the Text by R. Ramsay Wright, London, 1934.

Togan. Biruni's Picture of the World, – A. Zeki Validi, Togan, Biruni's Picture of the World, Memoirs of the Archaeological Survey of India, N 53, Delhi, 1940. Validi. Die Nordvölker – A. Z.

Validi. Die Nordvölker bei Biruni, Zeitschr.

d. Deutsch. Morgenlandischen Gesellschaft, N 90, 1936.

Validi. Der Islam und die geographische Wissenschaft – A. Z. Validi. Der Islam und die geographische Wissenschaft, Geographische Zeitschrift, XL, 1934, s. 359–372.

Vernet., J. Ixas tabulae probatae, in: Homenje a Millàs Vallicrosa, Barcelona, 1956, II, 501–522.

Wiedemann. Über al-Birūni – E. Wiedemann. Über al-Biruni und seine Schriften. Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, LX. Sitzungsberichte der Phys. – math. Sozietät in Erlangen, Bd. 52–53 (1920–1921), 1922, s. 54–96.

Wiedemann. Die Schrift, – E. Wiedemann. Die Schrift über den Qarastun, Bibl, math., F. 3, Bd. XII, 1911/1922, s. 21–39.

Wiedemann, Frank. Allgemeine Betrachtungen von al Birūni – E. Wiedemann, J. Frank. Allgemeine Betrachtungen von al Birūni in einem Werk über die Astrolabien, Beiträge zur

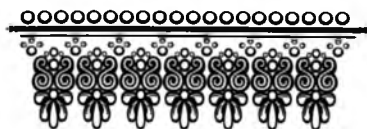
Geschichte der Naturwissenschaften LXI. Sitzung- sberichte der Phys. – math. Sozietät in Erlangen, Bd. 52–53, 1922, s. 17–121.

Wiedemann. Über die verschiedene – E. Wiedemann. Über die verschiedene bei der Mondfinsternis auftretenden Farben nach Biruni, Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik, Bd. 28, 1914, s. 25–30.

Wiedemann. Über Erscheinungen – E. Wiedemann. Über Erscheinungen bei der Dämmerung und bei Sonnenfinsternissen nach arabischen Quellen, Archiv für Geschichte der Medizin, Bd. 15, 1923, s. 42–52.

Woepke. Sur le mot,—F. Woepke. Sur le mot Kardaga et sur une méthode indienne pour calculer les sinus, Nouvelles annales de mathematiques, 13, 1954.

Ziauddin, Al-Biruni's researches in trigonometry – A. Ziaud din Al-Biruni's researches in trigonometry as given in. the third book of Qanun Mas'udi, Islamik Culture, vol. 6, № 3, 1932, p. 363–369.





«ГЕОДЕЗИЯ»ДА БЕРУНИЙ ЭСЛАТИБ ЎТГАН АСАРЛАР НОМЛАРИНИНГ КЎРСАТКИЧИ

- «Алмажистий» Абу-л-Вафоники 83
«Алмажистий» ан-Найризийники 80
«Алмажистий» Птолемейники 75, 76, 115, 208, 210
«Алмажистий»ал-Хозинники 80
«Алмажистий аш-Шоҳий» Абу Наср ибн Ирокники 116
«Анулутико»Аристотель «Органон»ининг қисми 40
«Астрономия қонунлари» ас-Сагонийники 83
«Астрономия ҳақида» ар-Розийники 175
«Алжабр ва алмуқобала» ал-Хоразмийники 169
«Аҳкоми нужум санъатига кириш» Муҳаммад ибн Али ал-Маккийники 90
«Ал-Ваҳй ва икофул малак» 168
«География» Птолемейники 46, 49, 110, 161, 165, 166
«Ер ва Осмон сферасининг чегарасини аниқлаш» 168
«Журжон шаҳри узунламасини тузатиш ҳақида» Ибн Сино рисоласи 150, 151
«Зиж» ал-Баттонийники 85, 95, 147, 206, 207, 208, 209, 210
«Зиж» ан-Найризийники 147
«Зиж» ас-Сарахсийники 153
Зиж, тери дафтардаги 191
«Зиж» ал-Фазорийники 120, 158
«Зиж» ал-Хоразмийники 147, 169
«Зиж» Ҳабаш ал-Ҳосибники
«Зиж» Яҳё ибн Мансурники 76
«Исағужи» Порфирийники 101, 117, 147, 151, 152, 180
«Йўллар ва мамлакатлар китоби» ал-Жайхонийнинг «Китоб ал-масолик ва-л-мамолик» асари 41
«Катта Синдҳинд – қаранг «Синдҳинд» «Кичик Синдҳинд» 169
«Масофалар ва самовий жисмлар ҳақида китоб» Ҳабаш ал-Ҳосибники 159
«Оптика китоби» Птолемейники 142
«Осмон ва Ер думалоқлигининг исботи ҳақида» Муҳаммад ал-Маккийники 81, 158, 186
«Осмон сферасининг баёни ҳақида» Мансур ибн Талханики 81
«Пари арминйас» Аристотель органонининг қисми 40
«Само ва олам» Аристотельники 140
«Самовий ҳодисалар ҳақида китоб» Аристотельники 50, 52
«Ас-Сафоих» зижиал-Хозинники 95
«Синдҳинд» зиж 90, 147, 208, 169, 206

- «Ас-Соҳибийга кириш» Абу-л-Фазл ал-Хиравийники 125
 «Таврот» 47, 52, 53
 «Танзил» – қаранг «Куръон».
 «Тўрт мақола» (Тетрабиблос) Птолемейники 191
 «Шаҳарларнинг бино бўлиши ҳақида китоб» Ибн ал-Амидники 50
 «Энг катта оғишни аниқлаш ҳақида» ал-Хўжандийники 84
 «Қатигуриас». Аристотель органонинг қисми 40
 «Қонун» Теонники 208
 «Қуёш йили китоби» 212
 «Қуёш ҳаракатини аниқлаш йўлини кўрсатиш китоби» Берунийники 96
 «Куръон» 40, 47, 53

КИШИ НОМЛАРИ КЎРСАТКИЧИ

- Абу-л-Аббос ан-Найризий 80, 147
 Абу-л-Аббос ал-Эроншаҳрий 48, 51
 Абу-л-Аббос Ҳоразмшоҳ 89
 Абу-л-Аббос ибн Ҳамдун 186, 187
 Абу Али ал-Ҳусайн ибн Абдуллоҳ ибн Сино 150, 151, 177
 Абу Али Муҳаммад ибн Абду-л-Азиз ал-Ҳошимий 152, 209
 Абу Бақр Муҳаммад ибн Закария ар-Розий ат-Табиб 175
 Абу Бишр Матта ибн Юнус ал-Қиноъий 140
 Абу-л-Вафо ал-Бўзжоний – қаранг Муҳаммад ибн Муҳаммад
 Абу Жаъфар ал-Хозин 56, 80, 82, 84, 95
 Абу Закариё Яҳё ибн Адий 127
 Абу Маҳмуд Ҳомид ибн ал-Хизр ал-Хўжандий 74, 84, 92, 174
 Абу Наср Мансур ибн Али ибн Ироқ 116, 124
 Абу Саҳл Вайжон ибн Рустам ал-Кўҳий 82, 83
 Абу Саҳл Исо ибн Яҳё ал-Масиҳий 127
 Абу-л-Фазл Муҳаммад ибн ал-Амид 82, 95
 Абу-л-Фазл ал-Ҳиравий 82, 125, 158, 174, 177
 Ал-Фазорий – қаранг Иброҳим ибн Ҳабиб.
 Абу-л-Қосим Ғулом Зуҳал 82
 Абу-л-Қосим ал-Ҳасулий 127
 Абу-л-Ҳасан Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Сулаймон 189
 Абул-Ҳасан ал-Ахвазий 74
 Абу Ҳомид ас-Сағоний 83, 159
 Абу Ҳошим Абду-с-Салом ибн Муҳаммад ибн ал-Жуббоъий 140
 Абу-л-Хусайн Абдураҳмон ибн Умар ас-Сўфий 82, 188, 213
 Азуд ад-Давла 82
 Али ибн Исо ал-Астурлобий 159
 Али ибн Муҳаммад Вишгардий 191
 Аристотель 40, 80, 52, 54, 57, 140
 Архимед 51, 168

- Аҳмад ибн ал-Бухтурий аз-Зарроъ 159
 Аҳмад ибн Мусо ибн Шокир – қаранг,
 Бану Мусо ибн Шокир.
 Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Абду-л-Жалил ас-Сижизий 82
 Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Касир ал'Фарғоний 159, 160
 Бану Мусо ибн Шокир 62, 73, 80, 83, 186, 212
 Ал-Баттоний – қаранг Муҳаммад ибн Жобир ал-Баттоний ал-Ҳарроний.
 Бухтунассар 210, 211, 212, 213, 214
 Гален 207
 Геракл 110
 Гиппарх 75, 76, 210
 Гомер 51
 Диоклетиан 191
 Дориёвуш (Доро I) 51
 Ал-Жайҳоний Муҳаммад ибн Аҳмад 46
 Заррин Гису 150, 177
 Ибн ал-Амид – қаранг Абу-л-Фазл Муҳаммад ибн ал-Амид.
 Иброҳим ибн Синон
 Иброҳим ибн Ҳабиб ал-Фазорий 120, 158
 Изз ад-Давла 83
 Искандар Зулқарнайн 42
 Ал-Маъмун ар-Рашид, халифа 76, 77, 157, 158, 159, 163, 172
 Мансур ибн Талха ат-Тоҳирий 81, 156, 157, 186, 187
 Марин 171
 Мофанно дарға 43
 Муҳаммад пайғамбар 41, 42, 205
 Муҳаммад ибн Али ал-Маккий 81, 90, 158, 186, 212
 Муҳаммад ибн Жобир ал-Баттоний ал-Ҳарроний 80, 85, 95, 147, 152, 171, 206,
 207, 208, 210, 213
 Муҳаммад ибн Исҳоқ ас-Сараҳсий 153, 154
 Муҳаммад ибн Мусо ибн Шокир – қаранг Бану Мусо ибн Шокир.
 Муҳаммад ибн Муҳаммад Абу-л-Вафо ал-Бўзжоний 83, 180, 213
 Муҳаммад ибн ал-Саббоҳ 112, 114, 116
 Назиф ибн Яман ал-Юноний 82, 83
 Птолемей Клавдий Птолемей III 46, 49, 51, 76, 83, 91, 120, 142, 161, 166, 191, 208,
 210, 211
 Рукн ад-Давла 174
 Санад ибн Али Абу Таййиб 77, 163
 Собит ибн Қурра 53, 159
 Сосистрат (Сенусерт III) 51
 Сулаймон ибн Исмағ ас-Самарқандий 80, 81, 181, 213
 Теон 208
 Фахр ад-Давла 84

- Ал-Фарғоний – қаранг Аҳмад ибн Муҳаммад ибн Касир.
 Ал-Хоразмий Муҳаммад ибн Мусо 76, 147, 169
 Холид ибн ал-Валид 42
 Холид ибн Абду-л-Малик ал-Марварудий 77, 212
 Шамс ал-Маъолий 150, 177
 Шараф ад-Давла 84
 Эратосфен 75, 76
 Юстиниан император 50
 Яздигард 67, 69, 70, 74, 76, 79, 80 ...
 Яқтон арабларнинг аждоди 49
 Яхё ибн Абу Мансур 76, 77, 81, 211
 Яхё ибн Аксам ал-Қозий 159
 Ҳабаш ал-Ҳосиб ал-Марвазий 101, 117, 147, 151, 157, 158, 159, 160, 165, 166, 180,
 187
 Ҳамза ибн ал-Ҳасан ал-Исфажоний 110
 Ҳермес 158

ЖУҒРОФИЙ ВА ЭТНИК НОМЛАР КЎРСАТКИЧИ

- Алонлар 50
 Амуя (Чоржў) 49, 183, 184, 185
 Ал-Анбор 209,
 Андалус 110, 139, 166
 Антакия (Антиохия) 50
 Арабистон саҳроси 49,
 Араблар 49, 110,
 Бажаноклар (печенеглар), қабила 50
 ал-Байзо Сиржондаги қалъа 48
 Байт ул – муқаддас 157, 205
 Басра 51
 Балх 28, 49, 172, 181, 182, 185, 186, 188, 189, 190, 192, 213
 Балх дарёси – қаранг Жайхун.
 Балхон 49
 Бағдод 16, 27, 31, 32, 62, 73, 74, 80, 83, 120, 151, 152, 153, 154, 157, 158, 171–175,
 188–206, 207–213
 Бағшур 187
 Биркату Залзал (Бағдоддаги маҳалла) 83
 Боб ал-абвоб (Дарбанд) 49
 Боб ат-Тиби (Бағдоддаги маҳалла) 83
 Бобил 9, 172, 208
 Булғор 106
 Бушканз 16, 28, 69, 178
 Бушт 51
 Бухоро 28, 182–186

- Бўст 28, 190–193
 Варанк денгизи 34, 109
 Водий Маздубас, тўзан 50
 Воквок 107
 География 8, 10–14, 32, 44, 46, 49, 110, 160, 165, 166
 Дажла 51, 86, 159
 Дайлам 82
 Дайр Муррон 77
 Дамашк 16, 31, 74, 77–79, 209, 212,
 Дамғон 176
 Дарғон 28, 182–185
 Дехистон 160
 Дибажот 107
 Жабал 104
 Жайфур 6, 95
 Жайхун (Амударё) 49, 50, 69, 89, 178, 180, 181, 186, 190
 Журжон 49, 50, 52, 68, 70, 71, 150, 151, 176, 177
 Журжон денгизи – қаранг Хазар денгизи 49
 Ал-Журжония 67, 68, 69, 70, 71, 89, 96, 101, 102, 172, 175, 176–188, 213
 Замм 49
 Занжийлар 107, 166
 Зара кўли 51
 Заранж 189
 Зинж 110
 Зобаж 43, 107
 Зобулистон 190
 Зуғар кўли (Ўлик денгиз) 50
 Ирок 5, 10, 23, 33, 42, 104, 116, 124, 183,
 Иркония денгизи – қаранг Хазар денгизи.
 Искандария 153, 208,
 Ису 106
 Исфаҳон 33, 95, 110
 Йура 106
 Каркас Кўх 51
 Каъба 44, 45, 205
 Кермон 48, 51, 189,
 Кобул 6, 95, 207
 Колиф 181, 186,
 Кот – қаранг Хоразм шаҳри.
 Кўҳистон 189
 Ламғон 207
 Ланка 106
 Мадина 42
 Мадинатуссалом – қаранг Бағдод 158, 172

- Макка 27, 28, 45, 156, 157, 171, 187, 194–203
 Марв 81
 Марварруд 187
 Мағриб 119, 175
 Мағриб денгизи – қаранг Ғарб денгизи.
 Мемфис (Манф) 51
 Миср 51, 58, 153, 209
 Мисрликлар 23, 119
 Миср дарёси – қаранг Нил.
 Мовароуннахр 183
 Мосул 159
 Нандна қалъа 7, 26, 164
 Нил 50, 107
 «Нимрўз» – қаранг Сижистон.
 Нишопур 28, 32, 51, 81, 172, 186–190, 212
 Нубия 107
 Океан – қаранг Ўровчи денгиз.
 Омул 176
 Она 209
 Ослар 50
 Рай 16, 27, 28, 74, 82, 84, 96, 106, 172–181, 188
 Ар-Рамла 209
 Расун 110
 Ракка 152, 158, 206-213
 Родос 31, 210,
 Рум (Византия) 51, 77, 163, 207
 Румлар 40, 104, 165
 Румликлар 119
 Руххаж 119
 Сижистон 51, 172, 189, 190-193
 Синжор, сахро 159
 Сиржон 48, 189
 Сироф 14, 43
 Славянлар 109, 166
 Сория 176
 Софала 107, 110, 172
 Судон 110
 Судон саҳроси 58, 159
 Сурёнийлар 50
 Сурраманрао 73, 79, 158, 159, 186, 212
 Сус ал-Ақсо 110
 «Ас-Суъадо ва-с-Саъода» ороллар қаранг «Ал-Холидот» – 119
 Табаристон 176
 Табария 209

- Таборак тоғ 84
 Тадмур 158
 Танжа 110
 Тохаристон 190
 Турклар 160, 166
 Туркманлар 9, 50
 Урдун (Иордан) дарёси 50
 Фаммул Асад (Сикр аш-Шайтон) тоғ 49
 Ал-Фаҳмий, Амударёнинг ўзани 49
 Фива 51
 Фороб 49
 Форс 6, 14, 15, 51, 104, 110
 Форс денгизи 58
 Форслар 6, 16, 23, 51, 62, 78, 82, 119
 Фустот 209,
 Хазар денгизи (Каспий) 49, 50
 Хароба Қармония (Кермон Сахроси) – қаранг Каркас Кўх. 51
 Хитой 23, 43, 110, 119, 139, 166
 «Ал-Холидот» ороллар 119
 Хонфу 43
 Хоразм 6, 9, 10, 49, 59, 60, 74, 81, 89, 114, 172, 175, 178, 178, 180, 184, 185.
 Хоразмликлар 33
 Хоразм шаҳри 178, 180, 184, 185
 Хуросон 30, 31, 51, 81, 104, 183, 190, 206, 207
 Шаммосия 76, 77, 208, 210, 211, 212,
 Шероз 27, 28, 32, 58, 82, 172, 188, 189, 213
 Шом 42, 51, 110, 111, 205, 207
 Шом денгизи 111
 Эрон 10, 22, 51, 104, 189,
 Эроншаҳр 105
 Юнонлар 14, 23, 40, 105, 119, 140, 159, 207
 Яхудийлар 157, 165, 205, 220
 Яман 33, 49, 82, 83, 206,
 Яманликлар 49
 Ўровчи денгиз 51, 55, 109, 110, 111, 119,
 Ўғуз турклари – қаранг, Ғузлар.
 Қалавзия (Клавдия) 50
 Қандаҳор 207
 Қосон (Кошон) 95
 «Қубба» 153, 154, 208, 210
 Кулзум (Қизил) денгизи 51, 110, 111
 Қумис 176
 Ғазна 5–16, 27–32, 59, 90, 165, 172, 190–214
 Ғарб денгизи – қаранг Ўровчи денгиз

Ғарбий қоратанлилар 107
 Ғуззлар, қабила 49
 Ҳабашистон 166
 Ҳамадон 174
 Ҳинд денгизи 111
 Ҳинд замини – қаранг, Ҳиндистон
 Ҳиндистон 7–11, 26, 110, 166
 Ҳиндлар 8, 19, 20, 23, 27, 32, 90–92, 104, 119, 158, 168, 171, 208
 Ҳит 209
 Ҳулвон 174
 Ҳумс 209

АСТРОНОМИК ТЕРМИНЛАР КЎРСАТКИЧИ

Абадий кўринувчи юлдуз 60, 61, 72
 Азимут 42, 44, 45, 59, 66, 67, 68–71, 75 ...
 Азимут аргументи 67–69, 71, 97, 98–101 ...
 Азимут масофаси – қаранг Азимут.
 Азимутсиз баландлик 70, 89, 96, 97
 Алдабарон 206
 Алидада 80, 162, 164
 Алмуқантарот 102, 179
 Апогей 55, 56, 57, 78, 79, 112, 113, 116
 Апогей орбитаси 55
 Апогей ҳаракати 56
 Армиляр сфера 162
 Астрономия 44, 45, 52, 55, 56, 58, 83, 105, 113, 120, 175, 187, 208
 Астрология 205, 206, 39, 81, 90, 187
 Аҳкоми нуҷум санъати – қаранг, Астрология.
 Баландлик доираси 64, 145, 154, 163, 171
 Баландлик ёриткичларда 59, 60, 61, 62–64, 66
 Баландлик азимути 66, 68, 69, 71
 Баландлик учбурчаги 66
 Баландлик тўлдтрувчиси 66, 67, 68, 69, 70 ...
Банот Наъш 73
 Бирлашиш 205
 Ботмайдиган юлдуз – қаранг, Абадий кўринувчи юлдуз
 Буржлар 55, 101, 124, 147, 191, 206, 210
 Вақт ёйи 130, 131, 132
 Вақт тенграмаси 117
 Вақт учбурчаги 144, 198, 204
 Геометрия 38
 Географик кенглама 44, 46, 57, 59, 60–75, 81–84, 89, 90, ...
 Гҳати 211, 212, 213, 214

- Далв 124
 Даража оғиши 103, 104, 112
 Деферент орбитаси 56
 «Доира» ёйи 88, 95, 99, 120, 131, ...
 Доира кадранти 60, 61, 69, 122, 135, 149, 189, 190, 195
 Доира секстанти 84
 Ер айланаси 157, 158–160, 162, 163, 168–170
 Ер диаметри 203
 Ер маркази 48, 57, 125, 126, 162
 Ернинг оғирлик маркази 48, 56
 Ер ҳаракати 58
 Ёриткич 36, 39, 53, 56, 60, 66, 110, 125, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 166, 187, 205, 206
 Ёриткич даражаси оғиши 147, 148, 149, 150
 Ёриткич (Куёш) даражаси 147, 149
 Ёриткич (Куёш) орбитаси 55, 56, 141, 147
 Ёриткичларнинг ҳаракати 53, 72
 Жавзаҳир сфераси 142
 Жавзо 124
 Жадий 86, 191
 Замоний соат – қаранг, «Эгри» соат.
 Зенит 45, 54, 55 – 58, 60, 63, 65, 66, 68, 72, 73, 75, 80, 84, 88, 60, ...
 «Илми Муסיкий» 39
 Кардажа 169
 Катта Айик 62
 Катта Тобут 62
 Кенглама – қаранг, географик кенглама.
 Кеча-кундузлик параллели – қаранг, суткалик параллели.
 Кундуз ёйи 102, 103, 107, 118, 124, 153, 154
 Кундуз тенграмаси 103, 104, 107, 122, 123, 124, 135, 136, 138, 139, 140, 153, 154
 Кундуз уч бурчаги 143, 144, 197, 200
 Кундуз ўқи 143
 Кузатиш иқлими кенграмаси 81, 104, 107, 108
 Кульминация 45, 62, 68, 72–74, 151
 Кунлик параллели – қаранг, суткалик параллел.
 Манзиллар (Ойники) 45
 Манкиб *ал-Фарас* 151
 Матолиъ 45, 145, 144, 146–148, 150
 Мантик 39, 40, 46, 127
 Мезон 39, 40, 57, 95, 101, 210
 Меридиан, географик 45, 62, 63, 68, 75, 77, 78, 84, 94, 120, 121, 122, ...
 Мос даражалар 147, 150
 «Мукобил» замон 142, 152
 Натурал қатор 127

- Ой ботиши 207
 Ой тутилиши 119, 125, 126, 127, 128, 140, 150, 152, 153, 157, 166, 180, 157, 206
 Ой ҳаракати 55, 56, 151
 Олам айланиши 55
 Олам диаметри 58
 Олам маркази 44, 48, 54, 56, 58, 63, 64, 88, 90, 91, 92
 Олифта 206
 Ой орбитаси 142
 Олам қутби 87
 Олам ўқи 102
 Осмон – *қаранг*, осмон сфераси.
 Осмон меридиани 60, 69, 71, 72, 76, 90, 94, 99, 101, 103, 107, 113, 128, 132, 144–146, 154, 170, 204
 Осмон сфераси 53, 81, 168
 Осмон экватори 54, 60, 61, 63, 71, 72, 75, 81, 87, 95, 99, 100, 102, 103, 107, 121, 128, 131–135, 137 144, 147, ...
 Осмон ўртаси даражасининг матолиғи 143, 144, 146, 147
 Осмон экватори қутби – *қаранг*, олам қутби.
 «Очилиш» бошланиши 126, 142
 «Очилиш» охири 126, 141, 142, 206
 Осмон ўртаси чизиги – *қаранг* осмон меридиани.
 Оғиш доираси 113, 114
 Оғиш, ёриткичларда 53, 147, 148
 Параллакс 59, 80, 91, 126, 142, 151
 Параллел, географик 54, 55, 57, 60, 64, 65, 67, 100, 102, 105, 107, ...
 Параллел, ёриткичларда – *қаранг* суткалик параллел
 Перигей 56, 57, 113, 116
 Рўпара туриш 205
 Саратон 83
 Сунбула 101, 206
 Суткалик параллел 63, 65, 67, 83, 100, 101, 102, 107
 Ас-Суҳо 62, 73
 Тенгкунлик нуқтаси 71, 78, 101
 Тенгкунлик нуқтасининг ботиши 195
 Тенгкунлик нуқтасининг чиқиши 122, 124
 Тенгкунликдаги баландлик 178, 180
 Тенгкунлик пайти 210, 211
 Тенгкунлик чизиги 66–69, 94, 96, 97, 102
 Тенглама 103, 104, 107, 117, 122–124, 131–140, 149, 150, 153, 154, 170, 207
 «Тенгланган кенглама» 155, 156
 «Тенгланган узунлама» 155, 156
 Тенглаштирилган баландлик, ёриткичларда 86, 87
 Тенглаштирилган узунлама – *қаранг*, тенгланган узунлама.

- «Текис» соат 206, 208
 Турғун юлдуз 60, 61, 72, 74, 143, 151, 177
 Тутилиш бошланиши 126, 136, 141, 142, 206
 Тутилиш вақти 127, 128, 131, 141, 151
 Тутилиш замонлари 142, 143, 151
 Тутилиш кундузи тенграмаси 133
 Тутилиш меридиани 129
 Тутилиш тўлиши 142
 Тутилишда «тўхташ» 142
 Тутилиш параллели 131, 132, 133, 135
 Тутилиш ўртаси 142, 152
 Тушдаги баландлик 68, 69, 70, 71, 74, 94–96, 101, 114, 118, 180, 198
 Туш чизиғи 66, 72, 102, 204
 Тўлик оғиш – *қаранг* энг катта оғиш.
 Тўлик синус 67 – 70, 87, 96–100, 103, 104, 107, 113, 114, 116, 117, 123, 144, 146, 147, 149, 155, 156, 162, 163, 164, 167, 169, 177, ...
 Тўрт кутбдан ўтувчи доира – *қаранг*, Куёш туришлар колюри.
 Тўлик оғиш – *қаранг*, энг катта оғиш.
 «Тўғри» сфера 143, 144, 147, 148, 150
 Тўғри сферадаги матолиъ 144, 147, 148, 150
 Узунлама 44, 46, 59, 81, 112, 118–122, 124, 125, 126, 128, 129, ...
 Уфқ, кўринма 141, 142, 163
 Уфқ, ҳақиқий 141, 142
 Фахрий сектанти 87, 88, 89
 Физика 39
 Шарқий азимут 71, 100–104, 107, 108, 112, 113, 116, 117, 118, 198, 204, ...
 Шарқий азимут доираси 116
 Шарқ уфқи 130, 131, 134, 135
 Шом Сириуси 206
 «Эгри» соат 127
 Экватор, Ерники 57, 58, 63, 64, 68, 71, 92, 95, 105, 107, 110, 113, 120, 121, ...
 Эклиптика 75, 77, 79, 85, 86, 101, 112, 113, 116, 124, 144, 147, 148
 Эклиптика кутби 75
 Эклиптика кутби ҳаракати 75
 Энг катта азимут аргументи 100, 101
 Энг катта баландлик 60, 62, 69, 70, 71, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 89, 90, 93, 101, 190
 Энг катта оғиш 59, 68, 70, 71, 75, 76, 77, 79, 80, ...
 Энг кичик баландлик 60–62, 70, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 93, 190
 Эпицикл 55, 56
 Эксцентрик орбита – *қаранг*, Апогей орбитаси.
 Эфемеридалар, ёриткичларда 187, 205
 «Эчкича» – *қаранг*, Кутб юлдузи
 Юкори кульминация 45, 62, 68, 72, 73, 74
 Юлдуз параллели – *қаранг*, суткалик параллел

- Юлдузларга қараб ҳукм чиқарувчилар санъати – *қаранг*, астрология
 Яман Сириуси 206
 Ўртача Куёш 112
 Ўтиш даражаси (ёриткичларда) 144, 147, 149, 150
 Ўтиш даражаси матолиъи 143, 144
 Ўтиш жойи, ёриткичларда 72, 73, 84, 87
 Қибла азимути 44, 156, 171, 194, 195, 196, 197, 199, 201, 202, 208
 Қизлар – *қаранг*, Банат наъш
 «Қозиклар» 164, 205
 Куёш ботиши 130, 152
 Куёш *буҳти* 147
 Куёш даражасининг оғиши 104
 Куёшнинг Ердан масофаси 55, 56
 Куёш туриш баландлиги 91
 Куёш туриш доираси 75
 Куёш туришлар колюри 148
 Куёш тутилиши 120, 125, 126, 175, 206, 207
 Куёш оғиши 58, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 102
 Куёш чиқиши 42, 84, 112, 120–125, 162, 211
 Куёш туриш нуктаси 78, 79, 85, 86, 147, 148, 149
 Куёш туриш пайти 88, 90, 109
 Куёш туриш параллели 57
 Куёш ўртача ҳаракати 96, 112
 Куёш ҳаракати 55
 Куйи кульминация 62, 72, 74
 Куйилашиш 162, 163, 164
 Қутб юлдузи 45
 Қўзғалмас юлдуз – *қаранг*, тургун юлдуз
 Ғарб уфки 130, 131, 134, 135
 Ҳамал 82, 147
 Ҳаракат тенглашадиган (эквант) нукта 56
 Ҳаракат экванти доираси 56
 Ҳаракат экванти доирасининг маркази 56
 Ҳақиқий ботиш 127
 Ҳақиқий осмон ўртаси 127
 Ҳақиқий очилиш 126
 Ҳақиқий тутилиш 126
 Ҳақиқий чиқиш 127
 Ҳақиқий уфк 141, 142
 Ҳиндия доираси 203
 Ҳут 124

МУНДАРИЖА

Сўз боши	5
Беруний «Геодезия»си	5
Абу-р-Райҳон Муҳаммад ибн Аҳмад ал-Беруний «Тураржойлар [орасидаги] масофаларни аниқлаш учун манзилларнинг чегараларини белгилаш» [китобида] айтган ¹ :	36
(63)// Шаҳар кенгламасининг ўзини мустақил аниқлаш ҳақида сўз	60
(88)//Энг катта оғишнинг ўзини мустақил аниқлаш ҳақида сўз	75
(117)//, (110)/Шаҳар кенгламасини, тўлиқ ва жузъий оғишларини улардан бирини бошқаси орқали аниқлаш ҳақида сўз	94
(156)//Шаҳарлар узунламалари айирмасини аниқлаш ҳақида сўз	119
(227)//Масофалар, узунламалар ва кенгламаларнинг бирини бошқасидан топиш ҳақида	167
(236)//Бағдод ва Рай орасидаги узунлама [айирмасини] аниқлаш	173
(240)//Ал-Журжония ва Рай орасидаги узунлама айирмасини аниқлаш	175
(241)//Рай ва ал-Журжониянинг узунлама ва кенгламаларига кўра Журжоннинг узунлама ва кенгламасини аниқлаш	176
(246)// Бизда ҳосил бўлган ал-Журжония узунламасининг [тўғрилигини] исботлаш учун хоразм шаҳрининг ⁷⁰⁹ узунламаси далилини келтириш	178
(251)//Ал-Журжония билан балх орасидаги узунлама айирмасини аниқлаш	181
(253)//Дарғоннинг узунлама ва кенгламасини Ал-Журжония ва Балхнинг узунлама ва кенгламаларига кўра аниқлаш	182
(256)//Амуянинг узунлама ва кенгламаларини Балх ва ал-Журжониянинг узунлама ва кенгламаларига кўра аниқлаш	183
(257)//Дарғон ва Амуянинг узунлама ва кенгламаларидан Бухоронинг узунлама ва кенгламасини аниқлаш	184
(260)// Бухоро ва Балх орасидаги масофани уларнинг узунлама ва кенгламаларидан аниқлаш	186
Бағдод ва Шероз орасидаги узунлама айирмасини аниқлаш	188
Шероз билан Сижистоннинг бош шаҳри – Заранж ⁷³⁶ орасидаги узунлама айирмасини аниқлаш	189
(293)/ Балх ва Ғазна узунламалари айирмасини аниқлаш	190
Бўст ⁷⁴⁷ ва Сижистон [шаҳри] ⁷⁴⁸ узунламалари айирмасини аниқлаш	190
Бўст ва Ғазна узунламалари айирмасини аниқлаш	192
Ғазна билан Сижистон [шаҳри] узунламалари айирмасини аниқлаш	192
(299)/ Ғазна ва Сижистоннинг узунлама ва кенгламаларига кўра Бўстнинг узунлама ва кенгламасини аниқлаш	193
(276)//Буни [исботлаш]нинг бошқа усули	196

Буни [исботлаш]нинг учинчи усули	198
Бағдод билан ар-Раққа узунламалари айирмасини аниқлаш	209
(295)// Ар-Раққа билан исқандария орасидаги узунлама айирмасини аниқлаш....	209
(297)// Гиппархнинг Родос [оротидаги] кузатишлари	210
Птолемейнинг Искандариядаги кузатишлари.....	211
Шаммосия ва Бағдоддаги кузатишлар.....	211
Холиднинг Дамашқдаги кузатиши.....	212
(337)/ Номаълум [олимнинг] Бағдоддаги кузатиши.....	212
Муҳаммад ибн Алининг Нишопурдаги кузатиши.....	212
Бану Мусонинг Сурраманраодаги кузатиши	212
(338)/ Ал-Баттонийнинг ар-Раққадаги кузатиши.....	213
(301)// Сулаймон ибн Исматнинг Балхдаги кузатиши	213
Абу-л-Ҳусайн ас-Сўфийнинг Шероздаги кузатиши	213
Абу-л-Вафонинг Бағдоддаги кузатиши	213
(302)// Абу Райҳоннинг ал-Журжониядаги кузатиши.....	213
Абу Райҳоннинг Ғазнадаги кузатиши.....	214
Изоҳлар	215
Библиографик номлар ва қисқартмалар кўрсаткичи	355
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати	355
Ғарбий Европа тилларидаги адабиётлар	364
«Геодезия»да Беруний эслатиб ўтган асарлар номларининг кўрсаткичи	370
Киши номлари кўрсаткичи	371
Жуғрофий ва этник номлар кўрсаткичи	373
Астрономик терминлар кўрсаткичи.....	377

Абу Райҳон Беруний
Абу Райҳон Беруний. Танланган асарлар. Тураржойлар (ораси-
Б 61 даги) масофаларни аниқлаш учун манзилларнинг чегараларини бел-
гилаш (Геодезия). [Матн] Ж. III / Абу Райҳон Беруний. – Тошкент.:
«O‘zbekiston» НМИУ, 2022. – 384 б.

ISBN 978-9943-7607-8-3

УЎК 528
ББК 26.11

Илмий-оммабоп нашр

АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ

ТУРАРЖОЙЛАР (ОРАСИДАГИ) МАСОФАЛАРНИ АНИҚЛАШ УЧУН МАНЗИЛЛАРНИНГ ЧЕГАРАЛАРИНИ БЕЛГИЛАШ (ГЕОДЕЗИЯ)

III ЖИЛД

Муҳаррир *М. Ҳафизова*
Рассом дизайнер *К. Закирова, Б. Зуфаров*
Техник муҳаррир *Л. Хижова*
Кичик муҳаррир *М. Салимова*
Мусахҳиҳлар: *М. Ишанханова, Ш. Хожиева*
Компьютерда тайёрловчи *Н. Аҳмедова*

Нашриёт лицензияси АІ № 158. 14.08.09
Босишга 2022 йил 20 октябрда рухсат этилди. Бичими 70x100^{1/16}. Офсет қоғози.
«Таймс» гарнитурасида офсет усулида босилди. Шартли босма табағи 31,20.
Нашр табағи 33,89. Адади 5000 нусха. Буюртма № 20-345.

«O‘zbekiston» нашриёт-матбаа ижодий уйи.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 30.

Телефон: (371) 244-87-55, 244-87-20
Факс: (371) 244-37-81, 244-38-10.
e-mail: uzbekistan@iptd-uzbekistan.uz
www.iptd-uzbekistan.uz