

М. Мамадазимов

АСТРОНОМИЯ

*Орто билим берүүчү мекемелердин 11-класс
окуучулары үчүн окуу китеби*

1-басылышы

*Өзбекстан Республикасынын Элге билим берүү
министрлиги тастыктаган*

«DAVR NASHRIYOTI»

Ташкент – 2018

UO‘K 52(075.3)

КВК 22.6ya72

М 23

Бул окуу китеби, ага коюлган талаптарга ылайык, окутуу кыргыз тилинде жүргүзүлүүчү орто билим берүүчү мекемелердин 11-классы жана Өзбекстан Республикасы Илимдер академиясынын Астрономия институту алдында ачылып жаткан астрономияга адистештирилген мектеп үчүн арналган болуп, эки бөлүктөн турат.

Окуу китебинде окуу материалдарынын татаалдык даражасына карай айрым темалар бир (*) же эки (**) жылдызча менен берилген болуп, мында бир (*) жылдызчалуу окуу материалы жөнөкөй жана адистештирилген мектептер үчүн арналган болсо да, бирок жөнөкөй мектеп окуучуларына анын мазмуну боюнча түшүнүктөр берүү менен чектелип, адистешкен мектепте анын математикалык аппараттардын жардамында берилген мазмунун өздөштүрүү талап кылынат, окуу материалдары эки жылдызча (**) менен берилген параграфтар болсо адистештирилген мектеп окуучулары үчүн гана арналган болуп, аларда астрономиянын тереңдетилген, кеңейтилген мазмуну берилген. «Космонавтиканын элементтери» адистештирилген мектептер үчүн арналган болуп, анда окуучуларга аэронавтикага таандык элементардык түшүнүктөр берилет.

Пикир жазгандар:

Ш.А. Эгамбердиев – ӨзР ИА Астрономия институтунун директору, физика-математика илимдеринин доктору, академик;

С.П. Илясов – ӨзР ИА Астрономия институтунун илимий иштер боюнча директорунун орун басары, физика-математика илимдеринин доктору;

Ч.Шерданов – ӨзР ИА Астрономия институтунун кызматкери, физика-математика илимдеринин кандидаты;

Б. Саттарова – Низамий атындагы ТМПУ доценти, пед. ил. кандидаты;

У. Алимухаммедова – Ташкент шаарынын Юнусабад районундагы 9-жалпы орто билим берүүчү мектептин мугалими;

Э.Жуманиязов – Ташкент шаарынын Сергели районундагы 8-жалпы орто билим берүүчү мектептин мугалими.

М 23 **Астрономия** [Текст]: Окутуу кыргыз тилинде жүргүзүлүүчү орто билим берүүчү мекемелердин 11-классынын окуучулары үчүн окуу китеби / М. Мамадазимов. – Ташкент: DAVR NASHRIYOTI, 2018. – 176 б.

UO‘K 52(075.3)

КВК 22.6ya72

Республикалык максаттуу китеп фонду каражаттары эсебинен басылды.

© М. Мамадазимов, 2018

ISBN 978-9943-5024-6-8

© «DAVR NASHRIYOTI» ЖЧК, 2018

КИРИШҮҮ

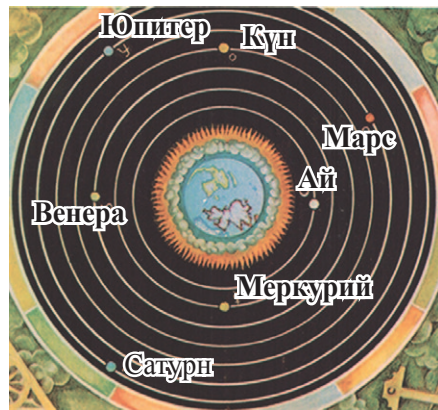
1-ТЕМА.

1-§. Астрономия эмнени үйрөтөт? Анын өнүгүү тарыхы жана башка илимдер менен байланышы

Космостун бизге эң жакын жана алыс объекттеринин, системаларынын кыймылын жана физикалык мүнөзүн үйрөтүүчү илим *астрономия* деп аталат. Астрономия грекче «*astron*» – жылдыз, «*amos*» – мыйзам деген сөздөрдөн түзүлгөн болуп, асман телолорун, алардын келип чыгышын жана түзүлүшүн, кыймылдарын, физикалык табияттарын жана эволюцияларды изилдөөчү илим болуп саналат.

Астрономиянын өнүгүүсүнүн кыскача тарыхы. Астрономия да башка бардык илимдер сыяктуу коомдун практикалык талаптарынын негизинде пайда болгон. Астрономиянын бүчүрлөрү Вавилон, Египет, Борбордук Азия, Кытай, Индия өңдүү мамлекеттерде мындан бир нече миң жыл мурда пайда болгон.

Байыртада грек астрономдору күзөткөн астрономиялык кубулуштардын келип чыгуу себептерин түшүндүрүүгө аракет жасашкан. Мисалы, Пифагор Жердин шар сымал экендиги жөнүндө ой билдирген, ал эми Аристотель Ааламдын борборунда кыймылсыз Жер жайгашкан деген геоцентрикалык системага негиз салган. Александриялык Эратосфен б.з.ч. III кылымда биринчилерден болуп, Жер меридианы 1° тук жаасынын узундугун жана кийинчерээк ушунун негизинде планетабыздын радиусун ченеди. Белгилүү грек окумуштуусу жана философу Гиппарх жүздөгөн жылдыздардын координаталарын өзүндө камтыган биринчи жылдыздар каталогун (жадыбалын) түздү. Биздин замандын II кылымында белгилүү грек астроному Клавдий Птолемей «*Megale syntaxis*» (Улуу түзүлүш) аттуу чыгармасында грек астрономиясынын ийгиликтерин жалпылаштырып, планеталардын көрүнмөсыйыртмак сымал кыймылдарын түшүндүрө ала турган жана негизинде Аристотель-Гиппархтардын геоцентрикалык, б.а. борбордо Жер жайгашкан деген теориясы жаткан Ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү жаңы окууну түздү (1-сүрөт).



1-сүрөт. Аристотель (б.з.ч. IV кылым) Ааламдын түзүлүшүн ушундай элестеткен.

Бул окууга ылайык, ошол маалда белгилүү болгон беш планета (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер жана Сатурн) Жердин айланасында *эпицикл* деп аталуучу айланаларды бойлоп, бул эпициклдердин борборлору болсо *деферент* деп аталуучу чоң айланаларды бойлоп айланат. Бул геоцентрикалык теория Аалам түзүлүшүнүн чыныгы картинасын чыгалтпаган болсо да, бирок аны дээрлик он беш кылым бою тан алып келишкен.

IX–XV кылымдарда Жакынкы жана Ортоңку Чыгыш, о.э. Борбордук Азия мамлекеттеринде ири астрономиялык обсерваториялар курулду. Аларда Ал-Баттаний, Ал-Харезмий, Ал-Ферганий, Абу Махмуд Хожендий, Абу ал-Вафа Бузжаний, Абдурахман ас-Софий жана Ибн Юнус өндүү белгилүү бабаларыбыз иштешкен.

Алсак, Ал-Баттаний грек астрономиясы жетишкен ийгиликтерди жалпылаштырып, Айдын кыймылына таандык кээ бир маалыматтарды аныктады. Ал-Ферганийдин «Астрономиянын негиздери» аттуу эмгеги ошол доор үчүн астрономиядан өзүнө мүнөздүү энциклопедия милдетин өтөдү. Араб окумуштуулары Ай жана анын кыймылдары жөнүндөгү ачылыштар, Жер меридианынын узундугун ченөө боюнча иштери менен дүйнөгө таанылды. Өзбек окумуштуусу Берунийдин астрономияга тиешелүү 40 тан ашуун эмгеги белгилүү болуп, аларда Күн, Ай жана планеталардын кыймылы, алардын тутулушу, календарларга таандык көптөгөн маалыматтар келтирилген.

XV кылымда Чыгыш астрономиясынын дагы бир улуу өкүлү Мырза Улукбек Самаркандда дүйнөдөгү эң ири астрономиялык обсерваторияны ишке түшүрдү. Обсерваториянын бир нече он жылдык ишинде Казызада Румий, Жамшид Коший жана Али Кушчу өндүү аалымдардан турган астрономия мектеби калыптанды.

Астрономиянын кийинки өнүгүүсү Европада бир топ аалымдардын астрономия тармагындагы маанилүү ачылыштары менен байланыштуу. Бул маселеде польшалык астроном Николай Коперник, италиялык аалымдар Жордано Бруно жана Галилео Галилей, немис математиги Иоганн Кеплер, о.э. англис физиги Исаак Ньютондордун чыгармачыл иштери, айрыкча, жемиштүү болду. XVI кылымдан XX кылымдын башына чейин табият таануу багытында жасалган негизги ачылыш жана мыйзам ченемдүүлүктөрдүн көпчүлүгү жогорудагы аалымдардын аттары менен байланыштуу.

XIX кылымдын ортолорунда спектрдик анализдин ачылышы жана астрономияда фотографиянын колдонулушу натыйжасында астрономиянын жаңы горизонттору ачылды. Бул асман телолорунун физикалык мүнөзүн изилдөө бо-

юнча чоң мүмкүнчүлүктөрдү пайда кылды. Натыйжада, асман телолору жана алардын системаларынын физикалык мүнөзүн үйрөнүү менен алектене турган жаңы илим – *астрофизикага* негиз салынды.

Астрономиянын башка илимдер менен байланышы. Астрономия илими башка бардык илимдер менен тыгыз байланышкан. Астрономиянын өнүгүүсүндө, айрыкча, *физика* жана *математика* илимдеринин мааниси чоң болгон. Астрономия да, өз кезегинде, бул он жылдыктарда жетишкен ийгиликтери менен физика жана математика илимдеринин өнүгүүсүнө өзүнүн сезилерлүү салымдарын кошуп келүүдө.

Физика жана математика илимдеринин көптөгөн идея, теория жана усулдары астрономиялык изилдөөлөрдө сыноодон өтүп келүүдө. Механиканын мыйзамдары, салыштырмалуулук теориясынын негизги идеялары, кванттык физика, атомдун түзүлүшү, ядролук реакциялар, зат жана нурлануунун өз ара аракеттенишүүсү менен байланыштуу теориялар ушуларга мисал болот.

Асман телолорунун химиялык курамы, атмосфераларды түзгөн молекулалык бирикмелер, Жерде жашоонун пайда болушу жөнүндөгү маселелер астрономиянын *химия жана биология* менен байланышын көрсөтүүчү мисалдардан эсептелет.

Астрономиянын *методологиялык, көз караштык жана экологиялык* багыттардагы далай маселелери болсо анын *социалдык жана гуманитардык илимдер* менен байланышын чагылдырат. Астрономиялык кубулуштар жазылган байыркы кол жазмалардын негизинде, тарыхый кубулуштар жана жараяндардын так убакыттары белгиленген абалдар тарыхта кыйла көп болгон. Соңку жылдарда астрономиялык изилдөө аспаптарынын өркүндөшү жана башкарылуусунда *техника жана радиоэлектроника* өзүнчө мааниге ээ. Булардын бардыгы астрономиянын калыптануусу жана өнүгүүсүндө анын башка илимдер менен канчалык тыгыз байланышта болгонуна маанилүү далил боло алат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Жердин шар сымал асман телосу экендигин биринчилерден болуп ким аныктаган?
2. Жердин радиусун илгери кимдер биринчилерден болуп ченеген?
3. Орто кылымдарда астрономиянын өнүгүүсүнө чоң салым кошкон Борбордук Азиялык жана европалык аалымдардан кимдерди билесиң?
4. Өзбекстандын аймагындагы астрономиялык борбор орто кылымдарда каерде жайгашкан эле?
5. Астрономиянын башка илимдер менен байланышы жөнүндө эмнелерди билесиң?

I БӨЛҮК

I БӨЛҮМ. ПРАКТИКАЛЫК АСТРОНОМИЯНЫН НЕГИЗДЕРИ

2-ТЕМА.

2-§. Жарыткычтардын суткалык көрүнмө кыймылдары. Жылдыз түркүмдөрү

Жылдыздардын суткалык көрүнмө кыймылдары. Булутсуз түндө асманда топ-топ жылдыздарды көрүп, андан ырахаттанбаган адам болбосо керек. Бир карашта жылдыздардын эсеби жоктой туюлса да, чынында жөнөкөй көз менен караганда, асмандын белгилүү бир жарым сферасында алардын көрүнө турган саны 3000 ден ашпайт. Эгерде түндө белгилүү бир жерден туруп жылдыздарды бир нече саат бою тынымсыз күзөтсөң, бүткүл асман сферасынын жылдыздары байкоочудан өтүүчү ой жүзүндөгү октун (ал аалам огу деп аталат) айланасында айланып жатканын көрүү мүмкүн. Мындай айлануу маалында каалагандай жарыткыч өз абалын горизонттун жактарына салыштырмалуу өзгөртүп барат. Жылдыздар асманынын мындай көрүнмө айлануу мезгили бир сутканы түзөт. Түштүк жакка карап турган байкоочуга жарыткычтар солдон оңго, б.а. саат жебеси багытында кыймылдап жаткандай көрүнөт.

Эгерде байкоочу белгилүү бир убакыт бою фотоаппарат жардамында асмандын түндүк бөлүгүн сүрөткө алса, жылдыздардын белгилүү бир бөлүгү чыгыштан чыгып, батышка батуусу менен бирге, батпай тургандары – белгилүү бир кыймылсыз чекиттин айланасында концентрикалык айланаларды (борбору бир чекитте болгон айланалар) сызып жатканын көрөт. Чынында мындай кубулуш Жердин өз огу айланасында айлануусу себеп болот (2-сүрөт).



2-сүрөт. Уюлдук жылдыздын айланасында жылдыздардын көрүнмө айлануусу (бир нече саат бою уюлга каратып орнотулган фотоаппаратта алынган).

Байыркы Чыгышта адамдар жарыткычтарга карап багыт алуу үчүн асмандын белгилүү бир бөлүгүндө жайгашкан жарык жылдыздарды өзүнчө топторго бөлүп, аларга *жылдыз түркүмдөрү* деп ат беришкен. Жылдыз түркүмдөрүн жаныбарлар (Чоң Аюу, Ак куу, Арстан, Ажыдаар, Кит), грек уламыштарынын каармандары (Кассиопея, Андромеда, Пегас ж.б.) жана кээде анын жарык жылдыздары чогуу каралганда эстете турган геометриялык фигура же буюмдардын аттары (Үч бурчтук, Тараза, Чөмүч) менен аташкан.

Бүгүнкү күндө асман сферасы 88 бөлүккө, б.а. жылдыз түркүмүнө бөлүнгөн. Белгилүү бир жылдыз түркүмүнө кирүүчү бир нече жарык жылдыздар ушул түркүмгө же кээде коңшулаш жылдыз түркүмүнө кирүүчү күнүрт жылдыздарды табууда жакшы багыт болуп кызмат кылат.

Асманда белгилүү бир жылдыз түркүмүн же жылдызды табуу үчүн, баштап жылдыз карталары жана атластары менен жакшылап таанышуу, кийин алардын жардамында кыйла машыгуу зарыл болот.

Күн, Ай жана планеталардын суткалык көрүнмө кыймылдары да чыгыштан батышка карай күзөтүлүп, жылдыздардан айырмаланып, алардын чыгуу жана батуу чекиттери, о.э. максималдуу бийиктиктери күн сайын өзгөрүп барат.

Алсак, Күн Нооружда (21-мартта) так чыгыш чекиттен көтөрүлүп, так батышта баткан абалда, кийин анын чыгуу жана батуу чекиттери түндүк жакка жылып барат. Мындай абал 22-июнга чейин уланып, кийин чыгуу жана батуу чекиттери, тескерисинче, горизонттун түштүк жагына жылат. Бул мезгилде Күндүн түш маалындагы бийиктиги төмөндөп барып, күн кыскарат, түн болсо, тескерисинче, узарат. Планетабыздын жолдошу Ай да суткалык көрүнмө кыймылда катышып, Чыгыштан батышка, жылдыздар менен бирге жылып барат. Бирок бир нече түн бою байкоолордон эле Айдын жылдыздарга салыштырмалуу Жердин айланасында *чыныгы аракетин* да сезүү мүмкүн. Мындай кыймыл себеп Ай, жылдыздардын фонунда батыштан чыгышты көздөй ар суткада болжол менен 13° тан жылып барып, Жердин айланасында 27,32 суткада бир жолу толук айланып чыгат.

Күндүн бир нече Ай бою системалуу күзөтүлүшү анын да Ай өндүү жылдыздарга салыштырмалуу батыштан чыгышка жылып барышын көрсөтөт. Күндүн мындай *көрүнмө кыймылы* себеп суткалык жылышы Айдыкына салыштырмалуу өтө кичине болуп, болгону бир градуска жакын жааны түзөт жана бир жылда бир жолу толук айланып чыгат. Күндүн мындай кыймылы *Жердин Күндүн айланасында чыныгы жылдык кыймылы* себеп болот.

3-§. Жердин өз огу айланасында айлануусуна далилдер *. Фуко маятниги

Түндө асманга тигилип карап, жөнөкөй эсептөө аркылуу жылдыздардын ар саатта Чыгыштан батышка карай 15° ка жылышы оңой табылат. 360° ту 15° ка бөлсөк, 24 саат чыгат. Демек, бардык жылдыздар 24 саатта, б.а. бир суткада Жерди бир жолу толук айланып чыгышы маалым болот. Жылдыздардын Жер-



3-сүрөт. Жердин өз огу айланасында айлануусун көрсөтүүчү Фуко маятниги.

дин айланасында мындай суткалык көрүнмө айлануусу чынында бир суткада Жердин өз огу айланасында батыштан чыгышка карай толук бир айлануусунун натыйжасы саналат. Жердин өз огу айланасында айлануусу төмөнкү тажрыйбаларда далилденген.

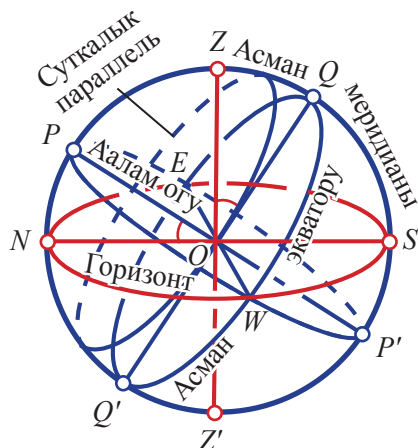
Жердин уюлдарынан биринин үстүнө математикалык маятник илинип (мында маятник шарынын ордуна түбүндө кичине тешиги бар чака илинип, ал кумга толтурулган болсун), ал термелтип жиберилсе (мындай маятник *Фуко маятниги* деп аталат), чакадан төгүлгөн кум анын астында термелүү тегиздигин бойлой, бир түз сызык багытында (термелүү тегиздигинде жатуучу) себилбей, тескерисинче

кум себиле турган сызык (б.а. термелүү тегиздиги) убакыттын өтүшү менен маятник тынч турганда багытталган Жердеги чекиттин айланасында саат жебеси кыймылы багытында бурулуп бараарын көрөбүз. Бул Жердин өз огу айланасында айлануусунан кабар берет. Анткени илинген чекит ар канча бурулса да, маятник өз термелүү тегиздигин өзгөртпөшү анык. Андыктан, анын астында себилген кумдун изи убакыт өтүшү менен вертикалдык бурчтардын секторлорунун бетин каптап барышы Жердин айланып жаткандыгынан гана кабар берет. Париждеги собордо илинген узундугу 60 метрлүү Фуко маятнинин жардамында Жердин өз огу айланасында айлануусу дал ушул жол менен көрсөтүлөт (3-сүрөт). Ошондой эле, белгилүү бир бийиктиктен ыргытылган таш да жерде анын радиусу бойлой түшпөй, чыгышка жылып түшөт. Бул тажрыйба да Жердин өз огу айланасында айлануусуна далил болот.

4-§. Асман сферасы, анын негизги чекит, айлана жана сызыктары

Асман жарыткычтарынын көрүнмө абал жана кыймылдарын үйрөнүү үчүн байкоо маалында алардын орундарын аныктоо зарыл болот. Ал үчүн жарыткычтардын асмандагы абалдарын белгилүү бир багыттарга салыштырмалуу үйрөнүү жетиштүү болуп, көп абалдарда аларга чейинки аралыктарды аныктоого зарылдык сезилбейт. Жарыткычтардын көрүнмө абалдары жана кыймыл-

дарын үйрөнүүдөн мурда асмандын негизги чекит, сызык жана айланалары менен таанышууга туура келет. *Асман сферасы* деп, радиусу каалагандай кылып алынган жана борбору байкоочунун көзүндө болгон ушундай сферага айтылат. Бул сферада белгилүү бир убакытта жылдыздар асманда кандай көрүнсө, ошондой проекцияланган болот. Анын борборунда турган байкоочудан өткөрүлгөн тик сызыктын асман сферасы менен кесишкен эки чекитинен бири (байкоочунун баш жагы багытындагысы) *зенит* (Z), ага диаметрдик карама-каршы жаткан экинчиси болсо *надир* (Z') деп аталат (4-сүрөт).



4-сүрөт. Асман сферасынын негизги чекит, сызык жана айланалары.

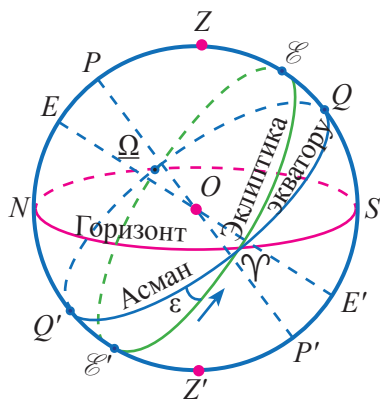
Сферанын бул чекиттерин туташтыруучу түз сызык *вертикалдык сызык* деп аталат. Асман сферасынын анын борборунан вертикалдык сызыкка перпендикуляр өткөрүлгөн тегиздик менен кесилишүүдөн пайда болгон чоң айлана *математикалык горизонт* деп аталат. Сферанын вертикалдуу ок аркылуу өтүүчү тегиздиктер менен кесилишинен пайда болгон чоң айланалар болсо *вертикалдуу айланалар* деп аталат. Жогоруда эске алынган чекит жана сызыктар байкоочунун Жердин бетиндеги өз ордун өзгөртүүсүнө байланыштуу түрдө өзгөрүп турат. Асман сферасынын, Жер шарынын негизги сызык жана чекиттери менен байланыштуу болгон Жердин каалаган жеринен күзөтүлгөндө да өз абалдарын өзгөртпөй турган чекит жана сызыктары бар. Аалам уюлдары, аалам огу, асман экватору мына ушундай чекит, сызык жана айланалардан эсептелет. Жердин огунун уландыларынын асман сферасы менен кесишкен чекиттери *аалам уюлдары* деп аталат. Жердин түндүк уюлунун уландысынын асман сферасы менен кесишкен чекити *ааламдын түндүк уюлу P*, түштүк уюлу уландысынын сфера менен кесишкен чекити болсо *ааламдын түштүк уюлу P'* деп аталат. Аалам уюлдарын туташтыруучу ок *аалам огу* деп аталат. Асман сферасынын борборунан өтүп, аалам огуна тике тегиздик менен кесилишинен пайда болгон чоң айлана *асман экватору* деп аталат. Асман экватору Жер экватору менен бир тегиздикте жатат. Асман экваторунун тегиздигине параллель тегиздиктер менен сферанын кесилишинен пайда болгон айланалар *суткалык параллелдер* деп аталат. Аалам огу аркылуу

өтүүчү тегиздиктер менен асман сферасынын кесилишинен пайда болгон чоң айланалар болсо *жантаяуу айланалары* деп аталат.

Аалам уюлдары, зенит жана надир чекиттеринен өтүүчү чоң айлана *асман меридианы* деп аталат. Анын математикалык горизонт менен кесишкен чекиттери горизонттун *Түндүк* (N , ааламдын түндүк уюлуна жакыны) жана *Түштүк* (S , ааламдын түштүк уюлуна жакыны) *чекиттери* деп аталат. Асман экваторунун математикалык горизонт менен кесишкен чекиттери *Чыгыш* (E) жана *Батыш* (W) *чекиттер* деп аталат. Түндүк жана Түштүк чекиттерди туташтыруучу түз сызык кесиндиси *түшкү сызык* деп аталат.

5-§. Күндүн жылдык көрүнмө кыймылы. Эклиптика

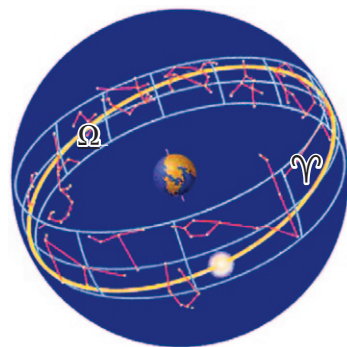
Күндүн жылдыздарды аралап батыштан чыгышка карай көрүнмө (чыныгы эмес) жылышы өтө байыртадан маалым. Бул жылышуу ар суткада дээрлик 1° ка тең. Күндүн бул жылдык көрүнмө жолу чоң айлана болуп, ал *эклиптика* деп аталат. Жыл бою, системалуу түрдө, түшкү маалда белгилүү бир жайдан туруп Күндүн зениттен узактыгын ченөө, анын асман экваторунан жантаюусу $+23^\circ 26'$ дан $-23^\circ 26'$ га чейин өзгөрүшүн көрсөтөт. Мындан эклиптика тегиздигинин асман экваторуна жантаюусу $\varepsilon = 23^\circ 26'$ га тең экендиги маалым болот



5-сүрөт. Күндүн жылдык көрүнмө кыймылы. Эклиптика (ε – эклиптика жана асман экватору түзгөн бурч).

(5-сүрөт). Эклиптиканын өзүнө мүнөздүү төрт негизги чекити болуп, алардан экөө анын асман экватору менен кесишкен чекиттерин, калган экөө болсо асман экваторунан эң чоң жантаюуга ээ болгон чекиттерин көрсөтөт. Анын экватор менен кесишкен чекиттеринен бири (Күн асма-нынын түштүк жарым шарынан түндүк жарым шарына кесип өтүп жатканда пайда болгону) *жазгы күн теңелүү чекити* (Υ) дейилип, Күн андан 21-март күнү өтөт. Экинчиси болсо *күзгү күн теңелүү чекити* (Ω) деп аталып, Күн ал чекиттен 23-сентябрь күнү өтөт. Эклиптиканын, асмандын түндүк жарым шарында эң чоң жантаюуга ($+23^\circ 26'$) ээ болгон чекити ($\mathcal{E}$) *жайкы күн туруусу* деп аталып, бул чекиттен Күн

22-июнда өтөт. Түштүк жарым шарда эклиптика-нын эң чоң жантаюуга ($-23^{\circ}26'$) ээ болгон чеки-ти болсо *кышкы күн туруу* ($\mathcal{E}'$) чекити деп ата-лып, Күн андан дайыма 22-декабрда өтөт. Күндүн жылдык көрүнмө кыймыл жолун бойлой жайгаш-кан жылдыз түркүмдөрүнүн аймагы *зодиак айма-гы* деп аталат. Бул аймакта жайгашкан 12 жыл-дыз түркүмү Балык (*Hut*), Кой (*Hamal*), Букачар (*Savr*), Эгиздер (*Javzo*), Бөйөн (*Saraton*), Арстан (*Asad*), Бийкеч (*Sunbula*), Тараза (*Mezon*), Чаян (*Aqrab*), Жаачы (*Qavs*), Текечер (*Jaddi*), Суу куяр (*Dalv*) аттары менен аталат (*6-сүрөт*). Күндүн жылдыздардын фонунда жылдык көрүнмө ара-кети чынында Жердин Күндүн айланасындагы жылдык *чыныгы* кыймылы себеп пайда болот. Ошондуктан да Күндүн жылдык көрүнмө кыймылынын тегиздиги Жердин орбита тегиздиги менен дал келет. Андыктан, эклиптиканын асман экваторуна жантаюусу да Жер экваторунун өз орбита тегиздигине жантаюусу менен бирдей ($23^{\circ}26'$) болот.



6-сүрөт. Эклиптика тегиздиги бойлоп жайгашкан жылдыз түркүмдөрү – зодиак soha.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Жылдыздар асманынын Чыгыштан батышка айлануусунун себеби эмнеде?
2. Күн менен Айдын Жердин айланасында Чыгыштан батышка карай кыймылдары чыныгы кыймылбы?
3. Жердин өз огу айланасында айлануусу кандай далилденет?
4. Асман сферасынын чекит, сызык жана айланаларын асман сферасынын моделинде көрсөт.
5. Эклиптика тегиздиги асман экваторуна кандай бурч астында жантайган?
6. Эклиптikanын негизги чекиттерин (жазгы жана күзгү күн теңелүү чекиттери, кышкы жана жайкы күн туруу чекиттери) мүнөздө.

3-ТЕМА.

6-§. Асман координаталары

Асман координаталарын үйрөнүүдө, география курсунан бизге тааныш болгон, Жердин бетинде элдик пункттардын координаталары үчүн эсеп башы кылып Улуу Британиянын Гринвич шаарынан өткөн Жер меридианынын экватор менен кесишкен чекити алынганын эстейли (*7-сүрөт*). Анда Ташкент

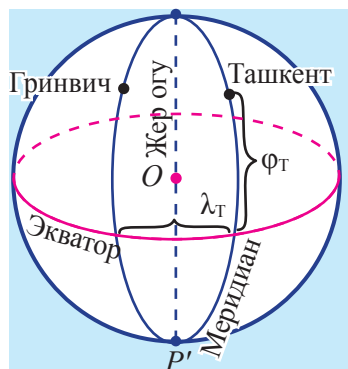
шаарынын координаталары – географиялык узундук – λ_T жана φ_T кендигин белгилөөдө баарыбызга белгилүү болгон географиялык координаталарды эске алабыз. Асмандын экваториалдык координаталар системасында да Жердегидей жарыткычтардын орду эки – *түз чыгуу* α (альфа) жана *жантаюу* δ (дельта) деп аталуучу координаталар менен белгиленет.

Мында, шарттуу түрдө, эсеп башы кылып эклиптика менен асман экваторунун кесишкен – жазгы күн теңелүү чекити – Υ алынат (8-а, б сүрөттөр).

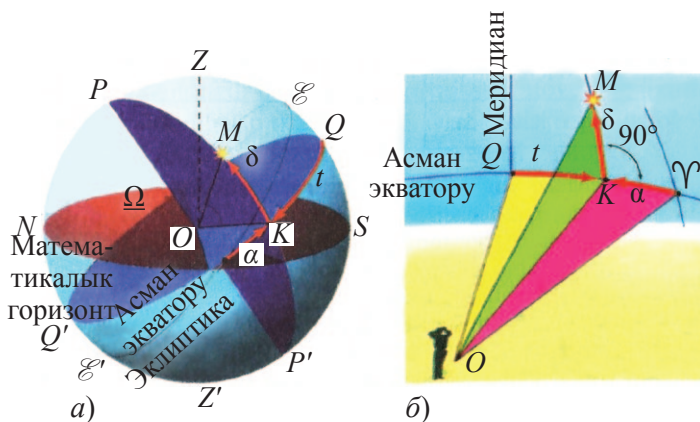
Каалагандай M жарыткычтын түз чыгышын табуу үчүн андан жарым жантаюу айланасы жүргүзүлүп, анын асман экватору менен кесишкен чекити K табылат. K чекиттин жазгы күн теңелүү чекитинен жаа узактыгы M жарыткычтын түз чыгышын мүнөздөйт, б.а.: $\alpha = \Upsilon K$. Бул жаа сферанын борборундагы (O) байкоочу үчүн борбордук $\angle \Upsilon OK$ бурч менен ченелет.

M жарыткычтын экинчи координатасы, б.а. жантаюусу (δ) болсо, K чекиттен жантаюу айланасын бойлоп жарыткычка чейинки жаа (KM) менен ченелет (8-а, б сүрөттөр). Борбордогу байкоочу үчүн бул жаа ага тирелген борбордук бурч, б.а. $\delta = \angle KOM$ борбордук бурч менен табылат.

Жарыткычтын түз чыгышы, адатта, асмандын суткалык көрүнмө айлануусуна карама-каршы багытта ченелип, саат, минут, секунддарда туюнтулат. Ченелүү чек арасы 0 сааттан 24 саатка чейин болот. Жарыткычтардын жантаюусу болсо жаанын градустары, минуттары жана секунддарында ченелип, 0 градустан $\pm 90^\circ$ ка чейин (минус белгиси түштүк жарым шардагы жарыткычтар



7-сүрөт. Географиялык координаталар системасы.



8-сүрөт. Экваториалдык координаталар системасы.

үчүн) ченелет. Жылдыз карталарын түзүүдө дал ушул координаталар негиз кылып алынат.

Экваториалдык координаталар системасында жарыткычтардын координаталарынан дагы бири *сааттык бурч* (t) деп аталып, асман меридианынын түштүк бөлүгү менен асман экваторунун кесишкен чекити Q дан жарыткычтан өткөн жантаюу айланасынын экватор менен кесишкен чекити K га чейинки болгон жаа $\widehat{QK}$ же борбордук бурч $\angle QOK$ менен ченелет. Жарыткычтын сааттык бурчу t да саат, минут жана секунддарда ченелет (*8-а, б сүрөттөр*). Ченелүү чек арасы 0 сааттан ± 12 саатка чейин (минус белгиси – асмандын суткалык айлануусуна карама-каршы багытта ченелгенде) же кээде 0 сааттан 24 саатка чейин болот. Убакыт боюнча сааттар, минуттар жана секунддарда туюнтулган белгилүү бир бурчту (же жааны) жаа градустары, минуттары жана секунддарына (же тескерисинче) өткөрүүдө ушул *1-жадыбалдан* пайдаланылат.

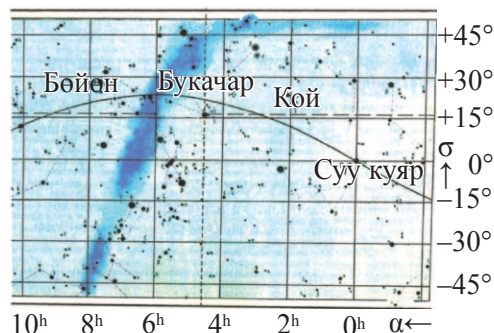
1-жадыбал

Жаа өлчөмүндө	360°	15°	1°	15′	1′	15″
Убакыт өлчөмүндө	24 ^h	1 ^h	4 ^m	1 ^m	4 ^s	1 ^s

7-§. Жылдыздардын карталары

Жылдыздардын карталары да географиялык карталар өңдүү көбүнчө жылдыздардын тегиздиктеги проекциясы көрүнүшүндө иштелет. Мындай карталардан бири *9-сүрөттө* келтирилген.

Анда жылдыздардын α – түз чыгуу жана δ – жантаюу жаалары өз ара перпендикуляр координата окторунда чагылдырылган. Картада келтирилген M жылдыздын координаталарын табуу үчүн бул жылдыздан асман экваторун туюнтуучу сызыкка (абсцисса огу) перпендикуляр кылып жүргүзүлгөн жантаюу айланасынын жаасын туюнтуучу сызыктын (*сүрөттө тик сызык*) α огу менен кесишкен чекитинен ушул жылдыздын түз чыгышы алынат. M жылдыздын δ жантаюусу андан өткөн суткалык параллель жаасын туюнтуучу сызыктын



9-сүрөт. Жылдыз картасы.

(сүрөттө горизонтал сызык) δ огу (оң жакта даражаланган ок) менен кесишкен чекитинен алынат. Анда картадагы M жылдыздын ушундай жол менен алынган координаталары: $\alpha \approx 4^h 35^m$, $\delta \approx +16^\circ$ экендиги көрүнүп турат.

8-§. Жылдыздардын көрүнмө жылдыз чоңдуктары *

Жылдыздар Космостун салыштырмалуу кеңири тараган объекттеринен эсептелет. Ошондуктан алардын физикалык мүнөзүн үйрөнүү астрономияда маанилүү маселелерден саналат. Жылдыздардын көрүнмө жаркырактыктарын (жаркырактык даражасын) бири-биринен айырмалоо үчүн астрономияда *жылдыз чоңдугу* деген түшүнүк кабыл алынган. Жарыткычтын жарытылгандыгы андан Жерге чейин жетип келген жарыктыгы болуп, ал жарыткычтын жалпы нурлануусунун арзыбаган бөлүгүн гана түзөт.

Белгилүү болгондой, жарыткычтардын көрүнмө нурлануу интенсивдүүлүктөрү, алардын нурлануусун каттоочу курулмаларда (көз, фотопластинка, фотоэлемент ж.б.) пайда кылган *жарытылгандыктарына* карай аныкталат. Астрономияда жарыткычтардын жарыктыгы физикадагыдай жарытылгандыктын бирдиктеринде (люкстарда) эмес, *жылдыз чоңдуктары* деп аталуучу салыштырма бирдиктерде туюнтулат жана m тамгасы менен белгиленет.

Жылдыз чоңдуктарынын шкаласы m : $\dots -5^m, -4^m, -3^m, -2^m, -1^m, 0^m, 1^m, 2^m, 3^m, 4^m, 5^m, \dots$ удаалаштык түрүндө туюнтулуп, ал арткан сайын жылдыздан Жерге чейин келген интенсивдүүлүк (жарытылгандык) азайып барат.

Жылдыздардын жаркырактыгын жылдыз чоңдуктарында белгилөөнү б.з.ч. II кылымда адамдын көзүнүн нурга сезгичтигине таянган түрдө грек астроному Гиппарх баштап берген. Ал кабыл алган шкалага көрө, бири-биринен 1 жылдыз чоңдугуна айырмаланган жылдыздардын жаркырактыктарынын айырмасы болжол менен 2,5 эсеге туура келген.

Ал учурда жылдыз чоңдуктарын белгилөө илимий негизде, б.а. адамдын көзүнүн сезгичтигинин психофизиологиялык мыйзамдарына амал кылган түрдө кабыл алынган. Ал үчүн жаркырактыктары бири-биринен 100 эсеге айырмалануучу эки жылдыздын жылдыз чоңдуктарынын айырмасы, шарттуу түрдө, беш жылдыз чоңдугуна тең деп кабыл алынган. Жылдыз чоңдуктарынын бул айырмасы беш жылдыз чоңдугу интервалы үчүн кабыл алынгандыктан, бир жылдыз чоңдугуна туура келген эки жылдыз жаркырактыктары же жаркырактыктарынын айырмасы $\sqrt[5]{100} = 2,512$ ге тең болот. Эгерде бул эки жылдыздын көрүнмө жылдыз чоңдуктары, тиешелүү түрдө, m_1

жана m_2 , алардын көрүнмө жаркырактыктарын туюнтуучу жарытылгандыктары E_1 жана E_2 болсо, анда $E_1 = 100E_2$ болгондуктан $m_2 - m_1 = 5$ болот. Андыктан, бул эки жылдыз жарытылгандыктарынын катышы, алардын көрүнмө жылдыз чоңдуктарынын айырмасы менен төмөнкүчө байланышат:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$$

же бул теңдиктин ар эки жагын логорифмдеп:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = (m_2 - m_1) \cdot 0,4$$

туюнтмасына ээ болобуз. Бул туюнтма *Погсондун формуласы* деп аталат.

Жыйынтыктап айтканда, жылдыз чоңдуктарынын шкаласы деп, байкала турган жарыткычтардын жарытылгандыктарын салыштыра турган логорифмалык шкалага айтылат.

Адамдын нормалдуу көзү 6-чоңдукка чейинки жылдыздарды көрөт. Жаркын жылдыздардан Веганын (Лира жылдыз түркүмүнүн эң жарык жылдызы) жылдыз чоңдугу $+0,04^m$ тү, Венераныкы $-4,4^m$ (эң жарык маалында) тү, толгон Айдыкы $-12,5^m$ ти, Күндүкү болсо $-26,7^m$ ни түзөт. Заманбап телескоптор көзүбүз көрө турган күңүрт жылдыздардан 100 млн. эсеге чейин күңүрт болгон (жылдыз чоңдугу $+24^m, +25^m$) жылдыздарды көрө алат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Берилген жылдыздар картасында тик сызыктар асман сферасындагы кандай айланалардын жааларын туюнтат? Горизонтал сызыктарчы?
2. Асмандын экваториалдык координаталары боюнча жарыткычтардын түз чыгышы (α) жана жантаюусу (δ) кандай ченелишин сүрөттөн түшүндүр.
3. Жарыткычтын сааттык бурчу (t) кандай координата жана ал кандай ченелет?
4. Жылдыздардын көрүнмө чоңдуктары менен алардын жарытылгандыктары арасындагы катыш кандай ат менен аталат?
5. Погсон формуласын түшүндүр.

4-ТЕМА.

9-§. Аалам уюлунун бийиктиги менен жайдын географиялык кеңдигинин арасындагы байланыш

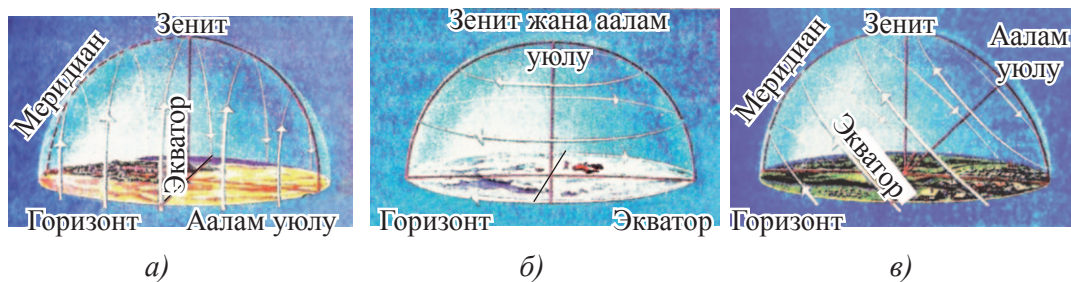
Жер шарынын каалаган чекитинен күзөтүлгөндө аалам уюлунун математикалык горизонттон бийиктиги h_p , ушул жайдын географиялык кеңдиги φ ге тең болот.

Демек, экватордогу байкоочу үчүн асмандын түндүк жана түштүк жарым шарлардагы бардык жарыткычтардын горизонттун үстүндө жана астында болуу убактылары өз ара тең болот. Алардын меридиандагы бийиктиктери $h=90^\circ-|\delta|$ туюнтмадан табылат. Экватордогу байкоочу үчүн бардык жарыткычтар чыгат жана батат. Эгерде жарыткыч экватор бойлоп суткалык көрүнмө кыймыл жасап жаткан болсо (б.а. $\delta=0$ болсо), ал зенит аркылуу өтөт.

Күндүн белгилүү бир күнгө таандык суткалык кыймылын аныктоо үчүн болсо баштап берилген күн үчүн Күндүн эклиптикадагы орду табылат жана табылган чекиттен аалам экватору тегиздигине параллель тегиздикте жатуучу суткалык параллель айланасы жүргүзүлөт. Күндүн берилген күндөгү көрүнмө кыймылы дал ушул айлананы бойлоп күзөтүлөт.

Айрым характерлүү күндөрдө экватордогу байкоочу үчүн Күндүн горизонтко салыштырмалуу суткалык көрүнмө кыймылы кандай жүрүшүн көрөлү. 22-декабрь күнү кышкы күн туруу чекити аркылуу өткөрүлгөн суткалык параллелден көрүнгөндөй, бул күнү Күн асмандын түштүк жарым шарында Чыгыш чекитинен $23^\circ 26'$ ка тең жаа аралыкта математикалык горизонтко тике чыгат. Күндүн меридиандагы бийиктиги $h=90^\circ-23^\circ 26'=66^\circ 34'$ ту түзөт. Күндүн 21-март жана 23-сентябрь күндөрүндөгү суткалык жолу болсо экватор бойлоп күзөтүлөт. Бул күндөрү түш маалында Күн зениттен өтөт. 22-июнда Күндүн суткалык жолу түндүк жарым шарда аалам экваторунан $23^\circ 26'$ жаа аралыктан өтүүчү суткалык параллель бойлоп күзөтүлөт. Түш маалында Күн, 22-декабрдагы өңдүү, математикалык горизонттон $66^\circ 34'$ бийикте болот (*12-сүрөт*). Ошентип, экватордо төрт мезгилдин ордуна негизинен эки мезгил – бизде күз жана жаз маалында – эң ысык мезгил, жай жана кыш маалдарында болсо мэлүүн, салкын мезгил күзөтүлөт. Мында жыл бою күн менен түн тең болот.

2-абал. $\varphi=\pm 90^\circ$, б.а. байкоочу Жер уюлдарында болсун. Эгерде байкоочу Жердин түндүк уюлунда болсо, ааламдын түндүк уюлунун бийиктиги $h_p=\varphi=90^\circ$ болуп, ал зенит менен дал келет (*11-б сүрөт*). Анда аалам огу тик ок менен, аалам экватору болсо математикалык горизонт менен дал келет. Мында асмандын түндүк жарым шарындагы бардык жылдыздар математикалык горизонтко параллель түрдө айланат жана батпайт. Алардын айлануу бийиктиктери жыл бою өзгөрүүсүз болуп, ушул жарыткычтардын жантаюу бурчтарына (δ) тең болот. Асмандын түштүк жарым шарындагы жарыткычтар болсо, тескерисинче, толук чыкпай, горизонттун астында ага параллель аракеттенет.



11-сүрөт. Түрдүү кеңдиктерде жылдыздар асмаынын суткалык көрүнмө айлануусу: а) Жер экваторунда; б) Жердин уюлунда; в) орто географиялык кеңдиктерде.

Күндүн суткалык кыймылы Жердин уюлунда өтө кызык көрүнүшкө ээ болуп, ар суткада чыгып батпайт. Эклиптика мында математикалык горизонт менен тең экиге бөлүнгөндүктөн Күн уюлдагы байкоочу үчүн 21-март күнү чыгат жана спираль бойлоп айланып, ар күнү дээрлик чейрек градустан көтөрүлүп барат. 22-июнда Күндүн бийиктиги максимумга жетип, $h_0 = \delta_0 = 23^\circ 26'$ га жетет. Ушундан соң Күн, батпаган түрдө, спираль бойлоп бийиктигин төмөндөтүп барат жана, акыры, 23-сентябрь күнү батат жана кийинки жылдын 21-мартына чейин чыкпайт. Эгерде байкоочу Жердин түштүк уюлунда болсо, Күн 6 айга чейин – 21-марттан 23-сентябрга чейин чыкпайт (**12-сүрөт**).

3-абал. $0 < \varphi < 90^\circ$, б.а. байкоочу Жер экватору жана уюлдан башка чекиттерде (орто кеңдиктерде) болсун (**11-в сүрөт**). Бул жайларда суткалык параллель айланалары математикалык горизонт менен кесилишпеши же кесилишкенден соң, тең экиге бөлүнбөстүгү мүмкүн. Асман экватору буга кирбейт. Түндүк жарым шарда аракеттенип жаткан жарыткычтар суткалык параллель айланаларынын горизонттун үстүндөгү бөлүгү горизонттун астындагы бөлүгүнөн чоң болот. Бул айырма жарыткычтын жантаюу бурч δ га байланыштуу болуп, ал канча чоң болсо, айырма да ошончо көп болот.

Түштүк жарым шардагы жарыткычтар суткалык айланаларынын горизонт астындагы бөлүктөрү болсо, тескерисинче, үстүндөгүсүнөн чоң, башкача айтканда, жарыткычтар горизонт астында анын үстүндөгүгө караганда көбүрөөк убакыт болот. Ошондой эле, бул жайларда, б.а. асмандын ар эки – түндүк жана түштүк жарым шарларында да суткалык жолдору математикалык горизонт менен кесишпей турган жарыткычтар бар болуп, алар, тиешелүү түрдө, суткалык кыймылдары ичинде толук батпайт же, тескерисинче, чыкпайт. Алар асмандын канчалык чоң же кичине аянтын ээлеши байкоочу турган жайдын география-

лык кеңдигине байланыштуу. Сүрөткө карап чыкпай турган жана батпай турган жарыткычтардын жантаюусу үчүн төмөнкү туюнтманы келтирип чыгаруу мүмкүн: $\delta > 90^\circ - \varphi$, түндүк жарым шардагы батпай турган жарыткычтар үчүн; $|\delta| > 90^\circ - \varphi$, түштүк жарым шардагы чыкпай турган жарыткычтар үчүн.

Мындай кеңдиктерде Күндүн суткалык жолу ал түндүк жарым шарда болгондо (б.а. 21-марттан 23-сентябрга чейин), күндүз түндөн узун, түштүк жарым шарда болгондо болсо (б.а. 23-сентябрдан кийинки жылдын 21-мартына чейин) түнү күндүзүнөн узун экени күзөтүлөт. Эгерде жайдын географиялык кеңдиги уюлдун айланасынан түндүктө (б.а. $66^\circ 34'$ тан чоң) болсо, мындай жайларда 22-июнга жакын бир нече күн же бир нече ай бою Күндүн батпоосун, 22-декабрдын тегерегиндеги күндөрдө болсо чыкпастыгын байкоо мүмкүн (12-сүрөт).



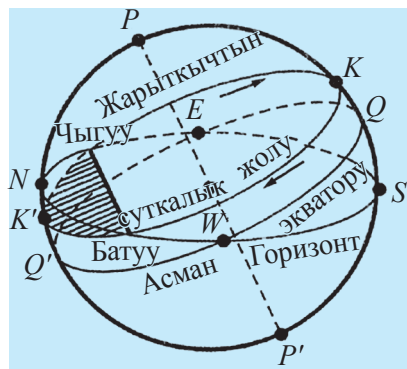
12-сүрөт. Жыл бою, түшкү маалда Күндүн бийиктигинин өзгөрүшү.

11-§. Жарыткычтардын кульминациясы жана кульминация бийиктиктери

Жарыткычтардын суткалык көрүнмө кыймылдары маалында асман меридианын кесип өтүү кубулушу алардын *кульминациялары* деп аталат. Каалагандай жарыткыч мындай кыймыл себеп ар суткада асман меридианын эки жолу кесип өтөт, андыктан, эки жолу кульминацияда болот. Бул эки кульминациядан зенитке жакыны (K) *жогорку кульминация*, экинчиси болсо (K') *төмөнкү кульминация* деп аталат (13-сүрөт).

Кульминация маалында жарыткычтын бийиктиги байкоо жайынын географиялык кеңдиги (φ) жана жарыткычтын жантаюусуна (δ) байланыштуу болот.

K жарыткычтын жогорку кульминациясы маалындагы бийиктиги SK жаа менен ченелип,



13-сүрөт. Жарыткычтардын кульминация кубулушу.

ал $h_y = \widetilde{SK} = \widetilde{SQ} + \widetilde{QK}$ болот. $\widetilde{SQ}$ – асман экватору тегиздигинин горизонт тегиздигине жантаюусуна тең болуп, ал $\widetilde{SQ} = 90^\circ - \varphi$ туюнтма менен эсептелет. QK жаа болсо жарыткычтын жантаюусуна (δ) тең экендигинен жарыткычтын жогорку кульминациясы: $h_y = 90^\circ - \varphi + \delta$ теңдемеден табылат. Жарыткычтын төмөнкү кульминациясы да ушундай жол менен эсептелип, ал $h_q = \varphi + \delta - 90^\circ$ ка теңдиги оңой табылат. Күндүн жогорку кульминация абалы түш маалы деп аталып, төмөнкү кульминация абалы жарым түнгө туура келет.

12-§. Астрономиялык байкоолордун негизинде жайдын географиялык кеңдигин болжолдуу аныктоо **

1-усул. Уюл (Алтын казык) жылдызы (Кичине Аюу жылдыз түркүмүнүн эң жарык жылдызы – альфасы) Аалам уюлунан 1° тан да кичине жаа аралыкта жайгашкан. Мурда айтканыбыздай, белгилүү бир жайдын географиялык кеңдиги φ , ошол жайда Аалам уюлунун горизонттон бийиктигине (h_p) тең болот, б.а. $\varphi = h_p$. Андыктан, Ташкентте Аалам уюлунун бийиктиги болжол менен $41^\circ 20'$ ка теңдигинен, Ташкенттин географиялык кеңдиги $41^\circ 20'$ ка тең болот, деп эсептөө мүмкүн.

Башкача айтканда, Жер шарынын белгилүү бир жайында туруп, бул жайдын географиялык кеңдигин болжол менен аныктоо зарыл болсо, ушул жайда Аалам уюлунун горизонттон бийиктигин ченөө жетиштүү.

2-усул. Белгилүү бир калктуу пунктта Күндүн түш маалындагы h_0 бийиктигин түдөн-түз ченеп жана дал ушул күн үчүн Күндүн δ_0 жантаюусуна ылайык бул жайдын географиялык кеңдигин төмөнкүчө табуу мүмкүн:

$$h_0 = 90^\circ - \varphi + \delta_0, \text{ мындан } \varphi = 90^\circ - h_0 + \delta_0 \text{ га тең болот.}$$

Суроо жана тапшырмалар:

1. Аалам уюлунун бийиктиги менен жайдын географиялык кеңдигинин арасында кандай байланыш барлыгын түшүндүр.
2. Байкоочу Жердин каалагандай чекити болгондо жылдыздар асманынын горизонтко салыштырмалуу суткалык көрүнмө айлануусу кандай болушун түшүндүр. Экватордо болсочу?
3. Түрдүү кеңдиктерде жыл бою Күндүн суткалык көрүнмө айлануусу кандай болот?
4. Байкоочу турган жайдын кеңдигин болжол менен аныктоонун кандай жөнөкөй усулдары бар?

5. Термезде ($\varphi = 35^\circ$) Ааламдын түндүк уюлу кандай бийиктикке ээ болот?
6. Жарыткычтардын кульминациясы деп кандай кубулушка айтылат жана ал канча түрдүү болот?
7. Жарыткычтардын кульминациясы анын жантаюусу жана байкоочунун кеңдиги аркылуу кандай туюнтулат?

5-ТЕМА.

13-§. Убакытты ченөөнүн негиздери *

Адамдар убакытты ченөөгө өтө байыртадан зарылдык сезишкен. Ачык күндөрдө каалагандай нерсенин көлөкөсү түрдүү убакытта түрдүүчө абалдарда болушу жана узундугун өзгөртүп турушун билген адамдар көлөкөнүн бул өзгөчөлүгүнөн пайдаланып, андан убакытты ченөө үчүн колдонушкан. Байыртада индилер пайдаланган ушундай сааттардан бири *14-сүрөттө* берилген. Убакыт өтүшү менен адамдар убакытты ченөөнүн так усулдарын ойлоп табышты. Булардын ичинде Жердин өз огу айланасында толук айлануу мезгилине таянып убакытты ченөө усулу эң ыңгайлуусу болуп, адамдар убакытты ченөөнүн бул усулунан азырга чейин пайдаланышат.

Жердин асмандагы кайсы бир жылдызга салыштырмалуу толук айлануу мезгили *жылдыз суткасы* деп аталат. Бирок күндөлүк жашообуз Күндүн чыгуу жана батуу убактылары менен белгиленет, биз Күн суткасы менен иштейбиз. Ошондуктан, иш жүзүндө биз колдоно турган убакытты ченөөдө Жердин өз огу айланасында Күнгө салыштырмалуу толук бир жолу айланып чыгуу убактысы – Күн суткасы негиз кылып алынган. *Күн суткасы* деп, Күндүн эки жолу удаалаш жогорку кульминациясынан (б.а., түш маалынан) өтүшү үчүн кеткен убакытка айтылат.

Күн убактысы деп, Күндүн суткалык көрүнмө кыймылында борборунун төмөнкү кульминациядан кетип, асмандын белгилүү бир чекитине барганга чейин кеткен убакыттын Күн суткасы үлүштөрүндө туюнтулушуна айтылат.

Бул убакыт аралыгы чындыгында дайыма бирдей болбостон, бир аз өзгөрүп турат. Мунун себеби Күндүн эклиптика бойлоп көрүнмө кыймылынын бир калыпта эместигинде. Ошондук-



14-сүрөт. Илгери индилер пайдаланган Күн сааты.

тан иш жүзүндө сутканын узундугу үчүн жыл бою өзгөрүп туруучу Күн суткасынын орточо мааниси алынат жана ал 24 саат кылып белгиленет.

Күн убактысын аныктоо жана сааттарды текшерүү үчүн Күндүн кульминациядагы маалын (б.а. түшкү маалды) белгилөө маанилүү. Бирок Күндүн диаметри кыйла чоң бурч ($\sim 30'$) астында көрүнгөндүктөн, анын борборунун кульминацияда болуу убактысын так белгилөө кыйын. Ошондуктан да астрономдор Күндүн ордуна жылдыздардан каалаган биринин кульминациясын белгилеп алып, кийин ага таянган түрдө, Күндүн анык кульминация убактысын табышат. Ал үчүн тандалган жылдыз жана Күндүн кульминацияда болуу убактыларынын айырмасы каалаган убакыт үчүн астрономдор тарабынан алдын ала эсептелип, жадыбал көрүнүшүндө түзүп коюлган болот. Ушул жадыбалдын негизинде, анда келтирилген кайсы бир жылдыз кульминацияда болгондо, ага ылайык Күндүн кульминация убактысы (түшкү маал) аныкталат. Кийин бул маалыматка таянып, Күн убактысы оңой табылат.

Белгилүү бир жайдын так *жергиликтүү убактысын* билүү, бул жайдын географиялык узундугун аныктоо үчүн да зарыл.

Каалагандай λ_1 жана λ_2 узундуктарга ээ болгон пункттардын жергиликтүү убакыттар T_1 жана T_2 арасында төмөнкүчө байланыш бар:

$$\lambda_1 - \lambda_2 = T_1 - T_2.$$

Дүйнөлүк убакыт. Узундугу нөлгө тең болгон меридиандын (б.а. Гринвич меридианынын) жергиликтүү убактысы шарттуу түрдө дүйнөлүк убакыт T_0 кылып алынган (*15-сүрөт*). Каалагандай λ узундукка ээ болгон пункттун жергиликтүү убактысы T_λ , дүйнөлүк убакыт T_0 аркылуу төмөнкүчө табылат (анткени $\lambda_0 = 0$):

$$T_\lambda = T_0 + \lambda.$$



15-сүрөт. Убакыт эсеби Гринвич меридиан убактынан башталат.

Алкактык убакыт. Жер шарында чексиз көп меридиан өткөрүү мүмкүн болуп, аларга тиешелүү жергиликтүү убакыттар да көп болот. Андыктан иш жүзүндө жергиликтүү убакыттан пайдаланып болбойт. Ошондуктан, Эл аралык макулдашууга ылайык, Жер шары 24 алкакка бөлүнгөн (*16-сүрөт*). Ар бир алкак үчүн өзүнчө убакыт белгиленет. Алар бири-биринен узундуктары орточо 15° айырмалануучу меридиандар менен

чектелет жана ирети менен 0 дөн 23 кө чейин номерленет. О.э., ар бир алкактын чек арасында жаткан бирден меридиан негизги меридиан кылып тандалат. Негизги меридиандардын узундуктары ($\lambda_{\text{нег}}$) тиешелүү түрдө 0^{h} , 1^{h} , 2^{h} , 3^{h} , 4^{h} , ..., 23^{h} кылып кабыл алынган. Мында узундугу 0° болгон меридиан 0-алкактын ортосунан, 1^{h} болгон меридиан болсо 1-алкактын ортосунан өтө турган ж.б. кылып алынат. Мында каалаган N номерлүү алкактын алкактык убактысы кылып, ушул алкактын ортосунан өткөн негизги меридиандын жергиликтүү убактысы алынат. Каалагандай $\lambda_{\text{ж}}$ узундуктуу жайдын жергиликтүү жана ал жайгашкан алкактын убактылары арасында төмөнкүдөй байланыш бар:

$$\lambda_{\text{ж}} - \lambda_{\text{нег}} = T_{\text{м}} - T_{\text{а}},$$

мында: $\lambda_{\text{нег}}$ – ушул алкактын негизги меридианынын узундугун; $T_{\text{р}}$ – анын убактысын; $T_{\text{ж}}$ болсо $\lambda_{\text{ж}}$ – узундук меридианына тиешелүү жергиликтүү убакытты туюнтат. Чынында $\lambda_{\text{нег}} = N^{\text{h}}$ болгондуктан, бул туюнтма көбүнчө $\lambda_{\text{ж}} - N^{\text{h}} = T_{\text{ж}} - T_{\text{а}}$ көрүнүшүндө жазылат. Ошондуктан, алкактык убактысы ($T_{\text{а}}$) берилген болсо, жергиликтүү убакытты ($T_{\text{ж}}$) же, тескерисинче, алкактык убактысын табуу төмөнкү теңдемелердин жардамында аткарылат:

$$T_{\text{а}} = T_{\text{ж}} - \lambda_{\text{ж}} + N^{\text{h}} \quad \text{же} \quad T_{\text{ж}} = T_{\text{а}} - N^{\text{h}} + \lambda_{\text{ж}}.$$

14-§. Календарлар

Күн календары. Алыс мөөнөттү убакыттын ченемдери (сутка – күн, апта, Ай жана жылдар) боюнча системага салуу *календарь* деп аталат. Календарь түзүүдө Ай фазаларынын алмашуу мезгили же жыл мезгилдеринин алмашуу мезгили (тропикалык жыл) негиз кылып алынат. Айдын фазаларынын алмашуу мезгили (29,53 сутка) негиз кылып алынган календарлар *Ай календарлары*, жыл мезгилдеринин алмашуу мезгили негиз кылып алынгандары болсо *күн календарлары* деп аталат.



16-сурет. Жер шарынын алкактары.

Күн календары Байыркы Египетте б.з.ч. 3000-жылдарда пайда болгон. Ал учурда жыл мезгилдеринин алмашуу мезгили 360 күнгө тең деп, 12 ай 30 күндөн кылып алынган. Кийинчерээк жыл узундугу 365 күн деп табылып, анын бардык айлары 30 күндөн, 12-айы болсо 35 күн кылып белгиленген. Акыры, биздин заманга чейинки III кылымда Египетте астрономдор жылдын узундугун 365,25 күнгө барабардыгын аныкташты. Ушундан соң, б.з.ч. I кылымда римдик кол башчы Юлий Цезарь жылдын узундугу 365,25 күнгө тең календарды астрономдордун жардамында түзүп, аны колдонууга киргизди. Кийинчерээк бул календарь Цезардын урматына *юлиан календары* деп атала турган болду. Ага көрө, үч жыл удаалаш келе турган жылдардын узундугу 365 күндөн болуп, төртүнчү жылы 366 күн кылып алынат, анткени 4 жылда 0,25 күндүк (жылдык) калдык чогулуп, 1 күнгө тең болот. Бул кошумча күндү февраль айына кошуп берүүгө (б.а. аны 29 күн кылып иштетүүгө) макулдашып алынды.

Бирок кылымдардын өтүшү менен бул календарь жылынын узундугунда али да каталык бар экени маалым болду. Аны оңдоо үчүн 1582-жылдын февралында рим папасы Григорий XIII жылдын узундугунун тагыраак алынган маанисин (365,242 күн) жаңы күн календары үчүн негиз кылып алды. Оңдолгон бул календарь рим папасынын урматына *григориан календары* деп атала турган болду. Учурда биз колдонуп жаткан календарь григориан календары болуп, анын мезгили Иса пайгамбардын туулган жылынан башталган.

Бул календардын 12 айынан алтысы байыркы римдиктердин уламыштагы кудайларынын аттары менен (Янус, Фебруус, Афродита, Марс, Мая, Грека), июль жана август айлары рим императорлору Юлий Цезарь жана Августтун аттары менен, калгандары болсо өздөрүнүн тартип номерлери (сентябрь – жетинчи, октябрь – сегизинчи, ноябрь – тогузунчу, декабрь – онунчу) менен аталды, анткени илгери жыл башы 1-мартта кирген. Апрель айы – «аpегіге» – «ачылуу» («ойгонуу») деген сөздөн алынган болуп, жазда табияттын ойгонуусунан кабар берет. Бул календарь боюнча жыл башы илгери мартта болуп, кийин 1-январга көчүрүлгөн. Россияда жылдын башы байыртада жылына эки жолу – 1-мартта жана 1-сентябрда майрамдалчу. 1342-жылдан Москва митрополити (акими) Жаңы жыл майрамы мындан ары 1-сентябрда гана өткөрүлүшү жөнүндө буйрук берди. XVII кылымдын аягында падыша Пётр I буйругу менен 1700-жылда календарь жылынын башы 1-январга которулду. Ошондон бери бул календарь боюнча Жаңы жыл майрамы 1-январда белгилене турган болду.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Убакытты ченөөдө кайсы асман телосунун мезгили негиз кылып алынат?
2. Жылдыз жана күн суткалары кандай табылат? Алар өз ара теңби?
3. Жергиликтүү жана дүйнөлүк убакыттар деп кандай убакыттарга айтылат?
4. Алкактык убакыт кандай табылат? Бул убакыттардын арасында кандай байланыш бар?
5. Календарларды түзүүдө кайсы асман телолорунун мезгилдери негиз кылып алынат?
6. Айдын синодикалык мезгили (Ай фазаларынын кайталануу мезгили) негиз кылып алынган календарлар кандай аталат? Тропикалык жыл негиз кылып алынгандарычы?
7. Юлиан жана григориан календарлары жөнүндө эмнелерди билесиң?

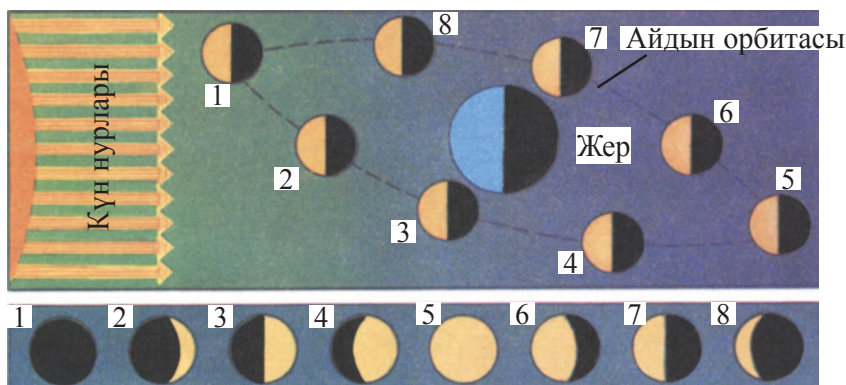
6-ТЕМА.

15-§. Айдын кыймылы, фазалары жана мезгилдери

Ай планетабыз Жердин табигый жолдошу болуп, анын айланасында 27,32 суткалык мезгил менен айланат. Бул мезгил Айдын *сидерикалык мезгили* же *жылдыз мезгили* деп аталат. Айдын Жерди айлануу багыты жылдыздардын Жердин айланасындагы көрүнмө айлануусуна карама-каршы болуп, ал батыштан чыгышка (б.а. Жердин өз огу айланасында айлануу багыты менен бирдей багытта) аракеттенет. Айдын өз орбитасын бойлоп кыймыл ылдамдыгы секундуна 1 километрди түзүп, жылдыздарга карата ар суткада болжол менен 13° жылып барат.

Ай орбитасынын тегиздиги Жердин Күндү айлануу тегиздиги (эклиптика) менен $5^\circ 9'$ тук бурчту түзөт. Кызыгы, Ай өз огу жана Жердин айланасында бирдей – 27,32 суткалык мезгил менен айланат. Айдын өз огу жана Жерди айлануу мезгилдери өз ара тең болгондуктан, Ай Жерден караганда дайыма бир жагы менен көрүнөт. Белгилүү болгондой, Ай Жерди айланып жатканда, Күндүн нурларын чагылтуусу себеп бизге көрүнөт. Бул көрүнүү дал ошол маалда Айдын Күнгө салыштырмалуу кандай жайгашуусуна карай түрдүүчө болот. Жерден караганда Айдын түрдүү формаларда (жаңы Ай, жарым Ай, толгон Ай) көрүнүшү анын *фазалары* деп аталат.

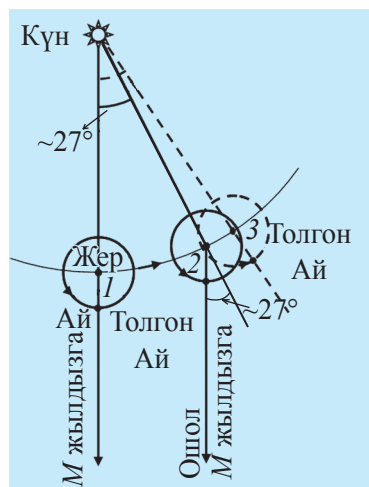
Күн баткан соң, Айдын ичке орок түрүндө батыш жакта биринчи көрүнүшү элдик тилде *жаңы Ай* деп аталып, ал, адатта, ай башынан кийин экинчи күнү көрүнөт. Мындай абалда Айдын Күн менен жарытылбаган бөлүгү да күнүрт



17-сүрөт. Айдын фазаларынын алмашуусу (1. Астрономиялык жаңы ай. 3. Биринчи чейрек фазасы. 5. Толгон Ай. 7. Акыркы чейрек фазасы).

боз формада көзгө байкалат. Айдын Күн менен жарытылбаган бөлүгүнүн мындай күңүрт көрүнүшү Жерден чагылган Күндүн нурлары менен анын жарытылгандыгы себеп болот. Ай фазаларынын алмашуусу анын Жер жана Күнгө салыштырмалуу туткан ордуна байланыштуулугу 17-сүрөттө берилген.

Айдын белгилүү бир фазасынан (мисалы, толгон Айдан) эки жолу удаалаш өтүүсүнүн арасындагы убакыт 29,53 сутканы түзүп, ал Айдын *синодикалык мезгили* деп аталат.



18-сүрөт. Айдын Жердин айланасында айлануусунун сидерикалык жана синодикалык мезгилдерин түшүндүрүү.

18-сүрөттө Айдын синодикалык мезгили кандай кылып сидерикалык мезгилинен чоң болушу түшүндүрүлгөн. Мында Ай Жерди айланып жатып 1-абалда болгондо, ал *М* жылдыздын тушунда толгон Ай фазасында болушу сүрөттөн так көрүнүп турат. 27,32 күндөн соң, б.а. Ай Жерди бир жолу толук айланып чыккандан кийин ал 2-абалда болуп, дагы *М* жылдыздын тушунда турат, бирок али толгон Ай фазасына чейин жетип барбаган болот. Жер орбитасы бойлоп ар күнү дээрлик бир градуска жакын жылышын эсепке алсак, бул мезгилде ал 1-ден 2-абалга чейин болжол менен 27° ка жылганы маалым болот (18-сүрөткө кара). Андыктан, Айдын 2-абалында, андан *М*

жылдызга карай багыт менен Күнгө карай багыттын уландысынын арасында да дал ушундай бурч пайда болгонун түшүнүү кыйын эмес. Анда, Айдын өз орбитасын бойлоп күнгө болжол менен 13° ка жылышына көрө, ал 27° туу жааны өтүшү үчүн 2 күндөн көбүрөөк убакыт керектелет. Натыйжада Айдын толгон Ай фазасынан кетип дагы толгон Ай фазасына келгиче (*18-сүрөттө 3-абал*) 29 суткадан көбүрөөк убакыт талап кылынышы айкын болот.

16-§. Мусулмандардын ай жана күн хижрий календарлары *

Ай-хижрий календары. Синодикалык Ай 29,53 суткага, жыл мезгилдеринин алмашуу мезгили – тропикалык жыл болсо 365,2422 суткага тең болуп, алар бүтүн суткаларда (күндөрдө) туюнтула албастыгы календарлар түзүүнү татаалдантаат. Анткени календарь айы да, жылы да иш жүзүндө бүтүн суткаларда туюнтууну талап кылат.

Биринчи ай календары б.з.ч. 2500-жылдарда Байыркы Вавилондо пайда болгон. Жети күндүк апта да ошол маалдарда, жылдыздардын фонунда аракеттене турган жети асман телосунун (Күн, Ай жана 5 планета) санына теңдеп киргизилген. Муну менен асман телолору ыйыкташтырылып, аптанын бирден күнү аларга арналган. Кийинчерээк мусулман календары деп атала турган *ай календары* калыптанды. Көптөгөн Азия мамлекеттеринде колдонула турган бул календарь жылынын узундугу 354 күн болуп, ал 12 айга бөлүштүрүлгөн. Анда айлар 29 жана 30 күндөн алмашып, орточо Ай фазаларынын алмашуу мезгили – 29,5 күнгө тең болот. Анын айлары асманда жаңы Ай көрүнүшү менен башталат. Календарь айлары Ай фазаларына ылайык келиши үчүн бул календарда болжол менен ар 3 жылда жылдар 355 күн кылып алынат. Бул календарь жылынын узундугу биз колдончу календарь жылынан орточо 11 күнгө кыскалыгынан, жылда анын жаңы жылы болжол менен 11 күн эрте келет жана натыйжада 33 жылда 1 жылга илгерилейт, б.а., ай календары боюнча 34 жыл өтөт.

Бул календардын башталышы Мухаммад пайгамбардын Меккеден Мединага көчкөн жылынын башынан башталып, ал григориан календары боюнча 622-жылдын 16-июлуна туура келет. Мусулмандардын бул календарлары хижрий, толук кылып айтканда, *Ай-хижрий* же *камарий-хижрий* календарь деп аталат («hijratun» – арабча «көчүп өтүү» дегенди билдирет). Бул календардын 12 айы төмөнкүчө аталат: *Muharram, Safar, Rabi ul-avval, Rabi us-soni, Jumad ul-avval, Jumad us-soniy, Rajab, Sha 'bon, Ramadan, Shavvol, Zulqa 'da, Zulhijja.*



19-сүрөт.
Омар Хайям.

Бул календарь боюнча жаңы – 1440-жөнөкөй жылдын 1-мухаррамы 2018-жылдын 13-сентябрында кирет.

Күн-хижрий календары. Омар Хайямдын күн-хижрий календары. XI кылымда Нишапурда (Хурасан) жашап, математика, астрономия боюнча эмгектенген белгилүү акын Омар Хайям (1048–1131) (19-сүрөт) 1070-жылда селжук султаны Маликшах жана анын вазири Низам ул-Мүлк тарабынан сарайга чакырылат. Анын суранычы боюнча шах Хайям жана анын шакирттерине 1076-жылы Исфаханда (Иран) обсерватория куруп берет. Маликшах өлгөнгө чейин (1092-ж.) иштеген бул обсерваториядагы астрономиялык байкоолор натыйжасында жүздөн ашуун жарык жылдыздардын координаталарын жана Ай, Күн жана планеталардын кыймылдарын чагылдырган жадыбалдарды өз ичине алган «зиж» түзүлгөн. Бул астрономиялык колдонмо кийинчерээк «Маликшахтын зиж» деген ат менен дүйнөлүк астрономия тарыхынан орун алган.

Абу Райхан Беруний өзүнүн «Байыркы элдерден калган эстеликтер» чыгармасында Иранда календарь жылынын узундугу 365 күн болуп, 12 айдын биринчи 11 и 30 күндөн, 12-си болсо 35 күндөн болгонун маалымдайт. Бул календардын жыл башы дайыма жазгы күн теңелүү (21-март) менен дал келет. Тропикалык жылдын узундугу чынында 365 күн болбой, андан 6 саатка узундугу себеп, жылдар өтүшү менен календарь жылынын башы күн теңелүүдөн жылып кетүүсүнө (ар төрт жылда болжол менен 1 күн) себеп болгон. Календардагы мындай кемчилдикти жоюу үчүн Маликшах астроном жана математиктерден турган кеңеш түзүп, ага жетекчилик кылууну Омар Хайямга тапшырат. Кеңештин башкы милдети календарь жылынын башын («Нооруз») жазгы күн теңелүүдөн жылбай турган кылып түзүү болгон. Ал үчүн кеңеш 366 күндүк кабыйса жылын киргизип, анын келүү тартибин, римдиктердин юлиан календарынан башкачараак түрүн сунуштады.

Кийинчерээк *Омар Хайям календары* деп аталган бул календарда кабыйса жылы 33 жылда 8 жолу келип (рим календарында 32 жылда), алгачкы 7 өө ар төртүнчү жылда, акыркы 8-си болсо 5-жылы келе турган кылып кабыл алынды. Б.а., 33 жылдык мезгилдин 4-, 8-, 12-, 16-, 20-, 24-, 28- жана 33-жылдары кабыйса жылдары саналып, 366 күндөн болду, калган 25 жылы 365 күндөн эле.

Омар Хайямдын календарында жылдын орточо узундугу $365 \frac{8}{33} = 365,24242$

күнгө тең болуп, тропикалык жылдын чыныгы узундугунан (365,24220 күн) болгону 0,00022 суткага, б.а. 19,5 секундга гана узун болчу. Бул каталык ушунчалык кичине болгондуктан, ал топтолуп отуруп 4500 жыл өткөндөн кийин гана 1 күнгө жетчү. Биз колдонуп жаткан григориан календарынын катасы бир күнгө жетиши үчүн болсо 3300 жыл (б.а. Хайям календарындагыдан 1200 жыл аз убакыт) керек болот.

Омар Хайямдын бул календары учурда Иранда иштетилүүчү Жалалий (Маликшахтын ылакабы) календарынын негизин түзөт.

Бул календарь мезгилинин башы да кийинчерээк мусулмандардын хижрий-камарий календарынын башындагыдай 622-жылдын 16-июлуна көчүрүлүп, ал *күн-хижрий календары* деген ат менен атала турган болду. Бул календардагы айлар бизде Күндүн жылдык көрүнмө кыймылы учурунда кесип өтө турган жылдыз түркүмдөрүнүн аттары менен *Кой (Hamal), Букачар (Sarv), Эгиздер (Javzo), Бөйөн (Saraton), Арстан (Asad), Бийкеч (Sunbula), Тараза (Mezon), Чаян (Agrab), Жаачы (Qavs), Текечер (Jaddi), Суу куяр (Dalv), Балык (Hut)* деп аталат.

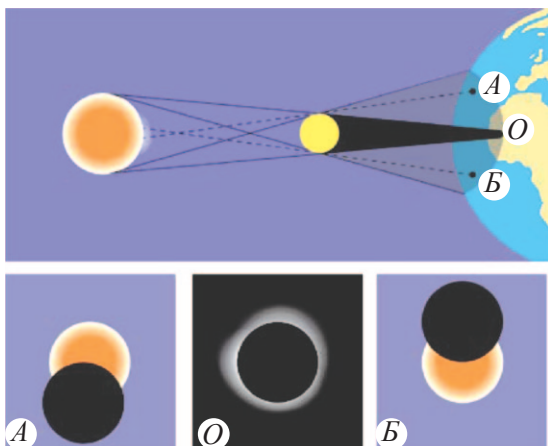
Күн-хижрий календары боюнча жаңы – 1397-жыл 2018-жылдын 21-мартында кирди.

17-§. Күн жана Айдын тутулуулары

1. *Күндүн тутулушу.* Ай Жерди айланып жатып, кээде Күндү бизден тосуп өтөт (*20-сүрөт*). Мындай абал *Күндүн тутулушу* деп аталат. Бул кубулуш дайыма Айдын жаңы Ай абалында болот.

Эгерде мында Жердеги байкоочу Айдын көлөкөсүндө (*О*) калса, ал Күндү кыска убакытка (бир нече минут) таптакыр көрбөйт, б.а. ал үчүн Күн толук тутулат. Жердеги байкоочу Айдын жарым көлөкөсүндө (*А* же *Б* чекитинде) калса, анда ал Күндүн бир бөлүгүн тосулган абалда көрөт, б.а. Күн *бир аз тутулуп жаткан* болот. Кээде Күндүн тутулушу *алкак сымал* болот.

2. *Айдын тутулушу.* Ай Жерди айланып жатып, кээде Жердин көлөкөсү аркылуу өтөт. Мындай кубулуш *Айдын тутулушу* деп аталат (*21-сүрөт*). Эгерде мында Ай Жердин көлөкөсүнөн өтсө, *толук тутулуу*, кокус жарым көлөкөнүн

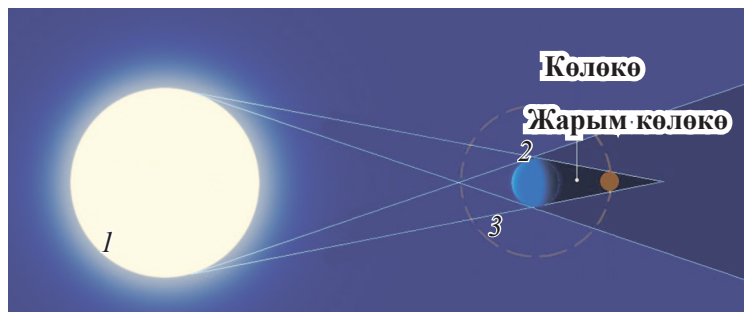


20-сүрөт. Күндүн тутулуусу
(астыңкы сүрөттөрдө Жердин А, О, В
чекиттеринде Күндүн тутулуусунун
көрүнүүсү).

ичинен өтсө, анда *жарым көлөкөлүү тутулуу* деп аталат. Ай тутулуп жатканда, ал дайыма толгон Ай фазасында болот.

Жердин белгилүү бир жайында Күндүн тутулушуна караганда Айдын тутулуулары көбүрөөк күзөтүлөт. Анткени Күн тутулуулары Жердин Айдын көлөкөсү түшкөн жана анча чоң болбогон аянтында гана күзөтүлөт. Айдын тутулушу болсо Жердин Күнгө карама-каршы жарым шарынын бардык бөлүгүндө бир маалда көрүнөт.

Айдын толук тутулушу маалында (б.а. ал Жердин көлөкөсүнө толук киргенде) Ай көздөн толук жоголбой, кочкул кызыл түстө көрүнөт. Мунун себеби, бул маалда Айдын Жер атмосферасында чачыраган жана кайткан Күн нурлары менен жарытылышында. Мында Жер атмосферасы көк жана көгүлтүр нурларды күчтүү жутуп жана кескин чачып жиберип, Ай жакка негизинен кызыл нурларды чагылтат. Натыйжада Ай дал ушул нурлар менен жарытылат жана кызарып көрүнөт. Ай орбитасынын эклиптика тегиздигине жантаюусу себеп,



21-сүрөт. Айдын
тутулуусу
(1 – Күн; 2 – Жер;
3 – Айдын орбитасы.
Ай Жердин көлөкө-
сүнүн ичинде турат).

Ай жана Күн тутулуулары жаңы Ай жана толгон Ай маалдарында дайыма эле күзөтүлбөйт.

Күн жана Ай тутулууларынын шарттарына көрө, Күн тутулуп жатканда Ай астрономиялык жаңы Ай фазасында болуп, Күндүн борбору Ай түйүндөрүнүн каалаган биринен $16,5^\circ$ тан кичине; Ай тутулуп жатканда болсо Ай толгон Ай фазасында болуп, Күндүн борбору Ай түйүндөрүнүн каалагандай биринен $10,6^\circ$ тан кичине жаа аралыгында болушу зарыл. Мындай абал Күн тутулушу үчүн ар жылы кеминде 2 жолу, көбү менен болсо 5 жолуга чейин; Ай тутулушу үчүн болсо бир жолу да болбостугу же, көбү менен болсо 3 жолуга чейин болот. Андыктан, бир жылда көбү менен жалпы тутулуулар 7, кеминде 2 (Күн гана) жолу болушу мүмкүн.

Илгери Күн жана Ай тутулуп жатканда, алардын жогоруда баяндалган көрүнүштөрү адамдарда коркуу жана дүрбөлөң ойготкон. Ал эми азыр Күн жана Айдын тутулууларынын сыры толук ачылып, ал эч кимди дүрбөлөңгө салбайт.

Суроо жана тапшырмалар:

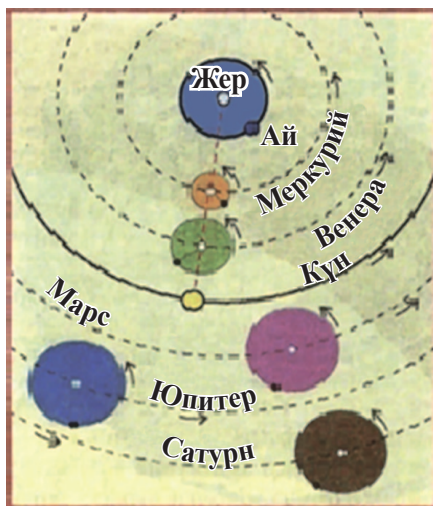
1. Ай өз огу айланасында кандай мезгил менен айланат? Жердин айланасындачы?
2. Айдын дайыма Жерге бир жагы менен көрүнүшүнүн себеби эмнеде?
3. Айдын негизги фазалары кандайча аталат?
4. Айдын синодикалык мезгили деп эмнеге айтылат?
5. Омар Хайям календарынын тактыгын григориан календарынын тактыгы менен салыштыр.
6. Ай жана Күн тутулушу кубулушун түшүндүр.
7. Күн неге ар жаңы айда, Ай болсо неге ар толгон Айда тутулбастыгынын себептерин айт.

II БӨЛҮМ. КҮН СИСТЕМАСЫНЫН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА АСМАН ТЕЛОЛОРУНУН КЫЙМЫЛЫ

7-ТЕМА.

18-§. Күн системасынын түзүлүшү

1. *Күн системасынын түзүлүшү жөнүндөгү ойлордун өнүгүшү.* Ааламдын кандай түзүлгөндүгү жөнүндөгү ойлордун өнүгүү тарыхы өтө байыртадан башталган. Мурда ата-бабаларыбыз табият жана анын кубулуштарын түшүндүрүүгө алсыздык кылып, Аалам телолорунун кыймылдарын башкаруу-



22-сүрөт. Птолемейдин геоцентрикалык системасы.

чу адаттан тыш күч бар деп ишенишчү. Алар Аалам да дал ушул күч тарабынан жаратылган деген ойдо болушкан.

Б.з.ч. IV кылымда белгилүү грек философу Аристотель тарабынан Жердин шар түрүндө экендиги далилденгенден соң, адамдардын аң-сезиминде Космостун борборунда катуу Жер шары жайгашып, анын айланасында катуу асман жылдыздары жайгашат жана айланат, деген ой өкүм сүргөн.

Биздин замандын II кылымында астроном Птолемей Ааламдын түзүлүшүнүн *геоцентрикалык* (б.а. борборунда Жер туруучу) системасын жактап, Космостун борборунда Жер туруп, башка планеталар, мисалы, Күн анын айланасында 22-сүрөттө келти-

рилген тартип менен айлануусун баяндаган. Ошондой эле, бул окууга ылайык, эң соңку сферада жылдыздар Жерден бирдей аралыкта жайгашып, анын айланасында айланат, деген жыйынтыкка келишкен.

Бирок убакыт өтүшү менен планеталардын кыймылдарын кунт коюп үйрөнүү, планеталардын жылдыздар фонунда күзөтүлө турган татаал кыймылдарын бул теория боюнча түшүндүрүүнү татаалданып жиберди. Натыйжада, бул теория Ааламдын түзүлүшүн туура чагылдыра албастыгы анык болгон соң, аны күзөтүүнүн натыйжаларына ылайык жаңы теория менен алмаштыруу зарылдыгы туулду.

2. *Коперниктин ааламдын түзүлүшүнүн гелиоцентрдик окуусу.* XVI кылымда белгилүү поляк астроному Николай Коперник (1473–1543) тарабынан көп жылдык астрономиялык байкоолордун негизинде Ааламдын түзүлүшүнүн гелиоцентрдик теориясы жаратылды.

Бул теорияга ылайык, Ааламдын борборунда Күн туруп, бардык планеталар, о.э., Жер анын айланасында тартип менен айланат (23-сүрөт). Жылдыздар болсо, Птолемей теориясындагы өңдүү эң акыркы сферада жайгашып, Күндүн айланасында, бири-бирине салыштырмалуу кыймылсыз түрдө айланат.

Коперник биринчи болуп планеталардын жылдыздар фонундагы сыйыртмак сымал аракеттенишинин себеби Жердин Күндүн айланасында баш-

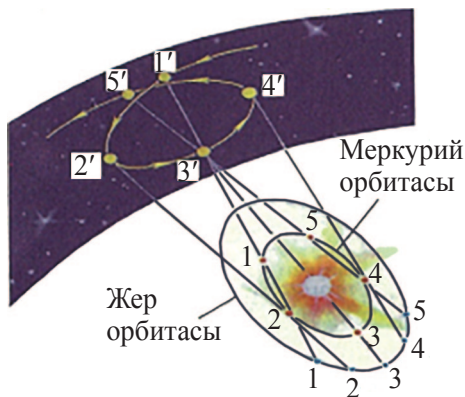
ка бардык планеталар катары айлануусунун натыйжасында болушун аныктады (24-сүрөт). Коперниктин Ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү бул теориясы *гелиоцентридик теория* деп аталды.

Ааламдын түзүлүшүнүн гелиоцентридик теориясы белгилүү италиялык аалым, философ Жордано Бруно (1548–1600) тарабынан өркүндөтүлдү. Ал өз теориясында Аалам кыймылсыз жылдыздар сферасы менен чектелбегенин, жылдыздар Күндөн түрдүү аралыктарда туруучу ага окшогон объектер экендигин, алардын айланасында да Күндүн айланасындагыдай өз планеталары болушу мүмкүндүгүн айткан. Кийинки кылымдарда жасалган астрономиялык байкоолор анын айтканы туура экенин көрсөттү.

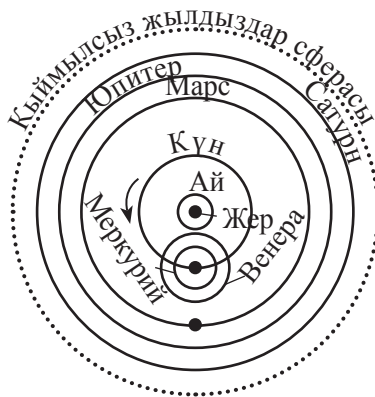
Ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү ойлордун калыптануусунда мекендешибиз Абу Райхан Берунийдин (973–1048) чоң кызматы бар. Ал көп жылдык астрономиялык байкоолоруна таянып, планеталардан Меркурий жана Венера



23-сүрөт. Ааламдын түзүлүшүнүн гелиоцентрикалык системасы (борбордо Күн).



24-сүрөт. Планеталардын көрүнмө сыйыртмак сымал кыймылын түшүндүрүү.



25-сүрөт. Берунийдин ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү көз карашына ылайык, Күн өз айланасында айланып жаткан жолдоштору – Меркурий жана Венера менен бирге Жердин айланасында айланат.

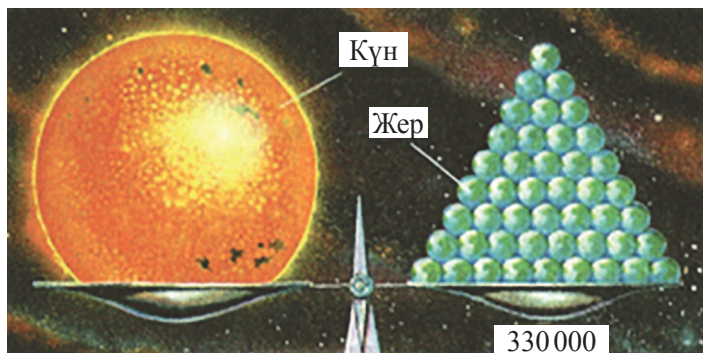
Күндөн алыс кете албастыгын (жаа өлчөөлөрү менен эсептелгенде) аныктады жана ушунун негизинде, бул эки планета Күндүн айланасында айланса керек деген туура жыйынтыкка келди (25-сүрөт). Чынында Беруний геоцентрикалык системанын жактоочусу болуп калган болсо да, анын ички планеталар (Меркурий жана Венера)га таандык бул жыйынтыгы XI кылымда Ааламдын түзүлүшүнүн гелиоцентрдик системасы үчүн коюлган алгачкы кадам эле.

19-§. Күн системасынын масштабы жана мүчөлөрү

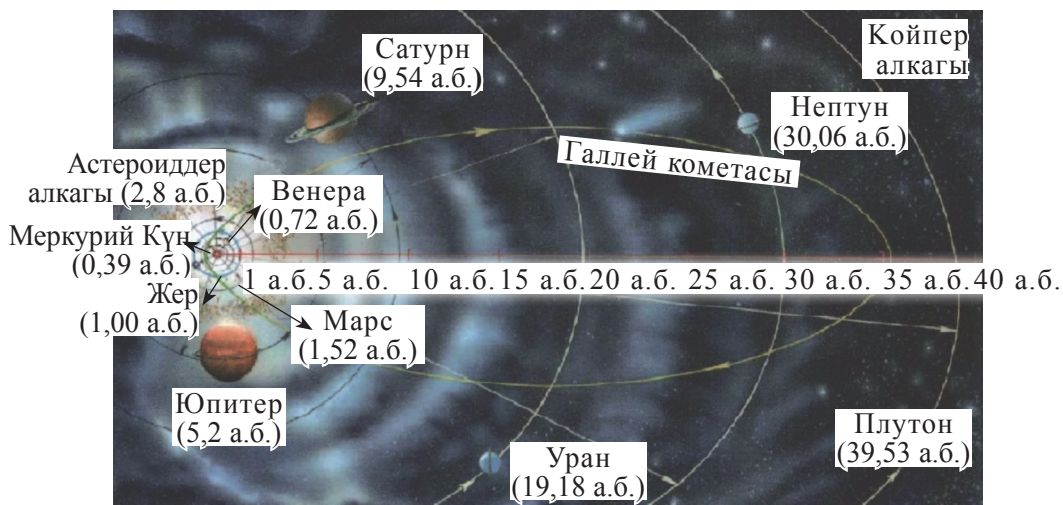
Күн системасына кирүүчү телолор менен биз баштап «Табият таануу» сабагында таанышкан элек. Маалым болгондой, бул системанын эң ири телосу Күн болуп, анын диаметри Жердикинен 109 эсе чоң, массасы болсо 330 000 Жер массасына тең (26-сүрөт). Анын айланасында 8 ири планета бири-бирине жакын тегиздиктерде, түрдүү мезгилдер менен айланат. Күндөн алыстыгы боюнча бул планеталар анын айланасында төмөнкү тартипте жайгашкан: *Меркурий, Венера, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун*.

Күн системасын шарттуу түрдө чек аралоочу Нептун Күндөн Жерге караганда дээрлик 30 эсе алыста жайгашкан. Жердин Күндөн орточо узактыгы 149,6 миллион километр, андыктан, Нептундун Күндөн узактыгы орточо 4554,4 миллион километрди түзөт. Күндөн Жерге чейин анын нурлары 8 минуттан бир аз көбүрөөк убакытта жетип келсе, Күндөн Нептунга чейин 4,5 сааттын тегерегинде барат (27-сүрөт).

Күн системасында ири планеталар менен бирге миндеген майда планеталар (өлчөмү бир нече жүз метрден бир нече жүз километрге чейин) да айланып, алардын көпчүлүгүнүн орбиталары Марс менен Юпитердин аралыгында жатат.



26-сүрөт. Жердин массасын Күндүн массасы менен салыштыруу.



27-сүрөт. Күн системасынын масштабы (а.б. – астрономиялык бирдик).

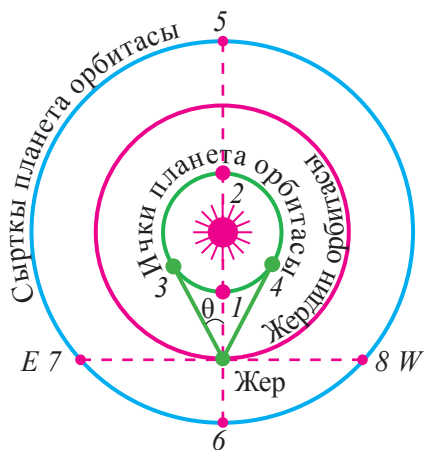
Ошондой эле, Күн системасында өтө сүйрү эллипстик орбиталар бойлоп аракеттене турган жана катуу ядросу газ кабыгы менен оролуп, Күнгө жакындаганда «куйрук» пайда кылып өтө турган кометалар деп аталуучу телолор да бар.

Булардан сырткары, Күн системасынын чек арасында, Күндүн айланасында сан жеткис, өлчөмдөрү кумдун бүртүкчөлөрүнүн өлчөмүндөгү телолор да эллипстик орбиталар менен айланат. Алар *метеордук телолор* деп аталат.

Күн системасында аракеттенүүчү ири планеталар ар канча чоң болгонуна карабай, Күн менен салыштырганда өтө кичине асман телолору эсептелет. Планеталар жана бардык майда телолордун массасы чогулуп Күн системасынын телолорунун жалпы массасынын 0,15% ын, Күндүн массасы болсо болжол менен 99,85% ды түзөт. Ошондуктан да Күн өз системасына кирүүчү бардык телолордун кыймылдарын башкарат.

20-§. Планеталардын конфигурациялары жана көрүнүү шарттары *

Күндүн айланасында аракеттенип жаткан планеталардын жылдыздар фонундагы абалдары аракеттенип жаткан Жерден күзөтүлгөндүктөн, татаал көрүнүшкө ээ болот. Планеталардын Жерден караганда Күнгө салыштырмалуу



28-сүрөт. Планеталардын конфигурациялары жана көрүнүү шарттары.

ээлеген абалдары алардын *конфигурациялары* деп аталат.

Планеталардан экөөсүнүн конфигурациялары менен таанышалы. 28-сүрөттө алардан биринин орбитасы ички планетага (орбитасы Жердин орбитасынын ичинде жайгашкан – Меркурий же Венерага), экинчиси болсо сырткы планеталарга (орбитасы Жердин орбитасынан сыртта болгон) таандык.

Жердин сүрөттөгү абалында ички планета ээлеген 1- жана 2-абалдар планетанын Күн менен *кошулуу абалдары* деп аталып, бул абалдарда планета Күндүн нурларына көмүлүп көрүнбөйт, б.а. мында анын көрүнбөй турган мезгили болот.

Ички планетанын Күндөн чыгыш жана батыш жакка максималдуу алыстаган (жаа эсебинде) абалда көрүнүүлөрү (*элонгациялары*) анын 3- жана 4-абалдарына туура келет. Эгерде ички планета 3-абалда болсо, ал Күндөн чыгыш жакта болгондуктан, кеч Күн баткандан соң, асмандын батыш жагында горизонттон кыйла бийикте жакшы көрүнөт. Эгерде ал 4-абалда, б.а. Күндөн батышта болсо, эрте таңда, Күн чыгаардан мурда чыгыш жакта көрүнөт.

Сырткы планетага тиешелүү 5-абал *кошулуу*, 6-абал *карама-каршы туруу* (б.а. Күнгө салыштырмалуу карама-каршы туруу) деп аталат. 6-абалда планета Күндөн 180° тук бурч аралыкта жайгашат.

Сырткы планета 5-абалда Күн менен кошулуп, Жердеги байкоочу үчүн өзүнүн көрүнбөй турган мезгилин өтөп жаткан болот. 6-абалда болсо Күнгө карама-каршы тургандыктан, Күндүн батышы менен планета чыгыш жакта горизонттон көтөрүлөт жана бүтүн түнү бою аны байкоого болот. Планетанын 7- жана 8-абалдары, тиешелүү түрдө, анын *чыгыш жана батыш квадратура абалдары* деп аталат. Планета 7-абалда болгондо, аны Күн баткандан жарым түнгө чейин, 8-абалда болсо аны жарым түндөн эрте таңга чейин горизонттун үстүндө көрүүгө болот.

21-§. Планеталардын Күндү айлануу мезгилдери *

Бардык планеталар Күндү бир жакка карап, б.а. батыштан чыгышка карай аракеттенип айланат. Күндөн узактыгы боюнча, алардын айлануу мезгилдери түрдүүчө болуп, Күнгө жакындары кичине, узактагылары болсо чоң мезгилдер менен айланат. Мисалы, Күнгө эң жакын Меркурий анын айланасында болжол менен 88 күндө айланып чыкса, Нептун Күндү дээрлик 165 жылдык мезгил менен айланат. Алардын кыймыл ылдамдыктары да ар түрдүү болуп, Күндөн алыста айлануучу планеталар жакын аралыктагыларга караганда кыйла кичине ылдамдык менен аракеттенет.

Окуу китебинин соңунда берилген тиркемеде планеталардын Күндү айланууларына таандык маалыматтар келтирилген. Алсак, анда планеталардын орбиталдык ылдамдыктары, Күндү айлануу мезгилдери, планеталар үчүн 2-космостук ылдамдыктар жана октору айланасында айлануу мезгилдери берилген. Бардык планеталар эклиптика тегиздигине жакын жайгашкан орбиталар бойлоп аракеттенет.

Планеталардын Күндү чыныгы айлануу мезгилдери алардын *сидерикалык* же *жылдыз мезгили* деп аталат. Планетанын *сидерикалык мезгили* ($T_{\text{пл}}$) деп, Күндөн караганда анын белгилүү бир жылдызга салыштырмалуу толук айланып чыгышы үчүн кеткен убакытка айтылат. Планетанын *синодикалык мезгили* ($S_{\text{пл}}$) деп болсо, Жердин конфигурациялык абалдарынын каалаган биринен эки жолу удаалаш өтүшү үчүн зарыл болгон убакыт аралыгына айтылат.

Планетанын синодикалык мезгили $S_{\text{пл}}$ Жердин кыймылы менен байланыштуу болуп, Жердин сидерикалык мезгили $T_{\oplus}$ жана планетанын сидерикалык мезгили $T_{\text{пл}}$ менен төмөнкүчө байланышкан.

Ички планеталар үчүн Жер жана планетанын суткалык жылыштарынын айырмасына ылайык:

$$\frac{360^\circ}{S_{\text{пл}}} = \frac{360^\circ}{T_{\text{пл}}} - \frac{360^\circ}{T_{\oplus}} \quad \text{же} \quad \frac{1}{S_{\text{пл}}} = \frac{1}{T_{\text{пл}}} - \frac{1}{T_{\oplus}},$$

мындан планетанын сидерикалык мезгили: $T_{\text{пл}} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{\text{пл}}}{T_{\oplus} + S_{\text{пл}}}$ болот.

Ушул жол менен табылган сырткы планеталар үчүн:

$$\frac{1}{S_{\text{пл}}} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{пл}}},$$

мындан $T_{pl} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{pl}}{S_{pl} - T_{\oplus}}$ болот.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Ааламдын түзүлүшүнүн геоцентрикалык жана гелиоцентрдик окууларынын айырмасын түшүндүр.
2. Планеталардын жылдыздар фонундагы сыйыртмак сымал кыймылдары гелиоцентрдик окуунун негизинде кандай түшүндүрүлөт?
3. Ж.Бруно Ааламдын түзүлүшүнө таандык кандай жаңы ойлорду айткан?
4. Берунийдин Ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү моделин сызып көрсөт.
5. Күн диаметри жана массасына карай Жерден канча эсе чоң?
6. Ички жана сырткы планеталар Күндү айланып жатып, кандай конфигурациялык абалдарда болот?
7. Планеталардын синодикалык мезгилдери деп эмнеге айтылат?
8. Планеталардын сидерикалык мезгилдери алардын синодикалык мезгилдери-не карай кандай табылат?

8-ТЕМА.

22-§. Суткалык жана суткалык-горизонталдык параллакс. Күн системасынын телолоруна чейинки аралыктарды аныктоо

1. Күн системасына кирүүчү телолорго чейинки (планеталар, Ай, майда планеталар ж.б.) аралыктар тригонометриялык жол менен суткалык параллакс деп аталуучу методдун жардамында табылат.

Асман телосунан (M), байкоочу (K) дан өткөн Жердин радиусунун учтарына тартылган түз сызыктардын арасындагы бурч ушул асман телосунун (жарыткычтын) суткалык *параллакс бурчу* (ал өтө кичине болуп, жаа секунддарында ченелет) деп аталат (*29-сүрөт*).

Кайсы бир планетанын суткалык параллакс бурчун табуу үчүн бир убакытта Жерди белгилүү бир меридиандын эки чекитинен (K жана C) байкоо керек болот. Мында планета алыстагы жылдыздардын фонунда параллакстык жылышкан абалда эки (M_1 жана M_2) чекитте көрүнөт. Эгерде жарыткыч байкоочуга салыштырмалуу горизонтто жайгашкан (M_0 чекитте) болсо (сүрөткө кара), анын параллаксы *суткалык горизонталдык параллакс* (p_0) деп аталат. Планетанын параллакстык жылышынын негизинде анын суткалык горизон-

талдык параллаксы – p'' бурч табылып, ага таянган түрдө, планетага чейинки L аралык M_0OK тик бурчтуу үч бурчтуктан төмөнкүчө табылат:

$$\sin p'' = \frac{R_{\oplus}}{L},$$

мындан $L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p''} = \frac{206265}{p_0} \cdot R_{\oplus}$, анткени

p_0 – секунддук жааларда ченелгендиктен:

$\sin p'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin 1'' = \frac{1}{206265}$ деп жазуу мүмкүн, мында $R_{\oplus}$ – Жердин радиусун туюнтат.

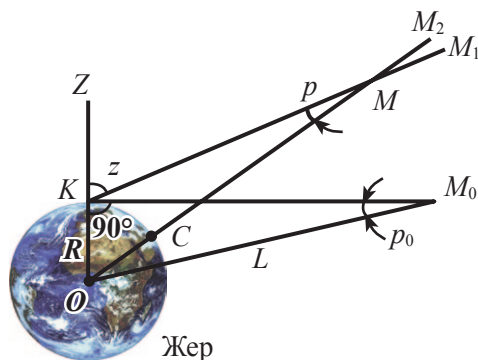
2. Учурда Күн системасы телолоруна чейинки болгон аралыктарды радиолокациялык метод менен да өтө чоң тактыкта табуу мүмкүн.

Мында Жерден кайсы бир планетага чейин жиберилген радиосигналдын (электромагниттик толкун) ага барып кайтып келиши үчүн кеткен убакыт t болсо, анда анын өткөн жолу $2L$ экенин жана радиотолкундун таралуу ылдамдыгы жарык ылдамдыгы c менен бирдейлигин эсепке алып, $c = \frac{2L}{t}$ деп жазуу мүмкүн. Мында асман телосуна чейинки аралык

$$L = \frac{ct}{2}$$

экендиги маалым болот.

Дал ушул метод менен Жерден Күн системасынын башка телолоруна чейинки аралыктар, алсак, Күнгө чейинки аралык (1 астрономиялык бирдик = 149 598 500 км) өтө чоң тактык менен табылган.

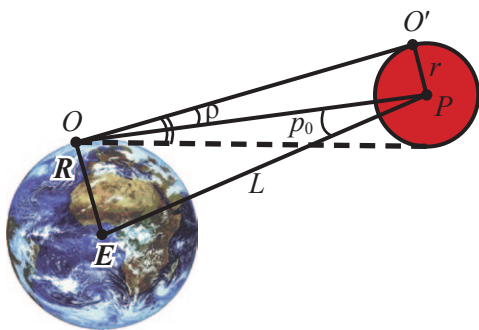


29-сүрөт. Жарыткычтардын суткалык (p) жана суткалык горизонталдык (p_0) параллаксы.

23-§. Күн системасы телолорунун радиустарын аныктоо **

Сүрөттө келтирилген планетанын r радиусун аныктоо үчүн бул планетанын суткалык параллаксы p_0 тик бурчтуу үч бурчтук OEP дан (30-сүрөт):

$$\sin p_0 = \frac{OE}{OP} = \frac{R_{\oplus}}{L}$$



30-сүрөт. Күн системасы телолорунун радиустарын эсептөөнүн усулдары.

болот. Тик бурчтуу үч бурчтук OPO' тен планетанын көрүнмө радиусу ρ :

$$\sin \rho = \frac{O'P}{OP} = \frac{r}{L} \quad \text{болот, мындан } r \text{ ди}$$

тапсак, ал: $r = L \sin \rho$. Эми L дин өткөн параграфта табылган маанисин бул теңдемеге коюп, планетанын радиусун (r) төмөнкүчө аныктоо мүмкүн:

$$r = L \sin \rho = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0} \sin \rho.$$

мында p_0 жана ρ бурчтар секунддук жааларда ченелгендиктен, планетанын радиусун, Жердин радиусу $R_{\oplus}$ бирдигинде төмөнкү

$$r = \frac{R_{\oplus}}{p_0''} \rho''$$

туюнтмадан табуу мүмкүн, анткени $\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin \rho'' = \rho \cdot \sin 1''$.

Кокус асман телосунун көрүнмө радиусу жетерлик чоң болсо (мисалы, Ай үчүн), ага чейинки аралык:

$$r = \frac{R_{\oplus} \cdot 206265}{p_0} \cdot \sin \rho \quad \text{дон табылат.}$$

Суроо жана тапшырмалар:

1. Күн системасындагы кайсы бир телонун параллактык бурчу деп кандай бурчка айтылат?
2. Күн системасындагы телолорго чейинки аралыктар кандай табылат?
3. Радиолокациялык метод менен асман телолоруна чейинки аралыктар кандай табылат?
4. Күн системасына кирүүчү телолордун өлчөмдөрү (радиустары) кандай табылат? Ал үчүн баштап алардын кандай параметрлерин аныктоо зарыл?
5. Планеталардын суткалык горизонталдык параллаксы (p_0) жана көрүнмө радиустарына (ρ) көрө алардын радиустарын (r) эсептөө формуласын жаз.

Астрономияда узундукту Эл аралык системада кабыл алынган бирдикте (метрлерде) туюнтуу дайыма эле ыңгайлуу боло бербейт. Ошон үчүн да астрономияда узундук, анын бирдиктеринен сырткары, дагы төмөнкү атайын бирдиктер менен да ченелет:

1. **Астрономиялык бирдик (а.б.)** – Күндөн Жерге чейинки орточо аралык болжол менен 149,6 миллион километрге тең. Бул бирдиктен, негизинен, Күн системасындагы асман телолоруна чейинки (планеталар, кометалар, Ай ж.б.) аралыктарды туюнтууда пайдаланылат.

2. **Жарык жылы (ж.ж.)** – жарыктын бир жылда өткөн жолу менен мүнөздөлөт. Ал үчүн 1 жылды секунддарда туюнтуп, кийин жарык ылдамдыгына көбөйтүү зарыл. Анда 1 жарык жылы (1 ж.ж.) $9,46 \cdot 10^{15}$ км ге барабардыгын табабыз. Табылган натыйжаны 149,6 млн. км ге бөлсөк, 1 ж.ж.нын астрономиялык бирдиктердеги маанисин алабыз. Ал 63240 а.б. ке тең болот.

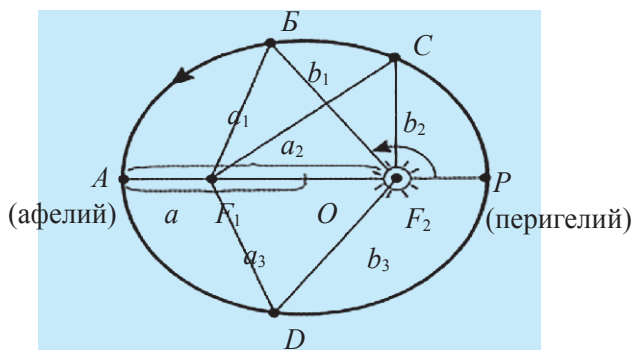
3. **Парсек (пк)** – «параллакс» жана «секунд» сөздөрүнөн алынган болуп, жылдык параллаксы $1''$ ка тең болгон жарыткычка чейинки аралыкты туюнтат:

$$1 \text{ пк} = 3,26 \text{ ж.ж.} = 206265 \text{ а.б.} = 30,86 \cdot 10^{12} \text{ км.}$$

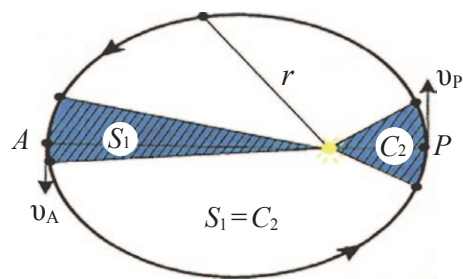
Адатта, узундуктун жарык жылы, парсек, килопарсек (1000 пк) жана мегапарсек (Мпк = 10^6 пк) бирдиктери Күн системасынан сырттагы асман телолоруна чейинки (жылдыздар, топ жылдыздар, тумандуулуктар ж.б.) аралыктарды, ошондой эле, сырткы галактикалар, галактикалык топтордун өлчөмдөрү жана алардын арасындагы аралыктарды ченөөдө иштетилет.

25-§. Кеплер мыйзамдары

XVI кылымда планеталардын кыймылдарын күзөтүп, алардын ордуларын так белгилөөдө даниялык аалым Тихо Браге (1546–1601) чоң ийгиликтерди багындырды. Ал өзүнүн астрономиялык байкоо аспаптары жардамында жарыткычтардын асмандагы ордуларын өтө чоң тактыкта белгилөөгө жетишти. Бул тактык $2'$ ту түздү. Өмүрүнүн соңку жылдарын Прагада өткөргөн Браге шакирттикке немис астроному Кеплерди чакырды. Кеплер сунушту кабыл алып, Прагага көчүп келди. Бирок көп өтпөй устаты Браге каза болду жана анын баалуу байкоо маалыматтары шакирти Кеплерге калды.



31-сүрөт. Планетанын эллипс бойлоп кыймылы.



32-сүрөт. Планетанын радиус-векторлорунун тең убакыттарда сызган тең аянттары.

Кеплер көп жылдык эсептөөлөрдүн натыйжасында Жердин Күндөн узактыгы жана Марс менен Күн арасындагы аралыктарды аныктап, Марстын Күндүн айланасындагы орбитасынын эллипс деп аталуучу туюк ийри сызык экендигин тапты. Эллипстин мүнөздүү жагы мында, анын каалагандай чекиттеринин (B, C, B) эллипс фокустары деп аталуучу эки чекитинен узактыктарынын (31-сүрөт) суммасы туруктуу чоңдук:

$$a_1 + b_1 = a_2 + b_2 = a_3 + b_3 = 2a = \text{const}$$

болуп, андагы F_1 жана F_2 чекиттер *Эллипстин фокустары* деп аталат. Эллипстеги бири-биринен эң алыс чекиттерин туташтыруучу жана фокустар аркылуу өтүүчү кесиндиси болсо анын *чоң огу* ($2a$) деп аталып, Күн жана планетанын арасындагы орточо аралык ушул октун жарымына тең болот жана *чоң жарым ок* (a) деп аталат. Дээрлик 24 жылдык байкоо натыйжаларын жалпылаштырып, Кеплер планеталардын кыймылына таандык төмөнкү үч мыйзамды ачты:

1. Ар бир планета Күндү эллипс бойлоп айланат жана бул эллипс фокустарынын биринде Күн жатат.

2. Планеталардын радиус-векторлору (планетаны Күн менен туташтыруучу кесинди) тең убакыттар ичинде тең аянттарды сызат (32-сүрөт).

3. Каалагандай эки планетанын Күндү айлануусунун сидерикалык (чыныгы) мезгилдеринин квадраттарынын катышы, алардын орбиталарынын чоң жарым окторунун кубдарынын катышына тең болот, б.а.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

мында: a_1 , T_1 – 1-планетанын чоң жарым огу жана мезгили; a_2 , T_2 – 2-планетанын чоң жарым огу жана мезгили. Бул туюнтма байкоодон табылган каалагандай планетанын мезгилине (T) көрө, Күндөн ага чейинки орточо аралыкты (a) табууда астрономдорго өтө пайдалуу болду, б.а. (мында $T_2 = T_{\oplus} = 1$ жыл, $a_2 = a_{\oplus} = 1$ а.б.):

$$T^2 (\text{жыл}) = a^3 (\text{а.б.}).$$

26-§. Асман телолорунун массаларын эсептөө *

Жердин массасы жана тыгыздыгы. Ньютондун бүткүл дүйнөлүк тартылуу мыйзамы бардык асман телолору үчүн маанилүү болгон мүнөздүү чоңдук – массаларын эсептөөгө жардам берет. Мисалы, бул мыйзамдын негизинде Жердин массасын эсептей турган болсок, анда Жердин эркин түшүү ылдамдануусу менен массасынын арасындагы төмөнкү байланыштан пайдаланып, муну жаза алабыз:

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

мында: M – Жердин массасын; R – анын радиусун; G – гравитациялык туруктуулукту мүнөздөшүн эсепке алып, алардын маанилерине ($g=9,8$ м/с², $R=6370$ км, $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг²) ылайык табылган Жердин массасы $M=6 \cdot 10^{24}$ кг ды түзөт.

Эми түздөн-түз асман телолорунун массаларын эсептөөгө токтолсок, аны аныктоодо Кеплердин Ньютон тарабынан жалпылаштырылган (же такталган) ушул III мыйзамынан пайдаланылат:

$$\frac{T_1^2 (M_{\odot} + m_1)}{T_2^2 (M_{\odot} + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

мында: T_1 жана T_2 – Күндү айлануучу каалагандай эки планетанын сидерикалык мезгилдерин (б.а. Күндү чыныгы айлануу мезгилдерин); M – Күндүн массасын; m_1 жана m_2 – эске алынган эки планетанын массаларын; a_1 жана a_2 лер болсо, тиешелүү түрдө, алардын орбиталарынын чоң жарым окторун туюнтат.

Бул мыйзамдын универсалдуулугунан пайдаланып, ушул негизде башка бир планетанын массасын аныктоо үчүн да Кеплердин аныкталган III мыйзамынан пайдаланылат. Мында массасы табылышы көздөлгөн планетанын жолдошу менен Жердин жолдошунун кыймылы (мезгилдери жана орбиталарынын чоң жарым октору) салыштырылат, б.а.

$$\frac{T_{\text{пл}}^2}{T_{\oplus}^2} \cdot \frac{m_{\text{пл}} + m_1}{m_{\oplus} + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

мында: $T_{\text{пл}}$ жана $T_{\oplus}$ – планета жана Жердин жолдошторунун айлануу мезгилдерин; $m_{\text{пл}}$ жана $m_{\oplus}$ – планета жана Жердин массаларын; m_1 жана m_2 – тиешелүү түрдө, алардын жолдошторунун массаларын; a_1 жана a_2 болсо планета жана Жердин жолдошторунун (табигый же жасалма) орбиталарынын чоң жарым окторун туюнтат.

Адатта, планеталардын массаларына караганда алардын жолдошторунун массалары өтө кичине болгондуктан (Жер жана анын табигый жолдошу – Ай буга кирбейт), m_2 нин ордуна Жердин жолдошунун массасын алсак, анда $m_{\text{пл}} \gg m_1$, $m_{\oplus} \gg m_2$ деп жазуу мүмкүн. Анда жогорудагы формула (m_1 жана m_2 ни эсепке алынбаганда)

$$\frac{m_{\text{пл}}}{m_{\oplus}} = \left(\frac{a_1}{a_2} \right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\text{пл}}} \right)^2$$

түрүнө келет, мында $T_{\oplus}$ жана $T_{\text{пл}}$ о.э. a_1 жана a_2 параметрлер, тиешелүү түрдө, планета менен Жердин жолдошуна таандык.

Күндүн массасын да Жердин массасы бирдиктеринде ушул жол менен оңой эсептөө мүмкүн:

$$\frac{T_{\oplus}^2}{T_{\text{ж.ж.}}^2} \cdot \frac{M_{\odot} + m_{\oplus}}{m_{\oplus} + m_{\text{ж.ж.}}} = \frac{a_{\oplus}^3}{a_{\text{ж.ж.}}^3} \text{ дан}$$

$$\frac{M_{\odot}}{m_{\oplus}} = \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\text{ж.ж.}}} \right) \cdot \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{\text{ж.ж.}}} \right)^3 \text{ же } M_{\odot} = \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{\text{ж.ж.}}} \right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\text{ж.ж.}}} \right)^2 \cdot m_{\oplus}$$

туюнтмадан пайдаланылат, мында: $M_{\odot}$ жана $m_{\oplus}$ – Күн менен Жердин массаларын; $T_{\oplus}$ жана $a_{\oplus}$ – Жердин Күндү айлануу мезгили жана орбитасынын чоң жарым огун; $T_{\text{ж.ж.}}$ жана $a_{\text{ж.ж.}}$ лар болсо Жердин жасалма жолдошунун мезгилин жана орбитасынын чоң жарым огун туюнтат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Эллипс деп кандай туюк ийри сызыкка айтылат?
2. Кеплердин биринчи жана экинчи мыйзамдарын мүнөздө.
3. Кеплердин үчүнчү мыйзамында планетанын мезгили анын орбитасынын чоң жарым огу менен кандай байланышкан?

4. Кеплердин жалпылаштырылган III мыйзамынын математикалык туюнтмасын жазып түшүндүр. Күн системасы телолорунун массалары бул мыйзамдын негизинде кандай эсептелет?
5. Күндүн массасы Жердин массасы бирдиктеринде кандай табылат?

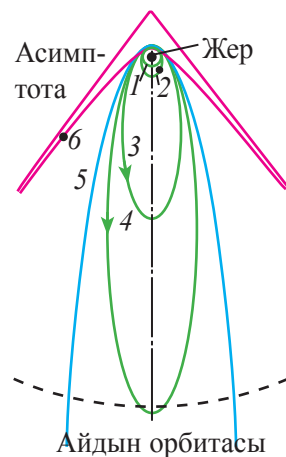
10-ТЕМА. 27-§. Эки тело маселеси. Космостук ылдамдыктар

Ньютон, табиятта Бүткүл дүйнөлүк тартылуу мыйзамы барлыгы себеп планеталар Кеплер мыйзамдарына көрө Күндү айланууларын далидеген. Бул мыйзамдар Ньютон тарабынан дагы да тагыраак көрүнүшкө келтирилди. Анык шарттарда бир тело башка телонун тартылуу талаасында Кеплер белгилегендей, эллипс бойлоп гана эмес, о.э. айлана, парабола жана гиперболоа өңдүү конустук кесилиштерди берүүчү ийри сызыктар боюнча да аракеттенишин далилдеди.

Алсак, ал массасы Жердикиндей болгон бир тектүү, идеалдуу сфералык формадагы телонун сыртынан белгилүү бир башталгыч ылдамдык менен горизонтал багытта ыргытылган тело (33-сүрөт) Жердин тартылуу талаасы таасиринде анын айланасында Жердин радиусуна тең аралыктагы айланма орбитага чыгарылышы мүмкүндүгүн айтты. Мында башталгыч ылдамдыктын чоңдугу Жердин радиусу жана массасына байланыштуу болуп,

$$\text{бул} \quad v_0 = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

формуладан табылат. Мында G – гравитациялык туруктуулук болуп, анын мааниси $6,67 \cdot 10^{11} \frac{\text{Нм}^2}{\text{кг}^2}$ менен мүнөздөлөт. Жердин $R_{\oplus}$ – орточо радиусу 6370 км, $M_{\oplus}$ – массасы $6 \cdot 10^{24}$ кг га тең. Бул чоңдуктарды формулага коюп эсептегенде v_0 башталгыч ылдамдык $7,91 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ ка тең болуп, ал Жер үчүн *биринчи космостук ылдамдык* деп аталат. Бул дегени, атмосферасы жок, массасы Жердей бир тектүү, идеалдуу сфералык формадагы телонун бетинен горизонталдык багытта биринчи космостук ылдамдык менен көтөрүлгөн ракета, анын айланасындагы айланма орбитага чыга алышын билдирет. Чынында Жердин атмосферасы себеп андан



33-сүрөт. Жердин тартылуу талаасында телолордун кыймыл траекториялары.

$h=150$ км ден кем болбогон бийиктикке горизонталдык багытта чыккан телонун ылдамдыгы $v = \sqrt{\frac{GM}{R_{\oplus}+h}}$ ге тең болгондо гана ал Жердин жасалма жолдошу айлана бойлоп аракеттенет (33-сүрөттө – 1 менен көрсөтүлгөн).

Кокус Жердин сыртынан көтөрүлгөн жасалма жолдоштун башталгыч ылдамдыгы биринчи космостук ылдамдыктан чоң болсо, жасалма жолдош орбитасынын формасы эллипс түрүндө болот (33-сүрөттө – 2, 3, 4). Б.а., башталгыч ылдамдыктын мааниси $v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R_{\oplus}}}$ жетишкенде гана, жасалма жолдош

Жердин айланасында ага салыштырмалуу параболикалык траектория бойлоп аракеттенет (33-сүрөттө – 5). Мындай ылдамдыктын чоңдугу $11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, б.а. $(7,91 \times 1,41) \frac{\text{км}}{\text{с}}$ болуп, ал экинчи космостук ылдамдык деп аталат.

Жасалма жолдоштун башталгыч ылдамдыгы $11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ дан ашкандан соң, ал Жерге салыштырмалуу *гиперболалык траектория* боюнча аракеттен баштайт (33-сүрөттө – 6). Мындай жасалма жолдош Жерден чексиздикке аракеттенип жатып, анын траекториясы гиперболянын асимтотасына жакындашып бара берет. Андыктан, анын чексиздиктеги траекториясын түз сызыктуу траектория деп кароого мүмкүн болот. Мында сөз эки телонун (Жер жана аны геоцентрикалык траектория менен аракеттенүүчү жолдошу) үстүндө жүрүп, Күн системасынын башка планеталары, атүгүл Күндүн да, Жерге жакын аракеттенип жаткан телого болгон таасири себеп жасалма жолдош ээ болуучу борбордон четтетүүчү ылдамдануусу Жердин таасиринде ээ болуп жаткан ылдамдануусунан өтө кичине болот. Мында тартылуу талаасында аракеттенип жаткан телонун траекториясынын фокусунда жайгашкан идеалдуу сфералык түрдөгү бир тектүү телонун гравитациялык талаасы өзүнчө касиетке ээ болгон *тартылуунун борбордук талаасы* аты менен аталат. Тартылуунун борбордук талаасын бере турган телонун массасы анын борбордук чекитинде чогулган деп каралат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Тартылуу талаасында аракеттенип жаткан телонун траекториялары кандай көрүнүштө болот?
2. Тартылуу талаасында аракеттенип жаткан телонун биринчи жана экинчи космостук ылдамдыктары кандай формулалардан табылат?
3. Тартылуунун борбордук талаасы болуп кандай телонун талаасы кабыл алынган?

III БӨЛҮМ. АСТРОФИЗИКА ЖАНА АНЫН ИЗИЛДӨӨ УСУЛДАРЫ

11-ТЕМА.

28-§. Асманды электромагниттик толкундуу нурлар менен үйрөнүү – кеңири толкундуу астрономиянын негизи

Асман телолорунун физикалык табиятына таандык чогулткан билимде-рибиз, алардан келаткан оптикалык жана башка диапазондорго тиешелүү электромагниттик нурлардын жардамында алынган. Алардан келаткан нурлар, бир жактан, үзгүлтүксүз чыгарылбай, өзүнчө кванттар, өздүк энергияга ээ бөлүкчөлөр көрүнүшүндө нурлантылат. Көзгө көрүнө турган нурлардын кванттары 2–3 эВ энергияга ээ болуп, астрофизикада колдонулуучу нурлардын кичине бир областын ээлейт. Экинчи жактан, алар электромагниттик толкун көрүнүшүндө катталат. Вакуумда нурлануунун бардык түрлөрүнө тиешелүү бул электромагниттик толкундар бирдей – $3 \cdot 10^8$ м/с ылдамдык менен тарайт. Нурлануунун толкун катары таралуусунда, анын интерференция жана дифракция кубулуштарында байкалганы үчүн, аны да ар кандай толкун өңдүү мүнөздөп, ν жыштыгы менен λ толкун узундугунун көбөйтүндүсүн толкундун таралуу ылдамдыгына тең көрүнүштө, б.а.:

$$\nu\lambda = c$$

деп жазуу мүмкүн, мында c – жарыктын ылдамдыгын мүнөздөйт.

Атайын аспап жардамында электромагниттик термелүүлөрдү түрдүү толкун узундуктуу спектрге ажыратуу мүмкүн. Жарык нуру тунук үч бурчтуу призма аркылуу өткөрүлгөндө, ал дал ушундай түзүүчүлөргө ажырап, анда тартип менен удаалаш жайгашкан нурлар көрүнөт. Мындай ак нурдан турган нурдун түстөрү алардын толкун узундуктары менен аныкталат. Адамдын нормалдуу көзү болжол менен 0,4 мкм ден (кызгылт-көк нур) 0,7 мкм ге чейин (кызыл нур) жакшы көрөт. Оптикалык нурлар деп аталуучу бул нурлар электромагниттик нурлануунун бир эле түрү болуп, алардын бардыгынын тобу чогуу электромагниттик толкундар шкаласын түзөт. Бул шкаладагы эң кыска толкун узундуктуу нурлануулар гамма-нурлар болуп, эң узуну болсо радиотолкундар деп аталат.

Белгилүү болгондой, Жер атмосферасы көзгө көрүнө турган электромагниттик (оптикалык) нурлар, ошондой эле, көзгө бир аз көрүнө турган ультракызылт-көк жана инфракызыл, о.э. радиодиапазондун миллиметрлүү областынан 10–20 метрлүү бөлүгүнө чейинки болгон диапазондогу нурлар үчүн тунук эсептелет. Электромагниттик толкундардын калган бардык бөлүктөрү Жер атмосферасынын түрдүү катмарларында күчтүү жутулуп, Жердин бетине чейин жетип келе албайт.

Фотография ойлоп табылганга чейин, байкоочунун көзү гана жарыткычтардын нурлануусун каттоочу жалгыз табигый курулма болгон. Нурланууларды каттоочу фотографиялык метод ишке түшкөн соң, атайын фотографиялык жана фотоэлектрдик курулмалардын жардамында Жердин атмосферасында жутулуп калып жаткан ультракызылт-көк жана инфракызыл диапазонго тиешелүү бир бөлүк нурланууларды да каттоого мүмкүн болду.

Өткөн кылымдын 30–40-жылдарында радиотехниканын өнүгүүсү себеп космостук радионурлануунун булактары ачылды. Натыйжада биздин Космос жөнүндөгү билимдерибизди кеңейте турган астрономиянын радиоастрономия бөлүмү ишке түштү.

XX кылымдын экинчи жарымында болсо, космонавтиканын «төрөлүшү» жасалма жолдоштордун Жер айланасы орбитасына чыгарылышына жана аларга орнотулган курулмалардын жардамында кыска толкунда (*рентген жана гамма*) нурлануучу объекттердин табылышына алып келди. Ушул себептүү соңку он жылдыктарда космостук станцияларга орнотулган атайын *рентген жана гамма телескоптор* жардамында табылган көптөгөн кубаттуу булактарды үйрөнүү мүмкүнчүлүгү пайда болду.

Астрофизикада алыскы ультракызылт-көк жана инфракызыл диапазондордогу өңдүү, рентген жана гамма диапазондордо да асман объекттерин системалуу үйрөнүү башталды. Натыйжада, бүгүнкү астрономия *кеңири толкундуу астрономияга* айланды.

29-§. Оптикалык телескоптор

Астрономдордун эң маанилүү байкоо куралы телескоптор эсептелет. Телескоптор асман телолорунун көрүнмө бурчтарын чоңойтуп жана аларды бир нече эсе жарыктантып көрсөтөт. Ошон үчүн да телескоптор менен асманга каралганда, Жерге жакын жайгашкан асман телолорунун (Күн, планеталар жана

Айдын) бетинде көз ылгабай турган деталдарын жана күнүрттүгү себеп көзгө көрүнбөй турган көптөгөн жылдыздарды көрүү мүмкүн болду.

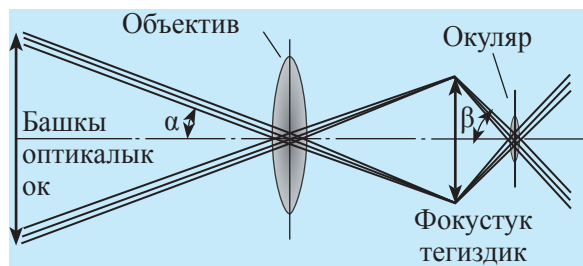
Телескоптордун негизги бөлүгү *объектив* деп аталып, ал томпок тунук линза же иймек сфералык күзгүдөн жасалат (34- жана 35-сүрөттөр). Объектив күзөтүлүп жаткан асман телосунан келаткан нурду чогултуп, бул телонун сүрөттөлүшүн жасайт. Асман телосунун объектив тарабынан пайда кылынган сүрөттөлүшү *окуляр* деп аталуучу линза аркылуу күзөтүлөт. Заманбап телескоптордо объектив жасаган сүрөттөлүш көбүнчө фотопластинкаларда же санариптик (цифралык) каттагыч (PZS) курулмаларда ишке ашырылат. Эгерде телескоптун объективи линзадан же линзалар системасынан түзүлгөн болсо, мындай телескоп *рефрактор* деп аталат. Рефрактордо нурдун жолу 34-сүрөттө көрсөтүлгөн. Объективи иймек сфералык күзгүдөн турган телескоп болсо *рефлектор* деп аталат. Түрдүү рефлектордо булактан келаткан нурдун жолу 35-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Телескоптордун негизги милдеттерин төмөнкүчө белгилөө мүмкүн:

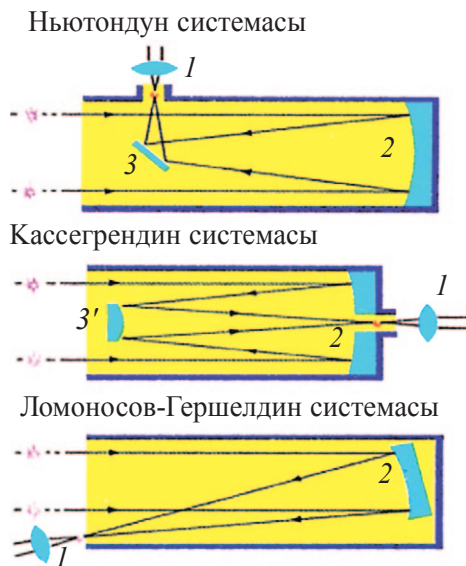
1. Жарыткычтан келаткан нурланууну каттоо (көз, фотографиялык пластинка, фотоэлектрдик каттагыч, спектрограф ж.б. жардамында).

2. Объективдин фокустук тегиздигинде күзөтүлүп жаткан жарыткычтын же каалагандай асман телосунун жарыктандырылган сүрөттөлүшүн алуу.

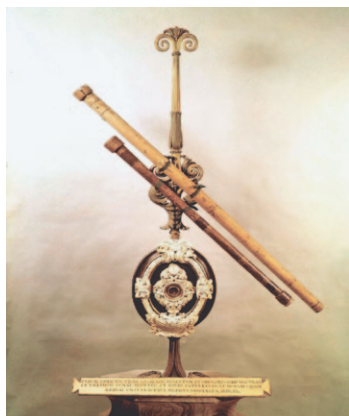
3. Куралданбаган көз менен каралганда, ажыратып көрүүгө болбой турган, өз ара өтө кичине жаа аралыкта жайгашкан объекттерди бөлүп көрсөтүү.



34-сүрөт. Линзалуу телескоп (рефрактор) тун түзүлүшү (нурдун жолу).



35-сүрөт. Күзгүлүү телескоп (рефлектор)тордун түзүлүшү: 1 – окуляр; 2 – объектив; 3 – жалпак күзгү; 3' – томпок күзгү).



36-сурет. Галилей жасаган биринчи телескоп-рефрактор.



37-сурет. Түндүк Кавказдагы күзгүсүнүн диаметри 6 метрлүү телескоп-рефлектордун мунарасынын көрүнүшү.

Эми жөнөкөй рефрактордун иштөө принциби менен таанышалы. Мында телескоптун объективи жарыткычтан келаткан нурду анын фокусу F те чогултат жана ушул чекиттен башкы оптикалык окко тике өтүүчү тегиздикте (фокустук тегиздикте) жарыткычтын сүрөттөлүшүн жасайт. Алынган сүрөттөлүшкө лупа ролун аткаруучу томпок линза (окуляр) менен карап, күзөтүлүп жаткан асман телосунун (планета, Ай же Күн) бурчтук өлчөмүнүн чоңойгонун көрөбүз. Андыктан, телескоп бизге каралып жаткан асман телосун жарыкташтырып да, чоңойтуп да берип жатканын көрөбүз. Алынган сүрөттөлүштүн жарыктануусу телескоп объективинин диаметринде

жана фокус аралыгына, тагыраагы, алардын катышы $\left(\frac{D}{F}\right)^2$ ка байланыштуу болгон түрдө, анын чоңойтуусу объектив менен окулярдын фокустук аралыктарынын катышы $\frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha}$ на байланыштуу болот. Телескоптун сүрөттөлүштү ажырата алуу жөндөмү λ/D менен мүнөздөлөт. Мында λ нурдун толкун узундугун, D болсо телескоп объективинин диаметрин мүнөздөйт.



38-сурет. Диаметри 8 метрлүү телескоптун күзгүсүндө цехте жылмалоо жараяны.

Сүрөттөлүштү фотопластинка же фотоэлектрдик жол менен каттоого ылайыкталган болсо, анда окуляр керек болбой, фотопластинка же электрофотометрдин киргизүү диафрагмасы түз эле телескоптун фокустук тегиздигине жайгаштырылат.

Биринчи рефрактор белгилүү италян окумуштуусу Г. Галилей тарабынан 1610-жылы ишке түшүрүлгөн (36-сүрөт). Биринчи рефлекторду болсо 1648-жылда белгилүү англис окумуштуусу И. Ньютон жасаган.

Дүйнөдөгү эң ири рефрактор объективинин диаметри 1 метрди түзүп, ал АКШда курулган. Салыштырмалуу ири рефлекторлордон бири күзгүсүнүн диаметри 6 м болуп, Түндүк Кавказда орнотулган (37-сүрөт). Өзбекстанда эң ири рефрактор телескобу (кош астрограф) Китаб шаарына жакын жердеги мурдагы Эл аралык кеңдик станциясында жайгашкан. Анын объективинин диаметри 40 сантиметр. Кашкадарыя облусунун Камашы районунун аймагында болжол менен 3000 метр бийиктиктеги Майданак тоолорунда ири астрономиялык обсерватория курулган болуп, ал жерде орнотулган рефлектордун диаметри 1,5 метр келет.

30-§. Телескоптордун негизги характеристикалык чоңдуктары **

Телескоптун касиеттерин мүнөздөөчү негизги параметрлер анын объективинин диаметри D жана фокус аралыгы F болуп, объектив чогулта турган жарыктын агымы:

$$F = ES = E\pi R^2$$

болот, мында: E – объективдин жарытылгандыгын; S – аянтын; R болсо анын радиусун мүнөздөйт. Телескопту мүнөздөөчү башка бир параметр *салыштырма жылчык* же *жарык күчү* деп аталып, ал $A = \frac{D}{F}$ туюнтма менен белгиленет. Объектив жасаган чекиттик эмес объекттин сүрөттөлүшүнүн жарытылгандыгы

$$E_T = k \left(\frac{D}{F} \right)^2 = kA^2$$

болуп, салыштырма жылчыктын квадратына пропорциялуу болот. Бирок телескоптун салыштырма жылчыкты каалаганча чоңойтууга башкы оптикалык октон сырткары абберрациянын пайда болушу тоскоолдук кылат. Ошондуктан да рефлектордо салыштырма жылчыкты 0,33 кө чейин, күзгүлүү-линзалуу телескоптордо болсо 1 ге чейин гана алуу мүмкүн.

Визуалдык телескоптордун башка бир негизги характеристикасы телескоптун *чоңойтуусу* болуп, ал объективдин F фокус аралыгынын f окулярдын фокус аралыгына катышы менен табылат:

$$k = \frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha},$$

мында: α – жарыткычтын жөнөкөй көз менен каралгандагы көрүнүү бурчун; β – телескоп аркылуу каралганда анын көрүнүү бурчун мүнөздөйт (*34-сүрөткө кара*). Белгилүү бир объективдүү телескопто анын чоңойтуусу тандалган окулярдын фокус аралыгына байланыштуу болуп, ал аралык канча кичине болсо, ошончо көп чоңойтууга жетишилет. Бирок бул белгилүү бир объектив үчүн каалаганча кичине фокус аралыктуу окулярды колдонуп, телескопто каалаганча чоңойтууга жетишүү мүмкүн дегени эмес. Анткени чоңойтуу арткан сайын телескопто көрүү талаасы анда алынган сүрөттөлүш үчүн тардык кылып калат. Мисалы, 30 эсе чоңойтуучу телескопто, диаметринин жаа өлчөмү 32' болгон Ай толук көрүнсө, 300 эсе чоңойтуучу телескопто анын көрүү талаасы Айдын бетинин бир бөлүгүн гана (албетте, кыйла майда деталдары менен) сыйдыра алат. Ошондуктан белгилүү бир телескопто максималдуу пайдалуу чоңойтууга жетишүү үчүн, фокус аралыктары анык сандык маани менен чектелген окулярдан пайдаланылат. Нормалдуу телескоптордун максималдуу пайдалуу чоңойтуусу миллиметрлерде эсептелген объективдин диаметринен болжол менен эки эсе чоң болот.

Телескопту мүнөздөөчү дагы бир маанилүү параметр *анын бурчтук ажырата алуу күчү* деп аталып, сүрөттөлүштүн сапатын мүнөздөйт. Бир караганда, кудум телескоп канча көп чоңойтсо, сүрөттөлүштө күзөтүлүп жаткан объекттин ошончо майда деталдарын көрүү мүмкүндөй туюлса да, чындыгында дифракция кубулушу себеп эң сапаттуу объектив да чекиттик объекттин сүрөттөлүшүн чекит көрүнүшүндө ала албайт. Телескоптун фокустук тегиздигинде чекиттик сүрөттөлүштүн ордуна дифракциялык алкактар менен оролгон тегерек кичинекей так пайда болуп (*39-сүрөт: а – сүрөттөлүштүн контуру; б – объекттин сүрөттөлүшү*), бул тегерек тактын бурчтук диаметри

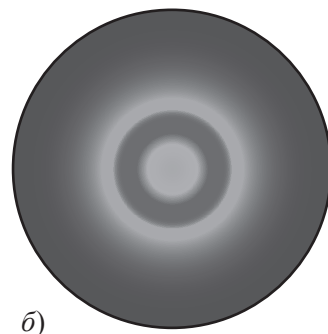
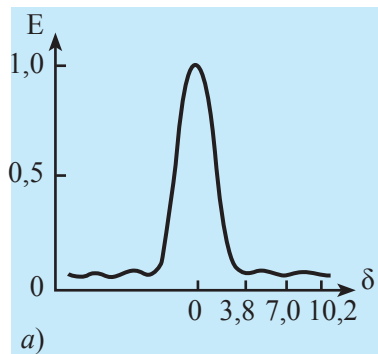
$$\delta = \frac{\lambda}{D}$$

туюнтмасы менен радианда ченелет; мында: D – объективдин диаметрин; λ – жарыктын толкун узундугун мүнөздөйт. Эгерде телескопто нурланууну каттоочунун (приемник) милдетин көз аткарып жаткан болсо, анын *ажырата алуу*

39-сурет. Телескоптун сүрөттөлүшүндө чекиттик булактын жарыгынын бөлүштүрүлүшү.

күчүн табуу үчүн λ нин ордуна көздүн спектрдик сезгичтигинин максимумуна туура келген нурлануунун толкун узундугу ($\lambda=5500 \text{ \AA}$) алынат. Эгерде нурлануу фотографиялык же фотоэлектрдик жол менен катталып жаткан болсо, λ үчүн, тиешелүү түрдө, фотографиялык эмульсиянын же фотокүчөткүчтүн катодунун спектрдик сезгичтиктеринин максимумуна туура келген нурлануулардын толкун узундуктарынан пайдаланылат. Бирок, жогорудагы туюнтмадан табылган δ нын мааниси телескоптун *теориялык ажырата алуу күчү* деп аталып, иш жүзүндө болсо телескоптун ажырата алуу күчүн объекттен келаткан нурдун багытындагы Жер атмосферасынын катмарларынын толкундануусу пайда кыла турган сүрөттөлүштүн термелүүсүнүн титирөө даражасы белгилей тургандыгын айттып өтүү керек. Титирөө даражасы жайдын астроклиматтык шарттары, телескоп мунарасынын чоңдугу жана конструкциясы жана башка факторлорго байланыштуу болот.

Бул чоңдуктар (λ жана B) см лерде ченелгенде δ радиандарда чыгат. 1 радиан $\sim 0,2'' \cdot 10^6$ жаа секундуна тең болушунан табылган натыйжа бул санга көбөйтүлсө, натыйжа да жаа секунддарында чыгат.



31-§. Радиотелескоптор жөнүндө түшүнүк

Астрономияда радионурланууларды каттоо үчүн радиотелескоптордон пайдаланылат. Адатта, радиотелескоптор өтө чоң антенналарга (алардын узун толкундарда иштеши буга мүмкүнчүлүк берет) ээ болуп, алар өтө сезгич приемниктерге уланган болот. Кабыл алынган радиосигналдар аларда күчөтүлүп, кийин атайын электрондук эсептөө машиналары менен байланышкан сигналдарды каттоо аппаратураларына узатылат жана аларда жазып алынат.

Радиотелескоптордун антеннасы жөнөкөй радиобайланыш антенналарынан айырмаланып, жогорку багытталгандык касиетине ээ. Ошондуктан алар

асмандын өтө кичине бөлүгүндөгү радионурлануу булактарын ажыратып көрө алуу мүмкүнчүлүгүнө ээ болот. Радионурлануу үчүн маанилүү параметр эсептелген телескоптун ажырата алуу жөндөмү радиотелескоптордо да оптикалык телескоптордогу өндүү аныкталып, λ/D (мында λ радиотолкундун узундугун, D болсо радиотелескоптун күзгүсүнүн диаметрин мүнөздөйт) туюнтмасы менен табылат. Мында радиотолкундун узундугу оптикалык нурлардын толкун узундугунан миллион эсе чоң болот.

Түндүк Кавказда орнотулган, радиотелескобунун диаметри 600 метр болгон өзгөрмө профилдүү антенна (RATAN-600) Европадагы эң ири телескоп саналат. О.э., учурда жогорку ажырата алуу жөндөмүнө ээ болгон радиотелескоптор бири-биринен өтө чоң аралыкта жайгашкан антенналар системасы жардамында да ишке ашырылат. Радиоантенналардын мындай системасынын негизинде иштөөчү радиотелескоптор *радиоинтерферометрлер* деп аталат. Мындай радиоантенналар системасы бири-биринен өтө чоң аралыкта (кээде түрдүү материктерде) туруп, алар белгилүү бир радиообъекти бир убакытта байкоо мүмкүнчүлүгүнө ээ. Радиотелескоптордун фокустарында чогулган радиотолкундардын интерференция жараянынын негизинде катталгандан чоң ажырата алуу жөндөмүнө жетишет.

Учурда планетабызда өтө сезгич радиотелескоптор иштейт. Күзгүсүнүн диаметри 65 м (Австралия), 76 м (Англия), 100 м (Германия), 300 м (АКШ) жана 600 м (Россия) келе турган радиотелескоптор Космостун табигый радиостанцияларынан астрономдорго «маалымат» берет. Дүйнөдөгү эң кубаттуу радиотелескоп АКШнын Пуэрто-Рико аралында орнотулган (*40-сүрөт*).



40-сүрөт. АКШнын Пуэрто-Рико аралында орнотулган дүйнөдөгү эң кубаттуу радиотелескоп.



41-сүрөт. Жызак облусу Заамин тоолорунун этегинде курулуп жаткан, металл күзгүсүнүн диаметри 70 метрлүү радиотелескоп.

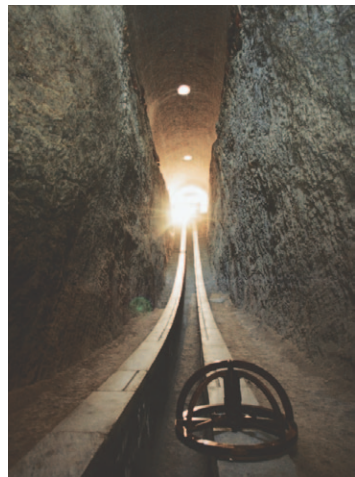
Жызактын Заамин районунун тоо этегинин Супа аттуу жеринде металл күзгүсүнүн диаметри 70 метр келе турган ири радиотелескоп курулууда (41-сүрөт). Бул телескоп Космостун «радиожүзүн» майда деталдары менен көрүүгө мүмкүнчүлүк берет.

32-§. Улукбек обсерваториясынын «башкы телескобу»

Улукбек обсерваториясы. Асман телолорун үйрөнүүдө улуу мекендеш-терибибиздин да кызматтары чоң болгон. Алардан бири Амир Темурдун небереси Мырза Улукбек (1394–1449). XV кылымда Улукбек Маварауннахрдын таанымал астрономдорунан Казызада Румий, Жамшид Кошийлерди Самаркандга чакырып, алар менен асман телолорун текшере турган астрономиялык обсерватория, алсак, эң ири байкоо аспабы – *секстант*ты куруу боюнча кеңешет. Аалымдар бир добуштан бул ойду колдошкондон соң, 1420-жылдардын башында Самарканддын Көхак деген дөңсөөсүнүн үстүндө радиусу 40,2 метрге тең астрономиялык байкоо аспабын курууну башташат (42-сүрөт). Бул аспаптын жардамында аалымдар Күн, Ай жана планеталардын жылдыздар аралап жасаган кыймылдарын, миңден ашуун жылдыздардын координаталарын аныкташты жана ушулардын негизинде Маварауннахрдагы жүздөгөн шаарлардын координаталарын табышты. Бул аспаптын жаасы айланасынын узундугунун $1/6$ бөлүгүн, тагыраагы, 70° ун түзүп, дээрлик 50 метрге тең эле. Бул астрономиялык аспап Жердин бетинде 11 метрдей тереңдиктен башталып, бул беттен көтөрүлгөн, бийиктиги болсо дээрлик 30 метр болчу. Аспаптын 1° ка тең жаасынын узундугу 70,2 см ге туура келип, ченөө тактыгы $10''$ дук жаага тең эле. Бул ири байкоо аспабы кылымдар бою Самарканд «башынан өткөргөн» согуштардын айынан урап бүлүндү жана кийин изсиз жоголду.



Мырза Улукбек.



42-сүрөт. Улукбектин «телескобу»нун калдык бөлүгү.

1908-жылы археолог В.Л.Вяткин тарабынан анын орду такталып, топурактан тазалгандан соң, анын калдыктары эсептелген жер асты бөлүгү ачылды. Самаркандда орнотулган бул ири «телескоп» мунарасынын сырткы көрүнүшү чынында кандай болгондугу белгисиз болуп, аалымдар арасында талаш алигече уланууда. Улукбектин обсерваториясы орто кылымдарда дүйнөдөгү бар обсерваториялардын ичинде эң ириси болуп, ченөө тактыгы жана салабаттуулугу менен айырмаланып турган. Самарканд обсерваториясында Улукбектен башка Жамшид Коший, Казызада Румий, Муйиниддин Коший, Али Кушчулар эмгектенишкен. Бул мектеп аалымдарынын мурасы атайын «Зиж»де берилген.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Телескоптор асман телосун кантип чоңойтот жана жакындатат?
2. Телескоптордун кандай характеристикалык чоңдуктарын билесиң?
3. Улукбек обсерваториясынын негизги күзөтүү аспабы кандай аталат?
4. Улукбек обсерваториясында астрономдор тарабынан аткарылган негизги иштер жөнүндө эмнелерди билесиң?

12-ТЕМА.

33-§. Нурлануу мыйзамдары жана асман телолорунун физикалык мүнөзүн спектрдик методдордун жардамында үйрөнүү

Көпчүлүк асман жарыткычтарынын нурлануулары алар жөнүндөгү физикалык маалыматтардын булагы эсептелет. Алардын нурлануу спектрин үйрөнүү аркылуу жарыткыч булагынын сандык курамы, температурасы, магнит талаасы, кароо сызыгынын багытында кыймыл ылдамдыгы (нурдук ылдамдык) жана алардын башка физикалык мүнөздөмөлөрүнө тиешелүү маалыматтарды алуу мүмкүн. Мындай метод *спектрдик анализ* деп аталып, ал жарыктын дисперсия кубулушуна негизделген. Мисалы, ысытылган телонун сыртынан чыгып жаткан нурлануу энергиясы анын абсолюттук температурасынын 4-даражасына пропорциялуу. Анын 1 м^2 аянтынан чыгып жаткан энергия Стефан-Больцмандын мыйзамына ылайык $\epsilon = \sigma T^4$ төн башталат, мында σ туруктуулук $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Ж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с})$ ка тең.

Жарык нурлары электромагниттик толкундар түрүндө тарайт. Мында ар бир түсүнө бул толкундардын белгилүү бир узундуктагысы туура келет. Жа-

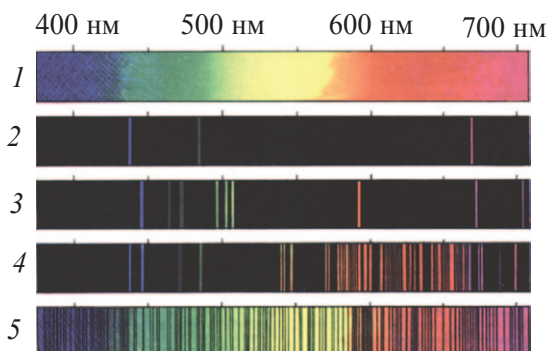
рык нурунун спектринде көзгө көрүнө турган толкун узундуктары кызыл нурлардан кызгылт-көк нурларга карай болжол менен 0,7 мкм ден 0,4 мкм ге чейин азайып барат. Спектрде кызгылт-көк нурлардан кийин туруучу жана көзгө көрүнбөй турган ультракызгылт-көк нурлар, сезгичтиги бул нурларда жогору болгон фотопластинкаларда катталат. Жарыткычтардан келе турган андан да кыска толкундуу нурлар *рентген нурлары* деп аталып, жер атмосферасынан өтө албастыгы себеп аларды Жер атмосферасынан сыртта, космостук станцияларга орнотулган атайын телескоптордо гана байкоо мүмкүн. Учурда спектрдин кызыл участкасында жаткан инфракызыл жана радионурларды да атайын каттагыч курулмалар менен байкоого болот.

Күн жана жылдыздардын атмосферасы кайнак газ менен капталгандыктан алардын үзгүлтүксүз спектри нурлануунун жылдыздар атмосферасынан өтүүдө ал жердеги атомдор тарабынан жутулганы себеп, кара сызыктар менен кесилген жутулуу спектри көрүнүшүн алат. Ошондуктан Күн жана жылдыздардын спектри жутулуу спектрлери болуп саналат (*43-сүрөт*).

Асман телосунун Жерге салыштырмалуу кароо сызыгы багытындагы нурдук ылдамдыгы анын спектрин талдоонун негизинде табылат. Эгерде жарык булагы жерге жакындашып жаткан болсо, алардын спектриндеги сызыктардын толкун узундугу спектрдин кыска толкундуу жагына азаят, эгерде ал алыстап жаткан болсо, анда сызыктар спектрдин узун толкундуу жагына (кызыл жагына) жылат. Мындай кубулушту төмөнкү формула түрүндө жазуу мүмкүн:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right) \text{ же } v = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} c,$$

мында булактын v – нурдук ылдамдыгын λ_0 – кыймылсыз булактан келаткан нурдун толкун узундугу; λ – кыймылдагы булактын толкун узундугу жана



43-сүрөт. Жарыткычтын туташ (1), салыштыруу (2, 3, 4) жана Күндүн сызыктуу (5) спектрлери.

c – жарык ылдамдыгы аркылуу аныктоо мүмкүн. Спектрге көрө жарыткычтын температурасын да аныктоо мүмкүн. Тело кыпкызыл түскө киргиче кыздырылса, анын туташ спектринин кызыл бөлүгү калган бөлүктөрүнө салыштырмалуу жарык көрүнөт. Ал андан да кыздырылса, анын спектриндеги жарык областы тартип менен сары, жашыл, кийин көгүлтүр бөлүктөргө жылып барат. Бул кубулуш жарыткыч спектриндеги нурлануу энергиясынын максимумуна ылайык толкун узундугунун булактын температурасына байланыштуулугун Виндин төмөнкү

$$\lambda_{\max} T = 0,29 \text{ см.град}$$

формуласы аркылуу аныктоого шарт түзөт.

Нурланып жаткан плазманын атомдору Күндүн тагынын магниттик талаасында болгондо, өзүнчө спектрдик сызыктын бөлүктөргө бөлүнүүсү күзөтүлөт (айрыкча, Күндүн тагынын ядросуна тиешелүү бөлүгүндө). Бул кубулуш *Зееман эффекти* деп аталат. Зееман эффектине ылайык, күзөтүлө турган так жайында магнит талаасынын чыңалышы векторунун кароо сызыгы багытына салыштырмалуу жайгашкандыгына карап, спектрдик сызык эки же үч түзүүчүгө бөлүнөт. Мында магнит талаасынын чыңалышынын чоңдугу H , пайда болгон спектрдик сызыктардын четки компоненталар толкун узундуктарынын айырмасына $\Delta\lambda$ пропорциялуу болуп, төмөнкүчө табылат:

$$H = k \Delta\lambda_H,$$

мында k – пропорциялуулук коэффициенти болуп, ал спектрдик сызыктын магниттик сезгичтигине байланыштуу болот.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Оптикалык нурлар электромагниттик толкундар шкаласында кандай интервалда жатат?
2. Шкалада көзгө көрүнө жана көрүнбөй турган нурлар кандай областтарды ээлейт?
3. Учурда оптикалык астрономияда жарыткычтар электромагниттик толкундар шкаласынын кандай толкун узундуктарында изилденет?
4. Жарыткыч спектриндеги нурлануу энергиясынын максимуму толкун узундугунун негизинде анын температурасы кандай аныкталат?
5. Спектрде булактын магнит талаасы болсо, анын чыңалышы кандай табылат?

IV БӨЛҮМ. КҮН СИСТЕМАСЫ ТЕЛОЛОРУНУН ФИЗИКАЛЫК ТАБИЯТЫ

13-ТЕМА.

34-§. Күн – эң жакын жылдыз.

Күн жөнүндө жалпы маалымат

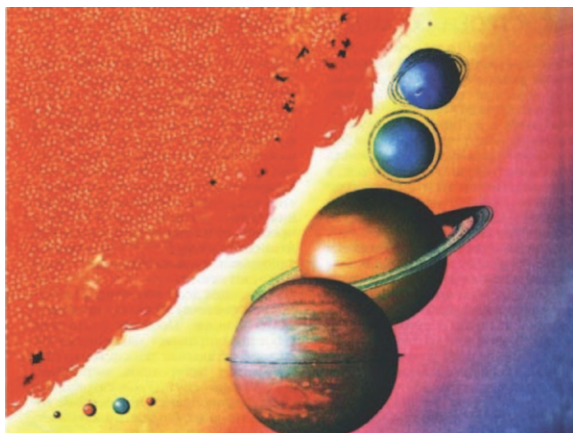
Эгерде Күн өчсө, Жерди караңгылык каптамак, анткени Күндүн жарыгын чагылтуунун эсебинен көрүнө турган Ай жана планеталар да асманда көрүнбөй калып, жылдыздар гана күнүрт шоолалары менен Жерди жарытмак. Ошондой эле, бүтүндөй Жер жүзүн ызгаардуу суук өз «чеңгелине» алат. Бир аптага калбай тропикалык токойлор карга көмүлүп, дарыялар агуудан токтоп, деңиз жана океандар акырындап түбүнө чейин тоңмок, шамал да сокпой калмак.

Ошон үчүн да жашообуздун булагы болгон Күн ар тараптан көңүл бурууга татыктуу асман телосу эсептелет. Күн миллиарддаган жылдыздардын бир мүчөсү болуп, чоңдугу жана температурасына көрө орточо жылдыз саналат. Бирок Жер планетабыз анын жолдошу катары башка жылдыздарга салыштырмалуу Күнгө миллион эсе жакын болгондуктан, жылдыздардан айырмаланып, Күн бизге кыйла чоң бурч (32') астында көрүнөт.

Жер да башка планеталар катары Күндү айланат. Жерден Күнгө чейинки болгон аралык так ченелип (149,6 миллион километр), бир астрономиялык бирдик (1 а.б.) деп аталат. Нур бул аралыкты дээрлик 8,5 минутта басып өтөт. Күндүн диаметри 1 миллион 391 миң километр болуп, Жердин диаметринен болжол менен 110 эсе чоң. Б.а., Күндүн көлөмүнө 1 миллион 300 миңден көп Жердин көлөмүндөгү тело батат. Массасы Жердикен 330 миң эсе оор. 44-сүрөттө Күндүн өлчөмү анын жолдоштору – планеталардын өлчөмдөрү менен салыштырылган. Күндүн бетинин температурасы Цельсий шкаласында 5800 градус айланасында болуп, бул температура борборго карай артып барат жана анын ядросунда болжол менен 15 миллион градуска жетет.

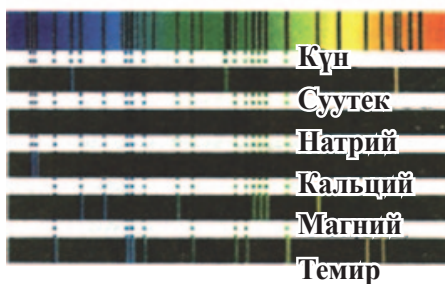
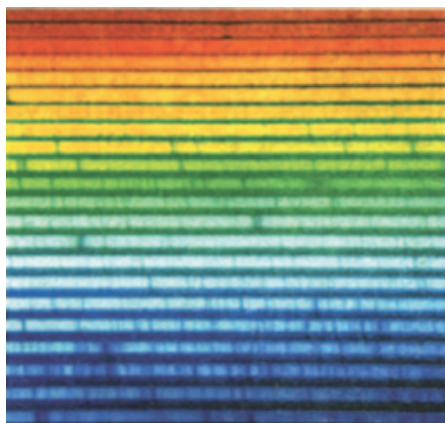
Күндүн 1 секунд ичинде чыгарып жаткан энергиясы $4 \cdot 10^{26}$ Ж болуп, 12 миң триллион тонна көмүрдү күйгүзгөндө бөлүнүп чыга турган энергиянын санына тең болот. Чынында анын Жерге түшүп жаткан энергиясынын саны да аз болбосо да, бирок ал Күндөн ажырап чыгып жаткан бүткүл энергиянын болгону 2 миллиарддан бир бөлүгүн гана түзөт.

Күндүн борборунда басым 200 миллиард атмосферага жетет. Анын орточо тыгыздыгы $1,410 \text{ г/см}^3$. Күн жогорку температуралуу оттуу шардан туруп, аны



44-сурет. Күндүн планеталар менен салыштырылган өлчөмү.

45-сурет. Күндүн спектри. Жогоруда: ыңгайлуулук үчүн бөлүктөргө ажыратылган; ылдыйда: анын түрдүү химиялык элементтерге дал келүүсү көрсөтүлгөн.



Күн

Суутек

Натрий

Кальций

Магний

Темир

түзгөн газ жөнөкөй газдардан айырмаланат жана *плазма* деп аталат. Плазма абалында зат негизинен иондошкон атомдор жана эркин электрондордон турат.

Мындай жогорку температуралуу тыгыз плазма туташ спектрди берет. Бирок мында нурлануу Күндүн атмосфера катмарларынан өтүүдө, түрдүү атомдор тарабынан тиешелүү толкун узундуктарындагы нурлардын жутулуусу себеп Күндүн спектри сызыктуу жутулуу спектрине айланат (45-сурет). Күн да бардык башка асман телолору өндүү өз огу айланасында айланат. Бирок анын айлануусу дифференциалдуу болуп, экватор бөлүгү орточо 25 суткалык мезгил менен, уюлдар жагы болсо 28–29 күндүк мезгил менен айланат.

Күндүн туруктуулугу жана Күндүн жарыктыгы. Күндөн Жерге чейинки орточо аралыкта Жер атмосферасынын сыртында Күндөн келаткан нурларга перпендикуляр болгон 1 см^2 аянтка 1 минут ичинде түшүп жаткан энергиянын саны *Күн туруктуулугу* деп аталат. Күндөн аянтка келаткан анын энергиясынын саны аалымдар тарабынан тыкыр изилденгенде, анын мааниси $2 \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$ же эл аралык бирдикте $(1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2})$ экендиги маалым болду.

Бул негизде табылган Күндүн толук нурлануу энергиясы, б.а. анын жарыктыгын төмөнкүчө табуу мүмкүн болуп, ал $L_0 = 4 \cdot 10^{26}$ Вт ка тең чыгат.

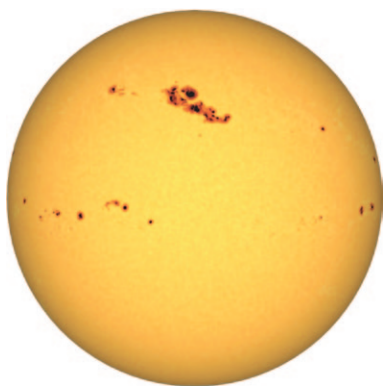
Ал үчүн Күн туруктуулугун ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$), радиусу 1 а.б. болгон сферанын аянтына көбөйтүү керек болот. Мында Күн энергиясы чоң кубаттуу Красноярск ГЭСинин энергиясынан ($6 \cdot 10^6$ кВт) $6,67 \cdot 10^{16}$ эсе көп экени маалым болот.

Суроо жана тапшырмалар:

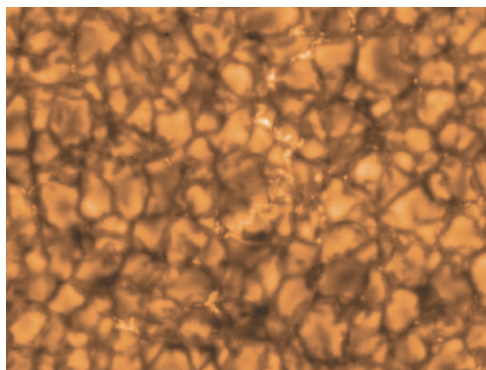
1. Күн кандай асман телосу эсептелет?
2. Күндүн өлчөмүн Жердин өлчөмү менен салыштыр.
3. Күндүн фотосферасы кандай спектрге ээ?
4. Күн кандай зат жана элементтерден турат?
5. Күн туруктуулугу дегенде эмнени түшүнөсүң?

35-§. Күндүн фотосферасы жана анын курамы. Күн тактары

Негизинен, көздүн көрүү чек арасында жатуучу толкун узундугундагы нурларды чыгаруучу Күндүн атмосферасынын астыңкы катмары *фотосфера* деп аталат (46-сүрөт). Фотосфера телескоптор жардамында күзөтүлгөндө, ал жөнөкөй көз менен күзөтүлө турган бир калыптагы жаркырактыкка ээ тегерктен кыйла айырмаланат. Стратосферада атайын телескоптун жардамын-



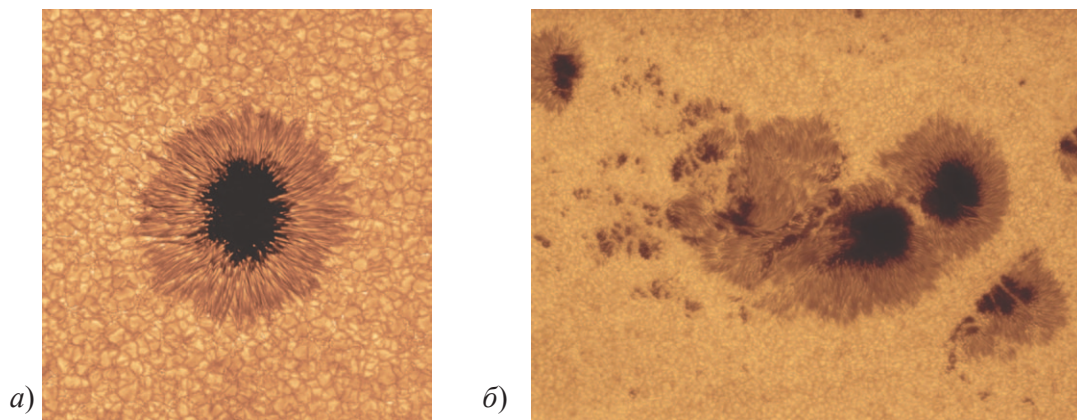
46-сүрөт. Күндүн фотосферасы (тактары менен).



47-сүрөт. Күндүн бетинин чыныгы структурасы – грануляция.

да алынган Күндүн сүрөттөлүшүндө көзгө даана байкала турган нерсе анын сыртындагы бал аарынын уясын эстетүүчү гранулалар эсептелет. Мындай дааналардын структурасы илимде *грануляция* деп аталат («гранула» – майда даана дегени). Соңку жылдарда грануляциянын так сүрөттөрү атайын гелий газы менен толтурулган баллондордо стратосферага учурулган Күн телескопторунун жардамында алынды. Бул сүрөттөрдүн жардамында гранулалардын жарыктыгы, «жашоо» мезгили жана алардын физикалык мүнөзүн спектрдик изилдөөгө таандык көп жаңы маалыматтар алынды. Мисалы, бул дааналуу дааналуу структура фотосферада жүрүп жаткан конвекциялык жараянды өзүндө чагылдырышы маалым болду. Гранулалардын орточо чоңдугу 500 километрдей болуп, чынында 200 километрден 700–800 километрге чейин чоңдуктагылары кеңири тараган (47-сүрөт). Фотосферада гранулалардан сырткары чынжыр сымал шоолалуу областтар да телескоптордо алынган Күндүн сүрөттөлүшүндө көрүнөт. Мындай областтар *факелдер* деп аталат. Факелдер көбүрөөк Күн тактары менен бирге учурайт.

Күн тактары – магнит аралдары *. Күн фотосферасында күзөтүлө турган, физикалык табияты жагынан табышмактарга бай объекттер анын *тактары* болуп саналат (48-сүрөт). Күндүн тактарынын чоңдугу түрдүүчө болуп, алардын өлчөмү бир нече миң километрден бир нече жүз миң километрге чейин жетет. Биринчи болуп 1610-жылда Галилей тактар Күндүн түздөн-түз бетки катмарына таандык экендигин өзү жасаган телескоптун жардамында күзөтүп аныктаган.



48-сүрөт. Күндүн тактары: а) туура так; б) тактардын тобу.

Андан бери өткөн 4 кылымдын ичинде аалымдар Күн тактарына таандык көп көйгөйлөрдү, мисалы, алардын пайда болушу жана өнүгүүсү, о.э. физикалык табиятына тиешелүү бир топ маселелерди чечишти. Күндүн тактарында күчтүү магнит талаасы чогулган. Адатта, Күндө тактар жалгыз түрдө өтө аз кезигет (*48-а сүрөт*). Алар топ-топ түрдө көбүрөөк күзөтүлөт (*48-б сүрөт*). Белгилүү бир тактар тобунда бир же эки ири карама-каршы магнит уюлуна ээ болгон тактан сырткары дагы бир нече майда тактар болот. Күн тактарынын температурасы фотосфераныкынан орточо 1500 °C ка төмөндүгү себеп алар фотосферада карайып көрүнөт.

Күн тактарынын «жашоо» мезгили түрдүүчө болуп, бир нече күндөн бир-эки айга чейин созулат. Бир-эки ай бою «жашай ала турган» тактар көп учурабайт. Тактар Күндүн бетинин бардык бөлүктөрүндө пайда боло бербестен, анын $\pm 5^\circ$ тан $\pm 40^\circ$ кеңдиктери арасындагы аймактарда пайда болот.

Күн физикасына тиешелүү маанилүү көйгөйлөрдөн бири андагы тактардын санынын жылдар бою системалуу өзгөрүп туруусу болуп саналат. Күн тактарынын санына тиешелүү дээрлик 100 жылдык материалды чогултуп жана бир нече он жыл бою астроном-сүйүүчүлөрдүн арасында Күндүн тактарын системалуу байкоону жолго койгон швейцариялык аалым Рудольф Вольф Күн тактарынын санынын өзгөрүүсүнүн орточо мезгилин 11,1 жылга тең деп тапты.

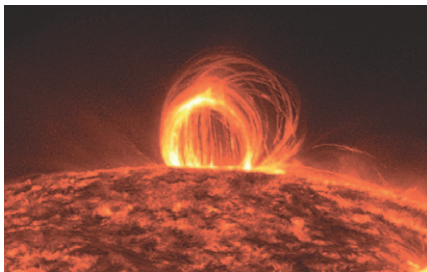
Күн тактары Күндөгү эң активдүү жараяндардан экендиги жана Күндүн атмосферасы катмарларында учурай турган бардык башка активдүү кубулуштар менен түздөн-түз байланышта болгондугу себептүү, Күн тактары санынын 11,1 жылдык мезгили *Күндүн активдүүлүгүнүн мезгили* катары кабыл алынган.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Күн фотосферасы дегенде анын кайсы катмарын түшүнөсүн?
2. Күн фотосферасында жакшы байкоо шартында кандай объекттер күзөтүлөт?
3. Грануляция (дааналуулук) кандай көрүнүштөгү структура?
4. Күн тактарынын ачылуу тарыхы жөнүндө айтып бер.
5. Тактар фотосферада эмнеге карайып көрүнөт?
6. Өзүнчө так жана так топторунун магнит талаасынын касиеттери кандай?
7. Күндөгү тактардын саны орточо кандай мезгил менен өзгөрөт?

Протуберанецтер – жалындын «тилдери». Күндүн фотосферадан жогорку катмары *хромосфера* деп аталып (грекче «*chromos*» – түс), бийиктиги 14000 км ге чейин жетет (*49-сүрөт*). Бул катмарда кезиге турган ири объекттерден бири протуберанецтер болуп саналат. Күндөгү бул объекттер сырткы көрүнүшү менен жалындын «тилин» эстетет. Жалындын «тилдеринин» спектри алардагы газдын басымы, температурасы жана кыймыл ылдамдыгы өндүү физикалык чоңдуктарын аныктоого мүмкүнчүлүк берет.

Айныкса, 1920-жылда француз окумуштуусу Й.Петит сунуштаган жана учурда колдонулуучу метод хромосфера спектринин атайын сызыктарында аларды чоң ылдамдык менен киного алууга (секундуна 16 кадр) мүмкүнчүлүк берип, тез өзгөрө турган протуберанецтердин эволюциясын үйрөнүү үчүн өтө жардам берди. Протуберанецтер да хромосферанын нурлануусу өндүү кальцийдин индошкон сызыктары (H жана K) жана суутектин кызыл (H α – толкун узундугу 6562Å, 1 Å = 10⁻⁸ см) сызыгында күчтүү нурланат. Ошондуктан да ал көптөгөн обсерваторияларда (мисалы, Ташкент обсерваториясында да) ушул сызыктын толкун узундугуна туура келген нурду өткөрүүчү монохромдук фильтрлер менен куралданган телескоптордо үйрөнүлөт. Бул нурда (6562 Å) алынган хромосферанын сүрөттөлүшүндө протуберанецтер Күн дискинде проекцияланып, сүйрү ийилген кара булалар көрүнүшүндө болот. Күн диаметрин билген түрдө бул була (протуберанец)лардын өлчөмү такталганда, алардын туурасы 6000–10000 км, узуну болсо бир нече жүз миң километрге чейин жетиши маалым болду. Жалындын тили көрүнүшүндө Күндүн четинен көтөрүлгөн протуберанецтердин бийиктиги да бир нече жүз миң километрден

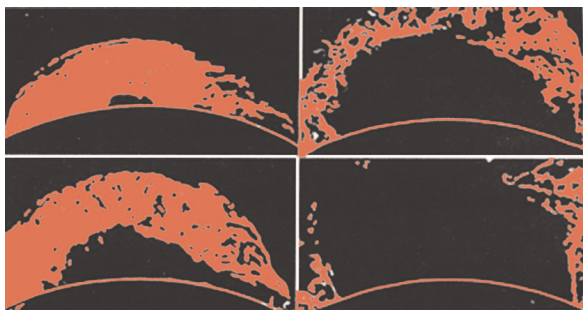


49-сүрөт. Хромосферанын ири объекттеринен бири – протуберанецтер.

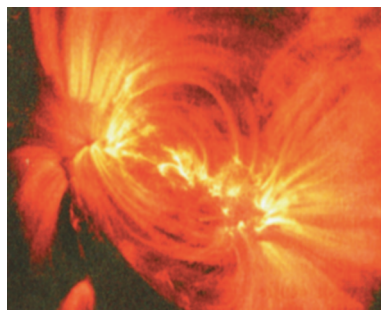
кем болбостугу, алар Күндө өтө чоң жараяндардан бири экендигинен кабар берет.

Протуберанецтердин өнүгүүсүндө магнит талаасынын ролу чоң. Аларга тиешелүү магнит талаасынын чыңалышын ченөө мындай тажрыйбанын бир аз болсо да татаалдыгы себеп өткөн кылымдын 60-жылдарында гана жолго коюлду.

Протуберанецтер айланадагы хромосферага салыштырмалуу кыйла тыгыз плазма



50-сүрөт. Күн тактары менен байланыштуу активдүү протуберанецтин өнүгүүсү.



51-сүрөт. Хромосферанын эн кубаттуу объекти – жаркыроолор.

булут (температурасы $5000\text{--}10000\text{ }^{\circ}\text{C}$, тыгыздыгы – $1\text{ куб см де } 10^{10}\text{--}10^{12}$ бөлүкчөгө туура келет)тан турган болуп, дээрлик жүз эсе ысыгыраак Күн таажысы менен курчалган. Протуберанецтер Күн дискинин четинде дөңсөө, чөптүн үймөгү, сыйыртмак сымал жана воронка өңдүү түрдүү көрүнүштөрдө болот. Алар активдүүлүктөрүнө карай бири-биринен айырмалануучу тынч, активдүү жана эруптивдүү топторго бөлүнүп үйрөнүлөт. Активдүү жана эруптивдүү протуберанецтер Күн тактары менен түздөн-түз байланышта болот (*50-сүрөт*).

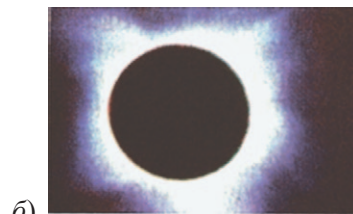
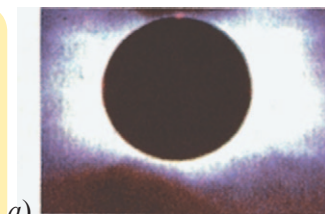
Хромосферанын жаркыроолору. Күндө күзөтүлө турган эн күчтүү жараяндардан дагы бири *хромосферанын жаркыроолору эсептелет* (*51-сүрөт*). Бир нече минутка созулган жаркыроодон бөлүнүп чыгуучу энергиянын саны саатына 100 триллиондон миң квадриллион киловатт ($10^{14}\text{--}10^{18}$ кВт)ка чейин жетет. Бул дегени бир күчтүү Күн жаркыроосу маалында ажырап чыгып жаткан энергия Жердеги бүткүл отун корлорунун күйүшүнөн бөлүнүп чыгуучу энергиянын көлөмүнө тең дегени.

Хромосфера жаркыроолору Күн тактары менен тыгыз байланыштуу болуп, негизинен, Күндүн тактуу аймактарына жакын жерлерде учурайт.

Жаркыроо аймагындагы газ кыймылын атомдордун спектрдик сызыктарынын абалына көрө үйрөнүү, бөлүкчөлөр агымынын Күндөн сыртка атылуу ылдамдыгы секундуна 500 дөн 1000 км ге чейин жетишин маалым кылат. Күндөн көтөрүлгөн сейрек корпускулярдык бөлүкчөлөрдүн агымы «*күн шамалы*» деп аталат. Мындай «шамал» 1,5–2 күндө Жер орбитасына чейин жетип келет. Күн шамалы Жерге жетип келгенден кийин, түрдүү геофизикалык кубулуштарда байкалат жана Жердин биосферасына да сезилерлүү даражада таасир этет.

52-сүрөт. Күн таажысы жана анын активдүүлүк даражасына байланыштуулугу:

а) активдүүлүгүнүн максимумда; б) активдүүлүгүнүн минимумунда.



Күн таажысы. Күн толук тутулуп жатканда, б.а. Ай диски аны бизден толук тоскондо, Күндү асмандын кара фонунда, 1–2 Күн радиусу (кээде андан ашык) аралыгына чейин созулган күңүрт күмүш сымал шоола күзөтүлөт (52-сүрөт). Күн таажысы деп атала турган бул кубулушту адамдар өтө байыртадан Күн толук тутулган маалдарда байкашкан.

Таажынын жалпы формасы Күндүн активдүүлүк даражасы менен түздөн-түз байланыштуу болуп, ал тактардын санынын *максимумга* жеткен мезгилинде Күндүн айланасын, Күндүн активдүү аймактарынын жайгашуусуна көрө, ар түрдүү бийиктикте курчайт (52-а сүрөт), *минимум* мезгилинде болсо күмүш түстүү шоола экватор тегиздигинде гана чоңураак бийиктикке көтөрүлөт (52-б сүрөт). Таажыда күзөтүлүүчү өзгөрүүлөр, мисалы, таажы структурасынын касиеттери Күн атмосферасынын таажы асты катмарларында жүрүүчү активдүү кубулуштар менен байланышта экендигин көрсөтөт. Күн таажысында күзөтүлө турган эң жарык жана радиус боюнча созулган агымдары, негизинен, фотосферадагы тактуу аймактардын үстүндө болот. Күндүн радиодиапазондо күчтүү нурлана турган бөлүгү анын атмосферасынын таажы катмарына туура келет.

37-§. Күн энергиясынын булагы *

Табияттын энергия үчүн универсалдык мыйзамынан маалым болгондой, энергия сакталуу касиетине ээ: ал бардан жок болбойт жана жоктон пайда да болбойт. Демек, түндө жымындаган миндеген жылдыздар жана Күнүбүздүн энергия булагы эмнеде, деген суроо туулат. Күндүн аныкталган «жашы» дээрлик 4,8 млрд жылга тең. Мындай чоң мезгил ичинде тынымсыз нурланып турган Күн, жылдыздардын жоготуп жаткан энергиясы кандай физикалык жараяндын эсебинен толукталып турулушу көйгөйүн чечүү астрономдордун кылымдык тилектеринен болчу. 1938–1939-жылдарга келип, астрофизиктерден А.Эдингтон, К.Вейсеккер жана Г.Бётелер жылдыздардын энергия булагы боло ала турган ядролук реакциялардын теориялык эсеп-кысабын иштеп чыгышты.

Белгилүү болгондой, атом ядросун түзүүчү протон жана нейтрондор өз ара өтө чоң тартылуу күчү (бул күч ядролук күч деп аталат) менен байланышкан болот жана буга тиешелүү түрдө байланыш энергиясы да өтө чоң болот. Эгерде ушундай байланыштагы атом ядросуна сырттан дагы бир протон же нейтрон кире алса, ал жаңы ядро пайда кылат жана ядродон сезилерлүү энергиянын ажырап чыгуусуна себеп болот. Анткени ядро бөлүкчөлөрүнө кошулган жаңы бөлүкчө ядролук күчтөр аркылуу алар менен байланышат. Натыйжада пайда болгон ашыкча энергия ядродон протон же нейтрон менен, же электрон же позитрон менен алып чыгып кетилет. Мындай кубулуш *ядролук реакция* деп аталат. Бирок жаңы протон же нейтрондун ядрого кирүүсү оңою менен болбойт. Ал үчүн келип кошула турган бөлүкчө атомдун ядросуна ядролук күчтөр таасирине бериле турган даражада жакын аралыкка келиши (протон үчүн болсо ядронун түртүлүү күчүн да жеңген абалда) зарыл болот. Демек, кошулуучу протон же нейтрон ядрону көздөй өтө чоң ылдамдык менен (б.а. энергия менен) жакындашышы керек болот.

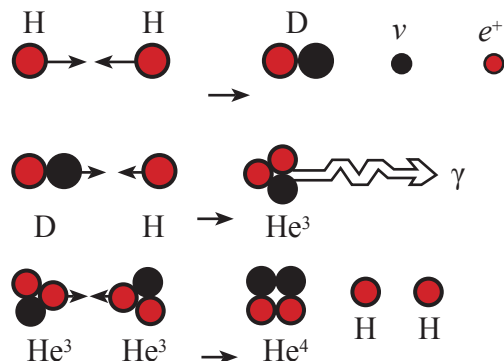
Теориялык эсептөөлөр, жылдыздардын (Күндүн дагы) борборундагы бир нече миллион градуустуу температура протондорго дал ушундай ылдамдыкты бере алышын, ал жерде *термоядролук реакция* үчүн ыңгайлуу шарт бар экенин маалымдады. Нейтрондор болсо мындай жогорку температурада туруктуулугун жоготуп, жарым саатка жетип-жетпей протон, электрон, нейтриного ажырап кетишин жана ядролук реакцияларда дээрлик катышпастыгын көрсөттү.

Жылдыздар борборундагы реакция (төрт протондун биригип, бир гелий атомунун ядросун түзүүсү)нын үзгүлтүксүз кайталанышы жылдыздын нурлануусу себеп космостук мейкиндикке таралып жаткан энергиясын толтуруп турат. Ар бир протондун массасы атом бирдиктеринде 1,00813 тү түзүп, төрт протондуку 4,03252 болот. Гелий атому ядросунун массасы 4,00389 экендигин эсепке алсак, анда бул ядрону түзүүчү протондор атомдук салмагынын 0,02863 бирдигине ($4,03252 - 4,00389 = 0,02863$) тең бул массасы ажырай турган байланыш энергиясына эквиваленттүү масса болуп, ал *массанын дефекти* деп аталат. Бир гелий ядросу пайда болушунда бөлүнүп чыккан энергия белгилүү Эйнштейндин формуласына ылайык:

$$E = mc^2 = 1,67 \cdot 10^{-24} \cdot 0,02863 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ эрг}$$

ке тең болот. Мында: $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с – жарыктын ылдамдыгы; m – массанын дефекти. Эсептөөлөр: Күндүн борборунда ушундай жол менен, ар секундда

53-сүрөт. Күндүн ядросунда жүрүүчү протон-протон циклдүү ядролук реакциянын жүрүү жараяны (H – суутек; D – дейтерий; ν – нейтрино; e^+ – позитрон; He^3 – гелий изотобу; He^4 – гелий; γ – гамма квант).



бөлүнүп жаткан энергия $4 \cdot 10^{26}$ Вт ты, б.а. анын ар секундда жоготуп жаткан энергиясына тең энергияны түзөөрүн маалым кылат. Азыркы маалда төрт протондон гелий ядросу пайда болушу жөнүндө эки удаалаштык реакциясы маалым болуп, алардан биринчиси *протон-протон циклдүү* (53-сүрөт) (дал ушул Күндүн борборунда боло турганы), экинчиси болсо *көмүртөк-азот циклдүү* (көбүнчө жогорку сырткы температуралуу жылдыздардын борборунда жүрө турганы) деп аталат.

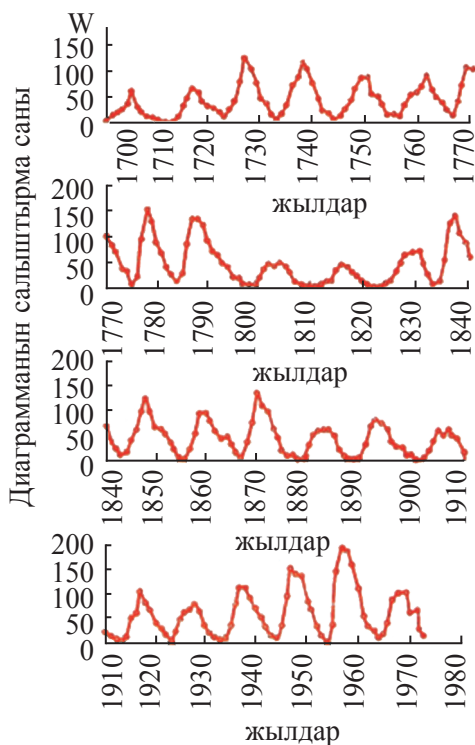
38-§. Күндүн активдүүлүгү жана анын Жерге таасири *

Жерде күзөтүлө турган көптөгөн физикалык жана биологиялык кубулуштардын жүрүшү, мисалы, климаттын өзгөрүшү, түрдүү оорулардын мезгилдүү түрдө кайталанышы, ионосферадагы кубулуштар, Жердин магниттик талаасынын «бороондору» жана космонавттар үчүн радиация коркунучунун пайда болушу – булардын бардыгына Күндө болуучу түрдүү активдүү жараяндар себепчи экендиги илимге көптөн бери маалым. Чынында бул көйгөй толук чечилбеген болсо да, Күндүн активдүүлүгүнүн Жерде күзөтүлө турган, эске алынган кубулуштар менен байланыштуулугун үйрөнүү маселесинде көп ийгиликтерге жетишилген. Бири-биринен дээрлик 150 млн км алыстагы бул эки асман телосунун (Күн жана Жер) арасында болуучу мындай тыгыз байланыш кандай чечмеленет? Бул чоң аралыкта ортомчулук ролун эмне ойнойт?

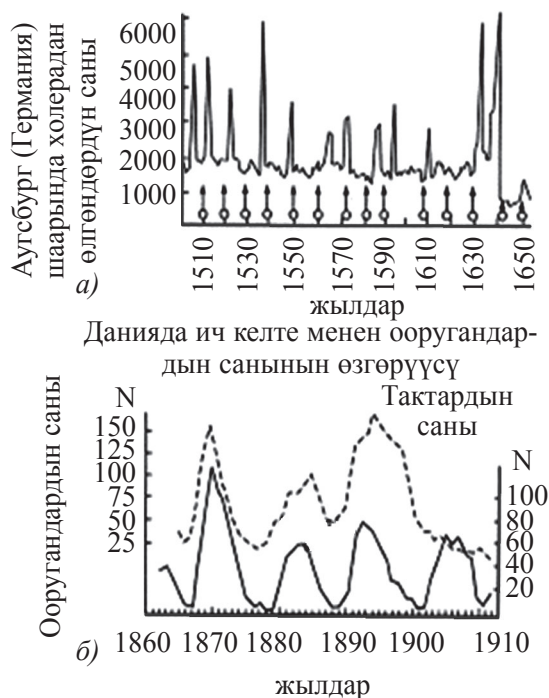
Жерде жашоонун булагы Күн экендиги жана мында Күн нурлары жарытуучу жана жылуулук тартуулоочу негизги каражат экени илгертеден маалым. Бирок, ушуну менен бирге, Күндүн электромагниттик толкундарынын кыска толкундуу диапазондорунда да жетиштүү интенсивдүү нурлануу аныкталган.

Бул нурлар ультракызгылт-көк, рентген жана гамма-нурлары болуп, Күндөгү активдүү кубулуштар бул нурлардын интенсивдүүлүгүнүн артуусунда негизги булак болуп кызмат кылат. Күн жаркыроолору жана эруптивдүү протуберанецтердеги жарылуулар себеп бул нурлар агымына чоң энергиялуу элементардык бөлүкчөлөр агымы да кошулат. «Күн шамалы» аттуу бул агымдын интенсивдүүлүгү Күндүн активдүүлүгүнүн фазасына карай өзгөрүп барат.

Күндөн келаткан корпускулярдуу бөлүкчөлөр, радиациялык нурлардын интенсивдүүлүгүнүн мындай өзгөрүп туруусу Күндөгү тактардын санынын өзгөрүп туруусу менен бирдей жүрөт. 54-сүрөттө Күндүн активдүүлүгүнүн соңку бир нече он жылдагы өзгөрүшү көрсөтүлгөн. Күн шамалы Жерге жетип келгенден соң, түрдүү геофизикалык кубулуштардын, алсак, магниттик бороондордун келип чыгышына себеп болот. Күндүн активдүүлүгү, оболу, Жер



54-сүрөт. Күндүн активдүүлүгүнүн (тактардын санынын жылдар боюнча) өзгөрүү графиги.



55-сүрөт. Күндүн активдүүлүгүнүн максимуму (шакекчелер) менен холера (а) жана ич келте (б) ооруларынын кокустан жайылуу фазаларынын арасындагы байланыш.

атмосферасынын жогорку катмарларында «жаңырык» берип, кооз уюлдук жаркыроолорду пайда кылат. Күндүн радиациясы, ошондой эле, ионосферанын иондошуу даражасын кескин арттырат. Бул болсо, өз кезегинде, атмосферанын бул катмарларынын электр өткөрүмдүүлүгү электромагниттик нурларды кайтара алуу жөндөмүнө терс таасир этет.

Кээде Күндөн келаткан күчтүү корпускулярдуу агым жогорку концентрациялуу ионосферада кыска толкундуу радионурлардын жутулуу даражасын ушунчалык арттыргандыктан, натыйжада алыс аралыкка кыска толкундуу радиосигналдардын узатылышында бир нече минуттук үзүлүү болуп калат.

Күндүн активдүүлүгү менен Жерде болуучу эпидемиялуу оорулардын арасындагы байланышты үйрөнүүдө орус окумуштуусу профессор А.Л. Чыжевскийдин салымы чоң. Ал кеңири тароочу өлөт, холера, дифтерия, кайталама ич келте өңдүү эпидемиялык ооруларды үйрөнүп, алардын башталышы, өнүгүүсү жана аякташы Күндүн активдүүлүгүнүн түрдүү фазаларына туура келишин аныктады (55-сүрөт).

Р.П. Богачева жана В.М. Бойко өңдүү аалымдар болсо соңку бир нече он жылдык мезгилде полиомиелит ооруларынын динамикасын Рига жана Өзбекстанда изилдеп, бул оорулардын күчөшү Күндүн активдүүлүгүнүн мезгилдүү жүрүшүнө туура келишин аныкташты. Аалымдар Күн жаркыроосунун нерв жана жүрөк-кан тамыр ооруларына таасирин үйрөнүп, анын нерв жана жүрөк оорулары менен Күн жаркыроосунун арасында күчтүү байланыш бар экенин табышты. Биз Күндүн активдүүлүгүнүн Жердин климаттык шарты, өсүмдүктөр биологиясы жана башка жараяндарга таасири көйгөйлөрүнө токтолбодук. Бирок текшерүүлөр көбүнчө Күндүн активдүүлүгү бул жараяндарга да өз таасирин тийгизээрин көрсөтөт.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Күн атмосферасынын кайсы катмары хромосфера деп аталат?
2. Протуберанецтердин Күн тактары менен байланышы барбы?
3. Хромосферанын жаркыроолорунун күчүн кандай элестетесиң?
4. Күндүн радионурлануусу, негизинен, атмосферанын кайсы катмарында болот?
5. Күн энергиясынын булагы эмнеде?
6. Күндүн активдүүлүгү андагы кайсы объекттердин санына салыштырмалуу белгиленет?
7. Күндүн активдүүлүгү Жер атмосферасындагы кандай кубулуштарда жана кандай оору менен ооруган оорулууларга терс таасир этет?

Меркурий. Күн системасындагы сегиз планетанын ичинде Күнгө эң жакыны Меркурий болуп, илгери арабдар аны Уторуд деп аташкан. Меркурийдин орбитасы башка планеталардыкынан айырмаланып, сүйрү эллипс формасында. Ошон үчүн да бул планетанын Күндөн узактыгы 0,31 ден 0,47 астрономиялык бирдикке чейин өзгөрүп турат. Планетанын Күндөн орточо узактыгы 57,91 миллион километрди түзөт. Меркурийдин диаметри 4879 километр болуп, анын бетинде тартылуу күчү Жердикинен 2,6 эсе аз. Б.а., салмагы Жерде 80 кг болгон адам Меркурийде болгону 30 кг чыгат. Бул планета өз орбитасында секундунан орточо 48 километр ылдамдык менен аракеттенип, Күндү 87,97 күндө толук айланып чыгат.

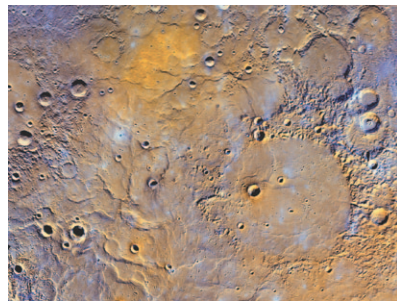
Меркурийдин бетинин күндүзгү орточо температурасы +345 градуска чейин (Күн тике келген жерлеринде +480 градуска чейин – Цельсий шкаласында) көтөрүлүп, түнү –180 градуска чейин төмөндөйт.

Планеталар аралык автоматтык станция 1974-жылда Меркурийден 47 миң 981 километрлүү аралыктан өтүп жатып, планетанын бетинин 500 гө жакын сапаттуу сүрөттөрүн алды. Бул сүрөттөр планетанын «бети» Айга өтө окшош экенин көрсөттү. Айдын бетиндегидей Меркурийдин бети да метеориттердин соккусунан «жабыркап», түрдүү чоңдуктардагы кратерлер менен капталгандыгы «Маринер-10» алган планетанын сүрөттөрүнөн даана көрүнүп турат (56-жана 57-сүрөттөр).

Меркурийдин беттик тектеринин тыгыздыгы Айдыкындай, б.а. 3,0–3,3 г/см³ болуп, орточо тыгыздыгы 5,44 г/см³ экендиги анын борбордук бөлүгүндө те-



56-сүрөт. Меркурийдин бети («Маринер-10»дон алынган сүрөт).



57-сүрөт. Меркурийдин сырткы рельефи.

мир ядросу же эң кеминде силикаттык тектер чоң басым астында металл абалга өтүп жатканынан кабар берет. Планета өтө сейрек атмосферага ээ.

Меркурийдин жолдошу жок.

Венера. Байыркы рим уламышында сүйүү кудайынын аты менен атала турган бул планетанын Күндөн орточо узактыгы 108,81 миллион километр. Венера (өзбекче аты Зухра, кыргызчасы Чолпон) орбитасын бойлой секундуна 35 километр ылдамдыкта кыймылдап, 225 күндө Күндү бир жолу толук айланып үлгүрөт.

Жарыктыгы жагынан Күн жана Айдан кийин туруучу бул планета өтө байыртадан адамдардын көңүлүн өзүнө буруп, кыймылсыз жылдыздардын фонунда аракеттениши биринчи болуп сезилген «адашкан» жарыткыч эсептелет. Ал бат-бат эрте таңда Күн чыгышынан мурда Чыгыштан жаркырап көрүнгөндүктөн ага «Таңкы жылдыз» деп да ат коюшкан.

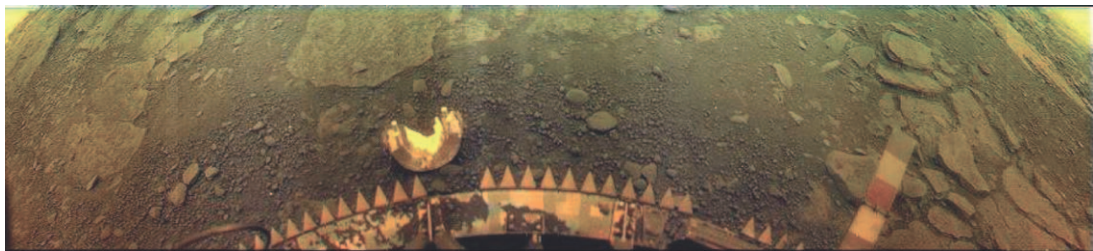
1610-жылда эле Г. Галилей өзү жасаган телескопто аны байкап, Венеранын Ай өңдүү түрдүү фазаларда болушуна күбө болду. Бул кубулуш Венера да Ай өңдүү шар формасындагы асман телосу экендигинин алгачкы далили эле. Венеранын чоңдугу дээрлик Жердикиндей болуп, диаметри 12 миң 104 километрди түзөт.

1761-жылы 6-июнда планетанын кыймылы Күн дискинде проекцияланып өттү. Мындай ажайып кубулушту күзөткөн орус окумуштуусу М.В. Ломоносов Венеранын калың атмосфера менен капталгандыгын аныктады.

Планетаны космостук аппараттарда текшерүү XX кылымдын 60-жылдарынан башталган, бул Венерага тиешелүү көп табышмактарды чечүүгө мүмкүнчүлүк берди. Натыйжада Венеранын өз огу жана Күндү чыныгы айлануу мезгилдери аныкталат.

Белгилүү болгондой, планетанын айлануу огу анын орбита тегиздигине дээрлик тике жайгашып (тагыраагы 93°), анда Жердегидей жыл мезгилдери жок. Ошондой эле, планетаны радиотолкундарда байкоо Венеранын өз огу айланасында жылдыздарга салыштырмалуу айлануу мезгили 243,16 күнгө барабардыгын жана ал Күн системасынын (өз огу айланасында) Чыгыштан батышка карай айлануучу жалгыз планетасы экендигин ачыктады. «Таңкы жылдыздын» бир күнү, б.а. Күнгө салыштырмалуу өз огу айланасында айлануу мезгили 117 Жер күнүнө тең болуп, бир жылы анын эки күнүнөн бир аз азыраак чыгат.

Айныкса, Венерага саякатка жол алган «Венера-14» жана «Венера-15» космостук аппараттары планетаны үйрөнүү тарыхында маанилүү орун тутат.



58-сүрөт. Венеранын «Венера-14» космостук аппараты тарабынан алынган сүрөтү.

«Венера-14» кондурулуучу аппараты планетанын бетинен алынган биринчи сүрөттөлүштөрдү Жерге узатты (58-сүрөт).

Кийинчерээк жолго чыккан АКШнын «Пионер-Венера-1 жана 2» станцияларынын кондурулуучу аппараттары Венеранын атмосферасы жана сыртына таандык төмөнкү жаңы маалыматтарды колго киргизди: планетанын атмосфера басымы өтө жогору болуп, аалымдар эч күтпөгөн санды – 90 атмосфераны көрсөттү. Анын 97% ын көмүр кычкыл газы, 1% ын суу буулары ээлеп, кычкылтек болсо болгону 1,5% ды түзөөрү маалым болду. Планетанын сыртына жакын өлчөнгөн температура $+470^{\circ}\text{C}$ ка тең болуп чыкты. Мындай жогорку температура планета атмосферасында көмүр кычкыл газынын молдугу менен түшүндүрүлөт.

Планетанын булуттарында нурдун чачыроосун үйрөнүү, аларды түзгөн тамчылар, негизинен, сульфат кислотанын 75–85% дуу суудагы эритмеси деген жыйынтыкка алып келди. Планетанын бетинен 40 километрдей бийиктикте шамалдын ылдамдыгы секундуна 100–140 метр болуп, 10 километрге жакын бийиктикте ал кескин азайып, 3–4 м/с ка түшүп калат.

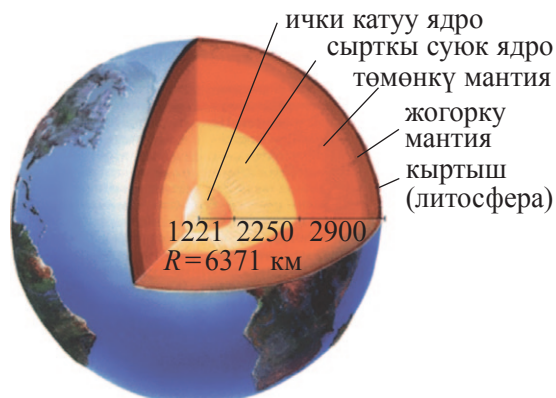
1991-жылы Эл аралык Астрономиялык Бирикменин (ЭАБ) Башкы Ассамблеясы Венеранын 116 рельефтүү элементине дүйнөгө таанылган аялдардын атын берди. Мунун сыймыктана турган жери, бул тизмеде мекендешибиз акын Надырабегимдин да аты бар. Венерадагы кратерлерден бири анын аты менен атала турган болду.

40-§. Жер жана анын табигый жолдошу Ай. Марс

Жер Күндөн узактыгы боюнча үчүнчү орунда туруучу планета болуп, Жерге окшош планеталардын ичинде эң ириси эсептелет. Жер асманда өтө кооз



59-сүрөт. Жердин Айдан туруп алынган сүрөтү.



60-сүрөт. Жердин ички түзүлүшү.

көрүнүшүн анын Айдан алынган сүрөтү толук тастыктайт (59-сүрөт). Планетабыздын экваториалдык радиусу 6378 километр. Жер Күндү секундуна 30 километр ылдамдык менен кыймылдап, 365,24 күндө анын айланасында бир жолу толук айланып чыгат. Планетабызда бир жылда төрт мезгилдин болуу себеби, Жер огунун орбита тегиздигине $66,5^\circ$ жантаюусу менен түшүндүрүлөт. Жер өз огу айланасында 23 саат 56 минут 4 секундда толук айланып чыгат. Бул анын чыныгы айлануу мезгили. Бирок анын Күнгө салыштырмалуу орточо айлануу мезгили 24 саат деп кабыл алынган.

Жердин орточо тыгыздыгы ар куб сантиметрде 5,51 граммга тең болуп, массасы болжол менен $6 \cdot 10^{24}$ килограмм. Планетабыздын атмосферасы миндеген километр бийиктикке чейин созулуп, салмагы дээрлик 5 миң 160 триллион тонна келет. Мындай калың атмосфера Жерде жашоонун пайда болушу жана өнүгүүсүндө маанилүү роль ойногон. Алсак, 20–30 километрдей бийиктикте жайгашкан озон катмары Күндүн кыска толкундуу ультракызылт-көк нурларын күчтүү жутуп, бардык тирүү жаныбарларды, ошондой эле адамзатты мындай нурлардын кооптуу таасиринен сактайт. Атмосферанын 21% га жакынын кычкылтек, болжол менен 78 % ын азот, калган бөлүгүн болсо башка газдар: аргон, көмүр кычкыл газы жана суу буулары түзөт.

Жердин *гидросферасы* анын бетинин дээрлик 71% ын түзөт. Кургактыктын орточо бийиктиги деңиз деңгээлинен 875 метр болуп, дүйнөлүк океандын орточо тереңдиги 3800 метрге чейин жетет. Муздуктар планетабыздын кыйла бөлүгүн ээлеп, негизги бөлүгү Антарктида жана Гренландия кургактыктарын каптайт.

Жердин 3450 км тереңдигинен ички бөлүгүндө суюк абалдагы *ядросу* аныкталган. Бул ядро негизинен эки – радиусу 1221 км ге чейин жете турган ички – катуу жана анын үстүндө 2250 км калыңдыктагы суюк бөлүктөрдөн, үстүңкү бөлүгү болсо 2900 км лүү мантиядан турат (*60-сүрөт*).

Литосферанын катуу астыңкы катмары да бир тектүү болбостон, болжол менен 40 километр тереңдикте кескин чек ара барлыгы аныкталды. Бул беттен жогорку катмар *литосфера кыртышы*, асты болсо *мантия* деп аталат. Температура Жердин борборун көздөй артып барып, мантиянын түбүндө 5000 °С, борбордо болсо 10 000 °С ка чейин жетет.

Жер гиганттуу магнит болуп, *61-сүрөттө* Күн «шамалы» таасиринде анын күч сызыктары структурасынын өзгөрүшү сүрөттөлгөн.

Жердин геомагниттик уюлдары географиялык Жердин уюлдары менен дал келбейт. Түндүк геомагнит уюлунун географиялык кеңдиги 78°5', узундугу болсо 290° чыгыш узундукту түзөт. Б.а., геомагниттик ок Жердин огуна 11,5° тук бурч астында жатат. Геомагнит талаасынын чыңалышы экватордон уюлга карай 0,25–0,35 тен 0,6–0,7 Эрстедге чейин артат.

Ай – Жердин табигый жолдошу. Жерге эң жакын асман телосу Ай болуп, ал планетабыздын табигый жолдошу саналат (*62-сүрөт*). Айдын Жердин айланасындагы орбитасы бардык планеталардын Күндү айлануу орбитасы өндүү эллипс түрүндө. Ошондуктан ал Жерге эң жакын келгенде 363 400 километр, эң алыстаганда (апогейде) болсо 405 400 километр аралыкта болот. Айдын диаметри 3476 километр болуп, анын көлөмү Жердин көлөмүнүн жүздөн эки бөлүгүн түзөт. Айдын массасы Жердин массасынан 81 эсе кичине. Айдын бетинде тартылуу күчү Жердегиден 6 эсе аз. Анын бетинде эркин түшүүнүн ылдамдануусу 1,63 м/с². Айдын орточо тыгыздыгы 3,3 г/см³, б.а. Жердикинен 1,5 эсе аз.



61-сүрөт. Жердин магнитосферасынын структурасы.



62-сүрөт. Ай – Жердин табигый жолдошу.

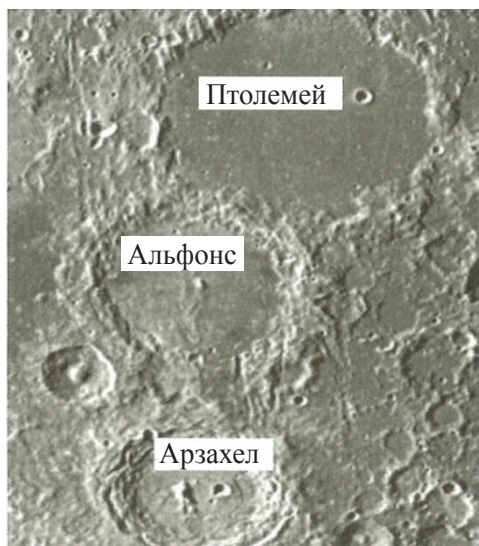
Күндүзү түш маалында Айдын экватору айланасында температура $+120^{\circ}\text{C}$, жарым түндө болсо -150°C ту түзөт.

Ай асматында жылдыздар, Күн таажысынын көрүнүшү жана шооланын көрүнбөстүгүнүн себеби Айдын бетинде атмосферанын жоктугунан, анткени Күн чыккандан түш болгонго чейин 7 күн 9 саат убакыт кетет.

Ай асматынын кооз кубулуштарынан дагы бири планетабыз Жердин көрүнүшү (59-сүрөткө кара). Жер кооз, көгүш шар түрүндө, Айдын асмандагы көрүнүшүнөн төрт эседей чоң көрүнөт. Жер да асманда Ай өңдүү түрдүү фазаларда көрүнөт. Бул абал анын Күнгө салыштырмалуу Айдын кайсы жагында турганына байланыштуу болот. Жер өзүнүн «толгон жер» фазасында болгондо, Айдын бетин толгон Ай Жерди жарыткандан 40 эсеге чейин жарыгыраак жарытат. Айдын асматында «толгон жер» күзөтүлө турган маал – Жерден караганда Айдын жаңы Ай фазасы маалына туура келет.

Айда да ойдуңдар (деңиздер деп аталат), дөңсөөлөр, тоолор бар (63-сүрөт). Бул объекттерди биринчи жолу Г.Галилей 1610-жылы өзү жасаган телескоптон Айды күзөтүп жатып тапкан.

Айдагы тоолордон эң ирилери Альпы, Апеннин жана Кавказ тоолору саналат. Алардын бийиктиги кээде 9 километрге чейин жетет. Ошондой эле, Айда алкактуу тоолор көп учурайт.



63-сүрөт. Айдын кратерлери жана «деңиздери».

1969-жылдын июлунда АКШнын «Аполлон-11» космостук кемесинде эки астронавт – Армстронг жана Олдрин Айга алгачкы жолу кадам коюшту (64-сүрөт). Алар Айдын үстүндө узак убакыт сейилдеп, Жерге Айдын бетинин таштары, топурагы, кристалдары менен кайтышты. XX кылымдын 60–70-жылдарында «Аполлондор» жалпысынан Айга 12 астронавтты ийгиликтүү кондуруп, Жердин жолдошунун рельефи, физикалык табиятына тиешелүү баалуу маалыматтарды алышты.

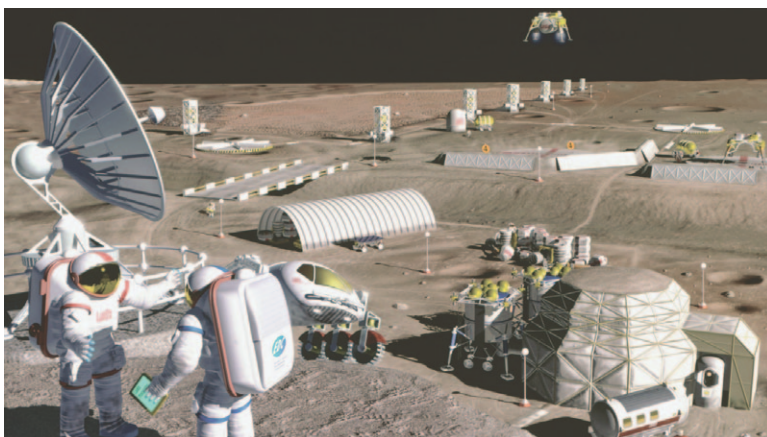
Айды үйрөнүүнүн илим үчүн маанилүүлүгү анын атмосферасыздыгында. Айга орнотулган кичине бир телескоп



64-сүрөт. «Аполлон» космостук кеме экипажынын Ай сыртында сейилдеши.

Жердеги чоң телескоптор жардамында алынган асман телолорунун сүрөттөрүнөн бир нече эсе сапаттуу фотоматериалдарды алуу мүмкүнчүлүгүнө ээ. Айда атмосфера жоктугу себеп ал жерге орнотулган атайын телескоптордо ультракызгылт-көк, рентген жана гамма-толкундарга нурлана турган кубаттуу булактардын физикасын үйрөнүү мүмкүнчүлүгү бар. 65-сүрөттө келечекте Айда курулушу пландалып жаткан илимий станциялардан биринин долбоору келтирилген.

Марс. Рим уламышында согуштун кудайы Марстын аты менен атала турган Жер тибиндеги төртүнчү планетанын орбитасы Жердин орбитасынан сыртта жатат. Анын Күндөн орточо алыстыгы 227,94 миллион километр.



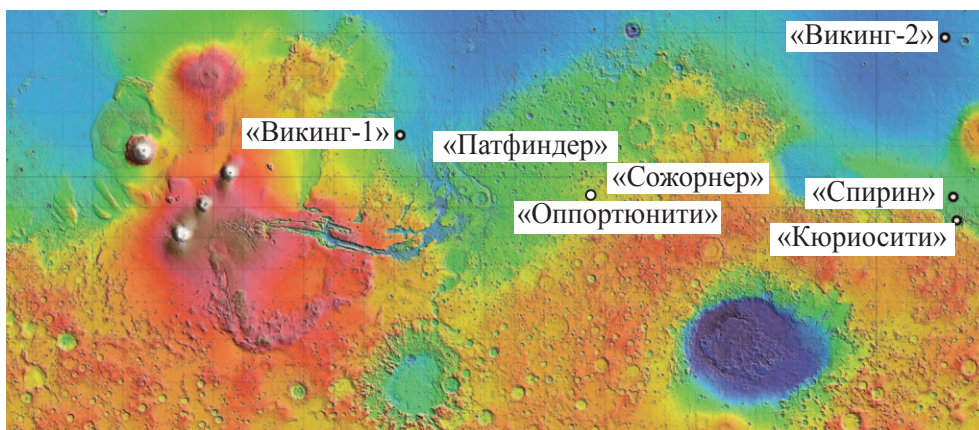
65-сүрөт. Келечекте Айда курулушу пландалган илимий станция.

Марс салыштырмалуу кичине планета, анын диаметри 6779 километр, массасы болсо $6,39 \cdot 10^{23}$ кг (Жер массасынын 0,107 бөлүгүн түзөт). Орточо тыгыздыгы да Жердикинен кыйла аз – $3,94 \text{ г/см}^3$. Эркин түшүү ылдамдануусу – $3,72 \text{ м/с}^2$.

Марс өзүнүн физикалык табияты жагынан Күн системасы планеталары ичинде Жерге «туугандыгы» менен айырмаланып турат. Марс суткасы 24 саат 39,5 минутка тең. Анын айлануу огунун орбита тегиздигине жантаюусу да Жердикинен аз айырмаланып, $65^\circ 12'$ ка тең. Бирок Марс жылынын узундугу 686,98 Жер суткасына (же 669 Марс суткасына) тең. Планетанын 35° кеңдигинде күз мезгилинде, түшкү маалга жакын температура -20°C , кеч -40°C , түнү болсо -70°C ка жетет. Кышта 40° тук кеңдикте температура -50°C тан, 60° тук кеңдикте болсо -80°C – -90°C тан ашпайт. Марстын бетинин минималдык температурасы анын уюлдарында күзөтүлүп, ал кышта -125°C тан төмөн түшпөйт.

Марстын атмосферасы өтө сейрек болуп, бетинде орточо басым 6,1 миллибарга тең (1 бар болжол менен 1 атмосфера). Марс атмосферасынын 95 % ы көмүр кычкыл газы, 2,5 % ы азот, 1,52 % ы аргондон, өтө аз өлчөмдөгү кычкылтек (0,2%) жана суу буусунан (0,1%) турат.

Марстын 20° тан 55° ка чейин түндүк кеңдиктеринин арасынан орун алган жана дээрлик 2000 километрге созулган Эллада ойдуңу кратерлерсиз. Түштүк жарым шардагы дагы башка бир ири аянттуу ойдуң Аргир деп аталат



66-сүрөт. Марстын Эллада, Тарсис жана Аргир дөңсөөлөрүнүн аймагынын картасы (сүрөттө бул дөңсөөлөргө конгон космостук аппараттардын аттары көрсөтүлгөн).

(66-сүрөт). Аргирден түндүк-батыш жакта ири вулкандуу тоолор жайгашкан ойдуң – Тарсис жатат. Анын артында, түндүк жарым шарда белгилүү Амазония жана Утопия ойдуңдары жайгашкан. 50° параллелден 70° параллелге чейин Чоң Сахара созулуп, ал түндүк уюлду курчаган тоо шакеги менен чектелет.

Марс рельефинин негизги кооздуктарынан бири планетанын тоолору. Планетанын Тарсис районунда төрт конус формасындагы тоо көккө бой созот. Бул тоолор вулкандуу жараян таасиринде пайда болуп, алардан эң түштүгүндө жайгашкан Арсия тоосунун чокусундагы кратердин диаметри 130 километрди түзөт. Бул тоолордун арасында эң чоңу Олимп тоосу болуп, ал Жердеги вулкандуу тоолордон бир нече эсе чоңдук кылат. Олимп тоосунун конусунун негизинин диаметри 600 километрге, бийиктиги болсо 27 километрге тең.

Марс рельефинин эң кызыктуу объекттеринен бири узундугу бир нече жүз километрге чейин созулган жаракалар саналат. Арсия тоосунан 20° чыгышта мындай жаракалардан бири жайгашып, анын узундугу 400 километрге чейин, кеңдиги айрым жерлерде 30 километрге чейин, тереңдиги болсо 2 км ге чейин жетет.

«Кызыл планетанын» бетинде күзөтүлүүчү башка бир «сыр» дарыя өзөндөрү саналат. Булардын ичинде 30 градустай түштүк кеңдикте жайгашкан Ниргал деп аталган дарыянын өзөнү 400 километрге чейин созулган (67-сүрөт). Ошондой эле, узундугу 700 километрге чейин жете турган башка бир дарыя өзөнү Маадимдин кеңдиги айрым жерлеринде 80 километрге чейин жетет. Бул дарыя өзөндөрүндө азыр эч кандай суюктук акпасы анык. 1976-жылда Утопия



67-сүрөт. Марстын Ниргал аттуу дарыясынын өзөнү.



68-сүрөт. Марстын бетинин «Викинг-1» (АКШ) тарабынан алынган сүрөтү.



69-сүрөт. Марстын Фобос деп аталуучу жолдошу (өлчөмү 18×22 км).

тегиздигине конгон «Викинг-1» айланасынын сүрөттөлүшүн Жерге узаткан. Сүрөттөрдө түрдүү чондуктагы ири таштар жана топурак бархандары көзгө даана байкалат. Мындай бархандардын пайда болушуна бороон себепчилиги айкын көрүнүп турат (*68-сүрөт*). Ошондой эле, сүрөттөлүштөгү айрым кратерлердин түрүндө күзөтүлгөн жана суу бууларынан турган туман Марстын ичинде суунун корлору (муз түрүндө) бар экенине далил боло алат. Марста аныкталган шарт анда жашоо (микроорганизмдер) болушу мүмкүн, деген тыянакты берет.

Марстын эки табигый жолдошу бар. Алардан бири Фобос (Коркуу), экинчиси болсо Деймос (Коркунуч) деп аталат. Фобостун эки өз ара перпендикуляр өлчөмдөрү, тиешелүү түрдө, 18 жана 22 километр болуп (*69-сүрөт*), Деймостун ушундай өлчөмдөрү 10 жана 16 километрди түзөт. Фобос Марстын бетинен орточо 6000 км алыста – анын айланасында 7 саат 3 минутта айланып чыгат, Деймос планетадан 20 000 км нарыда 30 саат 18 минутта айланып чыгат.

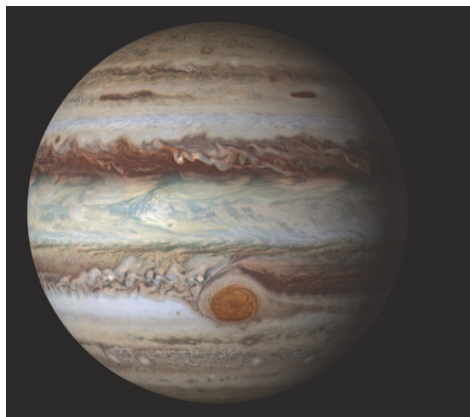
Суроо жана тапшырмалар:

1. Меркурийдин өлчөмдөрү жөнүндө кандай маалыматтарга ээсиң?
2. Венеранын атмосферасы, андагы физикалык шарт (температурасы, басымы) жана курамы жөнүндө эмнелерди билесиң?
3. Планетабыз Жер жөнүндө жалпы маалымат бер. Жер кандай ички катмарлардан турат?
4. Айдын рельефи жөнүндө эмнелерди билесиң?
5. Марс кайсы өзгөчөлүктөрү менен Жерге жакын саналат?
6. Марста күзөтүлгөн дарыя өзөндөрү чыныгы дарыяларбы?

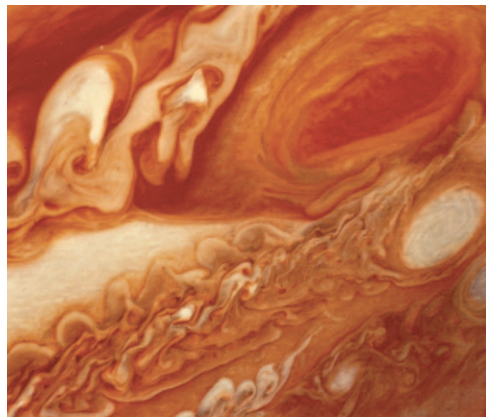
Юпитер. Күн системасы планеталарынын ичинде эң чоңу эсептелген Юпитер табияты жана түзүлүшү боюнча табышмактарга байлыгы менен астрономдордун көңүлүн өзүнө тартат. Юпитердин орточо радиусу Жердин радиусунан дээрлик 11 эсе чоң. Бул ири планета Күндү орточо 778,5 миллион километрлүү аралыкта айланат. Планетанын Күндү айлануу ылдамдыгы секундунуна 13 километр болуп, 12 жылда бир жолу айланып чыгат.

Кызыгы, Юпитердин өз огу айланасында айлануусу Жер тибиндеги планеталардыкынан айырмаланып, экватор бөлүгү батыраак – 9 саат 50 минуттуу мезгил менен, түрдүү кеңдиктери болсо түрдүүчө бурчтук ылдамдык менен айланат. Анын массасы Жерден 318 эсе оор. Ошондуктан да Юпитердин тартылуу күчү Жердегиден эки жарым эсе көп. Бул чоң планетага табияты алигече сырдуулугун сактап жаткан объекттер – эни бир нече миң километрге чейин жеткен анын экваторго параллель кара-кызгылт тасмалары мүнөздүү саналат (70-сүрөт). 1878-жылы табылган, узундугу 30 миң, эни 13 миң километрге созулган Чоң Кызыл Тагы (71-сүрөт) планетанын суткалык айлануусунда катышуусу менен бирге, ал жак бул жакка бир нече градуска чейин жылып турат.

Юпитердин атмосферасы суутек, гелий, бир аз метан жана аммиак газдарынан турат. Алынган маалыматтар анда гелийдин көлөмү планета атмосфе-



70-сүрөт. Юпитердин жалпы көрүнүшү.



71-сүрөт. Юпитердин бетинде күзөтүлүүчү Чоң Кызыл Так.

расынын 9 % ына тең экендигин көрсөттү. Планета атмосферасынын негизги бөлүгүн суутек (90%) түзөт.

Гигант планетанын атмосферасында суу бууларынын табылышы да чоң окуя болду, анткени аалымдар анын булуттуу катмарларынын аныкталган температурасы -130°C тан төмөн болуп, мындай температурада суу буулары туруктуу муз абалында гана болушу мүмкүн деп болжолдонгон.

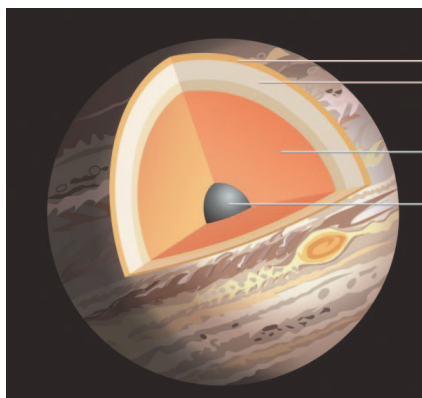
Гигант планетанын магнит талаасы болуп, ал Күндөн келаткан оң жана терс заряддуу космостук бөлүкчөлөр менен аракеттенишип, аларды өз сферасында «капaska» түшүргөн, натыйжада мындай абал планетанын айланасында Жердикине окшош күчтүү радиация тасмаларынын пайда болушуна алып келген.

Юпитер Күндөн Жерге салыштырмалуу 5 эсе чоң аралыкта болгондуктан, бул планетанын бет бирдигинин Күндөн ала турган энергиясы Жердикинен 27 эсе аз. Бирок, ошого карабай, планетанын толук аянты, негизинен, радио жана инфракызыл диапазондордо, анын Күндөн ала турган энергиясынан дээрлик 2,5 эсе көп энергия менен нурланат. Планета жөнүндө алынган эң соңку маалыматтардын негизинде бул ири планетанын ички түзүлүшү математикалык жактан моделдештирилди. Бул моделге көрө, Юпитер атмосферасынын тереңдиги $\approx 10^4$ км болуп, бул чек арадан ылдыйда суюк фаза көрүнүшүндөгү массасы жайгашкан, планетанын борборунда оор элементтерден турган катуу абалдагы ядро бар, деп болжолдонот. Ал жерде басым бир нече он млн. атм-болуп, температура $15\,000\text{--}25\,000^{\circ}\text{C}$ ка чейин жетет (72-сүрөт).

Юпитер өз жолдоштору менен чоң бир «үй-бүлөнү» түзөт, анын табылган жолдошторунун саны майдалары менен эсептегенде 60 тан ашып кетти. Планетанын бул жолдошторунан төрт эң ириси 1610-жылда Г.Галилей тарабынан табылган (73-сүрөт).

1979-жылы март айында Юпитерден 278 миң километр алыстан өткөн АКШнын «Вояжер-1» жана кийинчерээк «Вояжер-2» автоматтык станцияларынын Юпитер жана анын жолдошторун үйрөнүүдө кызматтары өтө чоң болду (74-сүрөт). «Вояжер» алган сүрөттөрдө планетанын 30 миң километрге созулган уюлдук жаркыроосу жана атмосферасында чагылганды эстетүүчү жаркыроолор байкалды. Ошондой эле, планетанын сыртынан 57 миң километр бийиктикте, кеңдиги 8 миң 700 километр жана калыңдыгы 30 километрден көп болбогон, Сатурндукуна окшош шакеги барлыгы да маалым болду.

Автоматтык станция планетанын жолдошу Иодон эң жакын (19 миң км) аралыктан өтүп жатып, анын бетинде учурда аракеттеги вулканды (бийиктиги



Атмосфера
Суюк суутек
Суюк металлдуу суутек
Ядро

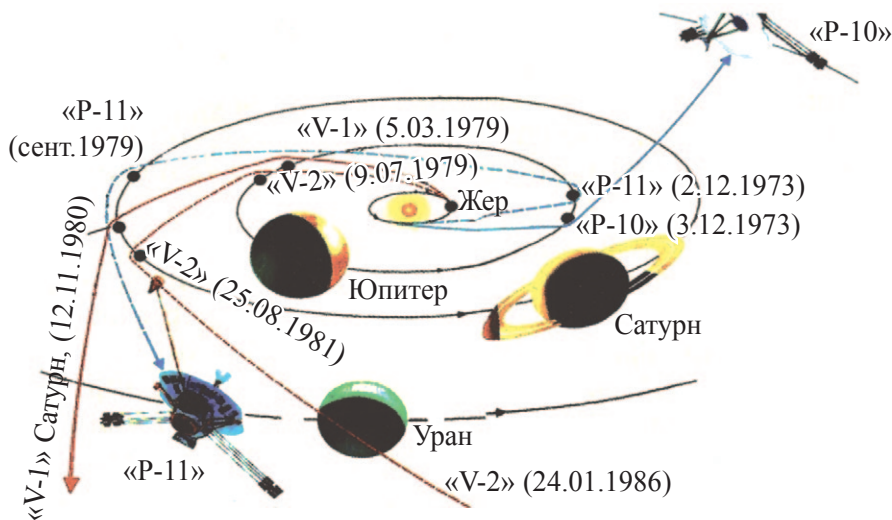


72-сүрөт. Юпитердин ички түзүлүшү.

73-сүрөт. Галилейдин жолдошторунун салыштырма өлчөмдөрү.

160 км), бир нече жүз километрге созулган тоо кыркалары жана жаракаларды аныктады. Каллистодогу кратерлерден бири бир нече концентрикалык тоо алкактары менен курчалган болуп, айрым жайларда бул кыркалардын аралыгы 1600 километрге чейин жетет.

Сатурн. Сатурн чоңдугу жагынан Юпитерден кийин турат, анын диаметри 120 миң 800 километр. Күндөн орточо узактыгы 9,5 астрономиялык бирдик,



74-сүрөт. «Пионер-10», «Пионер-11» («Р-10», «Р-11») жана «Вояжер-1», «Вояжер-2» («V-1», «V-2»)лердин траекториялары.

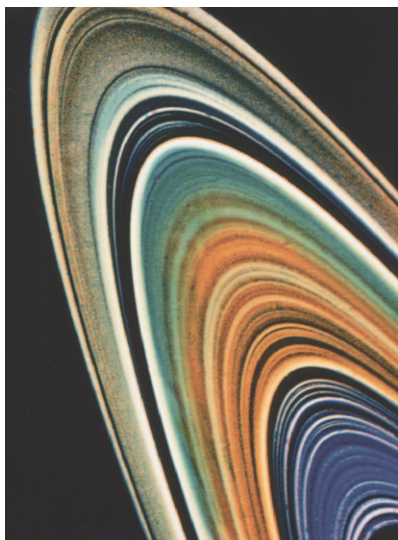
б.а. Күндөн 1 миллиард 427 миллион километр алыста жатат. Алкактуу бул планета орбитасын бойлой секундуна 9,6 километр ылдамдыкта учуп, 29 жыл 5 ай 16 күн дегенде Күндү бир жолу айланып чыгат. Сатурндун өз огу айланасында айлануусу Юпитердикидей түрдүү кеңдиктеринде түрдүүчө.

Планетанын экватордук тегиздиги анын орбиталык тегиздиги менен $26^{\circ}45'$ бурчту пайда кылат. Сатурндун айланасында эни 60 миң километрге чейин, калыңдыгы 10–15 километрге чейин жете турган шакеги барлыгы менен башка планеталардан кескин айырмаланат (*75-сүрөт*).

Сатурнду үйрөнүүдөгү ири кадам 1979-жылдын 1-сентябрында 6 жылдык планеталар аралык «саякаттан» соң Сатурндан 21 миң 400 километр алыстан өткөн Американын «Пионер-11» автоматтык станциясы тарабынан жасалды. Ал өз байкоолорунун негизинде планетанын бетине жакын жерде магнит талаасы 10 эрстедге чейин жетээрин аныктады.

1980-жылдын күзүндө АКШнын башка бир станциясы – «Вояжер-1» Сатурнга жакын жерден өттү. Станциянын планетага жакын жерден алган сүрөттөрү шакек ондогон, атүгүл жүздөгөн өз алдынча алкакчалардан куралганын жана анын тегиздигинде чоңдугу 80 километрге чейинки майда – чакан жолдошторунун айлануусун көрсөттү.

Байкоолор планетанын бетинде температура -180°C тегерегинде экендигин аныктады. Планетанын атмосферасында да



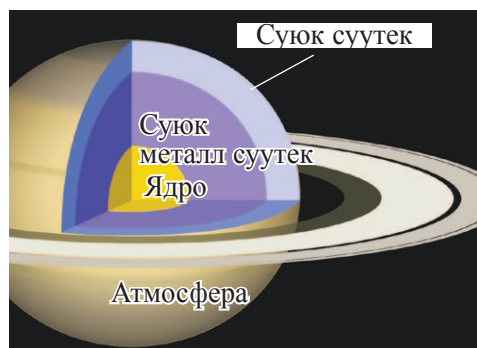
75-сүрөт. Сатурн жана анын шакеги.

Юпитердикидей метан газы (CH_4) менен чогуу аммиак (NH_3) да учурайт. 1974-жылы планета атмосферасында этан (C_2H_6) табылды.

Сатурндун элементтүү курамы Юпитердикинен айырмаланбай, суутек (93%) жана гелийден (6%) турат. Сатурн атмосферасынын калыңдыгы 1000 км айланасында болуп, андан ылдыйда суутектин гелийлүү аралашмасынын катмары жайгашкан.

Планетанын радиусунун жарымына жакын аймакта температура 1000°C , басым болсо 3 млн. атм. га жакын. Андан ылдыйраакта, 0,7–0,8 планета радиусу бийиктигинде суутек металл фазасында учурайт. Бул катмардын астында эриген түрдө Жер массасынан 9 эсеге чейин чоң

болгон силикат-металл ядро жайгашкан (76-сүрөт). Сатурндун жолдошторунан эң чоңу Титан болуп (атмосферасы негизинен азот жана метандан турат), Күн системасындагы планеталардын жолдошторунун ичинде чоңдугу жагынан 2-орунда, б.а. Ганимедден кийин турат (77-сүрөт). Анын диаметри 5151 километр. Кийинчерээк Титан атмосферасында жетиштүү көп өлчөмдө суутек барлыгы аныкталды. 1980-жылы «Вояжер-1» Сатурнга жакындап өтүп жатып, анын 6 жаңы жолдошун тапты. Учурда анын табылган жолдошторунун саны 60 тан ашты.



76-сүрөт. Сатурндун ички түзүлүшү.

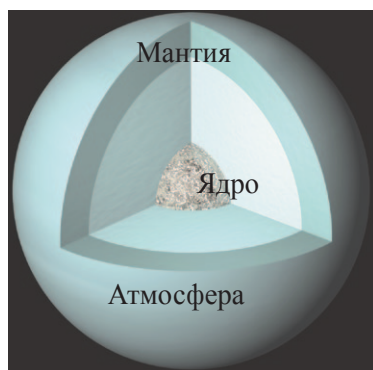
Уран планетасы өзү музыкант, кийинчерээк белгилүү астроном даражасына көтөрүлгөн В.Гершель тарабынан 1781-жылы кокустан табылды. Урандын диаметри 50 миң 724 километр, массасы Жердикинен 14,59 эсе чоң, орточо тыгыздыгы болсо $1,2 \text{ г/см}^3$. Бул планета Күндөн орточо 19,2 астрономиялык бирдик аралыкта анын айланасында айланат. Урандын орбиталдык ылдамдыгы секундуна 6,8 километрди түзөт жана Күндү 84 жылда бир жолу толук айланып чыгат. Уранды радионурларда байкоо анын суткасынын узундугу 10 саат 49 минут экендигин аныктады.

Урандын асманында Күн 2' жакын бурч астында көрүнөт. Урандын сыртын радионурлардын негизинде ченөө анын орточо температурасы -200°C экендигин көрсөттү.

Уран, негизинен, суутек жана гелийден турган болуп, анда бир аз метан да бар экени аныкталган. Урандын ички түзүлүшүн аалымдар алынган маалы-



77-сүрөт. Сатурндун жолдоштору (эң ириси – Титан).



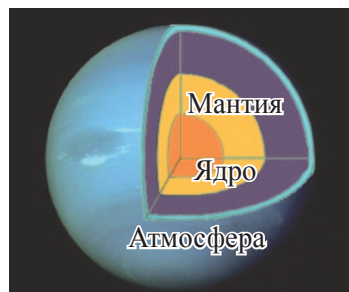
78-сүрөт. Урандын ички түзүлүшү.

маттардын негизинде 78-сүрөттөгүдөй элестетишет. Бул планетанын табылган жолдошторунун саны 21 болду. Алардан эки эң чоңу Титания жана Оберон Гершель тарабынан ачылып, В.Шекспирдин «Жайкы түндөгү түш» комедиясынын каармандарынын аттары менен аталган. Мындан кийин табылган анын бардык жолдоштору да Шекспирдин чыгармаларынын каармандарынын аты менен аталат.

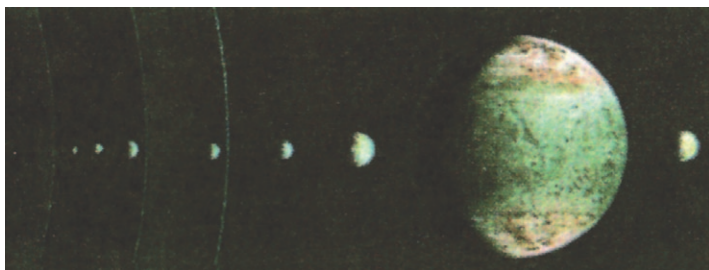
Нептун. 1820-жылы париждик астроном А.Бувар Юпитер, Сатурн жана Урандын координаталары жадыбалын өтө чоң тактык менен эсептеди. Бирок он жыл өткөн соң, Уран алдын-ала

эсептелген өз ордуна бир нече ондогон секунд жаа аралыгына жылганы аныкталды. Астрономдор Урандын аракетиндеги бул жылышуу анын орбитасынан сырттагы башка бир планетанын таасиринин айынан, деген жыйынтыкка келишти.

Мындай татаал математикалык мисалды чечүүгө бир учурда бири-биринен кабарсыз түрдө эки астроном киришти. Алардан бири француз математиги У.Лeverье, экинчиси болсо жаш англис астроному Ж. Адамс эле. 1846-жылы математикалык эсептөөлөрдүн негизинде планетанын орду кайра аныкталгандан соң, У.Лeverье телескоптук жылдыздардын толук картасы бар Берлин обсерваториясынын кызматкерлеринен изделип жаткан планетанын болжолдуу ордун айтып, аны картадан карап берүүнү суранат. 1846-жылы 23-сентябрда



79-сүрөт. Нептундун ички түзүлүшү азырга чейин ушундай элестетилет.



80-сүрөт. Нептундун жолдоштору (эң ири жолдошу – Тритон).

бул обсерваториянын астроному Галле планетаны Леверье айткан жерден болгону бир градус нарыдан тапты. Табылган планета деңиз жана океандардын кудайы Нептундун аты менен аталды.

Нептун Урандан бир аз эле чоң болуп, анын диаметри 49 миң 244 км. Тыгыздыгы ар куб сантиметринде 1,6 грамм. Күндөн орточо узактыгы 30,1 астрономиялык бирдик. Массасы Жердикинен 17,25 эсе чоң. Планетанын Күндү айлануу мезгили 164 жыл 280 күн. Нептун өз огу айланасында 15,57 саатта бир жолу айланып чыгат.

«Вояжер»лердин жардамында спектроскоптук байкоолор Нептунда суутек жана метан бар экенин аныктады. Планетанын тыгыздыгынын Юпитер жана Сатурндун тыгыздыгынан чоңдугу анын курамында оорураак элементтер бар деген жыйынтыкка алып келди (79-сүрөт).

1846-жылы астроном Лассел Нептундун чоң бир жолдошун тапты жана аны Тритон деп атады (80-сүрөт). Тритон өтө массивдүү болуп, диаметри 2707 километрдей келет. Тритон Нептундан орточо 383 миң километр аралыкта, планетанын айлануу багытына тескери орбиталдык кыймыл менен айлانات. Ошондой эле, планетанын бул ири жолдошу кыйла калың атмосфера менен да капталган. 1949-жылы Койпер планетанын башка бир жолдошун тапты жана ага байыркы гректердин сүйүү кудайы Нерей кызы Нереиданын аты берилди. Анын диаметри болгону 300 километр. Планетанын табылган бардык жолдоштору 10 дон көп.

Экзопланеталар. Адамзат космостун сырларын тереңирээк таанып барып, өзүнө өзү «биз космосто жалгызбызбы?» деген суроону көп жолу берген. Бирок бул суроого алигече так жооп табылган жок. Күн системасы планеталарын үйрөнүү, бул аймакта Жердикине окшош жашоонун издерин таппады. Ошондуктан да биз Күн системасында жалгызбыз, деп айтуубузга негиз бар.

Бирок астрономдор Күндүн космосто сейрек жылдыз эместигин, ага окшош жылдыздар сан жеткис экендигин мурда эле аныкташкан. Буга ылайык, миллиарддаган жылдыздардын айрымдарынын айланасында да Жерге окшош планеталар аракеттенип, аларда аң-сезимдүү жашоонун өнүгүүсү үчүн Жердегидей шарт болушу мүмкүн. Башка жылдыздардын жолдоштору саналган мындай планеталарга *экзопланеталар* (латынча «экзо» – тышкары дегени) деп аталат.

Биринчи экзопланета 1995-жылда ачылды. Женева (Швейцария) обсерваториясынын астрономдору М. Майор жана Д. Квелостор тарабынан жаратылган

спектрдик сызыктардын жылышын жогорку тактыкта (13 м/сек) ченей алуучу спектрометрлер буга мүмкүнчүлүк берет. Алар 1994-жылдан баштап галактикабызда Күнгө жакын жайгашкан 142 күн сымал жылдыздардын нурдук ылдамдыктарын тынымсыз ченөөгө киришишти жана бат эле 51 Пегас жылдызы, анын айланасындагы массасы Юпитердикине жакын жолдошу таасиринде 4,23 суткалык мезгил менен «термелип жатканын» табышты.

Мындай изденүүлөрдүн натыйжасында XX кылымдын аягына чейин 20 дай экзопланета ачылды. 2009-жылдын мартында орбитага чыгарылган «Кеплер» космостук аппаратына орнотулган телескоп менен 1000 ден ашуун экзопланета табылды.

Азыркы күнгө чейин ачылган экзопланеталар температурасы жана химиялык курамдарына карай ар түрдүү. Юпитер планетасына окшош (массасы 0,19 дан 13 Юпитер массасына чейин) эң чоң экзопланеталарга «Юпитерлер» деп ат берилген. «Юпитерлер» негизинен суутек жана гелийден тургандыктан аларды Күн системасындагы Юпитер жана Сатурн планеталарынын тобуна кошуу мүмкүн. «Юпитерлерден» кыйла кичине болгон экзопланеталар «Нептундар» деп аталат. Алардын массалары 7 ден 60 Жер массасына чейин жетет. Мындай планеталар суу, аммиак, көмүр кычкыл газы муздарынан жана аска таштарынан туруп, Күндүн айланасында аракеттенүүчү планеталардан Уран жана Нептундардын тобуна кошуу мүмкүн.

Эң кичине экзопланеталар «Жерлер» (массалары 7 Жер массасынан кичине) деп аталат. Бул планеталар силикаттар, металл жана башка катуу тектерден туруп, аларды Күн системасындагы Жер, Марс, Венера жана Меркурий планеталарынын топ өкүлдөрү деш мүмкүн.

2018-жылдын 1-апрелине чейин астрономдор тапкан экзопланеталардын саны 3767 ге жетти.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Юпитердин атмосферасы кандай газдардан турат?
2. Юпитер кандай автоматтык станциялар жардамында изилденген?
3. Сатурндун шакеги эмнелерден турат?
4. Сатурн кандай автоматтык станциялардын жардамында изилденген? Планетанын айланасында анын канча табигый жолдошу айланат?
5. Сатурндун эң ири жолдошу Титан жөнүндө эмнелерди билесин?
6. Урандын ички түзүлүшү жөнүндө эмнелерди билесин?

1596-жылы жарык көргөн «Космографиянын сырлары» китебинде Иоганн Кеплер Марс менен Юпитердин арасында дагы бир планета болушу керек деген күмөн менен чыккан эле. Кеплердин бул божомолу эки кылымдан соң планеталардын Күндөн орточо алыстыктарын туюнтуучу сонун эмпирикалык (түздөн-түз байкоолордон табылган) мыйзам ченемдүүлүктүн ачылышы менен тастыкталды. 1772-жылы виттенбергдик астроном Иоганн Тициус планеталардын астрономиялык бирдиктерде туюнтулган чоң жарым октору төмөнкү туюнтмадан табылышын аныктады:

$$a = (0,4 + 0,3 \cdot 2^n) \text{ а.б.},$$

мында $n = \infty, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ маанилерин алат.

Төмөнкү жадыбалда планеталардын орбиталарынын чоң жарым окторунун жогорудагы формуланын жардамында табылган маанилери алардын Күндөн чыныгы узактыктары менен салыштырылган (2-жадыбал).

2-жадыбал

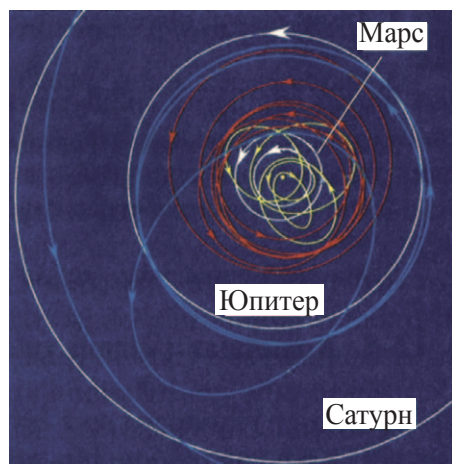
№	Планета	n	Планетанын Тициустун формуласы менен эсептелген чоң жарым огу (а.б.)	Планетанын Күндөн орточо узактыгы (а.б.)
1	Меркурий	$-\infty$	0,4	0,4
2	Венера	0	0,7	0,7
3	Жер	1	1,0	1,0
4	Марс	2	1,6	1,52
5	?	3	2,8	–
6	Юпитер	4	5,2	5,2
7	Сатурн	5	10,0	9,5

Тициустун ачылышынан кабар тапкан берлиндик астроном Иоганн Боде бул эмпирикалык катышты кайра карап, тууралыгына ынанды жана аны кеңири жайылтууда чоң кызмат өтөдү. Ошондон кийин бул мыйзам Тициус-

Бодө аты менен дүйнөгө таанылды. Бул мыйзамга ылайык илгери Марс менен Юпитердин арасында Күндөн орточо 2,8 астрономиялык бирдик аралыгында дагы бир планета болгондугуна эми көпчүлүк астрономдор шектенбей турган болушту.

Италиялык астроном Пиацци бул маселеде 1801-жылдын башында Букачар жылдыз түркүмүнөн бир асман телосун тапты. Ага Церера деп ат коюшту. Ушундан соң 1807-жылга чейин аалымдар тарабынан Күндөн ушундай аралыкта дагы 3 – Паллада, Грека жана Веста аттуу майда планеталар табылды. Аларга астероиддер (грекчеде «жылдыз сымал») деген ат берилди. 1890-жылда алардын саны 36 га жетти. Табылган майда планеталар байыркы рим уламыштарынын каармандары, кудайлардын аттары менен атала турган болду. Кийин алардын саны өтө көбөйүп кеткенден соң, 45-синен баштап жөнөкөй аялдардын аты, кийинчерээк болсо астероиддерге Философия, Геометрия, Юстиция өңдүү илимдин аттары жана географиялык аттар бериле турган болду.

Согуш жылдарында Китаб эл аралык кеңдик станциясында иштеген астроном Г.Неуймен тапкан астероиддерден бирине (1351-сандагысына) «Өзбекстания» деп ат берилди. Астероиддердин массалары $2,38 \cdot 10^{19}$ кг дан (Веста), т.а. Жер массасынан 25 миң эсе кичине, 10^{12} кг (Гермес) га чейин болуп, орточо тыгыздыгы 2 г/см^3 дан (таштуу астероид) $7\text{--}8 \text{ г/см}^3$ га чейин (темир-никелдүү астероид) жетет. *81-сүрөттө* бир топ астероиддердин Күндүн айланасындагы орбиталарынын өз ара жайгашуулары берилген.



81-сүрөт. Бир топ майда планеталардын орбиталары.

Астероиддерден Икар, Гермес, Эрос жана Адонистер Жерге мезгилдүү түрдө жакындашып турат. Эсептөөлөр алар Жерге 1 млн. км ден 23 млн. км ге чейин жакыndoолору мүмкүндүгүн көрсөттү.

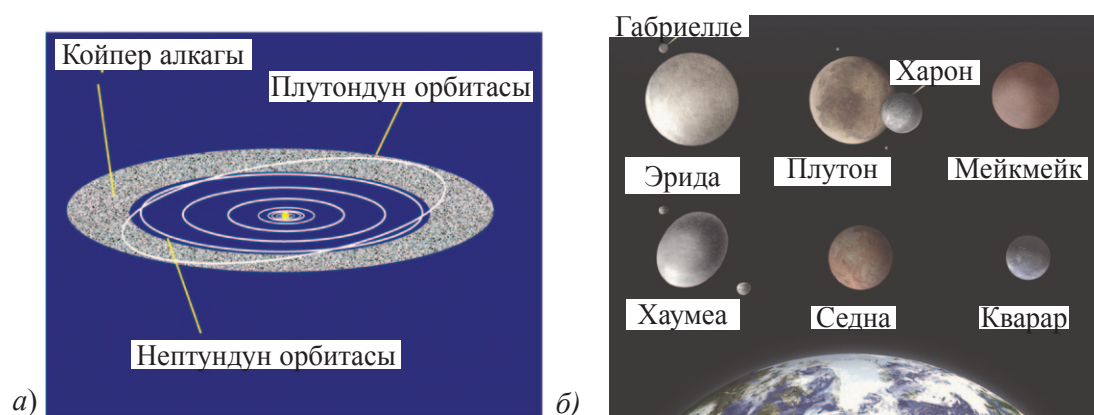
Бирок астероиддердин Жерге мезгилдүү түрдө жакындап турушунан тынчсыздануунун кажети жок. Анткени мындай астероиддер орбиталарынын эсеп-кысабы менен Эл аралык Астрономиялык Союздун бир топ аалымдары туруктуу алектенишет. Андыктан, планетабыз менен кайсы бир астероиддин кагылышуу ыктымалдуулугу болушун алар бир нече жыл эрте эскерте алышат.

Мындай эскертүүнүн негизинде, аалымдарыбыз Жерди астероид менен кырсыктуу кагылышуудан сактап калуунун түрдүү жолдорун бугай чейин эле таап коюшкан.

Плутон жана майда планеталар. 1880-жылда англис астроному Форбс Нептундун кыймылын узак жылдар үйрөнүп, андан сыртта да бир асман телосу болушу керек деген ойду билдирди. XX кылымдын башында астроном Ловелл белгисиз бир планетаны издөө менен алектенди. Бул асман телосу Плутон планетасы болуп чыкты. Аны 1930-жылда К.Томбо тапты.

XX кылымдын аягына келип, Нептун планетасы орбитасынын сыртында да астероиддердин шакеги табылды жана ага «Койпер алкагы» деп ат берилди. Мунун себеби, 1951-жылда эле анын бар экенин америкалык астроном Ж.Койпер алдын ала айткан эле. Аалымдар бул алкак гигант планеталардан 35–50 а.б. алыста жайгашкан болуп, астероиддер жана кометалардан турган деген ойду беришти.

1992-жылда Койпер алкагындагы диаметри 280 км болгон 1992QB1 (Албион) – биринчи объект табылды. 2000-жылдын май айына келип табылган транснептун (нептун арты) объекттеринин саны 300 гө жакындап калды. Бул телолордун баары планеталар сыяктуу Күндү анын планеталары өндүү туура багытта айланат (*82-а сүрөт*). Аларды астероид же комета деп атоо өтө кыйын, анткени жаңы ачылып жаткан бул телолордун диаметри кыйла чоң болуп, 100–800 км ди түзөт. Эң соңку изилдөөлөрдүн натыйжасына көрө, бул алкакта диаметри 100 км ден чоң болгон 70 000 ден ашуун объект болушу мүмкүн.



82-сүрөт. а) Койпер алкагы; б) транснептундардын ири өкүлдөрү.

2003-жылда Калифорния технология институтунун астроному Майк Браун кийинчерээк Эрида атын алган 2003 UB313 «Хена» (Ксена же Зена) транснептун объектін ачты. Бул асман телосунун өлчөмү Плутондукунан да чоң эле. Ушундан соң дүйнөлүк астрономдордун арасында «Бул объект да планеталардын катарына кошулабы?» деген суроо туулду. Бул суроого жооп табуу максатында Эл аралык Астрономия Союзу (ЭАС) профессор О.Жингерих башчылыгында атайын жумушчу топту түздү. Бул топтун сунушу боюнча, ЭАСтын 26-ассамблеясында планеталар жана майда планеталарды бири-биринен айырмалоо үчүн өзүнчө мүнөздөмө берилди:

1. *Планета* – Күндү айлануучу асман телосу. Шар сымал формада болуп, жетиштүү чоң жана массивдүү болушу зарыл. Мындай планеталардын саны 8: Меркурий, Венера, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран жана Нептун. Бул топко «классикалык планеталар» деген ат берилген.

2. *Майда планеталар* – Күндү айлануучу асман телолору болуп, сырткы телонун күчтөрүнөн үстөм болгон өз-өзүнөн гравитациялануунун таасиринде шар сымал форманы ээлеши үчүн жетиштүү чоң – салмактуу болушу жана башка планеталардын жолдошу болбошу керек. Майда планеталар Плутонго окшош болуп, алардын эң чоңу Эрида. Плутон, Харон, Седна жана эң чоң астероид Церера да дал ушул майда планеталардын катарынан орун алган (82-б сүрөт).

Суроо жана тапшырмалар:

1. Тициустун мыйзамы планеталардын орбитасына тиешелүү кандай параметрди эсептейт?
2. Майда планеталардын орбиталары кайсы планеталардын арасында жатат?
3. Кайсы майда планеталар мезгилдүү түрдө Жерге жакындап турат?
4. Майда планеталар ЭАС тарабынан кандай мүнөздөмө менен белгиленди?

18-ТЕМА. 43-§. Кометалар («куйруктуу жылдыздар»)

«Комета» грекче сөз болуп, «чачтуу» деген маанини билдирет. Кометаларга «чачтуу» же «куйруктуу жылдыздар» деген ат алардын Күнгө жакындап өтүп жаткандагы көрүнүштөрүнө жараша берилген (83-сүрөт). Алсак, комета Күндү көздөй келатып, гигант планеталардын орбиталарына жакындашканда,

анын массасы топтолгон ядросу күнүрт жылдыз түрүндө көзгө байкалат.

Кометанын асман телолорунан экендигин 1577-жылда астроном Т.Браге аныктаган. Ага чейин адамдар кометаны Жер атмосферасынын кубулушу деп түшүнүшкөн.

XVII кылымдын башында И.Кеплер жана Г.Галилей «куйруктуу жылдыздар» Күн системасын түз сызык бойлоп кесип өтөт жана кийин ага такыр кайтпайт, деп болжошкон.

Ньютондун шакирти Эдмунд Галлей 1337-жылдан 1698-жылга чейинки мезгилде күзөтүлгөн 24 кометаны үйрөнүп, алардын орбита элементтерин аныктады. Кызыгы, бул кометалардан үчөөсүнүн, тагыраагы, 1531, 1607, 1682-жылдарда күзөтүлгөндөрүнүн орбита элементтери дээрлик бирдей болуп чыкты. Бул абал кокустук эместигине катуу ишенген Э.Галлей 1705-жылда мындай деп жазат: «1531-жылы Апиан тарабынан, 1607-жылда Кеплер жана Лонгомонтан тарабынан күзөтүлгөн комета, 1682-жылы мен өзүм күзөткөн кометанын дал өзү болушу керек, деген ой мага тынчтык бербей жатат. Бул үч кометанын элементтери бири-бирине даана туура келет. Ошон үчүн да мен бул кометанын 1758-жылы кайтып келишин ишеним менен айта аламын. Эгерде ал кайтып келсе, анда башка кометалардын да Күнгө жакындап кайтып келүүлөрүнө (б.а. мезгилдүүлүгүнө) шек калбайт».

Аалым адашпаган болчу. Галлей божомолдогон «куйруктуу жылдыз» 1759-жылдын 12-мартында перигелийден өттү жана анын божомолу тастыкталды. Бул Ньютондун тартылуу мыйзамынын чындыгын далилдеди. Күн системасынын мүчөсү экендиги далилденген комета, анын ачуучусунун урматына Галлей деп атала турган болду.

Кометалардын ядросу тоңгон газдар жана аларга жабышкан түрдүү өлчөмдөгү чан, таш жана металл бөлүкчөлөрдөн турат. Тоңгон газ көбүнчө аммиак, метан, көмүр кычкыл газы, циан жана азоттон туруп, комета Күнгө жакындашып жатканда ядро анын ысыгынан интенсивдүү түрдө буулана баштайт жана ядронун айланасында калың газ катмары – команы пайда кылат.

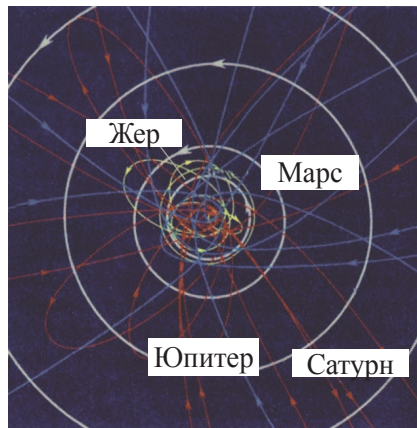


83-сүрөт. «Куйруктуу жылдыз» (комета)дын көрүнүшү.

Мында кометалардын куйруктары Күн нурларынын басымы жана Күн «шамалынын» (корпускулярдуу бөлүкчөлөрдүн агымы) таасиринде пайда болот. Комета Күнгө жакындашкан сайын, комага газ жана чаңдын интенсивдүү бөлүнүп чыгышы натыйжасында ага аракет этүүчү басым күчү да артып, кометанын куйругу Күндөн тескери жакка карап күн сайын созулуп барат жана миллиондогон километрди түзөт.

Кометанын куйругун түзгөн газ жана чаң, адатта, өтө сейрек болуп, анын спектринде иондошкон азот, көмүр кычкыл газы жана ис газынын эмиссиялык (нурлануу) сызыктары пайда болот. Чаңдуу кометанын куйруктарынын спектри Күн нурларын чагылтканы себеп Күн спектри менен бирдей болот.

Кометанын массасынын негизги бөлүгү анын ядросунда чогулган болуп, эн ири кометаларда да ал Жердин массасынын жүз миллиондон бир бөлүгүнөн ашпайт. Команын тыгыздыгы болсо болгону 10^{-12} – 10^{-13} г/см³ ду түзөт. Кометанын башкы бөлүгүнүн диаметри, анын массасы жана Күндөн узактыгына карай миң км ден (күңүрт кометаларда) 2 млн. км ге чейин (жарык кометаларда), куйрук бөлүгү болсо 150 млн. км ге чейин жетет. Кометаларга тиешелүү жаңы маалыматтардын көпчүлүгү Галлей кометасынын 1986-жылда Күнгө кезектеги жакындап өтүшүндө «Жотто» (Улуу Британия), «Планета» (Япония) жана «Вега» (мурдагы Союз) автоматтык станцияларынын жардамында алынган.



84-сүрөт. Кометалардан бир тобунун Күндүн айланасындагы орбиталары.

1950-жылга чейин 1500 ден ашуун комета катталды, булардан 400 гө жакыны телескоптор ойлоп табылганга чейин, калгандары болсо телескоптордун жардамында ачылган. Бир топ кометалардын Күндүн айланасындагы орбиталары 84-сүрөттө келтирилген. Кометалар каерде «туулат»? Нидерланд астроному Ю. Оорт, өз изилдөөлөрүнүн негизинде, Күнгө жакындап көрүнүп жаткан кометалардын булагы – Күн системасын курчаган жана Күндөн өтө алыс аралыкта жаткан кометалардын ядролорунун гиганттуу булуту Оорт булуту деп атала турган болду. Мындай булут дээрлик 1 парсек аралыкка чейин созулган болуп, мындай чоң аралыкта аракеттенип жаткан комета ядролору орбиталарынын айрымдары

жылдыздардын четтетүүчү ылдамдануусу таасиринде өз жолун өзгөртүп, акыры Күндүн жолдошуна айланып калышы мүмкүндүгү эсептөөдөн аныкталды.

Мындай өтө узун мезгилдүү кометалар дайыма тоңгон абалда болгондуктан өз газдарын планеталар аралык боштукка дээрлик сарптабайт жана ошол себептүү да миллиард жылдар бою дээрлик өзгөрүүсүз жашайт. Ошондуктан аларды изилдеп, Күн системасынын эволюциясынын алгачкы баскычы жөнүндөгү маалыматтарды алуу мүмкүн. Кээде Күн жана планеталардын таасиринде кометалар орбиталарынын перигелийи төмөндөп барып, Күнгө жакын аралыктан өтүүчү орбиталарда аракеттене турган болуп калышы мүмкүн. Эсептөөлөр «куйруктуу жылдыз»дардын айрымдары мындай таасирдин натыйжасында өтө чоң ылдамдык алып, Күн системасын таптакыр таштап кетүүчү параболалык орбиталарга (Күнгө салыштырмалуу) өтүп кетиши да мүмкүндүгүн көрсөтөт.

44-§. Метеорлор («жылдыздар») жана метеориттер

Түндө кооз из калтырып «учкан жылдыз»дарды ким көрбөгөн? Бирок бул «учар жылдыз»дардын чыныгы жылдыздарга эч тиешеси жок экенин ар ким эле билбесе керек. Чынында алар асмандын «саяк» майда таш бөлүкчөлөрү саналышат. Алардын чоңдугу миллиметрдин үлүштөрүндө, массалары болсо миллиграммдарга чейин ченелет. Алар Жерге жакындашкандан соң, планетабыздын атмосферасына секундуна 10 километрден 70–80 километрге чейин ылдамдык менен кирет. Албетте, мындай чоң ылдамдыктагы таш бөлүкчөсү атмосфера молекулалары менен сүрүлүп күйөт, ал учурда ал көзгө жакшы көрүнөт жана учуу маалында өтө тез жешилет. Илимде *метеорлор* деп аталуучу «учар жылдыз»дардын жолунун узундугу бул асман телолорунун чоңдуктарына байланыштуу экенин түшүнүү кыйын эмес.

Метеор бөлүкчөлөр кандай пайда болот, алардын булактары каерде, деген табигый суроо туулат. Айрым кометалар ар жолу Күнгө жакындап өтүп жатып, ядросуна таандык бир бөлүк газ жана чаңын жоготот. Белгилүү бир комета канча убакыттан соң өз ядросундагы газды сарптап бүтүрөөрүн орус окумуштуусу С.В. Орлов Галлей кометасы үчүн тапты. Анын эсептөөлөрү, бул комета Күндү 330 жолу айлангандан соң, б.а. дээрлик 25 миң жылдан кийин газ корунан ажырашын аныктады.

Кометанын толук жоголушу башка бир жараян – механикалык талкалануунун натыйжасында болот. Механикалык талкалануу, Күнгө жакындап өтүп жаткан өтө көп кометаларда аныкталган. Мисалы, 1846-жылда күзөтүлгөн Биэла кометасы Күнгө жакындап өтүп жатып эки бөлүккө бөлүнүп чыккан. Кезектеги, 1857-жылдагы көрүнүшүндө бул бөлүктөрдүн бири экинчисинен эки миллион километрге алыстаган жана ошондон кийин ушул маалга чейин, ар канча аракеттерге карабай, ал эч ким тарабынан күзөтүлбөдү. 1872-жылы бул кометанын алдын ала эсептелген – Жерге өтө жакын аралыктан өтүшү маалында кометанын ордунда күчтүү «метеор жамгыры» күзөтүлгөн (85-сүрөт).

1950-жылы аалым Д. Дубяго талкаланган комета ядролорунун метеор агымдарынын пайда болуусундагы ролун терең изилдеп чыкты. Анын эсеп-кысаптары көрсөткөндөй, кометанын ядросун «таштап кеткен» метеор бөлүкчөлөрүнүн булуту Күн бере турган көтөрүлүү күчүнүн таасиринде созулуп да, кеңейип да барат жана бир нече миң жылдардан соң кометанын орбитасын бойлоп бир калыпта бөлүштүрүлүп калат. Кометанын орбитасын бойлой бөлүштүрүлгөн «билерик наны»нын Жер менен тутулушу (жакындашуусу) Жерде «метеор жамгырын» пайда кылуусу илимде тастыкталды. Күзөтүлгөн «метеор жамгырларынан» бири – Персеид, «1862 III» деп аталган талкаланган комета ядросунун бөлүкчөлөрү жакындап өтүп жатканда пайда болушу менен тастыкталды. Белгилүү Галлей кометасы да – Орионид деп аталган Орион жылдыз түркүмүндө проекциялануучу чекитте (метеорлор кыймылдарынын



85-сүрөт. «Метеор жамгыры».



86-сүрөт. Ажыдаар жылдыз түркүмүндө проекциялана турган Драконид «метеор жамгыры».

уландысын туташтыруучу бул чекит *радиант* деп аталат) күзөтүлгөндүгү менен далилденген. 86-сүрөттө ар жылы 8–12-октябрь күндөрү түнү Ажыдаар жылдыз түркүмүндө проекцияланып көрүнө турган кооз Драконид «метеор жамгыры» берилген.

Метеориттер. Кээде космостун «тентиген» таштары кыйла чоң болуп, Жер атмосферасы катмарынан өтүп жатканда күйүп бүтпөйт жана болид көрүнүшүндө Жердин бетине түшөт (87-сүрөт). Алар *метеориттер* деп аталат. Метеориттер негизинен таштан, темирден, таш-темирден жана кээде муздан турган болот.

1908-жылы Сибирь тайгасына түшкөн башка бир асман телосунун эмнеден тургандыгын аныктоо аалымдардын арасында он жылдап созулган талаштарга себеп болуп, азырга чейин да сыр бойдон калууда.

Сибирдин «коногу» Подкаменная Тунгуска дарыясынын оң жээгинде жайгашкан Ванавара кыштагынан жүз километрдей түндүк-батышка эртең менен, Күн бир аз көтөрүлгөндө түшкөн. Жерди күчтүү солкулдаткан бул асман телосу кийинчерээк *Тунгус метеорити* аты менен илимге таанылган.

Эсептөөлөр көрсөткөндөй, планетабызга жылына 500 дөн көп мындай таштар учуп келет. Бирок Жер жүзүнүн дээрлик 70 % ы суу менен капталгандыгын эсепке алсак, бул таштардан 350 гө жакыны деңиз жана океанга түшүп, изсиз жоголот. Кургактыкка түшүүчү калган таштардын бардыгы да калк жашоочу жерлерге жакын түшө бербейт, албетте, ошондуктан аларды көрүү ар кимге да буюрбайт.

Асман таштарынын Жерге түшүүсү өтө байыртадан күзөтүлгөн болуп, бул таштар ыйык эсептелген. Ушундай асман телолорунан бири 1514-жылы Германияга түшкөн таш метеорит болуп, ал түшкөн аянтка жакын жердеги чиркөөгө орнотулган жана кайра «асманга учуп кетпесин үчүн» темир чынжырлар менен байлап коюлган. Бул чиркөө кудайчылдар үчүн ыйык жайга айланган.

Метеориттер Жер атмосферасына секундунда ондогон километр ылдамдыкта



87-сүрөт. Жердин бетине түшүп жаткан метеориттин асманда калтырган изи – болид.



88-сүрөт. Аризона штатындагы чөлгө түшкөн метеорит пайда кылган бассейн.

киришсе да, абанын чоң каршылыгы бат эле аларды «жоошутуп коёт». Эсептөөлөр көрсөткөндөй, Жерге урунуу маалында алардын орточо ылдамдыгы секундуна 200–300 метрге түзөт.

Ылдамдыгы секундуна 4 километрден ашык болгон айрым таштардын Жерге урунуусунан бөлүнүп чыккан энергия ар кандай ушундай массалуу жарылуучу заттан (жарылуу маалында) бөлүнүп чыккан энергиядан бир нече эсе көп болот. Мындай чоң ылдамдык менен кагылышуучу метеориттин энергиясынын бир бөлүгү аны толук буулантып жиберүүгө

сарпталса, калган бөлүгү кратер пайда кылуу жана топуракты ысытууга кетет. Мындай чоң ылдамдыкка жетишкен метеориттин массасы өтө чоң (болжол менен 100 тонна) болушу эсептөөлөрдөн маалым. Ошондуктан да массасы 100 тоннадан көп метеориттерди Жерде тапканга болбойт, алар Жерде чоң кратерлерди гана калтырышат. Метеорит пайда кылган мындай ири кратерлерден бири Аризона штатында (АКШ) табылып, анын диаметри 1300 метрге, тереңдиги болсо 175 метрге жетет (*88-сүрөт*).

Суроо жана тапшырмалар:

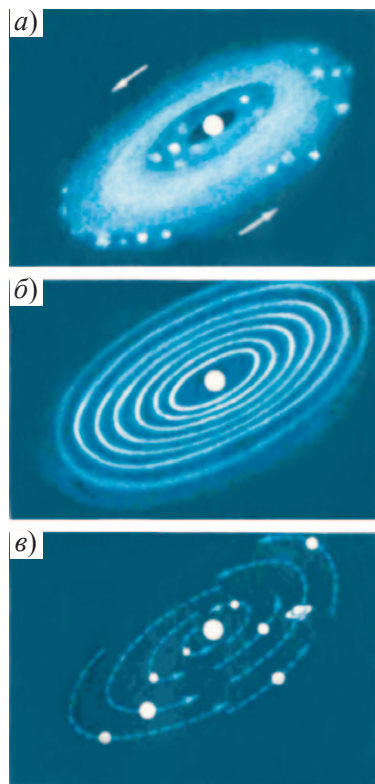
1. «Куйруктуу жылдыздар» чындап эле жылдызбы?
2. Биринчи мезгилдүү комета ким тарабынан жана кандай аныкталган?
3. Кометанын куйругунун Күндөн тескери жакка созулуусунун себеби эмнеде?
4. Кометалардын ядросу эмнеден турат? Куйругучу?
5. Галлей кометасы жөнүндө эмнелерди билесин?
6. «Учар жылдыздар» менен талкаланып бүткөн кометалардын арасында кандай байланыш бар?
7. Болиддер деген кандай кубулуш жана алар эмнеден кабар берет?
8. Метеориттер кандай тектерден турат?
9. АКШнын Аризона штатындагы метеорит кратери жөнүндө эмнелерди билесин? Тунгус метеорити жөнүндө билгендеринди айт.

XVIII кылымда баштап И. Кант Күн системасы муздак абалдагы майда катуу бөлүкчөлөрдөн пайда болгондугун, Лаплас болсо ал чоң массалуу жана айлануучу тумандуулуктун кысылуусунан пайда болгондугун айтышты.

Соңку жылдардагы маалыматтарга көрө, Күн системасы бир топ себептерден улам Кант жана Лаплас айткан жол менен калыптана албастыгы маалым болду. Бирок, ошого карабай, Кант менен Лапластын Күн системасынын пайда болушу, Күн системасы материянын башка (газ-чаң) түзүлүшүнөн калыптанганы жөнүндөгү бул теориялар космостун өнүгүү жараянын түшүндүрүүдө билдирилген материалисттик идеяларды колдонуусу менен маанилүү болуп саналат.

Өткөн кылымдын 40-жылдарында бул космогондук гипотезанын үстүндө белгилүү орус окумуштуусу О. Шмидт иштеди. Анын оюнча, протопланеталардын булуту Күн тарабынан чаң тумандуулугун кармап калуудан калыптанган. Эгерде кармап калуу борбордук болбосо, анда бул тумандуулук айлана баштайт жана анын кыймыл санынын моменти өтө чоң болот. Аалымдын мындай ойго келүүсүнө протопланеталардын эсебине кыймыл саны моментинин чоң бөлүгүнүн туура келиши негиз болгон эле (89-а сүрөт).

Анын гипотезасына ылайык, газ-чаң чөйрөсүндө бөлүкчөлөрдүн кыймылы жана кагылышуусу натыйжасында Күндү айланып жаткан жана газ-чандан турган ири булут экватор тегиздигине чейин кысылган абалдагы формасын пайда кылган. Болгону бул маселеде качандырбир Күндүн айланасын курчаган газ-чаң булут-



89-сүрөт.
Күн системасынын пайда болушу.

тарынын өзү кандай пайда болгондугу көйгөй болуп саналат. О. Шмидт жана башка аалымдар, илгери өзү да ушундай чөйрөдө пайда болгон Күн, ири газ-чаң тумандуулуктан бир бөлүгүн тартуу күчүнүн таасиринде өз айланасында кармап калгандыгы жөнүндөгү пикирди колдоп-кубатташат.

Күндүн нурлануусунун аны курчаган газ жана чаң массасын кыздыруусунун натыйжасында, Жер тибинде калыптанып жаткан протопланеталардын химиялык курамынын дифференциацияланышы натыйжасында, оор элементтери борбордо тыгыздашып ядрону, жеңилдери көтөрүлүп, алардын мантия жана кыртыштарын пайда кылган деп каралат. Мында суутек жана гелийден турган жеңил элементтер болсо, Күндөн чоң аралыкка атырылып, алардан гигант протопланеталар пайда болгон деп түшүндүрүлөт. Бул, Күндөн алыста жайгашкан гигант планеталар кыйын эрүүчү заттардан сырткары суу, метан жана аммиактын «муздарынан» куралгандыктарынан көрүнөт. Жер тибиндеги планеталар жалаң гана кыйын эрүүчү бууланбоочу заттардан гана конденсацияланышы мүмкүн болуп, алар газ-чаң булут курамында «муздарга» салыштырмалуу аз санды түзөт. Ошондуктан да Жер тибиндеги планеталар Күнгө жакын жерде гана пайда болгон деген ой илгери сүрүлөт (89-б сүрөт).

Ошондой эле, кагылышуулар натыйжасында бөлүкчөлөр өз ара биригип, бул аймакта чоң-кичине коюуланууларды пайда кылган. Пайда болгон бул коюулануулардын орбиталары Күндүн айланасында пайда болуп, бардыгы болжол менен бир орбита тегиздигине жакын жатышы менен далилденген жана натыйжада жогоруда тилге алынган коюулануулардын орбиталарынын арасындагы бүтүн затты өздөрүндө чогултуп, планеталар көрүнүшүн алгандыгы жөнүндөгү аалымдын ою да жаңы теорияда өз тастыгын тапкандыгы менен маанилүү (89-в сүрөт).

Гравитациялык тартылуунун таасиринде мындай жаңы заттын планета даражасына чейин келиши үчүн өтө чоң убакыт талап кылынат. Алсак, Жер өзүнүн азыркы өлчөмдөгү чоңдугуна чейин кысылышы үчүн кеткен убакыт, эсеп-кысап көрсөткөндөй, 100 млн. жылдан кем болбогон.

Бул гипотеза тартылуу мыйзамынын эсеп-кысабына көрө пайда болгон планеталардын арасындагы аралыктар да, Күн системасынын түзүлүшүндө күзөтүлгөндөй, Күндөн алыстаган сайын бир калыпта артып баруусун көрсөтүшү менен космогонияда өз тастыгын тапты.

Ири массалуу жана өлчөмдүү телолор салыштырмалуу муздак планетага, мисалы, Жерге түшүп аны кыздырган. Жер мантиясынын эрүүсүндө башка бир физикалык жараян – радиоактивдүү элементтердин ажыроосу себеп бөлүнүп чыккан кошумча жылуулук да кем роль ойнобогон. Мындай кызуу вулкандык кубулуштар, океандарды жана биринчилик атмосфера катмарын пайда кылып, жер кыртышынын калыптанышына алып келген. Жер жана Венеранын биринчилик атмосфералары баштап бири-бирине өтө окшош болуп, кийин алардын эволюциялары натыйжасында кескин өзгөргөн. Мисалы, аалымдардын изилдөө натыйжалары, Жер океаны суу корлору жана өсүмдүк дүйнөсү менен көмүр кычкыл газын жутуп, атмосфераны кычкылтек менен байытуусу натыйжасында Жерде жашоону баштап бергендигин көрсөтөт. Академик В.Г. Фесенков болсо кийинчерээк Күндү пайда кылган борбордук коюулук да дал ушул айланып жаткан ири газ-чаң чөйрөдөн пайда болгондугунун ыктымалы чоң экендигине ишарат кылып, мындай коюулануу калыптануусунун башталгыч баскычында, салыштырмалуу сейрек заттарды өзүнүн экватор тегиздигине ыргытканы чындыкка жакын деген ойду берет. Анын оюнча, борбордук коюулануудан атылган бул заттар менен байытылган Күндү курчаган булуттан планеталар пайда болгон. Бул теорияга негизделген соңку эсеп-кысаптар Күн убакыт өткөн сайын кичирейип жана муздап, бүгүнкү абалына келген деген жыйынтыкты берет.

Суроо жана тапшырмалар:

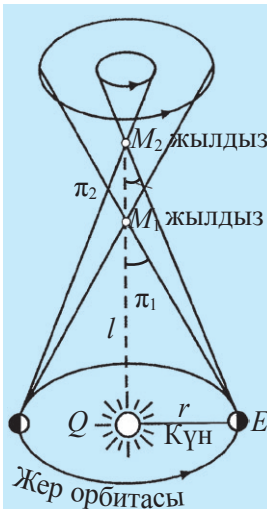
1. Кант жана Лапластын алгачкы гипотезаларында Күн системасынын пайда болушуна тиешелүү кандай оң көз караштар болгон?
2. О. Шмидттин Күн системасынын пайда болушуна тиешелүү гипотезасы кандай эсеп-кысапка таянгандыгы менен илимде өз ордун тапты?
3. Академик В. Фесенковдун гипотезасына ылайык, Күндүн айланасындагы планеталардын калыптануусу кандай түшүндүрүлөт?

V БӨЛҮМ. ЖЫЛДЫЗДАР

20-ТЕМА.

46-§. Жылдык параллакс, жылдыздардын аралыктарын аныктоо

Жылдыздарга чейинки аралыкты аныктоо алардын жылдык параллакстык жылыштарына негизделет. Күндүн айланасында радиусу дээрлик 150 миллион километрлүү айлана бойлоп аракеттенип жаткан Жердеги байкоочу жакындагы жылдыздардын алыстагы жылдыздар фонунда жылып, бир жылда айлана (жылдыз Жер орбита тегиздигине тике багытта жайгашканда), эллипс (жылдыз Жер орбита тегиздигине бурч астында жайгашканда) сызышын күзөтөт. Жарыткычтын параллакстык жылышы деп аталуучу мындай чиймелердин (айлана же эллипс) жаа өлчөмү жылдыздын узактыгына карай түрдүүчө чоңдукта болуп, ал бул жарыткычтан каралганда, кароо сызыгына тике болгон Жер орбитасы радиусунун көрүнүү бурчу π ни ченөөгө мүмкүнчүлүк берет (90-сүрөттө эки M_1 жана M_2 үчүн π_1 жана π_2 лер көрсөтүлгөн). Жарыткычтын жылдык параллакс деп аталуучу бул π бурч, өз кезегинде, ушул жарыткычтын Күн системасынан (демек, Жерден) узактыгын ченөөгө мүмкүнчүлүк берет. Чындап эле, тик бурчтуу үч бурчтук QEM_1 ден



90-сүрөт. Жылдыздардын жылдык параллакс.

$$\sin \pi = \frac{r}{l} \text{ же жалпы түрдө } l = \frac{r}{\sin \pi},$$

мында: r – Жер орбитасынын радиусун; l – жарыткычка чейинки аралыкты мүнөздөйт. Жылдык параллакс бурч π өтө кичине болуп, жаа секунддарында же анын үлүштөрүндө ченелгендиктен, Күнгө чейинки аралык ($r=1$ а.б. = $\frac{1}{206265}$ пк болгондуктан):

$$l = \frac{r}{\pi \cdot \sin 1''} = \frac{1 \cdot 206265}{\pi} \text{ формулада эсептелет. Эгерде аралык парсектерде (пк) өлчөнсө, формула мындай түрдө болот:}$$

$$l = \frac{1}{\pi}.$$

Биринчи жолу 1886-жылда ушундай метод менен Вега (Лира жылдыз түркүмүнүн альфасы)нын жылдык

параллаксы ченелип, бул жылдызга чейинки аралыкты белгилүү Пулково (Россия) обсерваториясынын негиздөөчүсү В.Я. Струве аныктады. Мындай метод менен салыштырмалуу жакын ($\pi \geq 0,01''$) жылдыздарга чейинки аралыктар аныкталып, өтө алыстагы жылдыздарга чейинки аралык парсектерде, алардын көрүнмө жана абсолюттук чоңдуктарынын (m , M) негизинде ушул формуланын жардамында табылат жана ал *спектрдик параллак*с деп аталат:

$$\lg r = \frac{m-M}{5} + 1 \text{ (пк)}.$$

47-§. Жылдыздардын өлчөмдөрүн жана физикалык параметрлерин аныктоо *

1. Жылдыздар өтө алыс аралыкта болгондуктан, эң ири телескоптор аркылуу каралганда да, алар негизинен чекит түрүндө көрүнөт. Айрым жылдыздардын бурчтук өлчөмдөрүн гана атайын телескоптор – жылдыз интерферометрлери менен ченөө мүмкүн.

Жылдыздын бул усулда аныкталган көрүнмө диаметри (d'') ага чейинки аралык l маалым болгондо, жылдыздын сызыктуу өлчөмү (диаметри) D төмөнкү туюнтмадан табылат:

$$D = l \cdot \sin d''.$$

2. Бирок, көп жылдыздар чекит көрүнүшүндө болгондуктан, алардын өлчөмдөрүн табуу үчүн башка усулдан пайдаланылат. Белгилүү болгондой, жылдыздарды абсолюттук кара тело деп карап, алардын толук нурлануу кубаттуулугун, б.а. жарыктыгын Стефан-Больцмандын мыйзамына ылайык $L_* = S_* \cdot \sigma \cdot T^4$ деп жазуу мүмкүн, анткени анын бет бирдигинен чыгып жаткан нурлануу энергиясы $\sigma \cdot T^4$ аркылуу табылат. Мында: σ – Стефан-Больцмандын туруктуулугу $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ В/(м}^2 \cdot \text{K}^4)$; S_* – жылдыздын бети (шардын бети); T – беттик температурасын туюнтат. Шардын бети $S = 4\pi \cdot R^2$ болгондуктан, жылдыздардын жарыктыгы $L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma T_k^4$ болот. Эгерде бул туюнтманы Күн үчүн жазсак:

$L_\odot = 4\pi R_\odot^2 \cdot \sigma T_\odot^4$ болот. Бул туюнтмалардын тиешелүү жактарынын катыштарын алсак, анда

$$\frac{L_*}{L_\odot} = \left(\frac{T_*}{T_\odot} \right)^4 \cdot \left(\frac{R_*}{R_\odot} \right)^2$$

туюнтмага ээ болобуз.

Эми туюнтманын ар эки жагын тамыр астына алып, кийин логарифмдесек, жылдыздын радиусун Күндүн радиусу бирдиктеринде ($R_0=1$) төмөнкү теңдештиктен табабыз:

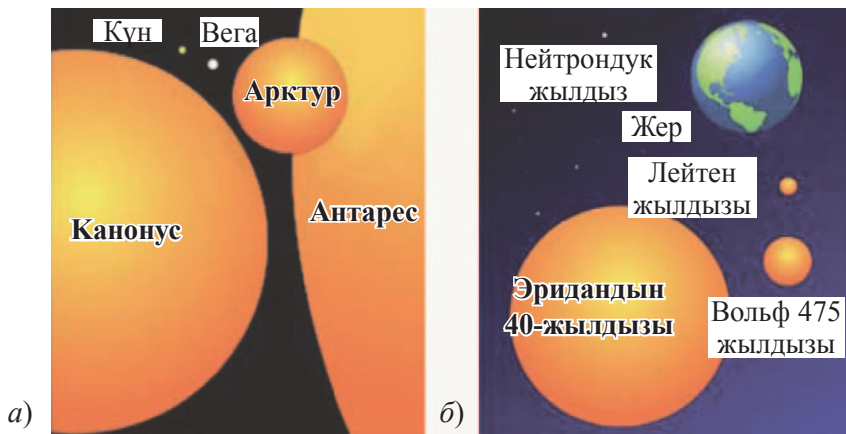
$$\lg R_* = \frac{1}{2} \lg \frac{L_*}{L_\odot} - 2 \lg \frac{T_\odot}{T_*}.$$

Мисалы Күндүн радиусун (R_0) анын көрүнмө радиусуна ($\rho_0=16'$) карай табалы, анда:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{R_\odot}{\Delta}$$

болот, мында $\Delta=1,5 \cdot 10^{11}$ м – Күндөн Жерге чейинки орточо аралык. Анда Күндүн радиусу: $R_0=1,5 \cdot 10^{11} \cdot \operatorname{tg} 16' \approx 7 \cdot 10^8$ м же болжол менен 700 000 километрге тең чыгат.

Гигант жана өтө гигант жылдыздардын ичинде радиусу Күндүкүнөн миң эседей чоңдору учурайт. Цефей жылдыз түркүмүндөгү VV деп аталган жылдыздын радиусу Күндүкүнөн 6000 эсе чоң. Чоң Ит жылдыз түркүмүнүн эң жарык жылдызы Сириустун радиусу Күндүкүнөн 2 эседей чоң, б.а. 1 400 000 км. Кээ бир жылдыздар болсо, тескерисинче, Күндөн бир нече он эсе кичине жана диаметрлери планеталардыкындай, болгону бир нече миң километрди түзөт. Мындай жылдыздардын көбү ак түстө болуп, *ак кидиктер* (*карликтер*) деп аталат. 91-сүрөттө кызыл гиганттар жана ак кидиктердин өлчөмдөрү Күн жана Жердин өлчөмдөрү менен салыштырылган.



91-сүрөт. Күндүн өлчөмү гигант жылдыздардын (а) Жердин өлчөмү чоңдугундагы майда жылдыздар (б) менен салыштырылган.

48-§. Жылдыздардын түсү жана температурасы

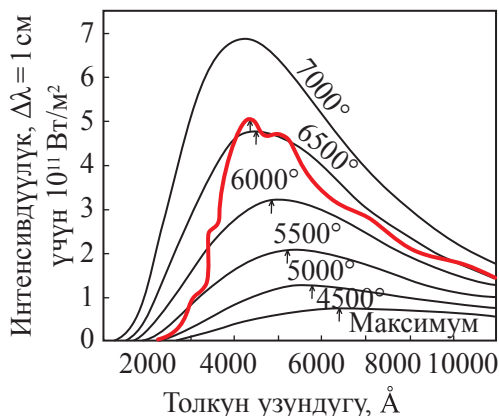
1. Жылдыздуу асманга кунт коюп караган адам жылдыздар бири-биринен түстөрү боюнча айырмаланаарын оңой байкайт. Мисалы, Күнүбүз сары түстөгү жылдыз эсептелет, бетинде температурасы 6000 К айланасында. Кочкул кызыл түстө көрүнүүчү жылдыздардын температурасы 2500–3000 К, кызгылт-сары түстөгүлөрдүкү 3500–4000 К, ак түстөгү жылдыздардын температурасы болсо 17000–18000 К айланасында болот. Асманда көрүнө турган жылдыздардын ичинде эң «ысыгы» көк-көгүлтүр түстө болуп, алардын температуралары 25000–50000 К тегерегинде болот.

Жылдыздардын температурасын аныктоонун бир нече түрдүү усулу бар болуп, алардан бирине ылайык, ал жылдыздардын спектринде энергиянын бөлүштүрүлүшүнөн табылат. Мында нурлануу энергиясынын максимуму туура келген толкун узундугуна таянган түрдө Виндин төмөнкү жылышуу мыйзамынан пайдаланылат (92-сүрөт):

$$\lambda_{\max} \cdot T = 0,29 \text{ град} \cdot \text{см.}$$

2. Ошондой эле, жылдыздын атайын түс филтрлеринде фотографиялык же фотовизуалдык жол менен алынган жылдыз чоңдуктары айырмасынын ($m_{\text{pg}} - m_{\text{pv}} = CI$) негизинде аныктелган түс көрсөткүчүнө (color index – CI) көрө да анын температурасын аныкташат. Жылдыздардын түсү көк түскө жакындашкан сайын алардын температуралары артып барат. Мындай усулдар менен табылган жылдыз температурасы анын бетине гана таандык болуп, алардын ички бөлүгүнө тиешелүү температуралары жылдыздардын спектри, массасы, тыгыздыгы жана аныкталган ички басымына көрө теориялык эсептөөлөр менен табылат. Мындай жол менен табылган жылдыздардын ички бөлүгүнө тиешелүү температуралар бир нече миллиондон он миллиондогон градуска чейин (борборунда) жетет. Күндүн борборунда температура 15 миллион градусту түзөт. Ысык жылдыздарда болсо ал 50–100 миллион градуска чейин барат.

92-сүрөт. Жылдыздар спектринде энергиянын бөлүштүрүлүшү (коюу сызык – Күн үчүн).



Суроо жана тапшырмалар:

1. Белгилүү бир жылдыз үчүн жылдык параллакс бурчун сүрөттө көрсөт.
2. Жылдыздын берилген жылдык параллакстык бурчка ылайык анын узактыгы парсектерде кандай табылат?
3. Спектрдик параллакс менен жылдыздарга чейинки аралык кандай табылат?
4. Жылдыздардын жарыктыгы жана радиустары арасындагы байланышты айт.
5. Жылдыздардын температурасы кандай усулдардын негизинде табылат?

21-ТЕМА.

49-§. Жылдыздын абсолюттук чоңдугу жана анын жарыктанышы менен байланыштуулугу *

Жылдыздардын көрүнмө жылдыз чоңдуктары алардын жарыктанууларын салыштырууга мүмкүнчүлүк бербейт. Анткени бирдей жарыктанууга ээ болгон түрдүү аралыкта жатуучу эки жылдыздын көрүнмө жылдыз чоңдуктары бирдей болбостугу маалым. Бул маселени чечүү үчүн астрономдор бардык жылдыздарды бизден бирдей аралыкка келтирип, жылдыз чоңдуктарын аныктоону жана кийин ушул негизде алардын чыныгы жарыктанууларын салыштырууну максат кылышты. Мындай бирдик катары астрономдор 10 парсектүү аралыкты алышты. Жылдыздардын бизден 10 парсек аралыкка келтирилгенде аныкталган көрүнмө жылдыз чоңдуктары алардын *абсолюттук жылдыз чоңдуктары* деп аталат жана M тамгасы менен белгиленет. 10 парсектүү стандарттык бул аралык болжол менен $2 \cdot 10^6$ астрономиялык бирдикке тең болгондуктан, Күндү 10 парсек аралыкка алпаргандан кийинки интенсивдүүлүгү анын 1 а.б. аралыкта тургандагы интенсивдүүлүгүнөн $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$ эсе (б.а.

$4 \cdot 10^{12}$) азаят. Интенсивдүүлүктүн ар 100 эсе азаюусу көрүнмө жылдыз чоңдугунун 5 жылдыз чоңдугуна артуусуна туура келүүсү эсепке алынса, анда интенсивдүүлүктүн $4 \cdot 10^{12}$ эсе азаюусу жылдыз чоңдугунун 31,5 эсе артышына алып келет. Андыктан, 10 пк аралыкка «алпарылган» Күндүн көрүнмө жылдыз чоңдугу $-26,7 + 31,5 = +4,8$ ди түзөт экен. Б.а., Күндүн абсолюттук жылдыз чоңдугу $M_0 = +4,8$ ге тең болот экен, деп тыянак чыгаруу мүмкүн. Центавр жылдыз түркүмүндөгү бизге эң жакын жайгашкан жарык жылдыздын (Проксима) көрүнмө жылдыз чоңдугу $m=0$ болуп, Күндөн узактыгы 1,3 пк. Ал 10 пк аралыкка алыстаганда, анын интенсивдүүлүгү $\left(\frac{10}{1,3}\right)^2 = 8^2 = 64$ эсе азаят. Бул

жылдыз чоңдугунун 4,5 эсе артышына алып келет. Демек, анын абсолюттук жылдыз чоңдугу $M_p = 0 + 4,5 = +4,5$ болот. Мындан көрүнгөндөй, бир жылдыздын көрүнмө жылдыз чоңдугу жана ага чейинки болгон аралык парсектерде белгилүү болсо, анын абсолюттук жылдыз чоңдугун оңой аныкташ мүмкүн экен. Ал үчүн астрономдор ушул атайын эсептөө формуласын да табышкан:

$$M = m + 5 - 5 \lg r,$$

мында r – жылдызга чейинки парсектерде туюнтулган аралык.

Эгерде Күн жана каалагандай жылдыз абсолюттук жылдыз чоңдуктарында ($M_\odot$ жана M_*) берилген болсо, анда алардын жарыктануулары катышынын логарифми бул туюнтмадан табылат:

$$\lg \left(\frac{L_*}{L_\odot} \right) = 0,4(M_\odot - M_*).$$

Жылдыздардын жарыктанууларын үйрөнүүдөн, алардын жарыктануулары 0,0001 Күн жарыктыгынан бир нече он миң Күн жарыктыгына чейинки чек арада өзгөрөөрү маалым болот. Өтө чоң жарыктанууга ээ болгон жылдыздардын ичинде гиганттар жана өтө гиганттар деп аталуучу жылдыздар өзүнчө орун ээлейт. Гиганттардын негизги бөлүгү салыштырмалуу төмөн беттик температурага ($3,4 \cdot 10^3$ K) ээ болуп, кызыл түстө болгондуктан аларга *кызыл гиганттар* деп ат берилген. Алдебаран (Букачар жылдыз түркүмүнүн эң жарык жылдызы), Арктур (Өгүзчү жылдыз түркүмүнүн эң жарык жылдызы) өңдүү жылдыздар Гиганттардын белгилүү өкүлдөрүнөн эсептелет.

Өтө гиганттар болсо жарыктануулары Күндүкүнөн он миң эсе көп болгон жылдыздар болуп, алардын түсү ар түрдүү. Көк түстөгү өтө гиганттарга мисал кылып Ригелди (арабча «Rij al-Javzo»нын бузулуп айтылышы – «Балбандын буту» – Орион жылдыз түркүмүнүн бетасы); кызыл өтө гиганттарга – Антарести (Чаян жылдыз түркүмүндөгү эң жарык жылдыз), Бетельгейзени (арабча «Ibt al-Javzo»нын бузулуп айтылышы – «Балбандын оң ийини» – Ориондун эң жарык жылдызы) келтирүү мүмкүн.

Түрдүү жарыктануудагы жылдыздардын спектрлери да бири-биринен бир аз айырмаланат. Ошондуктан, кээде спектрдеги түрдүү атомдордун сызыктарына көрө жылдыздын жарыктыгын баалоого болот. Ушул жол менен жарыктануулары аныкталган жылдыздардын көрүнмө жылдыз чоңдуктары жардамында аларга чейинки аралыктарды да аныктоо мүмкүн болот. Жылдыздарга чейинки аралыктарды аныктоонун бул методу, жогоруда эске алынган-

дай, *спектрдик параллакс методу* деп аталат. Спектрлик параллакс методунун тригонометриялык методдордон артыкчылыгы мында: спектрдик параллакс өтө чоң аралыкта жаткан жана спектрлерин алуу мүмкүнчүлүгү болгон бардык жарыткычтардын да аралыктарын аныктоого мүмкүнчүлүк берет.

50-§. Жылдыздардын спектри жана спектрдик класстары

Астрономдор жылдыздарга таандык маанилүү маалыматтарды алардын спектрлерин анализдеп билип алышат. Жылдыздардын, мисалы, Күндүн спектри да сызыктуу жутулуу спектри болуп, жарык туташ спектринин фонунда атомдор, иондор жана молекулаларга тиешелүү жутулуу (Фраунгофер) сызыктарынан турат. Жылдыз спектрлери бири-биринен, аларда толкун узундугу боюнча нурлануу энергиясынын түрдүүчө маани менен бөлүштүрүлүшүнө карай айырмаланат. О.э., бул спектрлер алардагы атмосферанын химиялык курамын чагылдырып, түрдүү элементтерге тиешелүү сызыктары жана ушул сызыктардын интенсивдүүлүктөрү менен да бири-биринен айырмаланат. Температуралары бири-бирине жакын жылдыздардын химиялык курамы бири-биринен кескин айырмаланбайт. Жылдыздар спектринде эң көп тараган элементтер Н менен He. Бул элементтердин жылдыз спектринде күзөтүлгөн интенсивдүүлүк даражасы бул жылдыз атмосферасынын физикалык абалын белгилеп, көп жагынан анын температурасына байланыштуу болот. Жылдыздардын спектрлери жети негизги спектрдик класстарга бөлүнгөн. Алар латын тамгаларында туюнтулат: O–B–A–F–G–K–M. Бир класска группаланган спектрлер дагы ондон топчолорго бөлүнгөн. Мисалы, A класс жылдыздары A0, A1, A2, ..., A9 топчолорго бөлүнгөн (Күн өз спектрине көрө G2 класска кирет).

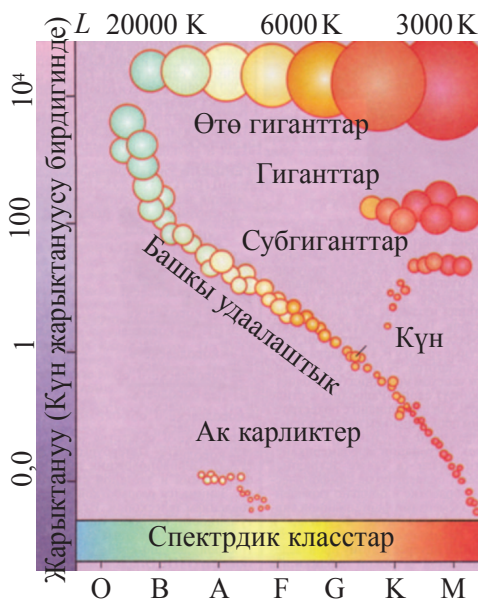
Класстар удаалаштыгы, оболу, жылдыздар температурасы жана түстөрү удаалаштыгында өз чечимин табат. Салыштырмалуу муздак – кызыл жылдыздар спектринде нейтралдуу атомдордун жана атүгүл молекулалык бирикмелеринин сызыктары көп учурайт, ысык көгүлтүр жылдыздар спектринде иондошкон атомдордун сызыктары көп учурайт. *O класска* кирүүчү жылдыздардын *спектринде иондошкон гелий, көмүртект, азот жана кычкылтектин интенсивдүү жутулуу сызыктары*, о.э., спектрдин ультракызгылт-көк бөлүгүндө айрым химиялык элемент атомдорунун көп жолу иондошкон сызыктары да учурайт. Көгүлтүр жылдыздардын температурасы 25000–50000 °C ка чейин жетет. *B класска* кирүүчү жылдыздар спектринде нейтралдуу гелий

сызыктары өтө интенсивдүү болот. *Ак-көгүш түстөгү* мындай жылдыздардын температурасы $\sim 17000^\circ\text{C}$ тегерегинде болот. *A класс* жылдыздары спектринде суутектин жутулуу сызыктары, иондошкон *Sa* сызыктары интенсивдүү болуп, температурасы $\sim 11000^\circ\text{C}$ болот. Түсү ак. *F класска* кирүүчү жылдыздардын спектринде суутек сызыктары күчсүздөнүп, *кальцийдин иондошкон сызыктары интенсивдүү болот. Ачык сары түстүү. Темир, титан* өңдүү элементтерге бай, температурасы $\sim 7000^\circ\text{C}$. *G класска* кирүүчү жылдыздардын спектринде (мисалы, Күндө) металлдарга тиешелүү *нейтралдуу жана бир аз иондошкон кальций атомдордун сызыктары интенсивдүү жана кеңири тараган. Суутектин сызыктары кыйла күчсүздөнгөн (интенсивдүүлүгү төмөндөгөн)* болот. Температурасы $\sim 6000^\circ\text{C}$. Түсү сары. *K класска* кирүүчү жылдыздар спектринде металлдардын жутулуу сызыктары менен бирге *молекулалык бирикмелердин да сызыктары күзөтүлөт. Түсү кызгылт, температурасы $\sim 3500^\circ\text{C}$. M класска* кирүүчү жылдыздар спектринде болсо *металл сызыктары күчсүздөнүп, молекулалардын спектрдик тасмалары* (айныкса, титан оксидине таандык) *интенсивдүү түс алат. Кызыл түстүү, температурасы 2500°C .*

Жылдыздар спектринин түрдүүчө болушу алар атмосферасындагы физикалык шарт, химиялык курамдын түрдүүлүгү жана түрдүү температурага ээ экендиги менен түшүндүрүлөт. Жылдыздын температурасы арткан сайын анын атмосферасындагы молекулалар атомдорго майдаланат. Андан да жогорку температурада атомдор да бөлүнүп, электрондорун жоготот жана иондорго айланат. Бул нерсе жылдыздардын спектрдик класстарынын анализинен оңой көрүнөт.

51-§. Спектрдик-жарыктануу диаграммасы

Жылдыздардын спектрдик класстары менен алардын температураларынын арасында байланыш бар экени байкоолордон маалым болгон. Алардын жарыктануулары абсолюттук жылдыз чоңдуктарына байланыштуулугу анык болгон соң, аалымдар бул эки жуп байланыштардын арасында да байланыш болушу керек деген күмөн менен аны издөөгө киришишти. Мындай байланышты XX кылымдын башында даниялык астроном Герцшпрунг жана америкалык астрофизик Расселл аныкташты. Белгилүү болгондой, эгерде координата окторуна бири боюнча жылдыздардын спектрдик класстары, экинчиси боюнча болсо алардын абсолюттук жылдыз чоңдуктары коюлса, алардын бул параметрлери арасындагы байланыштары бир нече топко бөлүнүп чыккан түрдөгү диаграмма түрүндө көрүнөт. Мындай байланыштарды туюнтуучу диаграмма



93-сүрөт. Спектрдик-жарыктануу диаграммасы.

кийинчерээк спектрдик-жарыктануу же Герцшпрунг-Расселл диаграммасы деп атала турган болду. Бул диаграммада жылдыздардын абсолюттук жылдыз чоңдуктарына параллель түрдө, жылдыздардын жарыктануулары (Күн жарыктыгы бирдигинде, $L_{\odot}=1$), спектрдик класстары огуна параллель түрдө болсо, алардын түс көрсөткүчтөрү же эффективдүү температуралары жайгашат (93-сүрөт). Герцшпрунг-Расселл диаграммасы жалпы физикалык табиятка ээ болгон жылдыздарды түрдүү топторго ажыратып, алардын температурасы, жарыктыгы, спектрдик классы жана абсолюттук чоңдуктары өндүү параметрлери арасындагы байланыштарды аныктоого мүмкүнчүлүк берет.

Бул диаграммада жылдыздардын негизги бөлүгү *башкы удаалаштык* аттуу ийрини бойлой жайгашып, анын жогорку бөлүгүндө жарыктануулары жогору болгон башталгыч спектрдик класстарга тиешелүү жылдыздар жайгашат жана оң жакка барган сайын жылдыздардын жарыктануулары (температуралары) төмөндөп барып, кийинки класстарга тиешелүү жылдыздар орун алат. Башкы удаалаштык ийриси менен оңдо, жогоруда салыштырмалуу төмөн температуралуу, бирок диаметри өтө чоң жана жогорку жарыктанууга ээ болгон, абсолюттук жылдыз чоңдуктары -4^m , -5^m дүү *өтө гигант жана гигант* (абсолюттук жылдыз чоңдуктары 0^m айланасында) жылдыздар жайгашат. Диаграмманын төмөнкү бөлүгүндө солдо, негизинен, A спектрдик классына жана салыштырмалуу аз жарыктанууга ээ болгон өзүнчө топ – *майда жылдыздар* жайгашат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Жылдыздын абсолюттук жылдыз чоңдугу деп кандай көрүнмө чоңдукка айтылат?
2. Жылдыздардын көрүнмө жана абсолюттук чоңдуктарынын арасындагы катышты туюнтуучу формуланы жаз.
3. Жылдыздардын спектрдик класстары жөнүндө эмне билесин?

4. Жылдыздардын спектрдик класстары алардын температурасы жана түстөрүнө кандай байланышкан?
5. Спектрдик-жарыктануу диаграммасы жылдыздарга тиешелүү кандай физикалык параметрлерди өз ара байланыштырат?
6. Башкы удаалаштыкта жатуучу жылдыздар кандай касиеттери менен гиганттар жана кидиктерден айырмаланат?
7. Жылдыздардын абсолюттук жылдыз чоңдуктары жана жарыктануулары арасында кандай байланыш бар?

22-ТЕМА.

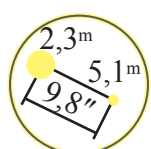
52-§. Физикалык кош жылдыздар жана алардын түрлөрү

Бир караганда асманда жылдыздар өз-өзүнчө учурай тургандай туюлса да, чынында алардын көпчүлүгү экиден, үчтөн жана андан да көбүрөөк абалда өз ара динамикалык байланышкан көрүнүштө болот. Адатта, жалпы масса борбору айланасында айланып жаткан кош жылдыздардын орбиталары бир тегиздикте жатып, айлануу мезгилдери бирдей болот. Булардын ичинде, айныкса, кош жылдыздары (б.а. жуп абалдагылары) көбүрөөк учурайт. Бирок жуп көрүнгөн жылдыздардын баары эле чынында жуп боло бербейт. Алардын ичинде түрдүү аралыктарда туруп, өз ара эч кандай динамикалык байланышпаган жана белгилүү бир кароо сызыгына жакын жаткандыгы үчүн асманда бири-бирине жакындай туюлгандары да көп болот. Мындай жылдыздар *оптикалык кош жылдыздар* деп аталат.

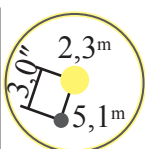
Визуалдуу кош жылдыздардын түрлөрү. Эгерде физикалык кош жылдыздардын түзүүчүлөрү кубаттуу телескоп менен каралганда бири-биринен түздөн-түз бөлүп көрүү мүмкүн болгон жаа аралыкта жайгашкан болсо, алар *визуалдуу кош жылдыздар* деп аталат.

Өз ара өтө тыгыз жана өтө кичине жаа аралыкта жайгашкан кош жылдыздарды түздөн-түз бөлүп көрүүнүн эч мүмкүнчүлүгү жок болуп, алардын жуптугу фотометриялык же спектрдик метод жардамында аныкталат. Буга ылайык алар, тиешелүү түрдө, *тутулдуучу жана спектрдик кош жылдыздар* деп аталат.

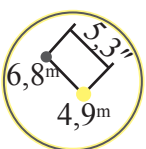
Визуалдуу кош жылдызга мисал кылып Чоң Аюу жылдыз түркүмүндөгү «чөмүч сабынын» аягынан 2-жылдызды алуу мүмкүн. Илгери арабдар ал жылдызга Alqor (Чабандес) деп ат коюшкан. Ага жакын жайгашкан көз араң ылгай турган жылдызча Мицар деп аталат. Бул эки жылдыз өз ара динамикалык байланыштагы визуалдуу кош жылдыздардан саналат. Алардын арасы болгону 11'.



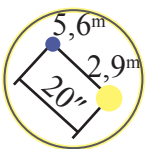
Андромеданын ү сы



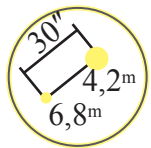
Өгүзчүнүн ε сы



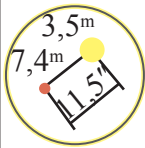
Өгүзчүнүн ξ сы



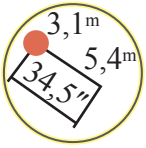
Чуркоочу таздардын α сы



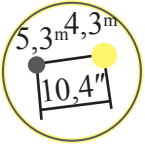
Чаяндын ι сы



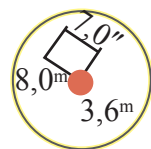
Кассиопейнын η сы



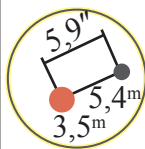
Ак куунун β сы



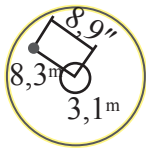
Делфиндин γ сы



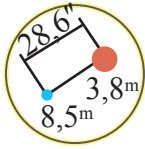
Эгиздердин κ сы



Геркулесдин α сы

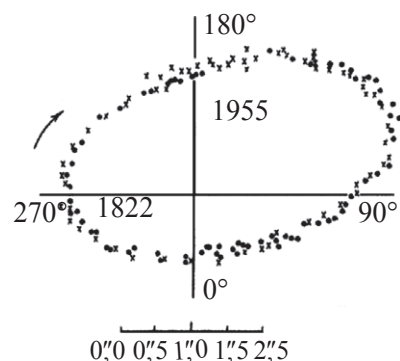


Геркулесдин δ сы



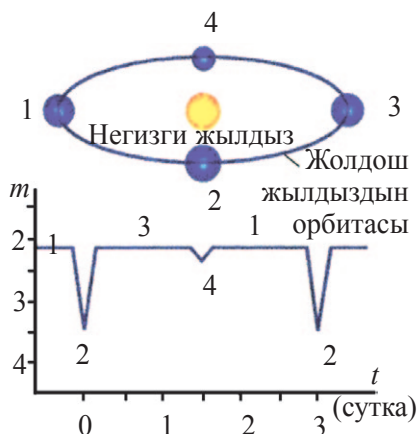
Персейдин η сы

94-сүрөт. Тааныш жылдыз түркүмдөрүндө күзөтүлө турган кош жылдыздар (жылдыз чоңдуктары жана өз ара жаа аралыктары берилген).



95-сүрөт. Визуалдык кош жылдыздын (Чоң Аюунун ξ жылдызы) орбитасы.

Жөнөкөй талаа дүрбүсү аркылуу визуалдуу кош жылдыздардан көбүн көрүү мүмкүн (94-сүрөт). 95-сүрөттө визуалдуу кош жылдыздардын өкүлү Чоң Аюунун ξ сынын негизги жылдызга салыштырмалуу күзөтүлгөн жолдошунун орбитасы келтирилген.



96-сүрөт. Тутулуучу кош жылдыз (Алгул – Персейдин β сы).

Тутулуучу кош жылдыздардын типтүү өкүлү илгери арабдар аныктаган жана Algul («Дөөнүн көзү» маанисин берет) деп аталган Персей жылдыз түркүмүнүн β жылдызы болуп саналат. Бул кош жылдыздардын орбита тегиздиктери кароо сызыгын бойлой жаткандыктан, жалпы масса борбору айланасында айланып жатканда, алар бири-бирин тосуп өтөт жана натыйжада бул абал жылдыз жарыктыгын мезгилдүү түрдө (~3 суткалык) өзгөртүп, анын жуптугунан кабар берет (96-сүрөт). Спектрдик кош жылдыздардын жуптугу алардын үстү-үстүнө түшкөн спектр-

лериндеги жалпы сызыктарынын (ар эки жылдыз спектринде да бар сызыктардын) бири-бирине салыштырмалуу мезгилдүү жылыштарынан (негизги жылдыз айланасында жолдош жылдыздын айланып жаткандыгы себептүү) билинет.

53-§. Жылдыздардын массаларын эсептөө **

Жылдыздарды мүнөздөөчү эң маанилүү чоңдуктардан бири алардын массалары эсептелет. Жылдыздарга тиешелүү көптөгөн параметрлер ал же бул даражада массаларына байланыштуу болот. Башка параметрлеринен айырмалуу түрдө, жылдыздардын массаларын аныктоо эң татаал маселелерден саналат. Эгерде жылдыздын айланасында жолдошу болсо, жылдыздын ага гравитациялык таасири негизинде жылдыздын массасын Кеплердин аныкталган 3-мыйзамы негизинде табуу мүмкүн. Кош жылдыздардын жалпы масса борбору айланасында айлануу мезгилдери жана негизги жылдызга салыштырмалуу табылган жолдош жылдыздын орбитасынын чоң жарым огу A нын маанисине ылайык массаларынын суммасын төмөнкү туюнтмадан табабыз:

$$\frac{T^2 (M_a + m_j)}{A^3} = \frac{4\pi^2}{G} = 5,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3},$$

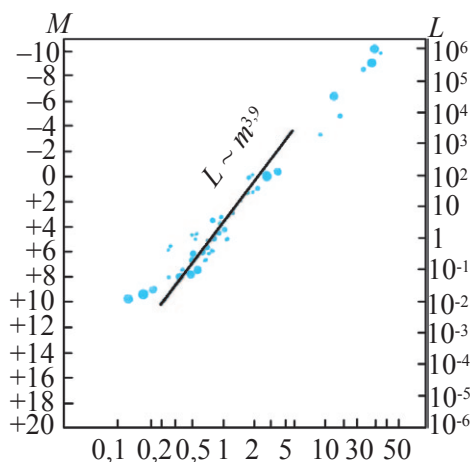
анда массалар суммасы:

$$M_a + m_j = 5,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3} \cdot \frac{A^3}{T^2}.$$

мында: M_a , m_j – тиешелүү түрдө, негизги жана жолдош жылдыздардын массаларын; A – жолдош жылдыздын негизги жылдызга салыштырмалуу табылган орбитасы чоң жарым огун; T – кош жылдыздар мезгилин; G – гравитациялык туруктуулукту мүнөздөйт (мында T секунддарда, A болсо метрлерде туюнтулганда M масса кг дарда чыгат).

Эгерде кош системага кирүүчү жылдыздардын масса борборуна салыштырмалуу абалын өзүнчө белгилөө жана натыйжада алардын чоң жарым окторунун бурчтук өлчөмдөрүн жаа секунддарында өзүнчө аныктоонун мүмкүнчүлүгү болсо, анда алардын массаларынын катыштарын төмөнкү туюнтма менен аныктаса болот:

$$\frac{M_a}{m_j} = \frac{a_j}{a_a},$$



97-сүрөт. Жылдыздардын жарыктануулары менен массаларынын арасындагы байланыш.

мында – M_a жана $m_{ж}$ лер, тиешелүү түрдө, негизги жана жолдош жылдыздардын массаларын; a_a жана a_y лер болсо орбиталарынын чоң жарым окторун туюнтат.

Кош жылдыздардын бул метод менен аныкталган массалары, эсептөөлөр көрсөткөндөй, 0,1 ден 100 Күн массасына чейин болот. Массалары 10–50 $M_{\odot}$ чек арасында болгон жылдыздар салыштырмалуу аз учурайт. Чынында өзүнчө алынган жылдыздардын массаларын аныктоо мүмкүн болбосо да, бирок спектрдик-жарыктануу диаграммасынан өзүнчө орун алган айрым жылдыздар тобу үчүн алардын жарыктануулары менен массаларынын арасында байланыш бар экени

эмпирикалык жол менен аныкталган (97-сүрөт). Масса менен жарыктануу арасындагы мындай байланыштын негизинде, жарыктануулары аныкталган көп жылдыздардын массаларын табууга мүмкүнчүлүк берип, эмпирикалык жол менен жылдыздын болометрикалык жарыктыгы L_b (б.а. толук нурлануу энергиясы) жана массалары M_* арасында байланыш табылган. $L_b = M_*^{3.9}$ туюнтмадан көрүнгөндөй, башкы удаалаштыктын жогорку бөлүгүндө эң массивдүү жылдыздар жайгашып, ылдыйга карай жылдыздардын массасы азайып барат.

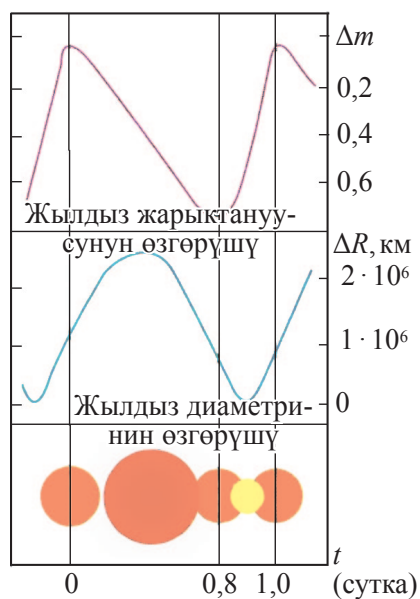
Суроо жана тапшырмалар:

1. Физикалык кош жылдыздардын кандай түрлөрү бар?
2. Визуалдуу кош жылдыздар деп кандай кош жылдыздарга айтылат? Тутулуучу кош жылдыздар депчи? Тутулуучу кош жылдыздардын жаркырактык ийриси эмнеси менен мезгилдүү характерге ээ?
3. Спектрдик кош жылдыздардын жуптугу кандай билинет?
4. Кош жылдыздардын массалары кандай мыйзамдын негизинде табылат?
5. Эмпирикалык жол менен салыштырмалуу аз жылдыздар үчүн, алардын жарыктануулары жана массалары арасында кандай байланыш табылган?
6. Жылдыз массалары Күн массасы бирдигинде кандай чек араларда өзгөрөт?

Физикалык өзгөрмөлүү жылдыздардын жаркырактыктарынын өзгөрүүсү тутулуучу кош жылдыздар жаркырактыктарынын мезгилдүү өзгөрүүсүнөн айырмалуу түрдө, ушул жылдыздардын ичинде жүрө турган физикалык жараяндардын натыйжасында болуп өтөт. Физикалык өзгөрмөлүү жылдыздардын жаркырактыктарынын өзгөрүү мүнөзүнө көрө пульсациялануучу жана эруптивдүү өзгөрмөлүү жылдыздарга бөлүнөт.

Пульсациялануучу жылдыздар. Цефеиддер. Жаркырактыктарынын ийриси өзүнчө формага ээ болуп, алардын негизги физикалык чоңдуктарынан эсептелген көрүнмө жылдыз чоңдуктарынын убакыт боюнча өзгөрүү мезгили бир нече суткадан бир нече он суткага чейин болот. Мындай жылдыздардын жарыктыгынын ийриси Цефей жылдыз түркүмү δ жылдызынын өзгөрүүсүнө окшогондуктан алар *Цефеиддер* деп аталат (98-сүрөт).

Цефеиддер жарыктыгынын өзгөрүүсү (2 ден 6 га чейин) жылдыз чоңдугу чек арасында болот. Цефеиддер жаркыроосунун максимумунда F спектрдик класска таандык жылдыз көрүнүшүндө болуп, минимумунда G класстарына таандык жылдыз көрүнүшүн алат. Жаркырактыктардын мындай өзгөрүүсү жылдыз температурасынын орточо 1500 градуска өзгөрүүсүнө туура келет. Цефеиддер спектринде күзөтүлө турган сызыктар анын жарыктыгынын өзгөрүүсүнүн фазасына тиешелүү түрдө кызыл же кызгылт-көк түс жакка жылып турат. Мындай жылышуулар да мезгилдик мүнөзгө ээ болуп, кызыл жылышуунун максимуму Цефеид жарыктыгынын минимумуна, кызгылт-көк түс жылышуунун максимуму болсо жаркырактыктын максимумунун жакынына туура келет. Цефеиддердин мезгилдери жана жарыктануулары арасында байланыш бар болуп, алардын жаркырактык-



98-сүрөт. Цефеид (Цефейдин δ тибиндеги жылдыз)дердин жарыктануусу (Δm) менен радиусунун өзгөрүү (ΔR) ийрилери.

тарынын артышы мезгилдеринин артышында көрүнөт. Ошондуктан пульсациялануучу Цефеиди бар жылдыз системаларына чейинки аралыктар, алардын көрүнгөн мезгилдеринин негизинде табылган жарыктанууларга таянып аныкталат.

Цефеиддер F жана G класстарга кирүүчү гигант жана өтө гигант жылдыздар болгондуктан, аларды галактикабыздан сырттагы объекттерде да көрүүнүн мүмкүнчүлүгү бар.

Эруптивдүү өзгөрмөлүү жылдыздар салыштырмалуу кичине жарыктанууга ээ болгон жылдыздар (негизинен, майда жылдыздар) болуп, алардын өзгөрмөлүүлүгү маал-маалы менен кайталануучу жаркыроо көрүнүшүндө болуп өтөт. Мындай жаркыроолор бул жылдыздардан плазманын атырылышы (эрупциясы) менен түшүндүрүлгөндүктөн да алар *эруптивдүү өзгөрмөлүү жылдыздар* деп аталат. Эруптивдүү жылдыздардан бири жаңы жылдыздар эсептелет.

Жаңы жылдыздар эруптивдүү өзгөрмөлүү жылдыздардын белгилүү бир баскычын өзүндө чагылдырып, «жаңы» деген ат аларга шарттуу түрдө берилген. Мындай жылдыздар чынында эскиден бар болуп, күнүрттүгү себеп көрүнбөй, өз эволюциясынын белгилүү бир баскычында жаркыроо себеп жарыктыгы 10–13 жылдыз чоңдугуна чейин өзгөрүп, жөнөкөй көз менен көрүнө турган жарык жылдызга айланат. Өз жаркыроолорунун максимумунда алар абсолюттук жылдыз чоңдуктарынын орточо 8,5 жылдыз чоңдугуна чейин барып, мында алар A–F спектрдик класстарга таандык өтө гигант жылдыздар көрүнүшүнө өтө окшоп кетет.

Мындай жылдыздарды жаркыроого чейин жана кийин тыкыр үйрөнүү алар кош жылдыздар деген жыйынтыкка алып келет. Мында жаркыроонун себеби эки бири-бирине жакын жайгашкан жылдыздардын өз ара аракеттенишүүлөрүнүн айынан болот. Бул жылдыздардан бири аз тыгыздыкка ээ чоң жылдыз болуп, экинчиси чоң тыгыздыктагы ак кидик жылдыз деп каралат. Чоң тыгыздык жана тартуу күчүнө ээ болгон ак кидик жылдыз таасиринде гигант жылдыздын заты ага агып түшүп, ак кидиктин бетинде кескин ысыйт жана белгилүү бир температурага жетип, күчтүү *термоядролук жарылуу* болот.

Жаңы жылдыздар жаркыроо маалында толук нурлануу энергиясы 10^{38} – 10^{39} Ж ду түзүп, муну Күн бир нече он миң жылда гана бериши мүмкүн.

Жылдыз бетинде жарылуу болгондо, анын бетинен чоң массадагы заты (болжол менен 10^{-4} – $10^{-5} M_{\odot}$) 1500–2000 км/с га чейинки ылдамдыкта атырылат. Натыйжада жаңы жылдыздын айланасында таралып жаткан газ чоң тумандуулукту пайда кылат. Байкоолордун натыйжасында, салыштырмалуу жакын

жайгашкан бардык жаңы жылдыздардын айланасында чындап эле кеңейүүчү ушундай газ тумандуулуктары күзөтүлөт.

Азырга чейин илимге 300 гө жакын жаркыраган жаңы жылдыз белгилүү болуп, алардын 150 гө жакыны өзүбүздүн галактикабызда, 100 гө жакыны коңшулаш Андромеда тумандуулугунда күзөтүлгөн.

Өтө жаңы жылдыздар да эруптивдүү өзгөрмөлүү жылдыздар тибине кирип, гигант массивдүү жылдыздардан саналат. Жарыктануулары кескин өзгөрүүчү (жаркыроочу) мындай жылдыздардын жаркыроолору жарылуунун эсебинен болот. Жарылуу себеп мындай жылдыздардын жарыктыгы бир нече күн бою он миллиондоп эсе артат. Жылдыз өз жарыктыгынын максимумуна жеткенде, өзү жайгашкан галактика жарыктыгына, кээде андан да бир нече эсе көп жаркырактыкка ээ болот. Жарыктыгынын максимумунда анын абсолюттук жылдыз чоңдугу -18 ден -19 жылдыз чоңдугуна чейин жетет. Өтө жаңы жылдыздар өз жарыктыгынын максимумуна жарылуу болгондон кийин 2–3 апта өтүп жетишет жана кийин бир нече ай бою анын жарыктыгы 25–30 эсе азаят. Жаркыроо маалында, өтө жаңы жылдыздардын жалпы нурлануу энергиясы 10^{41} – 10^{42} жоулду түзөт.

Белгилүү бир галактикада өтө жаңы жылдыздын жаркыроосу болжол менен 100 жылдын ичинде 1–2 жолу гана болушу мүмкүн. Тарыхта биздин галактикабызда да бир нече өтө жаңы жылдыздардын жаркыроосу күзөтүлгөн. Булардын ичинде Букачар жылдыз түркүмүндө 1054-жылда Кытай астрономдору тарабынан күзөтүлгөнү эң кубаттууларынан эсептелет. Бул жылдызды анын жарылуусунан соң бир нече күн бою күндүзү да көрүүгө мүмкүн болгон. Жаркыроо маалында мындай жылдыздар 0,1 ден 1,0 ге чейинки Күн массасына тең өз затын 6000 км/с га чейинки ылдамдык менен жылдыздар аралык боштукка бүркүйт. Дээрлик 1000 жылга жакын убакыт өткөнүнө карабай, бул жылдыздан атылган газ массасы азыркы күндө да секундуна дээрлик 1000 км ылдамдык менен кеңейүүнү улантууда. Жаркыраган жылдыз айланасында таралып жаткан бул газ массасы өтө чоң газ тумандуулугун пайда кылган. Букачар



99-сүрөт. Букачар жылдыз түркүмүндөгү Рак сымал тумандуулук – 1054-жылда жарылган өтө жаңы жылдыздын калдыгы.

жылдыз түркүмүндө 1054-жылда жарылган өтө жаңы жылдыздан калган бул тумандуулук Рак сымал тумандуулук аты менен белгилүү (99-сүрөт). 1572-жылы жарылган башка бир өтө жаңы жылдыз даниялык астроном Тихо Браге тарабынан Кассиопея жылдыз түркүмүндө, 1604-жылы Жылан багар жылдыз түркүмүндө жарылганы болсо Кеплер тарабынан күзөтүлгөн.

Өтө жаңы жылдыздардын жарылуусунун айынан алардын борбордук калдык бөлүгү, жарылуудан алган кошумча импульстун эсебинен диаметри бир нече километр калганга чейин кырсыктуу кысылат (ал илимде коллапс деп аталат) жана өтө чоң тыгыздыктагы объектке айланат. Мында анын тыгыздыгы дээрлик атом ядросунун тыгыздыгына чейин (10^{14} г/см³) барат. Мындай тыгыздыкта атомдор атомдук касиеттерин толук жоготуп, жалаң гана нейтрондук кабыктардан түзүлөт жана ошондуктан өтө жаңы жылдыздардын калдыгы көбүнчө *нейтрондук жылдыздар* деп аталат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Кандай жылдыздар физикалык өзгөрүүчү жылдыздар деп аталат?
2. Цефеиддер кандай касиеттүү пульсациялануучу жылдыздар эсептелет?
3. Цефеиддердин мезгилдери жана жарыктануулары арасында кандай байланыш бар?
4. Жаңы жылдыздардын жаркыроо механизми жөнүндө эмне билесиң?
5. Өтө жаңы жылдыздар жаркыроосунда алардын массалары кандай орун тутат?
6. Өтө жаңы жылдыздын жаркыроосунун натыйжасында ал кандай асман телосуна айланат?

24-ТЕМА.

55-§. Жылдыздардын эволюциясы. Нейтрондук жылдыздар жана «кара тешиктер» *

Көп астрономдордун оюнча, жылдыздар (галактикалар да) өтө ири массалуу газ булутунун кысылуусу жана айлануусу натыйжасында пайда болот. Элестетели, муздак газ-чаң булуту белгилүү бир себептерден улам кысылып жаткан болсун. Тартылуу күчтөрүнүн таасиринде кысылып жаткан газ булуту акырын шар сымал абалды ээлөөгө умтулат. Мындай кысылуунун натыйжасында булуттун тыгыздыгы жана температурасы артып барып, ал келечекте «протожылдыз» (жылдыздын калыптануусунун башталгыч абалы)га айланат. Мында анын сырткы температурасынын артуусунан ал инфракызыл диапазондо нурлана баштайт. Протожылдыздын борборунда температура болжол

менен 10^7 °C ка жеткен соң, ал жерде термоядролук синтез реакциясы башталат. Ушул убакыттан баштап газдын басымынын ички күчтөрү жылдыздын сырткы бөлүктөрүнүн тартылуу күчү менен теңдешкендиктен, жылдыздын кысылуу жараяны токтойт. Жылдыздын массасы канча чоң болсо, анда тең салмактуу абалы ошончо жогорку температурада болуп өтөт. Андыктан чоң массалуу жылдыздар жарыктануулары да ушуга тиешелүү түрдө чоң болот.

Жылдыздарда кысылуу баскычы анын борбордук бөлүгүндө суутектин бир калыпта «күйүшү» менен жүрө турган стационардуу абалга айланат. Дал ушундай абалда жылдыздардын спектрдик-жарыктануу диаграммасынын «башкы удаалаштыгынан» орун алган болот. Жылдыздардын башкы удаалаштыкта болуу убактысы алардын массаларына байланыштуу. Чоң сандагы нурлануу энергиясын таратып жаткан массивдүү жылдыздар өз эволюциясы мезгилин тез өтөп, стационардык абалда бир нече миллион жыл эле болсо, Күндөй массалуу жылдыздар бул абалда 10^{10} жылдан кем болбойт.

Жылдыздардын борборундагы бардык суутек гелийге айланып болгон соң, ал жерде гелийлүү ядро пайда болот. Эми суутек гелийге жылдыздын борбордук бөлүгүндө эмес, анын ядросуна жабышкан бетинде айлана баштайт. Бул маалда гелийлүү ядронун ичинде энергиянын булагы өчкөн болуп, ал акырындап кайра кысылууну баштайт жана мунун эсебинен катуу ысыйт. Анын температурасы $15 \cdot 10^6$ °C ка жеткенден соң, гелий эми көмүртекке айланат. Натыйжада анын жарыктыгы жана өлчөмү артып барат жана жөнөкөй жылдыз акырындап гигант же өтө гигант жылдызга айланат. Биз билгендей, мындай жылдыздар спектрдик-жарыктануу диаграммасында өзүнчө орун ээлейт. Андыктан, жылдыздардын жашоосунун соңку баскычы, алардын бүткүл эволюциясы сыяктуу массаларынын «колунда» болуп, Күнүбүзгө окшош жылдыздар (массасы 1,2 Күн массасынан чоң болбогондору) акырындап кеңейип, аягында жылдыздын ядросун таштап кетет. Кийин ал айланып жаткан кызыл гигант жылдыздын ордунда кичине, *ысык ак кидик жылдыз* калат. Жылдыздар дүйнөсү мындай ак кидик жылдыздарга бай. Мындан көрүнгөндөй,



Ак кидик жылдыз Нейтрондук жылдыз Нейтрондук жылдыз же кара көңдөй

100-сүрөт. Жылдыздардын массаларына карай эволюциясы.

көпчүлүк жылдыздар ак кидикке айлангандан соң, бара-бара муздап, өчүп калат. Бирок жылдыз массасынын белгилүү бир маанисинен баштап, ядродогу газ басымы гравитация күчтөрүнө тең келе албай үзгүлтүксүз түрдө кысыла баштайт, б.а., коллапс (кырсыктуу кысылуу) кубулушу болот. Жылдыз массасы болжол менен 2–3 Күн массасынча болгондо, ал коллапстан качып кутула албайт. Мындай жылдыз кезектеги кысылуунун айынан нейтрондук жылдызга айлануусу натыйжасында пайда болгон «нейтрондук газ» басымы гравитациялык күчтөргө тең келе алганы себеп, ал кысылуудан токтойт. Бул орунда дагы төмөнкүнү айтып өтүү зарыл: жылдыздын калдык массасынын кысылуусу себеп нейтрондук жылдыз өз-өзүнөн пайда болбой, ал ядролук жарылууну (өтө жаңы жылдыз көрүнүшүндө) «жашашы» керек болот. Мындай жарылуунун айынан зат нейтрондор абалына өтүп, бардык ядролук энергия андан бөлүнүп чыгат (*100-сүрөткө кара*).

Эгерде жылдыздын массасы 2–3 Күн массасынан чоң болсо, анда «нейтрондук газдын» басымы да гравитация күчтөрүнө тең келе албай, жылдыз үзгүлтүксүз кысылууну улантат. Кысылып жаткан жылдыздын радиусу $\frac{2GM}{c^2}$ ка жеткенде (мында c – жарыктын ылдамдыгы), ал үчүн парабодалык ылдамдык жарык ылдамдыгынан чоң болот. Б.а., эми эч нерсе, жадагалса нурлануу кванты да жылдызды таштап чыгып кете албайт, андыктан, жылдыз эми көрүнбөйт. Теориялык жактан каралганда, болушу мүмкүн болгон мындай ой жүзүндөгү жылдыз «көрүнүшү» *кара тешик* деп аталат. Бул ат ага өзүнөн сыртка эч кандай нурланууну да чыгара албай турган даражадагы тартуу күчүнө ээлиги үчүн берилген.

Эгерде «кара тешик» кош жылдыздарды түзүүчүлөрдөн бири болсо, анда ал жанындагы нормалдуу жылдыздын затын тынымсыз «соруу» касиетине ээ болот. Дал ушундай аймакта күчтүү рентген диапазонунда пайда болгон нурланууну атайын рентгендик телескоптордо каттоо аркылуу «кара тешик»тин ордун көрүү мүмкүн болот.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Ак кидик жылдыздар кандай массалуу жылдыздар эволюциясынын натыйжасы?
2. Кандай жылдыздар өз эволюциясы соңунда нейтрондук жылдызга айланат?
3. «Кара тешиктер» өз эволюциясы соңунда кандай көрүнүштөгү радиустуу жылдызга айланат?
4. «Кара тешиктер» кандай типтеги жылдыздардын калдыгы эсептелет?

VI БӨЛҮМ. КОСМОСТУН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ЭВОЛЮЦИЯСЫ

25-ТЕМА.

56-§. Галактикабыздын түзүлүшү, курамы жана айлануусу

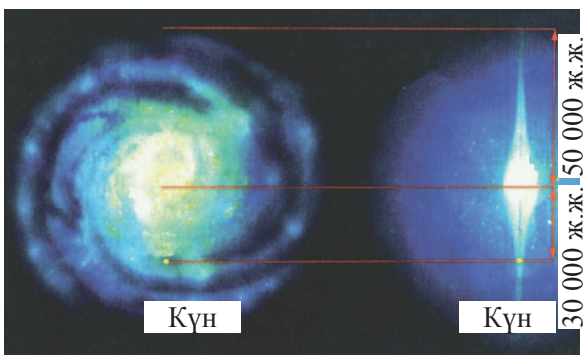
Түндө караңгы асманга карасак, бүтүндөй асманды бойлоп созулган жарык – саман төгүлгөн жолду эстетүүчү жана жаштыгыбыздан бизге улуулар Саманчынын жолу деп түшүндүргөн тасмага көзүбүз түшөт.

Жөнөкөй талаа дүрбүсү же кичинекей телескоптон Саманчынын жолуна каралганда эле, ал жык толо жылдыздардан турганын көрөбүз.

Биздин Күн да (бир жөнөкөй жылдыз катары) ушул чоң жылдыздар системасынын мүчөсү болгондуктан биз аны биздин галактикабыз деп атайбыз (*101-сүрөт*). Галактикабызга капталдан каралса, анын формасы томпок линзага окшойт. Анын диаметри дээрлик 100 миң жарык жылына, калыңдыгы болсо 7 миң жарык жылына тең. Күн системасы галактикабыздын борборунан анын радиусунун $\frac{2}{3}$ бөлүгүнө тең (33 миң жарык жылы аралыкта) жайгашкан (*102-сүрөт*). Эгерде галактикабыз дискине (б.а. Саманчынын жолу тегиздигине) тике багыттан туруп каралса, борборунан спираль көрүнүштө таралуучу жана саат маятникинин пружинасын эстетүүчү «жеңдер»ди көрөбүз (*103-сүрөткө кара*). Күн системасы тараптан каралганда, галактикабыздын борбордук ядросу Жаачы жылдыз түркүмүнө проекцияланат.



101-сүрөт. Галактикабыздын «шакеги» эсептелген Саманчынын Жолу.



102-сүрөт. Галактикабыздын жогорудан жана капталдан көрүнүшү.



103-сүрөт. Галактикабыздын спираль «жеңдери» (үстүнөн каралганда).

Эсеп-кысаптар галактикабызда 200 млрд.га жакын жылдыз бар экенин көрсөтөт. Жылдыздар галактикабыздын негизги бөлүгүн түзөт. Анда жылдыздардан сырткары алардын түрдүү системалары (тумандуулуктар, жылдыз топтору), жылдыздар аралык газ жана чаң чөйрө, космостук нурлар, суутек атомдорунун газдары ж.б. учурайт. Байкоолор бардык жылдыздар, о.э., Күн өз планеталарын ээрчитип, галактикабыз ядросунун айланасында айланаарын көрсөтөт. Саманчынын жолунун тегиздиги асман

экваторунун тегиздиги менен 62° бурч пайда кылат. Мында жылдыздардын ылдамдыктары, алардын галактикабыз ядросунан узактыгына карай азайып барат. Күн жана ага жакын жерде жайгашкан жылдыздардын айлануу ылдамдыктары секундуна 240 км ди түзүп, айлануу мезгили болжол менен 200 млн. жылга тең.

57-§. Жылдыздардын шар сымал жана чачкын чогулмалары **

Галактикабызда жылдыздар жалаң гана жалгыз түрдө кезикпей, өз ара динамикалык байланышкан түрдө жуп, үчтөн, төрттөн жана ошондой эле өтө көп – жүздөгөн, миңдеген топ түрүндө да учурайт. Галактикабызда учурай турган бир нече жүздөн бир нече миңге чейин болгон, өз ара динамикалык байланышкан жылдыздардын системалары *жылдыз чогулмалары* деп аталат. Сырткы көрүнүшүнө карай жылдыз чогулмалары эки топко – *чачкын* же таркалган жана *шар сымал чогулмаларга* бөлүнөт.

Чачкын жылдыз чогулмалары. Бизден бирдей аралыкта жатып, өз ара динамикалык байланышкан жана таркалган түрдө жайгашкан жылдыздардын тобу *чачкын* деп аталат.

Галактикабызда 800 гө жакын чачкын жылдыз чогулмалары болуп, алардын диаметри 1,5 парсектен 20 парсекке чейин барат. Чачкын жылдыз чогулмаларынын жакшы үйрөнүлгөн өкүлү *Букачар жылдыз түркүмүндөгү Чолпон* деп аталган чогулма болуп, Күн системасынан орточо 130 парсектүү аралыкта



104-сүрөт. Чолпон деп аталган жылдыздардын чачкын чогулмасы.



105-сүрөт. 20 000 ге жакын жылдызды камтыган М-13 шар сымал чогулмасы.

жайгашкан (*104-сүрөт*). Башка бир чачкын жылдыз чогулма – Гиадлар болсо бизден дээрлик 40 парсектүү аралыкта жатат.

Шар сымал жылдыз чогулмалары. Асманда өтө көп жылдыздар топтолго биригип, жылдыздардын чогулмасын пайда кылат. Мындай чогулма сырткы көрүнүшүнө карай *шар сымал* деп аталат. Шар сымал жылдыз чогулмалары чачкын жылдыз чогулмаларынан химиялык курамы менен айырмаланат. Алсак, чачкын жылдыз чогулмаларынын спектринде оор элементтердин саны 1–4 % ды түзсө, шар сымал чогулмаларда болгону 0,1–0,01 % ды түзөт. Мындай абал белгилүү бир галактикада шар сымал жана чачкын жылдыз чогулмаларынын пайда болушунда түрдүүчө шарттар болгондугунан кабар берет.

Шар сымал чогулмалар жылдыздарынын көптүгү жана так сфералык формасына ылайык, чачкын жылдыз чогулмаларына салыштырмалуу жылдыздар фонунда даана айырмаланып көрүнөт. Шар сымал чогулмалардын орточо диаметри 40 парсек айланасында болуп, галактикабызда мындай чогулмалардан 100 гө жакыны табылган. Шар сымал чогулмалар, чачкындарынан айырмаланып, алардын концентрациясы галактикабыздын борборуна карай кескин артып барат. Мындай чогулмалардын өзүнө мүнөздүү өкүлү Геркулес жылдыз түркүмүндө жайгашкан М-13 деп аталган чогулма болуп, ал 20 миңге жакын жылдызды өз ичине алат, бизден узактыгы 24 миң жарык жылына тең (*105-сүрөт*).

Жылдыздар асманы түшүрүлгөн фотосүрөттөрдө жылдыздар мейкиндикте бир калыпта бөлүштүрүлбөгөнүн байкоого болот. Мунун негизги себеби, айрым жылдыздар аз күзөтүлө турган аймактарда алардын нурланууларын күчтүү жута турган ири *чаң материянын* бар экендигинде. Галактикабызда нурланууну күчтүү жутуучу мындай материянын бар экенин жүз жылдай мурун астроном Ю.В. Струве алдын ала айткан эле.

Галактикабызда мындай чаң чөйрөсүнүн барлыгына Түштүк бут жылдыз түркүмүндө проекциялана турган «*Көмүр кабы*» жана Орион жылдыз түркүмүндө жайгашкан «*Аттын башы*» тумандуулуктары айкын мисал боло алат (*106-сүрөт*).

«Көмүр кабы» кара тумандуулугу бизден 150 парсек аралыкта жайгашкан, өлчөмү 8 парсекке жакын Саманчынын жолундагы тумандуулук болуп, анын бурчтук өлчөмү 3° ту түзөт. Телескоп менен күзөтүлгөндө анын көрүү чек арасында күзөтүлө турган күнүрт жылдыздардын саны, тумандуулуктан сыртта ушундай аянтта күзөтүлө турган жылдыздардын санынан болжол менен 3 эседей аз чыгат. Мындай жутулуу, жылдыздардын көрүнмө чоңдугун $\Delta m = 1,2^m$ чоңдукка өзгөрүүсүнө (күнүрттөөсүнө) алып келет. Галактикада мындай тумандуулуктар көп болуп, мисалы, Ак куу жылдыз түркүмүнөн башталып, Бүркүт, Жылан, Жаачы жана Чаян жылдыз түркүмдөрүнө чейин созулган чаң тасмасы, Саманчынын жолунун бул бөлүгүндө жылдыздарды бизден «жашырып», анда чоң кара ажыроону пайда кылган. Айныкса, галактиканын борборуна карай багытта (Жаачы жылдыз түркүмү тарабында) кара тумандуулук өтө коюу болуп, биз үчүн кызык саналган галактикабыздын борбордук коюулануу бөлүгүн үйрөнүүгө тоскоолдук кылат.



106-сүрөт. Белгилүү «Аттын башы» деп аталуучу чаң тумандуулук.

Газ сымал (диффузиялык) тумандуулуктар. Чымкый кара асманда атүгүл куралданбаган көз менен да көрүү мүмкүн болгон эң белгилүү газ тумандуулук *Орион жылдыз түркүмүндө (Орион тумандуулугу)* жайгашкан болуп, анын эни 6 парсекке чейин созулган (*107-сүрөт*). Ошондой эле, *Жаачы жылдыз түркүмүндө Лагуна*,



107-сүрөт. Орион жылдыз түркүмүнөн орун алган ири Орион газ тумандуулугу.



108-сүрөт. Жалгыз мүйүз жылдыз түркүмүндөгү «Розетка» газ тумандуулугу.

Омега жана Үч тармактуу, Ак куу жылдыз түркүмүндө Түндүк Америка жана Пеликан, Жалгыз мүйүз жылдыз түркүмүндө Розетка (108-сүрөт) өңдүү газ тумандуулуктар бар. Галактикабызда мындай жалпы объекттердин саны 400 гө жакын. Бул тумандуулуктардын спектрлери, суутектин H_α , H_β жана эки кайра иондошкон кычкылтек (OIII), азот жана башка элементтердин эмиссиялык сызыктарынан туруп, туташ спектри өтө күңүрт фондо көрүнөт. Көп учурларда бул диффузиялык тумандуулуктун ичинде же анын айланасында ысык О же В классына таандык жылдыз учурайт. Мындай жылдыздардын кубаттуу ультракызыл-көк нурлануусу, аларга жакын жерде жайгашкан тумандуулук газынын атомдору тарабынан жутулуп, иондошуусуна жана кайра нурланууга мажбур кылат.

Иондошкон газда эркин электрондордун атом менен байланышкан абалга өтүшү менен жүрүүчү рекомбинация кубулушу күзөтүлүп, мында атомдор, баштап жутулган катуу ультракызыл-көк нурлардын кванттарынын ордуна, көзгө көрүнө турган диапазондо, салыштырмалуу аз энергиялуу бир нече кванттарда нурланат, б.а., флуоресценция кубулушу жүрөт. Тумандуулукта бул жараян себеп орногон 10^4 °C ка тең температура бул тумандуулуктун күзөтүлгөн жылуулук радионурлануусу аркылуу тастыкталат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Галактикабыздын Саманчынын жолу тегиздиги асман экватору тегиздигине кандай бурч астында жантайган?
2. Галактикабызда болжол менен канча шар сымал жылдыз чогулмасы табылган?

3. Күн системасы галактикабыздын каеринен орун алган?
4. Шар сымал жылдыз чогулмаларынын өлчөмдөрү жана курамы жөнүндө эмнелерди билесиң?
5. Чачкын жылдыз чогулмалары шар сымалдарынан кандай айырмаланат?
6. Диффузиялык газ тумандуулуктар чаң тумандуулуктардан эмнеси менен айырмаланат?
7. Диффузиялык тумандуулуктардын нурлануусуна эмне себеп болот?

27-ТЕМА.

59-§. Сырткы галактикалар.

Галактикалардын класстары жана спектрлери

Өткөн кылымдын 20-жылдарында тумандуулуктарга чейинки аралыктарды аныктоо мүмкүнчүлүгү жаралган соң, алардан бир бөлүгү жөнөкөй тумандуулук болбостон, миллиондоп жылдыздардан турган сырткы галактикалар экендиги маалым болду.

Ири сырткы галактикалардан бири Андромеда жылдыз түркүмүндө проекцияланып көрүнөт жана ушул жылдыз түркүмүнүн аты менен *Андромеда галактикасы* (кээде *Андромеда тумандуулугу*) деп аталат (*109-сүрөт*). Андромеда тумандуулугу бизден 2 миллион жарык жылына тең аралыкта жатат. Абатунук болгон тоолуу аймактарда түнү аны жөнөкөй көз менен көрсө болот.

Галактикалар космосто кеңири тараган болуп, бизге коңшулаш башка бир ушундай галактика М-51 аты менен белгилүү. Ага чейинки аралык 1,8 миллион жарык жылын түзөт. Асмандын түштүк жарым шарында жайгашкан туура эмес формадагы бизге коңшулаш галактикалар *Чоң* жана *Кичине Магеллан булуттары* деп аталган.

Сырткы галактикалар өз өлчөмдөрүнө көрө түрдүүчө чондуктарда учурап, эң ирилери миллиарддап, кидиктери болсо бир нече миллиондоп жылдызды өз ичине алат. Гигант галактикалардын өлчөмдөрү 50 миң парсекке чейин (б.а. диаметри 150 миң жарык жылына чейин) жетет, эң кичинелери бир нече 100 парсектен ашпайт.

Биринчи болуп 1925-жылда астроном Э. Хаббл галактикаларды сырткы формасына карай, төмөнкү үч класска бөлүүнү сунуш кылды: эллипстик (E), спираль (S) жана туура эмес (Irr) галактикалар.

Эллипстик галактикалар сырткы көрүнүшү эллипс же айлана көрүнүшүнө ээ болгон галактикалар. Мындай галактикаларга мүнөздүү өзгөчөлүктөрүнөн



109-сүрөт. Андромеда жылдыз түркүмүнөн орун алган Андромеда тумандуулугу (M-31).



110-сүрөт. «Жендери» борбордук көпүрөдөн ачылуучу спиралдык галактика.

бири алардын жарыктыгы борборунан четке карай бир калыпта азайып барат. Алардын ичинде кайсы бир структуралык элементи бөлүнүп чыккан абалда күзөтүлбөйт.

Спираль галактикалар өтө кеңири тараган болуп, күзөтүлө турган галактикалардын дээрлик жарымы ушул түрдөгү галактикалардан эсептелет. Башка галактикалардан айырмаланып, алардын структурасы так спираль «жендерден» турат. Андромеда жана биздин галактикабыз спираль галактикалардын кадимки өкүлдөрүнөн эсептелет. Спираль галактикалар да экиге бөлүнөт. Алардын бири, биздин галактикабызга окшоштору S (же SA) менен белгиленип, спираль структура борбордук коюулануу – ядродон башталат. SB деп белгиленүүчү экинчи түрүндө болсо спираль бутакчалар ядронун ордунда диаметр бойлоп созулган көпүрө сымал структуранын учтарынан башталат (*110-сүрөт*).

Спираль жана эллипстик галактикалар аралыгындагы (структурасына көрө) галактикалар линза сымал галактикалар (SO) тибин түзөт.

Туура эмес галактикаларда ядронун бар-жоктугу билинбейт. Ошондой эле, алар айланма симметриялуу структурага да ээ эмес. Мындай галактикаларга мисал кылып *Чоң Магеллан Булуту* (ЧМБ) жана *Кичине Магеллан Булутун* (КМБ) (алар Саманчынын жолунун айланасында күзөтүлөт) келтирүү мүмкүн.

Галактиканын сырткы көрүнүшү анын жашы менен байланыштуу болуп, галактика эволюциясынын белгилүү бир баскычына туура келет (*111-сүрөт*).

Галактикалардын спектри. Галактикабыздан сырткы тумандуулуктардын (галактикалардын) спектри жылдыздардын спектрин эстетип, жутулуу сызыктарынан турат. Алар курамына карай, A, F жана G класстарга кирүүчү жылдыздардын спектринен, айрым газ тумандуулуктардын спектрлеринде учурай



III-сүрөт. Галактикалардын эволюциясы.

турган, эмиссиялык сызыктарынын бар экени менен айырмаланат. Мындан күзөтүлгөн тумандуулуктар жылдыздар системасы жана диффузиялык материядан тургандыгы белгилүү болот.

Туура эмес галактикалардын спектри А жана F спектрдик класстарга, спиралдык галактикалардыкы F жана G класстарга жана аягында, эллипстик галактикалардыкы G жана K класстарга кирүүчү жылдыздардын спектрине окшоп кетет.

Бул – спираль жана туура эмес галактикаларда башталгыч спектрдик класстарга кирүүчү ысык жана жаш жылдыздардын көптүгүнөн, эллипстик галактикалар болсо салыштырмалуу жашы өткөн, кийинки спектрдик класстарга таандык жылдыздарга байлыгынан кабар берет. Галактикалардын түсүнө карап да, анда көпчүлүктү түзгөн жылдыздардын спектрдик класстары жөнүндө тыянак чыгаруу мүмкүн. Галактикалар же алардын бөлүктөрүнүн түс көрсөткүчтөрү да жылдыздардын түс көрсөткүчтөрүн аныктоо жолу менен табылат.

Галактикаларга чейинки аралыктарды (r) аныктоодо, алгач алардын курамындагы Цефеиддердин мезгилдик-жарыктануу байланыштары негизинде жарыктануулары табылат, кийин алардын көрүнмө жылдыз чоңдугу негизинде ага чейинки (галактикаларга чейинки да) аралыктын $m - M$ модулу аркылуу төмөнкү туюнтмадан пайдаланып аныктоо мүмкүн болот:

$$\lg r = 0,2(m - M) + 1.$$

Ошондой эле, сырткы галактиканын кызылга жылышуу чоңдугу $\Delta\lambda$ ны табуунун шарты болгондо, Н – Хабблдын туруктуулугу ($70 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$) жана жарык ылдамдыгы c жардамында ага чейинки аралык

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = H \cdot r$$

туюнтмадан оңой табылат, мында $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$ мүчө деп аталат.

60-§. Радиогалактикалар жана квазарлар *

Радиогалактикалар. Радионурлануу ал же бул даражада дээрлик бардык галактикаларга мүнөздүү өзгөчөлүк эсептелет. Алардын көпчүлүгүндө радионурлануу, нурлануу энергиясынын арзыбаган бөлүгүн түзөт. Бирок, радионурлануусу галактиканын оптикалык нурлануу кубаттуулугу менен салыштырарлык даражада жогору, айрымдарыныкы болсо андан миң, атүгүл миллиондоп эсе көптүк кылуучу ушундай галактикалар бар. Мындай галактикалар *радиогалактикалар* деп аталат. Ушундай чоң кубаттуу, бизге жакын жайгашкан радиогалактикалардан бири Ак куу жылдыз түркүмүндө жатуучу «Ак куу А» деп аталат. Спектриндеги кызылга жылышууга ($z=0,057$) көрө аныкталган анын аралыгы болжол менен 200 Мпк ке тең. Ал бири-биринен 80 кпк аралыкта жайгашкан радионурлануунун эки жарык компонентасынан турат. Эң жакын радиогалактикалардын өкүлү «Кентавр А» болсо биздин галактикабыздан болжол менен 4 Мпк аралыкта жатат. Алардын радионурлануулары жылуулук эмес мүнөзгө ээ болуп, магнит талааларында релятивисттик (жарык ылдамдыгына жакын ылдамдыктар менен аракеттенүүчү) электрондордун кескин тормоздолуусунун натыйжасында пайда болгон нурлануулары менен түшүндүрүлөт.

Квазарлар. Радиодиапазондо бурчтук өлчөмү $1''$ жана андан кичине, бирок өтө чоң энергия менен нурлана турган, галактикабыздан сырткы – эң алыста жайгашкан жылдызга окшош объекттерден бири *квазарлар* деп аталуучу объекттер болуп саналат. Биринчи квазар 1963-жылда 13-жылдыз чоңдугундагы бизге эң жакын (~630 млн. Мпк) радиообъект катары Бийкеч жылдыз түркүмүндө табылып, ал 3-Кембридж каталогунда 3C273 аты менен катталды. Бардык диапазондогу анын нурлануу энергиясы 10^{46} – 10^{47} эрг/с га тең.

Узак убакыттар бою бул объекттердин спектрлерин анализдөө кыйын болду. Акыр-аягында, алардын спектринде чынында ультракызыл-көк бөлүктө жайгашкан күчсүз сызыктар кайсы атомдорго тиешелүү экендиги табылгандан соң, алардын «кызылга жылышуу» чоңдуктары аныкталды. Кийин Хаббл мыйзамынын негизинде, алардын аралыктары жана жарыктануулары эсептел-

ди. Натыйжада алар биздин галактикабызга тиешеси болбогон жана миллиарддаган жарык жылы аралыктарында жатуучу өтө кубаттуу радиообъекттер болуп чыкты. Учурда бир нече жүздөгөн квазарлар ачылган болуп, алардан көпчүлүгүнө чейинки аралык 10 миллиард жарык жылынан да көп.

Квазарлардын нурлануу энергиясы таң каларлык даражада чоң болуп, жарыктануулары, айтып өтүлгөндөй, 10^{39} – 10^{40} Вт ты түзөт. Бул квазарлар жүз миллиарддап жылдызы болгон эң кубаттуу галактикалардын жарыктыгынын 100, атүгүл 1000 эсе көп кубаттуулук менен нурлана турган асмандын сейрек объекттери дегени. Ушул өзгөчөлүктөрүнө ылайык квазарлар космостун эң сырлуу объекттеринен эсептелет. Спектринде энергиянын бөлүштүрүлүшү, кичине бурчтук өлчөмү, айрым абалдарда болсо, оптикалык жана радионурланууларынын өзгөрмөлүүлүгү менен квазарлар көп жактан галактикалардын активдүү ядросун эстетет. Квазарлардын спектрлериндеги эмиссиялык сызыктардын интенсивдүүлүгү жана кеңдигине (ылдамдык 3000 км/с га чейин жетүүчү) көрө Сейферт галактикасынын ядросуна да окшоп кетет. Ошондуктан аалымдар азырга чейин квазарларды галактикалар эволюциясынын анча көпкө созулбай турган бир баскычы болсо керек, деп болжошууда. Ошондой эле, кээде алар квазарларды гравитациялык кысылууну башынан өткөрүп жаткан жана ушул себептен чоң энергия менен нурланып жаткан миллиарддаган Күн массасына ээ болгон чоң газ булутунун коюулануусу түрүндө элестетишет.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Кайсы сырткы галактика биринчи болуп ачылган?
2. Сырткы галактикаларга чейинки аралыктар кандай жол менен аныкталат?
3. Сырткы галактикалардын кандай класстарын билесиң?
4. Галактикалардын спектрлери алардын классына байланыштуубу?
5. Радиогалактикалар деп кандай галактикаларга айтылат?
6. Квазарлар кайсы диапазондо чоң кубаттуулук менен нурлануучу объекттер болуп эсептелет?

28-ТЕМА. 61-§. Космостун кеңейүүсү. Хаббл мыйзамы *

Жерден туруп асманга каралганда, анын бардык жагындагы галактикаларда кызылга жылышууну байкап, биздин галактикабыз космостун борборунан орун алган экен да, деп жыйынтык чыгарууга шашылбоо керек. Каалагандай

сырткы галактикадан туруп асманга караган ой жүзүндөгү байкоочу сырткы галактикаларга карап, аларда да кызылга жылышууну байкамак.

Эгерде илгери да галактикаларда кеңейүү дал ушул темпте болгон деп элестетсек, анда бүгүн алардын кеңейүүсү качан башталганын эсептеп чыгуу мүмкүн. Ушундай эсептөөлөр натыйжасында аалымдар космосто кеңейүү мындан 15–20 млрд. жыл мурда башталганын билдирет. Кызыгы, өткөн кылымдын 1922–1924-жылдарында белгилүү орус окумуштуусу А.А. Фридман Эйнштейндин жалпы салыштырмалуулук теориясынын негизинде, космостун модели стационардуу (туруктуу) болбостон, ал кеңейүүгө же кысылууга умтулуучу болушун аныктады. Көп өтпөй космостун кеңейүүсүнө тиешелүү далилдер аныкталды. Бул жараянды туура талдоо аркылуу анын өзгөчө маанисинен кабар татабыз. Түрдүү идеалисттик жана теологиялык көз караштардан арылган илимий-материалисттик көз карашка негиз болуучу, космостун табигый жана реалдуу кеңейүү жараянынын ачылышы, илгери чоң ыктымалдуулук менен болушу мүмкүн болгон «ысык жарылуунун» натыйжасы деп айтууга негиз болду.

Бүгүн «ысык жарылуу» гипотезасын тажрыйба мисалында тастыктай турган негиз барбы, деген суроо туулат. 1965-жылы бул тармакка таандык чоң ачылыш жасалды. Белгилүү болгондой, космостук мейкиндик байыртада жылдыз да, галактика да, тумандуулуктар да жок маалында өнүгүү мезгилинин «элчилери» саналган электромагниттик толкундарга бай болгон. Бул толкундар *биринчилик же реликтивдүү (калдык) нурлануу* деп аталат. Тилге алынган кеңейүүдө галактикалар системасы гана катышпай, реликтивдүү нурлануу да катышкандыгы сыр эмес. Натыйжада, мындай реликтивдүү нурлануунун изинен түшкөн америкалык астрономдор аны өтө тез аныкташты.

Кызыгы, бул нурлардын табылуусу тез болгонуна карабай, калдык нурлардын бар экени астрофизик аалымдар тарабынан теориялык негизде мурда аныкталган эле. Мындай нурдун барлыгы жөнүндөгү божомол жана анын космостук мейкиндикте табылышы – дүйнөнү жана анын мыйзам ченемдүүлүктөрүн билүүнүн ишенимдүү далили катары бүгүн айкын болду. Метагалактиканын (Космостун көрүнө турган бөлүгү) кеңейүү жараянында күзөтүлө турган материя, сапаттык өзгөрүүлөрдүн бардык түрлөрү – сакталуу мыйзамдарына эч кандай каршылыксыз жүрбөйт жана аны түшүндүрүүдө эч кандай адаттан тыш күчтөргө зарылдык калтырбайт. Метагалактика эволюциясынын ачылышы адамдын акыл эмгегинин улуу жеңиши эсептелет. Бул ийгилик адамдын акыл-эси, космостун жакын ички бөлүгү жана алыс өтмүшүнө кирип бара

алганын көрсөтүп, адам тарабынан өзүн курчаган ааламды билүүсү чектелгендиги жөнүндөгү жомокту жокко чыгарды. Космос жөнүндөгү заманбап көз караштар табигый илимдерге гана негизделип калбастан, анын эволюциясы жөнүндөгү логикалык жана философиялык ой жүгүртүүлөргө да таянат.

Мында эмпирикалык жол менен табылган «кызылга жылышуу» логарифми жана галактикалардын көрүнмө жылдыз чоңдуктары арасындагы сызыктуу байланыш, б.а. m жана $\lg v_r$ арасындагы бул $\lg v_r = \lg \left(c \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right)$ катыш, галактикалардын аралыктары менен алыстоолорунун арасында төмөнкүдөй $v_r = c \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = Hr$ байланыш барлыгын билдирет, мында: v_r – нурдун ылдамдыгы; c – жарык ылдамдыгы; $\Delta \lambda$ – кызыл жылышуу; H – Хаббл туруктуулугу; r – сырткы галактикаларга чейинки аралык.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Метагалактика дегенде космостун кандай бөлүгүн элестетесиң?
2. Космосто «кызылга жылышуу» деп кандай жараянга айтылат?
3. А.Фридман жана А.Эйнштейндердин космостун модели жөнүндөгү ойлору эмнелерден турат?
4. Реликтивдүү нурлануу дегенде эмнени түшүнөсүң? Ал космостун кандай моделине негиз болгон?
5. Хаббл мыйзамы космостун кеңейүүсүнө таандык кандай параметрлердин арасындагы байланышты чагылдырат?

29-ТЕМА. 62-§. Галактикалардын космосто бөлүштүрүлүшү**

Галактикалардын космосто бөлүштүрүлүшүн үйрөнүү да жылдыздардын галактикада бөлүштүрүлүшүн үйрөнүүдөгү сыяктуу болуп, асмандын белгилүү бир бөлүгүндөгү (көбүнчө 1 кв. градуста) галактикалар саны H_m дегенде ушул аймагындагы жылдыз чоңдугу m жана андан кичине чоңдуктагы галактикалардын саны түшүнүлөт. Бул көйгөй 1-жолу 2,5 метрлүү рефлектордо асмандын 1283-аймагында жылдыз чоңдуктары 20^m ге чейинки объекттер түшүрүлгөн фотосүрөттөрдү талдоо аркылуу Э. Хаббл тарабынан 1934-жылда аныкталды. Хаббл ушул жол менен 1 кв. градустуу аянтка 20^m чоңдукка чейинки жаркырактыктагы 131 галактика туура келээрин аныктады. Бүтүндөй асман сферасына (жалпысынан 41253 кв. градусту түзөт) туура келе турган галактикалардын

орточо саны болсо $5,4 \cdot 10^6$ на тең чыкты. Дүйнөдөгү эң ири телескоптун жардамында 24 жылдыз чоңдугуна чейинки объекттерди (о.э., галактикаларды да) көрүү мүмкүндүгүн эсепке алса, анда бүткүл сферада 1,4 миллиард галактиканы байкоо мүмкүндүгү аныкталат (112-сүрөт).

Галактикабыз Андромеда (М-31), Үч бурчтук жылдыз түркүмүндөгү галактика (М-33), Чоң жана Кичине Магеллан булуттары жана башка дагы бир канча жылдыз системалары менен чогуу (бардыгы 35 ке жакын галактика) *жергиликтүү галактикалык чогулманы* түзөт.

Учурда ушундай түрдөгү 4000 ге жакын галактикалардын жергиликтүү чогулмасы маалым болуп, алардын орточо диаметри 8 Мпк айланасында. Ири галактикалык чогулмалардан бири Верониканын Чачтары жылдыз түркүмүндө проекцияланып, дээрлик 40 000 ге жакын галактиканы өз ичине алат. Ал бизден 70 Мпк аралыкта жайгашып, диаметри 12° ка чейин созулган. Биздин жергиликтүү чогулмабызга эң жакын жайгашкан галактикалык чогулма 12 Мпк аралыкта болуп, ал Бийкеч жылдыз түркүмүнө проекцияланат. Анда жети гигант галактика (алардан бири «Бийкеч А» радиогалактикасы) жана он спиралдык галактика бар. Мындай бир канча жергиликтүү галактикалар чогулмасын (о.э., биздин жергиликтүү чогулмабызды да) өзүндө камтыган жана өз ара динамикалык байланышта болгон структура *алп галактика* деп аталат. Алп галактиканын орточо диаметри 40 Мпк менен бааланат. Учурда кубаттуу телескоптор жардамында ар бири ондогон жергиликтүү галактикалык чогулманы өз ичине алган 50 гө жакын алп галактика каттоого алынган. Алп галактикалардан турган космостун көрүнө турган бөлүгү *метагалактика* деп аталат.



112-сүрөт. Асмандын үч чоң эмес (бир нече кв градус) бөлүгүндө күзөтүлө турган сырткы галактикалар.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Биздин галактикабыз жөнүндө эмнелерди билесиң?
2. Жергиликтүү галактикабыз дагы кандай галактикаларды өз ичине алат?
3. Алп галактикалар галактикалардын кандай системасы эсептелет?
4. Метагалактика дегенде космостун кандай бөлүгү түшүнүлөт?

II БӨЛҮК

Космонавтиканын Элементтери **

30-ТЕМА.

63-§. Космонавтика предмети жана анын башка илимдер менен байланышы

«Космонавтика» сөзү грекче «космос» жана «nautike» сөздөрүнөн алынган болуп, тиешелүү түрдө, «космос» жана «деңизде сүзүү» деген маанилерди билдирет. Космонавтика предметине космостук мейкиндикте максатка ылайык кыймылдарды үйрөнүү, автоматтык жана экипаждуу космостук кемелерди космоско алып чыгуучу жана башкарылуучу ракеталарды жаратуу сыяктуу маселелер кирет. Космостук аппарат мейкиндикте аракеттенүүнүн каражаты гана эмес, о.э. космосту изилдөөнүн таптакыр жаңы курулмасы да болуп саналат.

Космонавтиканын бардык табигый илимдер (астрономия, физика, биология) жана математика менен байланыштуулугу. Космостук ракета техникасы бар техника илимдеринин ийгиликтерине таянат. Космостук аппарат асманда белгилүү бир космостук объектке так убакытта жетип барышы үчүн эсеп-кысапты аалымдар, техник кызматкерлер физикалык жана астрономиялык билимдерге таянып ишке ашырышат. Асман телолоруна чейинки аралыктар, алардын өлчөмдөрү, массалары жана башка физикалык параметрлери жөнүндө астрономдор жетиштүү билимдерди топтошкон. Бул маалыматтар космоско учууда өтө пайдалуу.

Жер атмосферасынын тыгыздыгы, температурасы, магнитосферасы, радиациялык алкактары жөнүндө маалыматка ээ болбой туруп, бир да космонавт Жердин айланасына түздөн-түз учурулбаган, ошондой эле, Айдын мүнөзүн билбей туруп, ага кадам басылбаган болот эле.

Космонавтиканын пайда болушу астрономия илимин өнүктүрүүгө чоң салым кошуп келүүдө. Космостук аппараттар, станциялар бортунан космостук объекттерди оптикалык жана көзгө көрүнбөс нурларда (ультракызылт-көк, инфракызыл, рентген жана радионурларда) үйрөнүү мүмкүнчүлүгүн берип, сонку он жылдыктарда биздин космос объекттери жана алардын системалары жөнүндөгү билимдерибизди ойго келбеген даражада байытты.

Космоско учурулуучу аппараттардын конструкцияларын иштеп чыгуу, алардын кыймылдарын башкарууда аалымдар жана инженер-техник кызматкерлер физикалык мыйзамдарга таянышат. Кубаттуу ракета кыймылдаткыч-

тарын курууда, ракета техникасынын керектөөлөрүн кандыруу үчүн анын структурасы, баскычтары жана отун азыктарын тандоо өңдүү маселелер физикасына тиешелүү фундаменталдык изилдөө иштерин аткарууга туура келет.

Космонавтикада ракеталарды космоско учурууда *химиялык билимдерге да кеңири таянылат*. Мисалы, космостук техника, ракетанын структурасы, анда колдонулуучу материалдардын бышыктыгы, отун азыктарынын курамы, касиеттерине жогорку талаптар коюлат. Ысыкка чыдамдуу, сүрүлбөй турган жана башка касиеттери боюнча жогорку көрсөткүчтөргө ээ материалдар, ошондой эле, отун азыктарынын химиялык курамы жана сапатына космонавтиканын зарылдыгы өтө чоң.

Айныкса, отун азыктарын сапаттуу даярдоо жана башка көп жараяндардын эффективдүү технологиясын иштеп чыгууда химиктердин орду чексиз.

Космонавтика тармагында изденүүлөрдү *математикасыз элестетүүгө болбойт*. Татаал математикалык изилдөөлөр, космоско учурула турган аппараттарды конструкциялоо, даярдоо жана учурууну ишке ашыруу жараяндарында колдонулат. Жалпысынан, космонавтикага тиешелүү бир да изилдөөнү эсептөөсүз жасап болбойт.

Соңку жылдарда космонавтика *ондогон биологиялык тажрыйбаларды пландаштырды* жана *аткарды*. Түрдүү космостук шарттарда (вакуум, салмаксыздык, радиация ж.б.) адам организмдеги өзгөрүүлөр боюнча жүздөгөн медициналык-биологиялык тажрыйбалар, алардын терс таасирлеринен адамзатты эскертти.

Космонавтиканын атасы, анын илимий негиздөөчүсү катары К.Э. Циолковский кабыл алынган. Ал биринчи жолу ракетанын кыймыл ылдамдыгынын формуласын келтирип чыгарган. К.Э. Циолковский биринчилерден болуп, Жердин тартылуу талаасында ракетанын кыймылынын эсеп-кысабын жасап, ракеталарды космостук ылдамдыктарга жеткирүү мүмкүнчүлүгү бар экенин негиздеди. Бул ылдамдыктардын жардамында ракета Жердин тартылуу күчүн жеңип, анын жасалма жолдошунун орбитасына көтөрүлө алышын, атүгүл Айга жана планеталар аралык саякатта катыша алышын өз эсептөөсүндө так көрсөттү.

XX кылымдын 20–30-жылдарында аалымдардын айрым тобу ракета кыймылдаткычтарын долбоорлоо жана сыноону башташты. Мурдагы Союзда түтүнсүз порохтуу ракеталарды жасоо боюнча биринчи тажрыйбаларды өткөрүүгө мүмкүнчүлүк берүүчү конструктордук лаборатория Н.И. Тихомировдун сунушу менен 1921-жылда ишке түшүрүлдү. Кийинчерээк бул лаборатория

кеңейтилип, 1928-жылдан Газодинамикалык лаборатория (ГДЛ) атын алды. Анда Б.С. Петропавловский, Г.Э. Лангемак, В.П. Глушко жана башка аалымдар алгачкы изилдөөчүлөрдөн болушту.

Ракетанын кыймылдарын үйрөнүү тобу (ГИРД) ракетанын курулушу боюнча маанилүү инженердик иштерди алып барды. 1932-жылы Москвада түзүлгөн ГИРДке С.П. Королёв дайындалды. ГИРДдин Москва жана Ленинграддагы топторунда В.П. Ветчинкин, Ф.А. Сандер, М.К. Тихонравов, Я.А. Победоносцев, Н.А. Рыкин, Е.И. Перельман жана башка таанымал аалымдар иштеди.

Биринчи суюк отундуу ракета «ГИРД-09» 1933-жылы 17-августта Москвага жакын жердеги Нахабино кыштагынан ийгиликтүү учурулду. 1957-жылы учурулуучу ракетаны куруу боюнча татаал иш аяктады. Бул иш башкы конструктор С.П. Королёв жана заманбап космонавтиканын теориялык негиздөөчүсү М.В. Келдыштар тарабынан ишке ашырылды. Натыйжада 4-октябрь күнү (1957-ж.) бул ракетанын жардамында Жердин биринчи жасалма жолдошу учурулду.

1959-жылдан Жердин табигый жолдошу – Ай космостук аппараттар тарабынан «бута»га алына баштады. 1969-жылы америкалык астронавт Н. Армстронг «Аполлон-11»де Айдын бетине конуп, адамдын кылымдык тилегин ишке ашырды. 1960-жылдардын башынан болсо планеталар аралык автоматтык станциялар коңшулаш планеталарды (баштап Венера жана Марсты, кийинчерээк Меркурийди) изилдей башташты. 1972, 1973-жылдары АКШ өзүнүн «Чоң тур» деп аталуучу программасы боюнча гигант планеталарды изилдөөнү баштады. 1977-жылда бул программа боюнча учурулган АКШнын «Вояжер-1» жана «Вояжер-2» автоматтык станциялары Нептунга чейин (1989-ж.) барып жетти.

Космонавтика адамзат кызматында. Адамдын космосту өздөштүрүү менен байланыштуу ишмердүүлүгү, ага планетабыз Жердин геологиялык байлыктарын, табияты жана климатын үйрөнүүдө чоң мүмкүнчүлүктөр жаратат. Адам космостон Жерге карап, анын канчалык майда, сейрек жана кооз экендигин билди. Ушуну менен бирге, бул караш аркылуу ал планетабыздын жашоосуна кооп салып жаткан экологиялык, энергетикалык жана демографиялык көйгөйлөрдү да көрө алды.

Мисалга, Жерде энергетикалык кырсыктын алдын алуу үчүн Күндүн энергиясынан пайдалануу мүмкүнчүлүгүн берүүчү ири космостук курулуштардын долбоорлорун, демографиялык кырсыктан кутулуу үчүн болсо Жер айланасы зонасын «өздөштүрүү» космонавтика чечиши зарыл болгон маанилүү милдеттерден саналат.

Космостон туруп Жердин биологиялык сферасынын абалы менен таанышуу, анын табигый ресурстарын, токой жана айыл чарбасы жер аянттарын үйрөнүү жана геология-чалгындоо иштери үчүн аянттарды белгилөө космонавтиканын эң маанилүү милдеттеринен бири саналат. Бүгүн космонавтика планетабызда көбөйүп жаткан жана кайра иштетип болбой турган уулуу жана радиоактивдүү таштандыларды Жерден сыртка алып чыгып таштоону да пландаштырат. Ошондой эле, космонавтика жакын он жылдар ичинде космосто ири энергетикалык курулмаларды куруу, чийки зат ресурстарын өндүрүү комплекстерин жайгаштыруу боюнча иштерди да болжолдоп жатат.

Жакын космосту адам үчүн кызмат кыла турган чөйрөгө айландыруу, б.а., космосту экологизациялаштыруу, учурда экологиялык кризистер глобалдык масштабда курчап келаткан планетабызды алардын кырсыктуу кесепеттеринен куткаруу космонавтиканын маанилүү милдеттеринен эсептелет.

Ошондой эле, бүгүн, орбиталдык станцияларда жогорку вакуум шартында өтө таза металл куймаларын алуу, сейрек кристаллдарды өстүрүү, жогорку сапаттуу жаңы куймалар жана таза дары препараттарын даярдоо иштери боюнча өтө көп тажрыйбалар өткөрүлүүдө.

Космонавтикада келечекте Ай жана айрым астероиддердин курамдык материалдарынан пайдалануу боюнча да чоң иштер пландаштырылууда. Дал ушул максаттарды көздөп, Айда калк жашай турган жана иштей турган станциялардын долбоорлору бүгүн дүйнө аалымдары тарабынан талкууланууда.

Жер айланасы мейкиндигинде эң ири энергетикалык курулмаларды, мисалы, «Күн фабрикасын» ишке түшүрүү боюнча да долбоорлор даярдалып жатканы адамзатты келечекте энергетикалык кырсыктан куткаруу сыяктуу маанилүү гуманитардык максаттарды көздөөдө.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Космонавтика эмнени үйрөнөт?
2. Космонавтиканын башка илимдер, мисалы, физика, техника жана астрономия менен байланышы жөнүндө эмнелерди билесиң?
3. Космонавтиканын калыптануусуна салым кошкон аалымдар жана алардын иши жөнүндө билгендериңди айт.
4. ГДЛ жана ГИРДдердин уюштуруучуларынын иши жөнүндө айтып бер.
5. Жердин биринчи жасалма жолдошу орбитага качан чыгарылган?
6. Космонавтиканын цивилизациябыздын өнүгүүсүндө туткан орду кандай?

Ракета кыймылы мыйзамдары космостук учуулар теориясынын негизин түзөт. Космонавтика энергиянын түрдүү булактарын колдонуучу ар түрдүү ракета кыймылдаткычтарынын системасы менен иш көрөт. Мында кыймылдаткычтар тарабынан отун азыктарын («жумушчу тело» деп атала турган массаны) бир жакка чыгаруусунун эсебинен, кыймыл санынын сакталуу мыйзамына ылайык, карама-каршы жакка багытталган ракетага аракет этүүчү күч – ракетанын тартуу күчү пайда болот (*113-сүрөт*).

Ракетанын тартуу күчү ракетадан убакыт бирдиги ичинде чыгарылып жаткан «жумушчу телонун» санына, б.а. массасына жана анын чыгуу ылдамдыгына байланыштуу болот:

$$F = q \omega, \quad (1)$$

мында: q – убакыт бирдиги ичиндеги сарпталуучу массанын санын (кг/с) (массанын секунддук сарпын); ω – чыгарылып жаткан массанын ракетага салыштырмалуу ылдамдыгын м/с дарда белгилесек, F тартуу күчү ньютондордо (Н) туюнтулат.

а)



б)



113-сүрөт. а) космостук кеменин жалпы көрүнүшү;

б) космостук кеме учуу маалында.

Эгерде (1) формулада анын оң жагын Жер бетиндеги эркин түшүү ылдамдануусу $g=9,8 \text{ м/с}^2$ ка көбөйтүп жана бөлсөк, анда тартуу күчүнүн төмөнкү туюнтмасын алабыз:

$$F = \omega q = \frac{\omega}{g} \cdot gq \text{ же } F = I_{\text{сал}} gq, \quad (2)$$

мында $I_{\text{сал}} = \frac{\omega}{g}$ – салыштырма импульс деп аталып, анын бирдиги $\frac{\text{м/с}}{\text{м/с}^2}$ та, б.а.

секундда ченелет; анда gq секунддук оордуктун сарпын туюнтуп, $\frac{\text{кГ}}{\text{с}}$ те ченелет. Тартуу күчүнүн чоңдугу F болсо, тартуу күчү кГ (килограмм – күч) да туюнтулат. Андыктан, салыштырма импульс ар секундда отундун кг дарда туюнтулган сарпынын эсебинен пайда боло турган жана кг дарда ченеле турган

тартуу күчүн $\frac{\text{кГ}}{\text{кГ/с}}$ көрүнүшүндө мүнөздөп, секунддарда ченелет. Б.а., $I_{\text{сал}}$ – са-

лыштырма импульс ω ылдамдыктан башка бирдикте ченелишине карабастан, жумушчу телонун ылдамдыгы ω га пропорциялуу болот, анткени ω ылдамдык, $I_{\text{сал}}$ импульстан туруктуу – $g=9,8 \text{ м/с}^2$ маанилүү коэффициентке гана айырмаланат – $\omega = g \cdot I_{\text{сал}}$.

Эми ракетанын айрым характеристикалык чоңдуктарына токтолобуз.

Белгилүү болгондой, ракетага тартуу күчүнөн сырткары дагы бир канча күч – Жердин жана башка – асман телолорунун тартылуу күчү, атмосферанын каршылыгы, жарыктын басым күчтөрү таасир этет. Бирок азыр бизди тартылуу күчүнүн берген $a_{\text{рак}}$ – ылдамдануусу кызыктырат. Механиканын экинчи мыйзамына ылайык, ал:

$$a_{\text{рак}} = \frac{F}{m}, \quad (3)$$

мында: F – тартылуу күчүнүн чоңдугун; m – ракетанын белгилүү бир моменттеги массасын мүнөздөйт. Ракета учуу маалында анын массасы азайып барып, ылдамдануусу артат. Ошондуктан ракета кыймылынын негизги характеристикаларынан бири кылып анын *башталгыч реактивдүү ылдамдануусу* a_{p0} , б.а. башталгыч толук массасы (m_0) маалындагы ылдамдануусу алынат:

$$a_{p0} = \frac{F}{m_0}, \quad (4)$$

мында m_0 – ракетанын башталгыч массасынын санын билдирет. Реактивдүү ылдамдануу ракетага башка күчтөр атакет этпегенде, тартуу күчү таасиринде

гана анын алган ылдамдануусун мүнөздөйт. К.Э. Циолковскийдин сөзү менен айтканда, ал ракетанын ой жүзүндөгү эркин мейкиндикте аракеттенип жатканда ала турган ылдамдануусун туюнтат.

Эркин мейкиндикте жайгаштырылган ракетанын кыймылдаткычын ишке түшүрсөк, ал тартуу күчүн пайда кылып, ракетаны белгилүү бир ылдамдануу алууга жана түз сызык бойлоп кыймылдап жатып, ылдамдыгын арттырып баруусуна мүмкүнчүлүк берет.

Ракетанын массасы m_0 дөн $m_{\text{ок}}$ өлчөмүнө чейин азайганда, ал кандай ылдамдыкка жетишээрин Циолковский аныктаган бул формуланын жардамында табуу мүмкүн:

$$v = \omega \ln \frac{m_0}{m_{\text{ок}}} = 2,30259 \omega \lg \frac{m_0}{m_{\text{ок}}}, \quad (5)$$

мында ω – отун азыгынын ракета соплосунан чыгуу ылдамдыгы болуп, ал туркутуу деп кабыл алынат. Бул формуланын жардамында эсептеп табылган ылдамдык ракетанын энергетикалык ресурстарын мүнөздөйт жана *идеалдуу характеристикалык ылдамдык* деп аталат. Ага ылайык (5) ти төмөнкүчө жазуу мүмкүн болот:

$$\frac{m_0}{m_{\text{ок}}} = e^{\frac{v}{\omega}}, \quad (6)$$

мында $e=2,71828$ натуралдык логарифмдин негизин түзөт. Идеалдуу ылдамдык v , газ массасынын ракетадан чыгуу ылдамдыгына (ω) жана *Циолковский саны* деп аталуучу $z = \frac{m_0}{m_{\text{ок}}}$ санга байланыштуу болот.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Ракетанын тартуу күчү эмнелерге байланыштуу?
2. Салыштырма импульс дегенде эмнени түшүнөсүң?
3. Салыштырма импульс ракетанын тартуу күчүн мүнөздөөчү кандай чоңдук эсептелет?
4. Циолковскийдин формуласы жардамында ракетанын кыймылына тиешелүү кандай характеристикалык чоңдук табылат?
5. Ракетанын алган идеалдуу ылдамдыгы деп кандай ылдамдыкка айтылат?
6. Циолковский саны деп эмнеге айтылат?

Циолковский формуласынын анализинен маалым болгондой, ракетанын башталгыч жана акыркы массаларынын катышы ал үчүн эң негизги мүнөздөөчү чоңдуктардан эсептелет. Андыктан, ракетанын ылдамдыгын белгилүү бир чоңдукка чейин жеткирүү үчүн анын башталгыч массасы m_0 дү эки бөлүккө: 1) жумушчу телонун массасына жана 2) акыркы – калдык массасына бөлүп үйрөнүү керек болот (114-сүрөт). Жогоруда тилге алынгандай, $\frac{m_0}{m_{\text{ок}}}$ Циолковский саны z деп аталып, ал жумушчу телонун соплодон чыгуу ылдамдыгы ω менен бирге ракетанын жете ала турган ылдамдыгы v ни аныктоого мүмкүнчүлүк берет.

Ракетанын жумушчу массасысыз «куркак» массасы, б.а. $m_{\text{ок}}$ ракетанын конструкциясынын массасы m_k жана пайдалуу масса m_n дан турат. Конструкциянын массасына ракетанын конструкциясынан сырткары, анын бардык агрегаттарын өз ичине алган кыймылдаткыч системасы, башкаруу системасы жана байланыш жана навигация системалары кирет. Пайдалуу m_n массага болсо илимий аппаратура, радиотелеметрикалык системалар, космостук аппараттарды орбитага алып чыгуучу бөлүктөрү жана экипаж, корпусу жана космостук кемеде жашоону камсыздоо системасы менен байланыштуу курулмалар кирет. Конструкция жана жумушчу телонун чогуу массасынын конструкция массасына болгон катышы s ракетанын конструктивдик характеристикасын белгилейт:

$$s = \frac{m_0 - m_n}{m_k - m_n}.$$

Ар кандай ракета үчүн, адатта, $z < s$ болот. Эгерде конструкторлор чебердик менен массасы боюнча минималдуу эсептелген ракетанын конструкциясына максимум жумушчу телосун жайгаштырышса да, ракетанын ылдамдыгын ашыруунун бир эле жолу калып, буга ракетанын пайдалуу



114-сүрөт. Ракетанын структуралык схемасы.

жүгүн m_n азайтуунун эсебинен гана жетишүү мүмкүн болот. Пайдалуу жүктөн толук баш тартылганда, б.а. $m_n=0$ болгондо $s=z$ болот. Талашсыз, ракетаны конструкциялоо маалында пайдалуу жүктөн баш тартууга болбойт.

$p=\frac{m_0}{m_n}$ туюнтма *салыштырма баишталгыч масса* деп аталып, ага тескери чондук $\frac{1}{p}$ болсо *салыштырма пайдалуу жүктөмө* же *пайдалуу жүктөмө коэффициент* деп аталат. Бул чондуктарды (1) ге коюп, s тин z жана p менен байланышын, кийин андан z жана p нын маанилерин табуу мүмкүн.

66-§. Учуу маалында космостук аппаратка аракет этүүчү күчтөр

1. Учуу маалында КА (космостук аппарат)га аракет эте турган эң маанилүү табият күчтөрүнөн бири *Бүткүл дүйнөлүк тартылуу күчү* эсептелет. Материалдык телолордун арасындагы тартылуу күчү Ньютон тарабынан ачылган Бүткүл дүйнөлүк тартылуу мыйзамына баш иет. Белгилүү болгондой, анын математикалык туюнтмасы:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

мында: F – материалдык телолордун арасындагы тартылуу күчүн; m_1 жана m_2 – алардын массаларын; r – алардын арасындагы аралыкты туюнтат, пропорциялуулук коэффициенти G болсо гравитациялык туруктуулук деп аталып, массалар кг дарда, аралык м (метр) де, күч Н (Ньютон) до туюнтулганда $6,672 \cdot 10^{-11} \text{Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ га тең маани менен ченелет.

2. КАнын кыймылы маалында ага аракет этүүчү башка бир күч *атмосферанын каршылык күчү*. Учуу канча төмөн бийиктикте (Жер сыртына салыштырмалуу) болсо, бул күч ошончо чоң болот, анткени бийиктик азайган сайын атмосферанын тыгыздыгы артат. Мындай күч *аэродинамикалык күч* деп аталат.

3. Планеталар аралык боштукта учуп жаткан КАна сезилерлүү аракет эте турган дагы бир күч болуп, ал *Күн нурланууларынын басым күчү* саналат. Эгерде КАнын массасы анча чоң болбой, аянты сезилерлүү даражада чоң болсо, анда Күн нурларынын басым күчү алыс учууларда жетерлүү чоң болуп, аны сөзсүз эсепке алууга туура келет.

4. Космостук мейкиндикте КАна күчсүз болсо да аракет эте турган башка бир күчтөр *электр жана магнит күчтөрү* деп аталып, алар КАнын түз сызыктуу кыймылына эмес, тескерисинче оордук борбору айланасындагы айланма кыймылына гана таасир этет.

Салмаксыздык. Космостук мейкиндикте белгилүү бир айланма орбита бойлоп эркин аракеттенип жаткан телонун бардык чекиттери бирдей ылдамдык менен кыймылдашын түшүнүү кыйын эмес. Космостук кеме түрдүү өзүнчө бөлүктөрдөн турган жана КАна борбордук асман телосунун тартылуу күчү гана аракет этет деп каралса, анын бардык бөлүктөрү (деталдары)нүн ылдамдыгы бирдейлигинче калат, кокус өзгөргөндө да баары бирдей өзгөрөт. Анткени гравитациялык ылдамдануу аракеттенип жаткан телонун массасына байланыштуу болбойт:

$$a_r = \frac{GM_{\oplus}}{r^2},$$

мында: $M_{\oplus}$ – КА деталдарын тартып жаткан телонун массасы (деталдардыкы эмес!); r – КА борбордук телодон узактыгы болуп, КА деталдарынын бардыгы үчүн бирдей деп кароо мүмкүн. Буга ылайык КА деталдарынын траекториялары да бирдей болуп, мейкиндикте аларды бири-биринен таркалып кетпестигин камсыздайт. Андыктан, КА өзүнчө деталдарынын арасында басым пайда болбойт, б.а. бири-бирине салыштырмалуу салмагы жоголот. Космонавт өзү отурган орундукка баспайт, илинген лампа шнурду чоюп тартпайт, коюп жиберилген калем столго түшпөй кыймылсыз калат ж.б., анткени алардын бардыгынын ылдамдыгы жана ылдамдануусу бирдей болот. Кеме кабинасынын ичинде пол, шып деген сөздөрдүн мааниси жоголот. Кеменин ичинде телолордун өз ара кыймылына Жердин тартылуу күчү «аралаша албайт».

Сырткы башка күчтөрдүн (сырткы чөйрөнүн каршылык күчү, таянычтын реакция күчү ж.б.) пайда болушу салмаксыздыкты жоготуп, салмактуулук абалынын пайда болушуна себеп болот.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Ракета кандай бөлүктөрдөн турган?
2. Ракетанын конструктивдик характеристикасы дегенде эмнени түшүнөсүң?
3. m_n , m_0 , m_k , m_{ox} ракетага тиешелүү кандай массаларды мүнөздөйт?
4. Учуу маалында КАна кандай күчтөр аракет этет?
5. Эркин учуу маалында кандай шарттарда КА ичинде салмаксыздык орун алат?

Тартылуу талаасы катары алынган Жер талаасында аракеттенип жаткан анын жолдошунун траекториясы кандай болушун көрөлү. Мында Күндүн жасалма жолдош (ЖЖ)ко берип жаткан ылдамдануусу Күндүн Жерге берип жаткан ылдамдануусуна болжол менен тең болгондуктан (алар Күндөн дээрлик бирдей аралыкта болгондуктары үчүн), ЖЖту Жердин гана таасиринде аракеттенип жатат, деп кароо мүмкүн. Анткени мында Күндүн жолдошко берип жаткан четтетүүчү ылдамдануусу анын Жерге жана жолдошко берип жаткан ылдамданууларынын айырмасына тең болуп, Жердин ЖЖко берип жаткан ылдамдануусуна салыштырмалуу өтө кичинелиги себеп эсепке албаса болот.

Мына ошондуктан да болжолдуу эсептөөлөрдө, КАнын кыймылы Жердин гана таасиринде болуп жатат, деп каралат, б.а., кыймыл чек араланган эки телонун чегинде үйрөнүлөт. Бул абал ЖЖ орбитасын эсептөөдө чоң ыңгайлуулук туудурат. Асман телосун бир тектүү материалдык шар же эң кеминде бири-бирине салынган бир тектүү бирдей калыңдыктагы сфералык катмарлардан турат дейли. Анда телонун толук массасы анын борборунда (чекит көрүнүшүндө) топтолгондой тартуу касиетине ээ болот. Мындай тартуу талаасы, жогоруда тилге алынгандай, *тартылуунун борбордук талаасы* (ТБТ) деп аталат.

Мурда биз «Эки тело маселесинде» (27-§) тартылуунун борбордук талаасы жөнүндө сөз кылып, анын жөнөкөй тартылуу талаасынан айырмалануучу өзгөчөлүгү жөнүндө токтолгон элек. Эгерде каалагандай тартылуу талаасында аракеттенип жаткан R радиустуу телонун тартылуу талаасын берүүчү M телодон жетиштүү чоң r аралыкта болсо (б.а. $r > R$), анда ар кандай тартылуу талаасы телого ТБТ өңдүү аракет кылышын эстеткен элек. Энергиянын сакталуу мыйзамына көрө тартылуу талаасында аракеттенип жаткан m массалуу телонун борбордук M массалуу телодон r аралыктагы ылдамдыгы v_r , анын башталгыч v_0 ылдамдыгы менен байланышын туюнтуучу төмөнкү формула мейкиндик механикасында энергиянын интегралы аталышын алган:

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \text{ же } v_r^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right), \quad (1)$$

мында $K=GM$ борбордук талаанын туюнтуучу телонун гравитациялык параметри деп аталып, Жер үчүн $K_\oplus = 3,99 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$, Күн үчүн

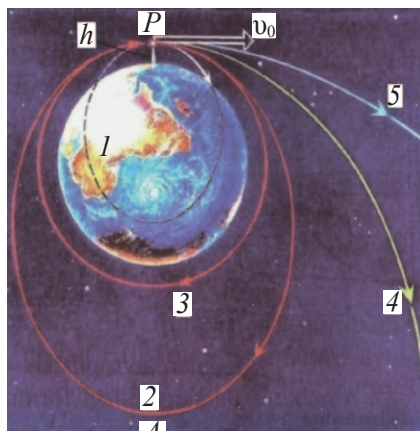
$K_0 = 1,33 \cdot 10^{11} \text{ км}^3/\text{с}^2$, Ай үчүн болсо $4,9 \cdot 10^3 \text{ км}^3/\text{с}^2$ ка тең болот.

Ал тартылуунун борбордук талаасы үчүн $r \approx R$ болгон түрдө да орундуу болот. Төмөндө тартылуунун борбордук талаасында аракеттенип жаткан телонун кыймыл траекториялары менен таанышабыз.

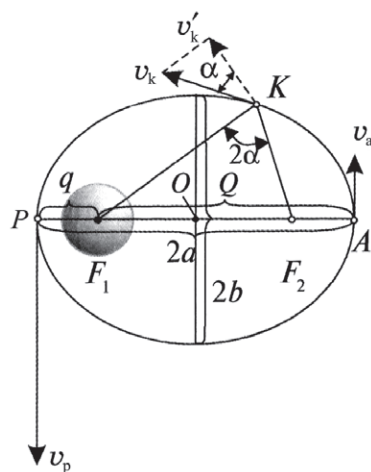
КАтын борбордук аянтында (мисалы Жердин талаасында) күзөтүлө турган кыймыл траекторияларын төрт топко бөлүү мүмкүн:

1. *Түз сызыктуу кыймыл.* Эгерде белгилүү бир бийиктикте турган телонун башталгыч ылдамдыгы нөлгө тең болгон абалда коюп жиберилсе, ал борбордук аянтты берүүчү телонун борборун көздөй тике түшөт. Телонун башталгыч ылдамдыгы борборго же ага карама-каршы жакка радиалдык багытталганда башталгыч чоң ылдамдык менен ыргытылса, анын кыймылы да түз сызык бойлоп жүрөт. Башка бардык абалдарда телонун түз сызык бойлоп кыймылы күзөтүлбөйт.

2. *Эллиптик траектория бойлоп кыймыл.* Эгерде КАнын башталгыч ылдамдыгы радиалдык багыттан айырмаланып, ал P чекиттен горизонтал абалда ыргытылса, анда анын траекториясы борбордук телонун тартуусу себеп, сөзсүз, ийилет. Мында анын жолу дайыма башталгыч ылдамдыктын вектору жана Жердин борбору аркылуу өтүүчү тегиздикте жатат. Эгерде КАнын башталгыч ылдамдыгы Жер үчүн 1-космостук ылдамдыктан чоң, 2-синен кичине болсо, анын траекториясы эллипти берет (115-сүрөт). Бул эллипс тартуучу асман телосунун сыртын кесип өтпөсө, КА бул телонун жасалма жолдошуна, асман телосунун борбору болсо эллипс фокустарынан бирине айланат. Эллипстин



115-сүрөт. Тартылуунун борбордук талаасында телонун эллиптик траектория бойлоп кыймылы.



116-сүрөт. Тартылуунун борбордук талаасында телонун кыймыл траекториялары (мисал катары Жердин тартылуу талаасында КАнын кыймылы келтирилген).

фокустары – бул эллипстин каалагандай чекитин туташтыруучу кесиндилердин суммасы туруктуу боло тургандай чекиттер. Эллипстин ар эки фокусу аркылуу өткөн огу анын *чоң огу* деп аталат. Чоң октун жарымы *чоң жарым ок* деп аталып, жолдоштун асман телосунан орточо узактыгын мүнөздөп, *a* тамгасы менен белгиленет. Мында эллипстин каалагандай *K* чекитинде жолдоштун ылдамдыгы *v* анын тартылуу борборунан узактыгы r_k жана эллипстин чоң жарым огу *a* менен төмөнкүчө байланышкан болуп, ал энергия интегралынын төмөнкү жаңыча көрүнүшүндө болот:

$$v^2 = K \left(\frac{2}{r_k} - \frac{1}{a} \right) . \quad (2)$$

Бул формулада *K* Жердин гравитациялык параметрин мүнөздөйт. Тартылуунун борбордук талаасында эллипс бойлоп аракеттенип жаткан телонун мезгили *T* болсо, Кеплер мыйзамына көрө, аны менен эллипстин чоң жарым огу *a* арасындагы төмөнкү катыштан табылат:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \text{ же } T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{\frac{3}{2}} . \quad (3)$$

Борбордук телодон эң кичине жана эң чоң аралыктагы эллипстик чекиттер (*115-сүрөттө P* жана *A* чекиттер), тиешелүү түрдө, *перицентр* жана *апоцентр* деп аталат. Эгерде тартуучу тело Жер болсо, ал чекиттер *перигей* жана *апогей* деп, Күн болсо, *перигелий* жана *афелий* деп аталат. Мында *K* Анын перигейдеги ылдамдыгы (v_p) максимум, апогейдегиси болсо (v_a) минимум мааниге ээ болот. Кыймыл саны моментинин сакталуу мыйзамынан бул ылдамдыктар өз ара төмөнкүчө байланышат:

$$m_0 \cdot v_p \cdot r_p = m_0 \cdot v_a \cdot r_a \text{ же } v_p \cdot r_p = v_a \cdot r_a, \quad (4)$$

мында r_p жана r_a – перигей жана апогей чекиттеринин Жердин борборунан узактыктары. Эгерде борбордук телонун (мисалы Жер) сыртынан *h* бийиктикте *P* чекиттен (*115-сүрөт*) башталгыч горизонтал ылдамдык менен *KA* учурулса, *P* чекит башталгыч ылдамдыктын чоңдугуна байланыштуу түрдө, орбитанын перигей же апогейине (*115-сүрөт, 1-* жана *2-орбиталар*) айланат. Ылдамдыктын белгилүү бир маанилеринде ал айлана бойлоп кыймылдап (*115-сүрөт, 3-орбита*), айланма орбитанын радиусу *r* болсо, анда

$$v_{\text{айл.}}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \text{ же } v_{\text{айл.}}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad (5)$$

болот, мында $K_{\oplus}$ – Жердин гравитациялык параметри экенин билип, андан каалагандай r аралыктагы айланма орбитасына ылайык ылдамдыкты оңой табууга болот. Мында $R_{\oplus}$ – Жердин радиусуна тең болсо, бул туюнтма Жер үчүн:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (6)$$

биринчи космостук ылдамдыкты туюнтат, анын мааниси 7,91 км/с га тең.

3. *Параболалык траектория бойлоп кыймыл.* Апогейи чексиздикте «жаткан» эллипстик орбита, талашсыз, эллипс боло албайт (115-сүрөттө 4-орбита). Мында КА тартуу борборунан чексиз алыска кетип, парабола бойлоп аракеттенет. КА тартылуу борборунан алыстаган сайын ылдамдыгы азайып барат. Эллипс бойлоп кыймылда ылдамдыкты эсептөө формуласы (1) ден чексиздикте $\alpha \rightarrow \infty$ болушун эсепке алып, баштапкы r_0 аралыкта параболалык орбитаны камсыздай турган башталгыч ылдамдыктын чоңдугу v_0 дү табабыз, анда:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0} \quad \text{же} \quad v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}} \quad (7)$$

боюнча эсептелген ылдамдык параболалык же *эркиндик ылдамдыгы* деп аталат, анткени мындай ылдамдыкка жеткенден соң, КА парабола бойлоп аракеттенип, тартуу борборуна кайтпайт, б.а., эркиндик алат. Эгерде $r = R_{\oplus}$ – Жердин радиусуна тең деп алынса,

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (8)$$

болуп, ал *экинчи космостук ылдамдык* деп аталат, Жер үчүн анын мааниси 11,186 км/с ду түзөт. 1- жана 2-космостук ылдамдыктарды салыштырып:

$$v_{II} = v_{\text{эрк}} = v_1 \cdot \sqrt{2} \quad \text{же} \quad v_{\text{эрк}} = 1,414 v_1 \quad \text{болушун табабыз.}$$

Эми бул барабардыктардан пайдаланып, энергиянын интегралын жазсак, тартылуу талаасында борбордук телодон r аралыктагы ылдамдыгы

$$v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{эрк}}^2 \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (9)$$

чыгат. Мындан $r \rightarrow \infty$ болсо: $v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{эрк}}^2$ болот. Мындан $v=0$ болушу көрүнөт, анткени $v_0 = v_{\text{эрк}}$, параболалык орбитага чыгуу үчүн $v_0 = v_{II}$ болушу зарыл.

4. *Гиперболалык траекториялар.* Эгерде КА параболалык ылдамдыктан чоң ылдамдыкка жетсе, ал бул абалда да ачык ийри сызык бойлоп аракеттенип, «чексиздикке жетет», бирок мында анын траекториясы гипербола (115-сүрөт, 5-орбита) көрүнүшүн алат. Бул абалда КАнын чексиздиктеги ылдамдыгы нөлгө тең болбойт. Чынында тартуу борборунан алыстаган сайын анын ылдамдыгы үзгүлтүксүз азайып барса да, бирок ал $r \rightarrow \infty$ болгондо (9) туюнтмадан табылуучу ушул v_∞ ылдамдыктан аз боло албайт:

$$v_\infty^2 = v_0^2 - v_{\text{эп}}^2 \quad (10)$$

мында v_∞ ылдамдыкты калдык ылдамдык (кээде ылдамдыктын гиперболалык ашыкчасы) деп аташат. Гиперболалык траектория тартылуу борборунан алыста, *гиперболанын асимптоталары* деп аталуучу түз сызыктардан дээрлик айырмаланбайт. Ошон үчүн да чоң аралыкта гиперболалык траекторияны түз сызыктуу траектория деш мүмкүн. Параболалык жана гиперболалык траекторияларда жогорудагы ар эки теңдеме да орундуу боло берет. Тартуу талаасында КАнын кыймылы биринчи болуп планеталар кыймылынын эллипстик формасын тапкан жана алардын кыймыл мыйзамдарын аныктаган немис окумуштуусу И.Кеплердин урматына *кеплерче кыймыл* деп аталат.

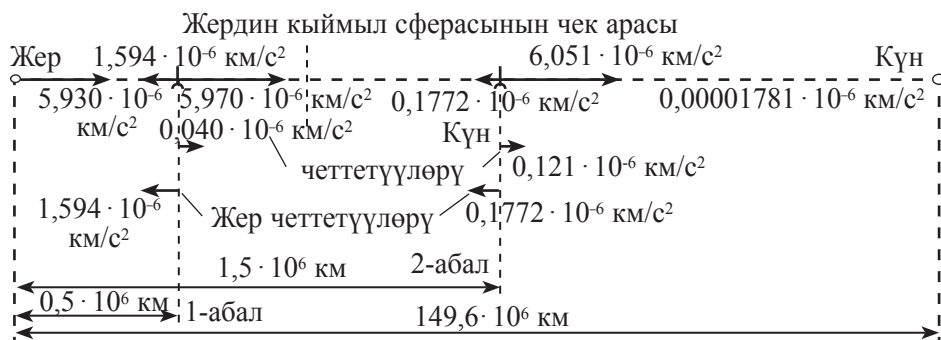
Суроо жана тапшырмалар:

1. Тартылуунун борбордук талаасында аракеттенип жаткан телонун кыймыл траекториясы анын башталгыч ылдамдыгына байланыштуубу?
2. Энергиянын интегралы формуласынын көрүнүшү кандай физикалык чоңдуктардын арасындагы байланышты туюнтат?
3. Эллипс бойлоп аракеттенип жаткан телонун мезгили кандай табылат?
4. Биринчи жана экинчи космостук ылдамдыктар деп кандай ылдамдыктарга айтылат?
5. Параболалык жана гиперболалык траекториялар бойлоп аракеттенип жаткан КАнын чексиздиктеги ылдамдыктарында кандай айырма болот?

34-ТЕМА.

68-§. Кыймыл сферасы жана космостук аппараттын траекторияларын болжолдуу эсептөө

КАнын кеплерче орбиталары реалдуу асман телолору үчүн чынында ишке ашырып болбой турган орбиталар болуп эсептелет. Себеби – борбордук асман телосу так сфералык симметрияга ээ болбогондугу себептүү анын та-



117-сүрөт. Жерден жана Күндөн берилип жаткан четтөөлөрдү эсептөө.

лаасы да борбордук боло албайт. Сырткы асман телолорунун таасири жана башка факторлор телонун кыймылын үйрөнүүдө эсепке алынышы керек болот. Бирок кеплерче кыймыл ушунчалык жөнөкөй жана ушунчалык жакшы үйрөнүлгөндүктөн, андан баш тартууга болбойт. Ошондуктан да Кеплер орбитасы таяныч орбита катары кабыл алынып, башка абалдар бере турган четтетүүлөр эсеп-кысапта өзүнчө эсепке алынат, б.а., телонун кыймыл траекториясы аныкташтырылат. Башка асман телолору тарабынан Жерди айлануучу КАна бериле турган гравитациялык четтетүүлөрдү эки абал үчүн эсептейли. Мында четтетүүчү сырткы асман телосу Күн болсун (117-сүрөт).

I абал. Күн менен Жерди туташтыруучу түз сызык бойлоп Жерден 500 000 км аралыктагы КА Күндөн 149 100 000 км аралыкта болуп, ага Жер бере турган ылдамдануу $1,594 \cdot 10^{-6}$ км/с², Күндүкү болсо $5,970 \cdot 10^{-6}$ км/с² ты түзөт.

1. Эгерде бизди КАнын геоцентрикалык кыймылы кызыктырып жаткан болсо, четтетүүчү ылдамдануу Күндөн КА жана Жер ала турган ылдамдануулардын айырмасына тең болуп $(5,970 \cdot 10^{-6} - 1,594 \cdot 10^{-6})$, км/с² = $0,040 \cdot 10^{-6}$ км/с² ты түзөт. Бул – КАна Жер бере турган ылдамдануунун 2,5 % ын гана түзөт.

2. Эми Жерден мындай аралыкта КАнын гелиоцентрлик кыймылын үйрөнсөк, анда Жердин КАна берүүчү ылдамдануусу ($1,594 \cdot 10^{-6}$ км/с²) жана Күнгө бере турган ылдамдануу ($0,00001781 \cdot 10^{-6}$ км/с²)лардын айырмасы Күндүн КАна берүүчү ылдамдануусу $5,97 \cdot 10^{-6}$ км/с² үчүн четтетүүчү ылдамдануу болуп, ал $1,594 \cdot 10^{-6}$ км/с², б.а. Күндүн КАна бере турган ылдамдануусунун 26,7 % ын түзөт. Демек, *гелиоцентрлик кыймылга* Жердин четтетүүчү ылдамдануусунун таасири өтө эле сезилерлүү экендиги аныкталат. Андыктан, 1-абалда КА Жердин айланасында геоцентрикалык кыймылда болот деш туура болот.

II абал. Эми КАын Жер-Күн сызыгы боюнча Жерден 1 500 000 км, Күндөн болсо 148 100 000 км аралыкта турган абал үчүн көрөлү.

1. Алгач КА Жерди *геоцентрикалык траектория* бойлоп айланганда, Күн бере турган четтетүүчү ылдамдануунун чоңдугун табалы. *117-сүрөттөн* көрүнгөндөй, мында КАнын Жердин таасиринде ала турган ылдамдануусу $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² ты түзөт. КАнын Күн таасиринде ала турган ылдамдануусу $6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с² ка тең болот. Эми Жердин Күндөн ала турган ылдамдануусу ($5,930 \cdot 10^{-6}$ км/с²)на көрө, Күндүн четтетүүчү ылдамдануусу ($6,051 \cdot 10^{-6} - 5,930 \cdot 10^{-6}$) км/с² = $0,121 \cdot 10^{-6}$ км/с² экендиги белгилүү болуп, ал КАнын Жерден ала турган $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² ылдамдануусунун 68,3 % ын түзөт.

2. Эми КА Күндү *гелиоцентрдик траектория* бойлоп айланса, ага Жер бере турган четтетүүчү ылдамданууларды эсептесек, ал Жердин КАна бере турган $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² ылдамдануусунан Жердин Күнгө бере турган ылдамдануусунун ($0,00001781 \cdot 10^{-6}$ км/с²) айырмасына тең болуп, ал болжол менен $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² болот. Аны Күндүн КАна бере турган $6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с² ылдамдануусу менен салыштырсак, Жердин космостук аппаратка бере турган четтетүүчү ылдамдануусу $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² болуп, ал Күндүн КАты гелиоцентрдик траектория бойлоп кыймылдатуучу ылдамдануусунун ($6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с²) болгону 3 % ын түзөөрү маалым болот. Андыктан, мындай аралыкта КА Жердин айланасында геоцентрикалык эмес, тескерисинче Күндүн айланасында гелиоцентрдик траектория бойлоп айланып жатат десе туурараак болушун көрсөтөт (Жер берип жаткан четтетүүчү ылдамдануунун өтө кичинелиги себеп).

Ушул түрдөгү траекториянын эсебин мейкиндиктин бардык – Жер-Күн түз сызыгында жатпай турган чекиттери үчүн да (болгону мында КАна Жер жана Күн берүүчү ылдамдануулар векторлору айырмасы алынат) аткарсак, I абалда ар бир чекит КАты Жердин айланасында геоцентрикалык траектория бойлоп аракеттенишинин оң болоорун көрсөтүп, II абалда мейкиндиктин бардык башка чекиттеринде жатып, КАты гелиоцентрдик траектория бойлоп, б.а. борбору Күн болгон чекиттин айланасында кеплерче траектория бойлоп айланып жатат, деп кароо оң болоорун көрсөтөт. Бул чекиттердин математикалык анализи көрсөтүлгөн аймак чек арасы Жердин айланасында жатуучу сферага жакын болгондуктан, ал жөнөкөй болсун үчүн космодинамикада анык сфера катары кабыл алынып, Жердин кыймыл сферасы деп аталат. Жердин кыймыл сферасынын Күнгө салыштырмалуу радиусу 925 000 км, Айдын кыймыл сферасынын Жерге салыштырмалуу радиусу 66 000 км, Күндүн галактика борборуна салыш-

тырмалуу аныкталган кыймыл сферасынын радиусу болсо 9×10^{12} км ≈ 1 ж.ж. на теңдигин көрсөтөт. Аралары a болгон m массалуу телого жакын жайгашкан M массасы телого салыштырмалуу кыймыл сферасынын радиусу (мында $m \ll M$):

$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{2}{5}} \text{ туюнтмадан табылат.}$$

КА тело кыймыл сферасынын чек арасын кесип өтүп жатканда, ал тартылуунун бир борбордук талаасынан экинчисине өтөт. КАнын ар бир тартылуу талаасындагы кыймылы ушул аянттарга салыштырмалуу өз-өзүнчө кеплерче орбитаны (конустун кесиндилеринен бирин) түзөт. Кыймыл сферасынын чек арасындагы космостук аппараттын кыймыл траекториясы болсо белгилүү бир эрежелер боюнча «уланат». КА траекторияларын эсептөөнүн болжолдуу усулунун чыныгы маңызы ушунда болуп, ал кээде *конустун кесиндилерин өз ара туташтыруу методу* деп да аталат.

35-ТЕМА.

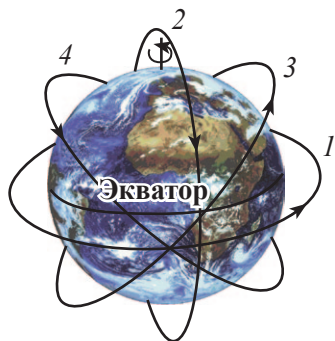
69-§. Жердин жасалма жолдошторунун орбита элементтери

Жер айланасы мейкиндигинде аракеттенип жаткан жасалма жолдош (ЖЖ) тун кыймылы Жер айланасы учуулары деп аталат. Мейкиндик механикасынын позициясынан Жер айланасы мейкиндиги дегенде Жердин кыймыл сферасы менен чектелген аймак түшүнүлүп, анда телонун кыймылын Жердин тартуу талаасында гана күзөтүлүп жатат деп кароо мүмкүн. *118-сүрөттө* Жердин мейкиндигинде айланып жаткан Жердин жасалма жолдошунун орбитасы берилген болуп, ал жердеги P жана A чекиттери, тиешелүү түрдө, жолдоштун перигей жана апогей чекиттерине туура келет.

Сүрөттөн көрүнгөндөй, Жердин ЖЖ-нун орбиталдык тегиздиги Жер экваторунун тегиздиги менен *түйүндөр сызыгы* деп аталуучу түз сызык боюнча кесилишет. Мында көтөрүлүү түйүнү ЖЖтун Жердин экваторун түштүк жарым шар-



118-сүрөт. Жасалма жолдоштун орбиталык элементтери.



119-сүрөт. Экваториалдык (1), уюлдук (2), туура (3) жана тескери (4) жолдоштор.

дан түндүк жарым шарга кесип өтүү чекити болуп, батуу түйүнүндө болсо тескерисинче болот. Мындан көрүнгөндөй, ЖЖтун орбиталдык тегиздиги, географиялык кеңдиги, анын тегиздигинин Жердин экваторго жантаюусунан (б.а. i бурчтан) чоң болбогон Жер шары аймактарынын үстүнөн учуп өтөт. ЖЖтун бийиктиги жетиштүү даражада чоң болгондо $\phi > i$ райондордон да жолдошту көрүү мүмкүн болот. ЖЖтордун төмөнкү орбиталдык элементтери бар:

1) i – ЖЖ орбитасынын Жер экваторунун тегиздигине жантаюусу ($i = 90^\circ$ болгондо ал *уюлдук жолдош* (119-сүрөт, 2-орбита) деп, $i = 0^\circ$ болгондо болсо *экваториалдык жолдош* (119-сүрөт, 1-орбита) деп аталат. ЖЖтун кыймыл жолу Жердин айлануу багытына туура келсе, ал *түз* (119-сүрөт, 3-орбита), тескерисинче болгондо болсо, *тескери жолдош* (119-сүрөт, 4-орбита) деп аталат ($i > 90^\circ$ – жолдоштор, Жердин айлануу багытына тескери аракеттенет); 2) h_a – ЖЖ апогейинин бийиктиги; 3) h_p – анын перигейинин бийиктиги; 4) T – ЖЖтун айлануу мезгили; 5) a – ЖЖ орбитасынын чоң жарым огу; 6) e – ЖЖ орбитасынын эксцентриситети; 7) Ω – көтөрүлүү түйүнүнүн Жердин экватору тегиздигиндеги жазгы күн теңелүүгө карай тартылган багыттан бурчтук узактыгы болуп, Ω нын узундугун мүнөздөйт. Экватордун үстүндө Жер менен бирдей мезгилде (24^h) айлануучу ЖЖтор *геостационардык жолдоштор* деп аталат.

70-§. Жер атмосферасында жолдоштун орбитасынын эволюциясы

Жер атмосферасынын жасалма жолдош кыймылына каршылык күчү бул формуладан табылат:

$$F_{\text{карш}} = cS \frac{\rho v_{\text{сал}}}{2},$$

мында: c – атмосферанын жогорку катмарлары үчүн чоңдугу 2–2,5 болгон өлчөмсүз каршылык коэффициентин; S – жолдоштун кыймыл багытына тике болгон максималдуу кесилиштин аянтын; ρ – атмосферанын тыгыздыгын;

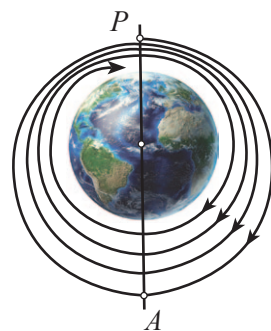
$v_{\text{сал}}$ болсо жолдоштун сырткы чөйрөгө салыштырмалуу ылдамдыгын туюнтат.

Атмосферанын каршылыгы таасиринде пайда болгон четтетүүчү ылдамдануу жолдоштун массасына тескери пропорциялуу болуп, анын жара кесилиш аянтына түз пропорциялаш. Ошондуктан ичи дээрлик бош болгон жолдошко атмосфера каршылыгынын таасири өтө күчтүү болот. Дал ушул фактор себеп төмөнкү орбитага чыгарылган ташуучу ракетанын жолдоштон ажыратылган жана отундан бошогон соңку баскычы атмосферанын каршылыгын илимий аппаратуралар тыгыз жайгашкан контейнерге салыштырмалуу күчтүү «сезип», бат эле артта калуусун камсыздайт.

Каршылык күчү себеп жолдоштун кыймылына аракет этүүчү четтетүүчү ылдамдануунун чоңдугу 200 км бийиктикте $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ ты, 400 км бийиктикте $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}^2$ ты, 800 км бийиктикте болсо болгону $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$ ты түзөт. Жолдош 100 км бийиктикте учуп жатканда мындай ылдамдануунун саны сезилерлүү даражада чоң болуп, 30 м/с^2 ка тең болот.

110–120 км бийиктиктен ылдыйда атмосферанын тыгыздыгы кескин артышы себеп ЖЖ кезектеги айлануусун аяктай албайт. Мында анын траекториясы кол сааты пружинасынын спиралы түрүндө болуп, ЖЖ ар сапар перигейинен өтүүдө ылдамдыгы кескин азайып барат (*120-сүрөт*).

Атмосферада жолдош кыймылынын тормоздолуу жараянын кунт коюп үйрөнүү атмосферанын жогорку катмарларынын тыгыздыктарын эсептөөгө мүмкүнчүлүк берип, ал баалуу теориялык жана практикалык тыянактарга алып келет. Жасалма жолдош орбитасын белгилүү бир максатты көздөп ар кандай өзгөртүү (ылдамдатуу, тормоздоо, буруу) *орбиталдык манёврлор* деп аталат.



120-сүрөт. Жер атмосферасында жасалма жолдоштун түшүүсү: түшүү орбиталарынын көрүнүшү.

Суроо жана тапшырмалар:

1. ЖЖтун кандай орбита элементтерин билесиң?
2. Туура жана тескери жолдоштор деп кандай ЖЖторго айтылат? Уюлдук жана экваториалдык жолдоштор депчи?
3. Жер атмосферасынын ЖЖтун кыймылындагы каршылыгы кандай табылат?
4. Геостационардык жолдоштор деп кандай ЖЖторго айтылат?

1-усул. Зарыл болгондо жасалма жолдоштун орбита тегиздигин белгилүү бир бурчка өзгөртүү чоң энергия сарпы менен ишке ашырылат. Мисалы, айланма орбитада v ылдамдык менен аракеттенип жаткан ЖЖ ылдамдыгынын маанисин өзгөртпөгөн абалда, анын орбитасын α бурчка буруу талап кылынсын. Анда ал үчүн зарыл болгон Δv ылдамдык импульстун чоңдугу, *121-сүрөттөгү* ылдамдыктар (v_0 – баштапкы; $v_{н.ы.}$ – орбита тегиздиги α бурчка бурулгандан кийинки натыйжалык; Δv – талап кылына турган манёврдун ылдамдыгын мүнөздөйт) векторлорунун кошулуусунан турган тең капталдуу үч бурчтукка көрө, төмнкү формуладан табылат:

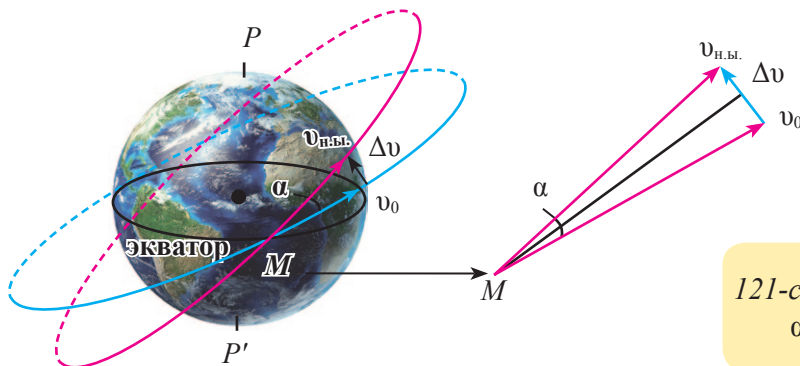
$$\frac{\Delta v}{2} = v_0 \sin \frac{\alpha}{2}, \text{ мында } \Delta v = 2 v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

Эгерде жолдоштун орбита тегиздигин M чекитте 90° тук бурчка буруу талап кылынса, анда $\Delta v_0 = 2v_0 \sin 45^\circ$ тугунан

$$\Delta v = \sqrt{2 \cdot v_0} \text{ болот.} \quad (2)$$

Бул туюнтмадан жолдоштун орбитасын 90° ка өзгөртүү үчүн зарыл болгон ылдамдыктын мааниси өтө чоң – экинчи космостук ылдамдыкка тең болушу белгилүү болуп, орбитаны мындай өзгөртүү өтө чоң энергия сарпы менен жүрүшү анык болот.

2-усул. Ошондуктан жолдоштун орбита тегиздигин чоң бурчка буруу талап кылынганда, ал «чексиздик аркылуу буруу» деп аталуучу башка бир усул аркылуу ишке ашырылса, бул жараян ракета отунунун чоң үнөмү менен жүрөт.



121-сүрөт. ЖЖ орбитасын α бурчка өзгөртүү.

Жолдош Жердин айланасын айланма орбитасынан параболалык орбитага жакын траекторияга чыгарылса, анын ылдамдыгы чексиздикте нөлгө жакын болгондуктан анын тегиздигин чексиздикте зарыл болгон бурчка буруу үчүн зарыл болгон ылдамдыктын саны (Δv) да (1) формулага көрө нөлгө умтулат. Анда жолдоштун орбитасынын тегиздигин чексиздикте α бурчка буруу үчүн зарыл болгон ылдамдыктардын толук импульсу $\Delta v'$, ылдамдыктардын төмөнкү түзүүчүлөрүнүн суммасынан турат:

$$\Delta v' = (\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0), \quad (3)$$

мында биринчи кашаа – жолдошту параболалык орбитага өткөрүү үчүн зарыл болгон ылдамдыктын импульсун, экинчи мүчө Δv – чексиздикте ылдамдыкты α бурчка буруу үчүн зарыл болгон ылдамдыктын импульсун (ал жерде $v_0 \approx 0$ болгондуктан, Δv да нөлгө умтулат) жана, аягында, үчүнчү кашаа – жолдош чексиздиктен кайтып келгенден соң, анын параболалык ылдамдыгын башталгыч v_0 ылдамдыкка чейин азайтуу үчүн зарыл болгон импульсту мүнөздөйт. Талашсыз, жолдоштун орбитасын кичине бурчка буруу үчүн талап кылына турган ылдамдыктын мааниси (1) ге ылайык, $2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}$ га тең болушун эсепке алсак, анда жолдоштун орбита тегиздигин α бурчка буруу үчүн, кандай чоңдуктагы бурчка чейин аны өз ордунда буруу, «чексиздик аркылуу буруудан» канчага жакшылыгын аныктоого мүмкүнчүлүк берет. Ал үчүн (2) жана (3) туюнтмаларды теңдештирип, оңой эле чек аралык α бурчтун маанисин табуу мүмкүн:

$$(\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

Теңдемедеги Δv чексиздикте нөлгө умтулгандыктан

$$2v_0(\sqrt{2} - 1) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2} \quad (5) \quad \text{болот,}$$

$$\text{мындан} \quad \alpha = 48^\circ 54' \quad (6)$$

ны түзөөрү маалым болот. Андыктан, мындай абалда орбитаны α бурчка буруу үчүн талап кылынган ылдамдыктардын импульстары ар эки абал үчүн тең болуп, орбитаны мындан чоң бурчка бурууда аны «чексиздик аркылуу буруу» дайыма үнөмдүү болуп, тескерисинче, аны $48^\circ 54'$ тан кичине бурчка буруу талап кылынса, аны ушул жайдын өзүндө (б.а. (2) формуланын жардамында) буруу энергетикалык жактан үнөмдүү өтүшү белгилүү болот.

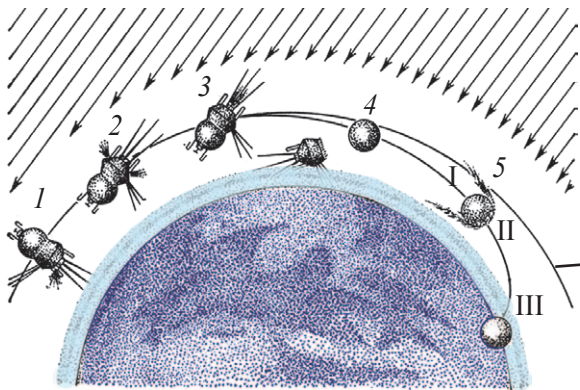
72-§. Жасалма жолдошту орбитадан түшүрүү

Орбиталдык манёврлордун ичинде эң жөнөкөйү космостук аппаратты орбитадан Жерге түшүрүү эсептелет. Адатта, КАты Жерге түшүрүү траекториясы үч бөлүккө бөлүнөт (122-сүрөт, I, II, III).

Булардан *биринчиси* – *траекториянын төмөндөө участкасында*, жолдоштун орбитадан чыгышы өтө кичине бурч астында ишке ашырылып, бул жерден атмосферанын калың катмарына киргенге чейинки болгон бөлүгүн өз ичине алат. Атмосферанын калың катмарынын жогорку бөлүгү катары, шарттуу түрдө, Жер бетинен болжол менен 100 километр узактыктагы бет алынат.

Түшүү участкасынын экинчиси – Жердин калың атмосферасынан өтүү бөлүгү ушул 100 километрлүү бийиктиктен башталып, мында космостук аппарат жана анын экипажы оордук күчүнөн бир нече эсе көп күчөнүүнү «туят». Ошондой эле, бул участкада КАнын атмосфера менен сүрүлүүсү себеп кеме корпусунун кескин кызышы болуп өтөт. Мындай абал кондурулуучу кеменин корпусу жана экипаж мүчөлөрүнүн өмүрү үчүн чоң кооп туудурат.

Түшүүнүн үчүнчү участкасында космостук аппараттын траекториясы Жердин борборун көздөй кескин бурулат жана натыйжада каршылык күчү кыймыл багыты боюнча оордук күчүнүн проекциясына тендешип, кондурулуучу аппараттын Жерге карай эркин түшүүсүн камсыздайт. Адатта, түшүү ыңгайлуу жана үнөмдүү болушу (эң аз ылдамдык импульсу талап кылынышы) үчүн шарт – КАты орбитадан чыгуу чекитинен атмосферанын калың катмарына кирүүгө чейинки болгон 180° тук жаа чек арасында ишке ашырылат. Мында КАнын атмосферанын калың катмарына кириши болжол менен 5° бурч астында болушу камсыздалат. Орбитадан чыгууда болсо космостук кемеге бериле



122-сүрөт. ЖЖту орбитадан түшүрүү жараяны:

- 1–3 – тормоздоочу импульс;
- 4 – айланма орбитадан чыгуу;
- 5 – аэродинамикалык тормоздолуу жана парашюттун жардамында конуу.

турган ылдамдыктын трансверсалдык түзүүчүсүнөн сырткары, Жерди карай багытталган радиалдык түзүүчүгө ээ болушуна жетишүү керек болуп, анын импульсу 150–200 м/с дан кем болбостугу талап этилет. Атмосферанын калың катмарынан өтүүсүндө, аэродинамикалык тормоздолуунун айынан космостук кеменин ылдамдыгы биринчи космостук ылдамдыктан 150–250 м/с га чейин азайып барат.

Жерге конуунун баяндалган методунда ракетага атмосферанын каршылык күчүнөн сырткары анын көтөрүү күчү да катышып, анын жардамында жүктөмө кескин азайтылат жана кийин кемени Жерге аэродинамикалык сапат менен кондурууга жетишилет. Эгерде кемени кондурууда аэродинамикалык күч каршылык күчүнөн гана турган болсо, бул кемени жерге түшүрүүнүн *баллистикалык методу* деп аталат. Мында экипаж үчүн жүктөмө чоң болгондуктан кеменин кабыгы кескин кызыйт жана экипаждын өмүрү үчүн кырсыктуу кооп жаралат.

Кемени кондурууда *аэродинамикалык сапат* деп, көтөрүү күчүнүн каршылык күчүнө катышы менен ченеле турган чоңдукка айтылат. Ар эки чоңдук да абанын тыгыздыгы жана ылдамдыгынын квадратына байланыштуу болуп, мына бул формулалар менен туюнтулат:

$$F_{\text{каршы}} = c_x \cdot S \frac{\rho v_{\text{сал}}^2}{2}, F_{\text{көтөр}} = c_y \cdot S \frac{\rho v_{\text{сал}}^2}{2},$$

мында: c_x жана c_y тер, тиешелүү түрдө, каршылык жана көтөрүү күчтөрүнүн коэффициенттерин; S – жолдоштун максималдуу туура кесилиш аянтын; $v_{\text{сал}}$ – жолдоштун сырткы чөйрөгө салыштырмалуу ылдамдыгын туюнтат. Анда, түшүүнүн аэродинамикалык сапатын мүнөздөөчү коэффициент k бул формуладан табылат:

$$k = F_{\text{көтөр}} / F_{\text{каршы}} = c_y / c_x.$$

Эгерде $c_y = 0$ болсо, кеменин түшүүсү *аэродинамикалык сапатсыз* же *баллистикалык* деп аталат. Аэродинамикалык түшүүдө жүктөмө коэффициенти 3–4 тү түзүп, баллистикалык көрүнүштө жерге түшүүдө ал 8–10 ду түзөт. Алсак, «Союз» тибиндеги автоматтык станцияларды жерге түшүрүү Жер бетинен 9,5 километр бийиктикте ишке түшүрүлө турган парашют системасы жардамында ишке ашырылган. Кеме жердин бетине 1 м калганда, анын кондурулуучу бөлүгүнүн катуу отундуу ракета кыймылдаткычы автоматтык түрдө ишке түшүп, кемени жер менен болгону 3–4 м/с ылдамдыктагы кагылышуусун же жай кондурулуусун камсыздайт.

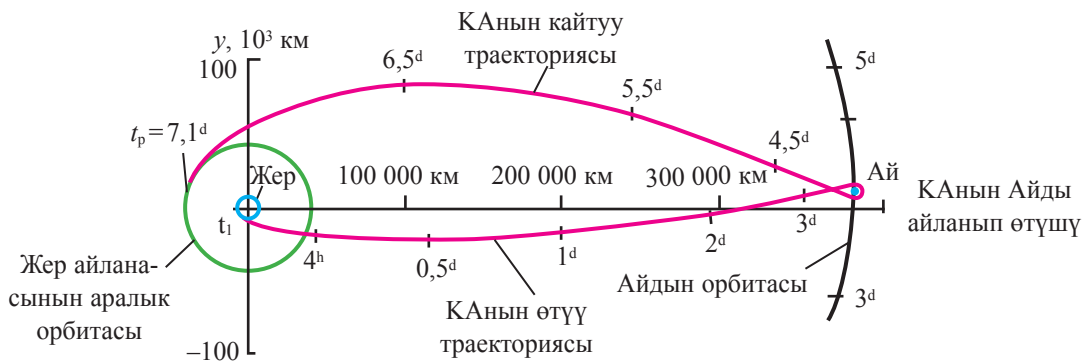
Суроо жана тапшырмалар:

1. Орбиталдык манёврлор дегенде эмнени түшүнөсүң?
2. ЖЖтун орбитасын жергиликтүү (б.а. өз ордунда) өзгөртүү кандай аткарылат?
3. Жолдоштун орбитасын чексиздик аркылуу өзгөртүү качан үнөмдүү болот?
4. ЖЖту орбитадан түшүрүүдө орбитадан чыгуу кандай ишке ашырылат?
5. Түшүүнүн экинчи бөлүгүндө ЖЖ кыймылынын ылдамдыгын азайтуу кандай жол менен ишке ашырылат?
6. Түшүүнүн үчүнчү бөлүгүндө жолдош кандай кылып Жерге кондурулат?

37-ТЕМА. 73-§. Космостук аппараттарды Айга учуруу

КАтарды Айга учуруу үчүн аны баштап Айдын орбитасы тегиздигинде жатуучу (минимум 200 км) орбитага чыгарыш керек (123-сүрөт). Космонавтикада өтүү орбиталары (учурда Жерден Ай орбитасына өтүү траекториясы) ичинде эң аз энергия сарпы менен учуу жарым эллипстик траектория бойлоп учурганда болот. Ушул түрдөгү Айга учуу траекториясын эсептейбиз. Жердин айланасында 200 км бийиктиктеги аралык орбитада аракеттениши керек болгон КАнын ылдамдыгын Жердин гравитациялык параметри $K = 4 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$ жана мерчемделген орбитанын радиусу $r = R_{\oplus} + 200 \text{ км} = (6370 + 200) \text{ км} = 6570 \text{ км}$ ге ылайык табабыз. КАнын мындай орбитадагы ылдамдыгы

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = 7,789 \text{ км/с} \approx 7,79 \text{ км/с туюнтмадан табылат.}$$



123-сүрөт. КАнын Айга барып кайтуусунун күндөрдө берилиши.

Айдын орбиталдык ылдамдыгы $v_c = 1,018$ км/с болуп, орбитасынын орточо r радиусу 384 400 км деп, өтүү траекториясы эсептелген жарым эллипстик орбитанын чоң жарым огун эсептесек, ал:

$$a = \frac{r + R_{\oplus} + h}{2} = 195485 \text{ км болот.}$$

Анда КАна өтүү – гомон траекториясынын перигейиндеги берилиши зарыл болгон ылдамдык, энергиянын интегралына көрө

$$v_p = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \right)}; v_p = 10,923 \text{ км/с болушу аныкталат.}$$

Эгерде түздөн-түз Жер бетинен туруп жарым эллипстик орбита менен Айга баруу талап кылынса, ал үчүн ракетага 11,09 км/с башталгыч ылдамдык бериш керек болот. Андыктан, Жердин айланасындагы аралык орбитадан гомон орбитасына өтүү үчүн КАна $\Delta v = (10,9 - 7,789)$ км/с = 3,134 км/с кошумча ылдамдык берүү зарылдыгы көрүнөт.

Гомон траекториясынын апогейиндеги ылдамдык бул формуладан табылса, ал:

$$v_A = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{r_{\text{апог}}} - \frac{1}{a} \right)}; v_A = 0,187 \text{ км/с ылдамдыкка тең болот.}$$

Демек, КА Ай орбитасынын кайсы бир чекитине Ай менен бир убакытта жетип барганда, анын Айга (кыймыл сферасына) салыштырмалуу ылдамдыгы

$$\Delta v = v_c - v_A = (1,018 - 0,187) \text{ км/с} = 0,831 \text{ км/с ка тең болот.}$$

Айдын кыймыл сферасына ($r = 66\,000$ км) кирген ЖЖтун бул ылдамдыгы

$$(831 \text{ м/с}), \text{ Айдан мындай аралыкта } v = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus} + 66000}} \text{ формула жардамында та-}$$

былган Айга салыштырмалуу параболалык (эркиндик) ылдамдыгы 383 м/с тан чоң болгондуктан ЖЖ Айдын кыймыл сферасынын ичине ага салыштырмалуу гиперболалык траектория бойлоп аракеттениши маалым болот. ЖЖ бул сферанын ичинде Айга жакындашып барып, анын таасиринде ылдамдыгын дагы да арттырып барат. Мындай ылдамдыктагы ЖЖ сферага кирүү ылдамдыгынын багытына байланыштуу түрдө Айга барып урулушу же Айды айланып өтүп, ага кирүү ылдамдыгына тең ылдамдыкта анын кыймыл сферасынан чыгып кетиши мүмкүн. Эгерде КАты Айдын жолдошуна айландыруу зарылдыгы туулса, анын ылдамдыгын Айдын жакынында ($h \approx 50$ км) 1,6–1,8 км/с ка чей-

ин тормоздоо аркылуу аны айланма же эллипстик орбитада кармап калса болот. Эми Айга учуп баруу убактысына келсек, ал КАнын Айдын орбитасына жаныма өтүүчү гомон-эллипстик орбитасын бойлой толук айлануу мезгилинин жарымына тең болушун *123-сүрөткө* карап түшүнүү кыйын эмес. Бул мезгил Кеплер мыйзамына көрө

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\oplus}}} a^{3/2} \text{ же}$$

Жердин гравитациялык параметри (67-§) $K_{\oplus}$ жана π лер аркылуу табылса:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ минут} = 9 \text{ сутка } 22 \text{ саат } 56 \text{ минут болот.}$$

Анда t учуу убактысы T мезгилдин жарымына тендигинен $t = \frac{T}{2} = 4$ сутка 23 саат 28 минутту түзөт.

38-ТЕМА.

74-§. Планеталарга учуу траекториялары.

Жердин кыймыл сферасынын ичиндеги кыймыл

Космостук аппараттарды планеталарга учуруу траекторияларынын эсеби жетиштүү деңгээлде татаал болуп, эгерде алар Күндүн айланасында белгилүү бир тегиздикте айланма орбиталар бойлоп аракеттенет деп каралса, маселенин чечими кыйла жеңилдешти. Күндүн айланасында аракеттенүүчү бардык ири планеталардын эллипстик орбиталары айланага өтө жакын. Ошондой эле, алардын орбита тегиздиктери да Жердин орбиталык тегиздиги (б.а. эклиптика тегиздиги) менен өтө кичине бурчту түзөт жана андыктан, болжолубуз чындыкка жакын болуп, эсептөөлөрдө чоң каталык болбойт.

Эгерде планеталардын Күндөн орточо алыстыктары километрлерде, алардын ылдамдыктары болсо км/с тарда туюнтулса, Күндүн гравитациялык параметри $K_{\odot} = GM_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ км}^3/\text{с}^2$ ка, эгерде планеталардын Күндөн орточо алыстыктары астрономиялык бирдиктерде (а.б.) туюнтулса, анда Күндүн гравитациялык параметри $K_{\odot} = 887,153(\text{км}^2 \cdot \text{а.б.})/\text{с}^2$ ка тең болот.

Планеталарга учуунун пассивдүү траекториялары, адатта, *төмөнкү үч бөлүккө бөлүп үйрөнүлөт*: 1) биринчи жүз километр бийиктик: кыймылдаткычтарды от алдырылган старттык чекиттен Жердин кыймыл сферасына чейин; 2) Жердин кыймыл сферасынын чегинен мерчемделген планетанын кыймыл сферасына чейин; 3) мерчемделген планетанын кыймыл сферасынын чегиндеги

кыймыл. Бул дегени, эске алынган учуунун бөлүнгөн үч бөлүгүнөн биринчисинде, КА Жердин гана таасиринде, экинчисинде Күндүн тартуу күчү таасиринде, үчүнчүсүндө болсо мерчемделген планетанын гана таасиринде аракеттенет деп (б.а. ар бир участкада жараянды 2 тело маселеси катары) кароого мүмкүнчүлүк берет. Эгерде планетанын радиус-вектору r жана орбитасы чоң жарым огунун маанилерин ушул энергия интегралынын туюнтмасына койсок:

$$V = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \quad (1)$$

анда гелиоцентрдик орбита бойлоп аракеттенип жаткан КАнын жарым эллиптик өтүү траекториясынын каалагандай чекитиндеги гелиоцентрдик ылдамдыгын ал формулага тең күчтүү болгон төмөнкү формула менен эсептесек, анда эллипстин каалагандай r радиус-векторлуу чекитинде КАнын гелиоцентрдик ылдамдыгы төмөнкү туюнтмадан табылат:

$$V = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}, \quad (2)$$

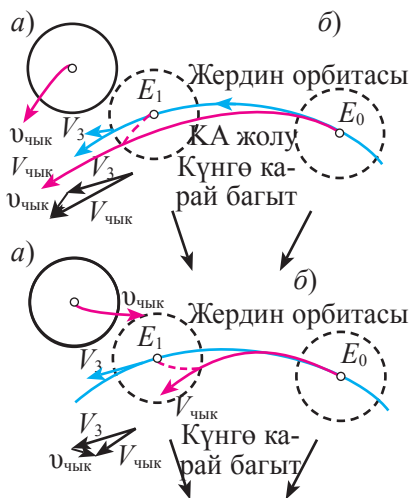
мында r жана a лар астрономиялык бирдиктерде туюнтулган.

Жердин кыймыл сферасы ичиндеги кыймыл. 124-а жана б сүрөттүн схемаларында Жердин гелиоцентрдик жана КАнын гелиоцентрдик, о.э. геоцентрикалык кыймыл траекториялары берилген. О.э., бул сүрөттө КАнын геоцентрикалык кыймылы Жердин кыймыл сферасынын (Жер айланасындагы тегерек) ичинде берилген. *124-сүрөт*, жогорудагы a) да КА Жердин кыймыл сферасынын ичинде аракеттенип, анын чек арасына жетип, андан чыгуу багыты берилген. Дал ушул убакыт ичинде Жер өз орбитасынын E_0 чекитинен E_1 чекитине жетип келген. КАнын Жер кыймыл сферасынан чыгуусундагы геоцентрикалык ылдамдыгы – $v_{\text{чык}}$, гелиоцентрдик ылдамдыгы болсо – $V_{\text{чык}}$ менен белгиленген.

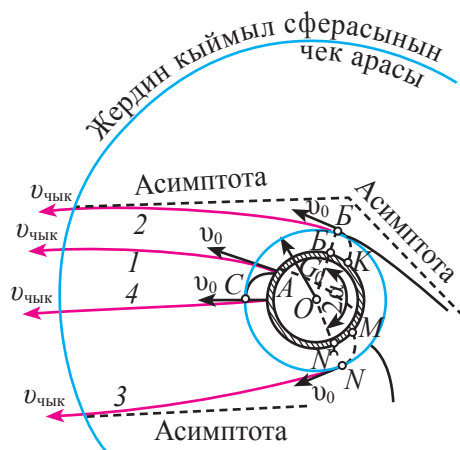
Бул ылдамдыктардын Жердин орбиталдык (гелиоцентрдик) ылдамдыгы менен байланыштуулугу

$$\vec{V}_{\text{чык}} = \vec{V}_{\oplus} + \vec{v}_{\text{чык}} \quad (3)$$

сүрөттөгү ылдамдыктар үч бурчтуктан көрүнүп турат. Мында КА Жердин кыймыл сферасынын алды жагынан чыгып Жерден илгерилеп кетет (*124-жогорудагы а сүрөт*). *124-сүрөттүн* ылдыйындагы b сүрөттө КА Жерден көтөрүлүп, анын кыймыл сферасына жеткенде, Жер өз орбитасынын E_0 чекитинен E_1 чекитке келип, кыймыл сферасынын *арка жагынан чыгат* жана Жерден артта калат. Жогорудагы сүрөттө КА сырткы планетаны болжоп жолго чыкса, ыл-



124-сүрөт. КАнын Жердин кыймыл сферасындагы аракети: а жана б (жогоруда) – сырткы планеталарга учуу; а жана б (ылдыйда) – ички планеталарга учуу схемалары; а) геоцентрдик; б) гелиоцентрдик траекториялар.



125-сүрөт. Планеталарга учууда Жердин кыймыл сферасынын чек арасында КА үчүн мүмкүн болгон чыгуу траекториялары (мында 1, 2, 3 төр – гиперболалык, 4 – түз сызыктуу траектория).

дыйдагы сүрөттө ал ички планеталардан бирин (Меркурий, Венера) болжолдоп жолго чыккан болот. Мында да КА жеткен ылдамдыктар, ылдамдыктардын үч бурчтугунан көрүнүп турат:

$$\vec{V}_{\text{чык}} = \vec{V}_{\oplus} - \vec{v}_{\text{чык}} \quad (4)$$

Космостук аппарат Жерден алыстаган сайын анын ылдамдыгы азайып барып, Жердин кыймыл сферасынын чек арасына жеткенде, башталгыч ылдамдыкка (v_0) салыштырмалуу анын ылдамдыгы $v_{\text{чык}}$ төмөнкүчө табылат (энергия интегралы формуласынан):

$$v_{\text{чык} \text{ q}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\oplus}}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{ЖКС}}} \right) \quad (5)$$

же

$$v_{\text{чык}}^2 = v_0^2 - v_{\text{пар}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{ЖКС}}} \right) \quad (5')$$

мында: $r_0 = R_{\oplus}$ Жердин радиусу; $r_{\text{ЖКС}}$ – Жердин кыймыл сферасынын радиусу.

$r_{\text{Жкс}} \gg R_{\odot}$ болгондуктан жогорудагы туюнтманы төмөнкүчө жазуу мүмкүн:

$$v_{\text{чык}}^2 = v_0^2 - v_{\text{пар}}^2 \quad \text{же} \quad v_{\text{чык}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\odot}}{R_{\odot}}. \quad (6)$$

Бул формуладан Жердин кыймыл сферасынын ичинде $v_0 > v_{\text{пар}}$ экендигинен (анткени $v_0 > v_{\text{пар}}$ болбосо, ракета Жерди таштап кете албайт) кыймыл сферасынын ичинде КАнын траекториясын гиперболалык деп алабыз. Мында белгилүү бир планетага жол алган КА үчүн ал кыймыл сферасынын кайсы чекитинен чыгып кетиши анчалык маанилүү эмес, кандай багытта жана ылдамдык менен чыгып кетиши маанилүү болот.

Планеталарга учууда мындай белгилүү бир багыттагы жана так ылдамдыктагы гиперболалык траекториялар чексиз көп болушу келтирилген сүрөттөн оңой эле маалым болот (*125-сүрөт*). Булардан сырткары, сүрөттөн планеталарга учууда бир түз сызыктуу траектория да бар экени көрсөтүлгөн, калгандары Жерге салыштырмалуу гиперболалык траекториялар саналышат.

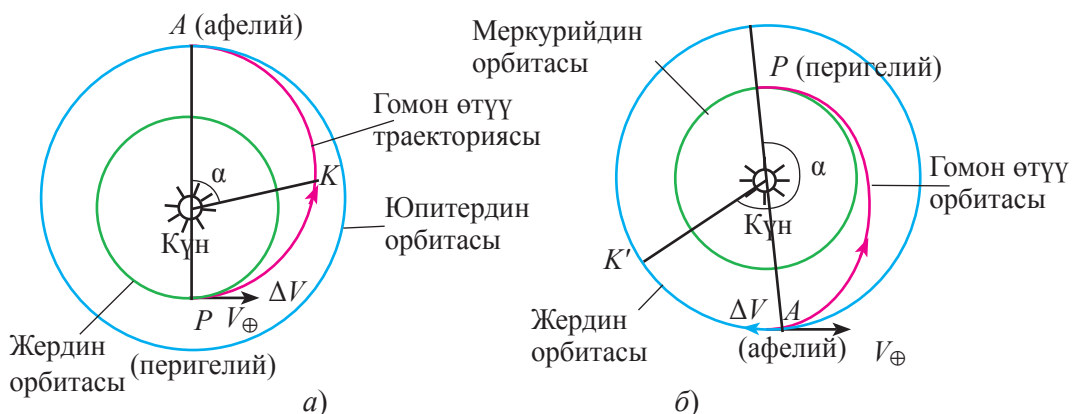
Суроо жана тапшырмалар:

1. Планеталарга учууда пассивдүү траектория кандай бөлүктөргө бөлүнүп үйрөнүлөт?
2. Жердин кыймыл сферасында КАнын кыймыл траекториялары гелиоцентрдик жана геоцентрикалык болуп, көрүнүштөрү менен кандай айырмаланаарын сүрөттө көрсөт.
3. Жердин кыймыл сферасынын ичинде планеталар аралык космостук аппараттын ылдамдыгы 2-космостук ылдамдыкка салыштырмалуу чоңбу же кичинеби?
4. Сырткы планеталарга учууда эң үнөмдүү гелиоцентрдик траекториянын көрүнүшү кандай тааныш ийри сызыкты бойлой жүрөт?

39-ТЕМА.

75-§. Гомон орбиталары бойлоп учуулар

Планеталардын орбиталарын айлана, алардын орбита тегиздиктерин болсо эклиптика тегиздиги менен дал келет деп элестетели. Планеталар аралык автоматтык станцияны Жерден мерчемделген планетага жеткирүүчү траектория *өтүү орбитасы* деп аталат. Бул орбиталар гомон же жарым эллипстик орбиталар болуп, сырткы планеталарга КАны учурууда, анын башталгыч ылдамдыгынын так маанилеринде, өтүү жарым эллипстик орбитасынын афелии сырткы планетанын орбитасына (*126-а сүрөт*), ички планеталарга учууда болсо, өтүүнүн жарым эллипстик орбитасынын перигелии ички планета орбитасына



126-сүрөт. а) сырткы планеталарга гомон орбитасы боюнча учуу;
б) ички планеталарга гомон орбитасы боюнча учуу.

урунуп өтүшү (126-б сүрөт) бул учууларда энергетикалык жактан эң ыңгайлуу орбиталар эсептелет.

Эгерде сырткы планеталарга учууда Жер орбитасынын P чекитинде берилген кошумча ылдамдыктын импульсу Жердин кыймыл багыты менен дал келип, анда КАнын чыгуу гелиоцентрдик ылдамдыгы – $V_{\text{чык}} > V_{\oplus}$ болсо, ал сырткы планеталардан бирин бутага алат. Эгерде Жер орбитасынын P чекитинде берилген кошумча ылдамдыктын импульсу Жердин ылдамдыгына карама-каршы багытталган болсо, анда КА ички планеталардан бирин бутага алып, анын гелиоцентрдик ылдамдыгы Жердикинен кичине болот. КАнын Жердин кыймыл сферасынан чыгуу маалындагы, белгилүү бир сырткы планетага учуу үчүн зарыл болгон $v_{\text{чык}}$ ылдамдыгынын Жер бетинен башталгыч v_0 ылдамдык менен байланышы $R_{\oplus} \ll r_{\text{t.s.}}$ болгондуктан v_0 дүн төмөнкү

$$v_0^2 = \sqrt{v_{\text{чык}}^2 + v_{\text{эрг}}^2} \quad (1)$$

туюнтмадан табыла турган мааниси КАна Жер жана мерчемделген планета орбиталарына урунуп өтө турган гелиоцентрдик өтүү орбита бойлоп кыймылын камсыздайт.

Мындай орбита *гомон орбитасы* же *жарым эллипстик орбита* деп аталат. Сүрөттөн көрүнгөндөй, гомон орбиталары бойлоп Жердин кыймыл сферасынан чыгуу геоцентрикалык жана гелиоцентрдик ылдамдыктары $v_{\text{чык}}$ жана $V_{\text{чык}}$ бирдей багытка ээ болуп, алар өз ара төмөнкү катыштарда болот:

$$\text{сырткы планеталар үчүн} \quad v_{\text{чык}} = V_{\text{чык}} - V_{\oplus}; \quad (2)$$

$$\text{ички планеталар үчүн} \quad v_{\text{чык}} = V_{\oplus} - V_{\text{чык}} \quad (3)$$

же жалпы абалда вектор көрүнүшүндө

$$\vec{v}_{\text{чык}} = \vec{V}_{\text{чык}} - \vec{V}_{\oplus} \quad (4)$$

болот, бул теңдемедеги $V_{\text{чык}}$ ылдамдыктын маанисин энергиянын интегралына ылайык:

$$V_{\text{чык}} = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{R_{\oplus \text{ орб}}} - \frac{1}{a} \right)} \quad (5)$$

туюнтма аркылуу эсептөө мүмкүн болуп, мында: $K_{\odot}$ – Күндүн гравитациялык параметрин; a болсо гомон орбитасынын (жарым эллипстик орбитанын) чоң жарым огун туюнтуп, бул

$$a = \frac{R_{\oplus \text{ орб}} + R_{\text{пл. орб}}}{2} \quad (6)$$

формуладан табылат.

a нын маанисин (5) ке коюп, $V_{\text{чык}}$ га салыштырмалуу ушул теңдикке жетишебиз:

$$V_{\text{чык}} = \sqrt{\frac{2K_{\odot}}{R_{\oplus \text{ орб}}}} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{пл. орб}}}{R_{\oplus \text{ орб}}(R_{\oplus \text{ орб}} + R_{\text{пл. орб}})}} \quad (7)$$

мында

$$\sqrt{2K_{\odot} / R_{\oplus \text{ орб}}} = \sqrt{2}V_{\oplus} = 42,122 \text{ км/с ка теңдигинен} \quad (8)$$

планеталар орбиталарынын радиустарын астрономиялык бирдиктерде туюнтсак, $V_{\text{чык}}$:

$$V_{\text{чык}} = 42,122 \sqrt{\frac{R_{\text{пл. орб}}}{1 + R_{\text{пл. орб}}}} \quad (9)$$

болот. Гомон орбитасы боюнча учуу убактысын эсептемекчи болсок, жарым эллипстик орбитаны эллипске толтурганда, КАнын бул эллипс бойлоп айлануу мезгилинин жарымына тең болушун түшүнүү кыйын эмес. Андыктан:

$$t_{\text{гом}} = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{\left(\frac{R_{\oplus \text{ орб}} + R_{\text{пл. орб}}}{2} \right)^3} \text{ ка тең болот.} \quad (10)$$

Аралыкты а. б.терде, убакытты жылдыз жылында туюнтсак, анда Жердин Күндүн айланасында бир жолу толук айлануу мезгили үчүн

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{a^3} \quad (11)$$

туюнтмадан пайдаланып,

$$1 = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \cdot \sqrt{1^3} \quad \text{же} \quad \sqrt{K_{\odot}} = 2\pi \quad (12)$$

экендигин табабыз. Буга ылайык гомон орбитасы боюнча белгилүү бир планетага учуу убактысы ушул

$$t_{\text{гом}} = \frac{\sqrt{2}}{8} \sqrt{(1 + R_{\text{пл.орб}})^3} = 0,177 \sqrt{(1 + R_{\text{пл.орб}})^3} \quad (13)$$

туюнтмадан аныкталып, ал жылдыз жылында чыгат. Мында $R_{\text{пл. орб}}$ ны а.б. те туюнтуп, жылдыз жылын Күн суткаларында туюнтсак ($1 \text{ ж.ж.} = 365,256236 \text{ орточо Күн суткасы}$), учуу убактысы:

$$t_{\text{гом}} = 64,569 \sqrt{(1 + R_{\text{пл.орб}})^3} \text{ суткага тең болот.} \quad (14)$$

Гомон орбиталары үчүн P дан A чекитке чейинки бурчтун кеңдиги 180° ка тендигинен ракетанын старты маалында Күндөн Жер жана мерчемделген планетага тартылган сызыктардын арасындагы бурч *конфигурация бурчу* ψ деп аталып, ал:

$$\psi = 180^\circ - \alpha \text{ дан табылат.} \quad (15)$$

Мында α – мерчемделген планетанын КА менен өз орбитасынын A чекинде учурашканга чейинки жаасы болуп, аны $\omega_{\text{пл}}$ – суткалык бурчтук ылдамдык менен учуп жаткан сырткы планета $t_{\text{гом}}$ убакытта өтөт, б.а. $\alpha = \omega \cdot t_{\text{гом}}$. Буга ылайык табылган сырткы планетанын жаасы *126-а сүрөттөгү* $\widetilde{KA}$ жаага тең болот. Ички планетага учууда старт маалында ал өз орбитасынын K' чекитинде болуп, α бурч 180° тан чоң болгондуктан ψ терс болот. Мында ψ бурч ички планетанын башталгыч конфигурациядагы абалынан (б.а. старт маалынан) t_0 ал Жерди «кууп» келип, Жер-Күн сызыгында (б.а. төмөнкү кошулууда) болуу моментине чейин же Жер сырткы планетаны «кууп», Күн-планета сызыгында болуу (б.а. карама-каршы туруу) моментине чейин кеткен τ убакыт төмөнкү туюнтмадан табылат:

$$\tau = \frac{\Psi}{\omega_{\oplus} - \omega_{\text{пл}}}, \quad (16)$$

мында $\omega_{\oplus}$ жана $\omega_{\text{пл}}$ лар – Жер жана планетанын суткалык бурчтук ылдамдыктары. Каалагандай планета үчүн башталгыч конфигурация моментинин кайтарылуу мезгили планетанын синодикалык мезгилинде тең болуп, ал төмөнкү туюнтмадан табылат:

$$P_{\text{син}} = P_{\text{пл}} \cdot P_{\oplus} / |P_{\text{пл}} - P_{\oplus}| \quad (17)$$

40-ТЕМА.

76-§. Космостук аппараттын мерчемделген планетанын кыймыл сферасындагы кыймылы

Мерчемделген планетага барып, анын кыймыл сферасынын ичинде КА өтүп жаткан траекториясынын эсеп-кысабын жасоо үчүн баштап гомон траекториясы бойлоп аракеттенип жаткан КАнын мерчемделген планетанын кыймыл сферасына кирүү гелиоцентрдик ылдамдыгын ($V_{\text{кир}}$) табуу зарыл болот. Ал үчүн планетанын кыймыл сферасына кирүү гелиоцентрдик ылдамдыгы катары КАнын мерчемделген планетага жакындашуу ылдамдыгы алынат. Сырткы планеталарга (Марс, Юпитер, Сатурн ж.б.) КАнын жакындашуу ылдамдыгы, бул планеталардын орбиталдык ылдамдыктарынан кичине болгону түрдө, ички планеталарга (Меркурий, Венера) КАнын жакындашуу ылдамдыгы алардын ылдамдыгынан чоң болот. Ошондуктан да КА сырткы планеталардын кыймыл сферасына алды жактан, ички планеталар кыймыл сферасына болсо арка жактан кирип барат. Планеталардын кыймыл сферасы өтүү орбиталарынын өлчөмдөрүнө салыштырмалуу өтө кичинелиги себеп, КАтардын планетанын кыймыл сферасына кирүү ылдамдыктары ($V_{\text{кир}}$), планетанын орбиталдык ылдамдыгынын багыты менен дээрлик бир түз сызыкка жатат деп кароо мүмкүн. Анда планетоцентрдик кирүү ылдамдыгы $v_{\text{кир}}$, гелиоцентрдик кирүү ылдамдыгы $V_{\text{кир}}$ жана мерчемделген планетанын орбиталдык ылдамдыгы $V_{\text{пл}}$ нын арасында төмөнкүчө байланыш болушун түшүнүү кыйын эмес. Мында сырткы планеталар үчүн

$$v_{\text{кир}} = V_{\text{пл}} - V_{\text{кир}}, \quad (1)$$

ички планеталар үчүн болсо (мында $v_{\text{кир}}$, $V_{\text{кир}}$ жана $V_{\text{пл}}$ лар өз ара параллель)

$$v_{\text{кир}} = V_{\text{кир}} - V_{\text{пл}} \quad (2)$$

болот. Жалпы абалда бул чоңдуктар үчүн төмөнкү:

$$\vec{v}_{\text{кир}} = \vec{V}_{\text{кир}} - \vec{V}_{\text{пл}} \quad (3) \text{ вектордук байланыш орундуу болот.}$$

Планетоцентрдик кирүү ылдамдыгы $v_{\text{кир}}$ бул планета үчүн параболалык ылдамдыктан чоң болуп, ал планета жакка түшүп жатып, жолунда аны кезиктирбесе, белгилүү бир убакыттан соң анын бул сферасынан кыймыл сферасына кирүү ылдамдыгы чоңдугуна тең ылдамдыкта чыгып кетет. КАнын планетанын кыймыл чек арасына кирүү ылдамдыгынын векторунун уландысы жана планетанын борборунан бул векторго параллель жүргүзүлгөн түз сызыктын арасындагы аралык космонавтикада $d_{\text{бута}}$ *буталык аралык* деп аталып, анын чоңдугу төмөнкү формуладан табыла турган $r_{\text{эф}}$ – эффективдүү радиустан чоң же кичинелигине карай, КАнын кыймыл сферасынын ичинде планетага карата траекториясынын салыштырма аралыгы төмөнкү формуладан аныкталат:

$$r_{\text{эф}}^2 = R_{\text{пл}} \left(\frac{2K_{\text{пл}}}{v_{\text{кир}}^2} + R_{\text{пл}} \right) \quad (4)$$

табыла турган эффективдүү радиустан кичине болсо, КА сөзсүз барып планетанын сыртына урунат. Эгерде $r_{\text{эф}}$ тен чоң болсо, анын ылдамдыгын тормоздоо жолу менен КА планетанын сыртына жакындап өтүп жаткан жерге чейин тормоздоп барып, бул жайдын планетанын бетинен h бийиктигине туура келе турган жана бул туюнтмадан

$$v = K_{\text{пл}} / R_{\text{пл}} + h \quad (5)$$

табылуучу ылдамдыкка чейин азайтылса, КА мерчемделген бул планетанын жасалма жолдошуна айланат жана зарыл болгондо планета бетине кондурулат.

Суроо жана тапшырмалар:

1. Жерден сырткы планетага учуп жаткан КАнын кыймыл сферасында алган чыгуу ылдамдыгы Жерден көтөрүлүп жаткандагы башталгыч ылдамдыгына салыштырмалуу кандай табылат?
2. Жердин кыймыл сферасынан чыгып жаткан КАнын гелиоцентрдик жана КАнын мерчемделген планетанын кыймыл сферасына гелиоцентрдик кирүү ылдамдыктарынын чоңдуктары кандай табылат?
3. Жерден планеталарга карай учуп жаткан КАнын башталгыч ылдамдыгы анын Жерге салыштырмалуу экинчи космостук ылдамдыгынан чоң болобу же кичинеби?

Астрономиялык туруктуулуктар

Жердин экваториалдык радиусу	6378,16 км
Жердин уюлдук радиусу	6356,78 км
Жердин көлөмүнө тең шардын радиусу	6371,03 км
Жылдыз суткасынын узундугу	$23^{\text{h}}56^{\text{m}}4^{\text{s}},091$ орточо Күн убактысы
Орточо күн суткасынын узундугу	$24^{\text{h}}03^{\text{m}}56^{\text{s}},555$ жылдыз убактысы
Жылдын узундугу (орточо убакыт менен):	Тропикалык жыл $365^{\text{d}},2422 = 365^{\text{d}}5^{\text{h}}48^{\text{m}}46^{\text{s}}$
	Жылдыз жылы $365^{\text{d}},2564 = 365^{\text{d}}6^{\text{h}}9^{\text{m}}10^{\text{s}}$
Айдын узундугу (орточо убакыт менен):	Синодикалык ай $29^{\text{d}},5306 = 29^{\text{d}}12^{\text{h}}44^{\text{m}}3^{\text{s}}$
	Жылдыз айы $27^{\text{d}},3217 = 27^{\text{d}}7^{\text{h}}43^{\text{m}}12^{\text{s}}$
	Ажыдаар айы $7^{\text{d}},2122 = 27^{\text{d}}5^{\text{h}}5^{\text{m}}36^{\text{s}}$

Күн жөнүндө маалыматтар

Күн параллаксы	$8,794''$
Жерден Күнгө чейинки болгон орточо аралык	149 600 000 км
Диаметри	$D_{\odot} = 109,12 D_{\oplus} = 1391016$ км
Аянты	$S_{\odot} = 11930 S_{\oplus} = 608,7 \cdot 10^{10}$ км ²
Көлөмү	$V_{\odot} = 1303800 V_{\oplus} = 1,412 \cdot 10^{33}$ см ³ = $1,4 \cdot 10^{18}$ км ³
Массасы	$M_{\odot} = 332958 M_{\oplus} = 1,99 \cdot 10^{30}$ кг
Орточо тыгыздыгы	$\rho_{\odot} = 0,255$ $\rho_{\oplus} = 1,410$ г/см ³
Күндүн бетинде эркин түшүүнүн ылдамдануусу	$G_{\odot} = 2,738 \cdot 10^4$ см/с ²
Күндүн бетинде параболалык (критикалык) ылдамдык	$v_{\text{пар}} = 617,7$ км/с
Күн экваторундагы чекиттин синодикалык айлануу ылдамдыгы	$T_{\text{син}} = 27^{\text{d}},275$
Күн экваторунун эклиптикага жантаюусу	$7^{\circ} 15' 00''$
Күн туруктуулугунун орточо мааниси	$W = 1,388 \cdot 10^6$ эрг/с см ²
Убакыт бирдиги ичинде бөлүнүп чыга турган жалпы нурлануу энергиясы	$3,88 \cdot 10^{33}$ эрг/с
Күн кыймылынын апекси	$\alpha = 18^{\text{h}}00^{\text{m}}, \delta = +30^{\circ}$

Галактика борборунун айланасындагы Күндүн ылдамдыгы	240 км/с
Галактика борборунун айланасындагы Күндүн айлануу мезгили	$T=200$ млн. жыл
Күндүн эң чоң көрүнмө бурчтук диаметри	$32'35'',78$
Күндүн эң кичине көрүнмө бурчтук диаметри	$31'31'',34$

Жер жөнүндө маалыматтар

Массасы	$6 \cdot 10^{24}$ кг
Экваториалдык радиусу	6378,160 км
Жердин айлануусунун бурчтук ылдамдыгы	$15'',041 \text{ c}^{-1}$
Экватордогу чекиттин сызыктуу ылдамдыгы	465,119 м/с
ϕ географиялык кеңдикке ээ болгон Жер бетиндеги чекиттин сызыктуу ылдамдыгы	$465,119 \cos \phi$ м/с
Орбитадагы эң чоң ылдамдыгы (перигелийде)	30,27 км/с
Орбитадагы минималдуу ылдамдыгы (афелийде)	29,27 км/с
Күнгө карай Жердин ылдамдануусу	$0,59 \text{ см/с}^2$
Жерде эркин түшүүнүн ылдамдануусу	$980,665 \text{ см/с}^2$
Жер огунун эклиптика огу айланасында айлануу (прецессия кубулушу себептүү) мезгили	25725 жыл
Түндүк геомагниттик уюлдун координаталары	$\phi = 78^\circ,6; \lambda = 70^\circ,1$
Геомагниттик уюлдарда чыңалыштын чоңдугу	0,63E

Ай жөнүндө маалыматтар

Айдын орточо суткалык горизонталдык параллаксы	$57'2'',61$
Жерден орточо узактыгы	384467 км
Көрүнмө эң чоң бурчтук диаметри	$33'32''$
Көрүнмө эң кичине бурчтук диаметри	$29'20''$
Диаметри	$3476 \text{ км} = 0,27234 d_{\oplus}$
Көлөмү	$2195,3 \cdot 10^7 \text{ км}^3 = 0,020266 V_{\oplus}$
Аянты	$3,791 \cdot 10^7 \text{ км}^2 = 0,0743 S_{\oplus}$
Массасы	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг} = 0,012300 m_{\oplus}$
Орточо тыгыздыгы	$3,350 \text{ г/см}^3 = 0,607 \rho_{\oplus}$

Айдын бетинде эркин түшүүнүн ылдамдануусу	1,623 м/с ²
Критикалык ылдамдык (2-космостук ылдамдык)	2,38 км/с
Ай орбитасы тегиздигинин эклиптикага жантаюусу (жантаюу бурчу 6°31' тан 6°51' ка чейин өзгөрөт)	6°40',7
Жерден караганда Айдын аянтынын көрүнбөй турган бөлүгү	0,410
Орточо көрүнмө бурчтук ылдамдыгы	12°,15
Орбита бойлоп орточо ылдамдыгы	1,023 км/с
Жердин таасиринде алган ылдамдануусу	0,272 см/с ²
Айдын айлануу мезгилине тең сидерикалык мезгили	27,32 сутка
Синодикалык мезгили (Күнгө салыштырмалуу толук айлануу мезгили)	29,53 сутка
Айда түш маалындагы температура	+120 °C
Айда жарым түндөгү температура	-150 °C

Планеталарга таандык маалыматтар

Планеталар	Экваториалдык радиусу (км)	Күндөн орточо узактыгы (млн. км)	Массасы		Өз огу айланасында айлануу мезгили	Планетанын бетиндеги критикалык ылдамдык (км/с)	Күндү айлануу мезгили	Орбиталдык ылдамдыгы (км/с)
			$m_{\oplus}$	10 ²⁴ кг				
Меркурий	2439	57,91	0,055	0,330	58d,65	4,3	87 ^d ,97	48,0
Венера	6052	108,81	0,816	4,872	243d,16	10,4	224 ^d ,7	35,0
Жер	6378	149,60	1,000	6	23 ^h 56 ^m 04 ^s	11,2	365 ^d ,26	30,0
Марс	3396	227,94	0,107	0,639	24 ^h 37 ^m 23 ^s	5,0	686 ^d ,98	24,1
Юпитер	71492	778,5	317,84	1900	9 ^h 50 ^m	59,5	4332 ^d ,59	13,1
Сатурн	60268	1427	95,17	568	10 ^h 14 ^m	36,2	107759 ^d ,21	9,6
Уран	25559	2875,03	14,59	87	-17 ^h 42 ^m	21,3	30685 ^d	6,8
Нептун	24764	4554,4	17,25	103	15 ^h 57 ^m	23,5	60188 ^d	5,5

МАЗМУНУ

Киришүү	3
1-ТЕМА. 1-§. Астрономия эмнени үйрөтөт? Анын өнүгүү тарыхы жана башка илимдер менен байланышы	3

I БӨЛҮК

I БӨЛҮМ. ПРАКТИКАЛЫК АСТРОНОМИЯНЫН НЕГИЗДЕРИ

2-ТЕМА. 2-§. Жарыткычтардын суткалык көрүнмө кыймылдары. Жылдыз түркүмдөрү	6
3-§. Жердин өз огу айланасында айлануусуна далилдер *. Фуко маятниги.	7
4-§. Асман сферасы, анын негизги чекит, айлана жана сызыктары	8
5-§. Күндүн жылдык көрүнмө кыймылы. Эклиптика	10
3-ТЕМА. 6-§. Асман координаталары	11
7-§. Жылдыздардын карталары	13
8-§. Жылдыздардын көрүнмө жылдыз чоңдуктары *	14
4-ТЕМА. 9-§. Аалам уюлунун бийиктиги менен жайдын географиялык кеңдигинин арасындагы байланыш	15
10-§. Түрдүү географиялык кеңдиктерде асман сферасынын суткалык көрүнмө айлануулары	16
11-§. Жарыткычтардын кульминациясы жана кульминация бийиктиктери	19
12-§. Астрономиялык байкоолордун негизинде жайдын географиялык кеңдигин болжолдуу аныктоо **	20
5-ТЕМА. 13-§. Убакытты ченөөнүн негиздери *	21
14-§. Календарлар	23
6-ТЕМА. 15-§. Айдын кыймылы, фазалары жана мезгилдери	25
16-§. Мусулмандардын ай жана күн хижрий календарлары *	27
17-§. Күн жана Айдын тутулуулары	29

II БӨЛҮМ. КҮН СИСТЕМАСЫНЫН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА АСМАН ТЕЛОЛОРУНУН КЫЙМЫЛЫ

7-ТЕМА. 18-§. Күн системасынын түзүлүшү	31
19-§. Күн системасынын масштабы жана мүчөлөрү	34
20-§. Планеталардын конфигурациялары жана көрүнүү шарттары *	35
21-§. Планеталардын Күндү айлануу мезгилдери *	37
8-ТЕМА. 22-§. Суткалык жана суткалык-горизонталдык параллакс. Күн системасынын телолоруна чейинки аралыктарды аныктоо	38
23-§. Күн системасы телолорунун радиустарын аныктоо **	39

9-ТЕМА. 24-§. Астрономияда узундук чен бирдиктери	41
25-§. Кеплер мыйзамдары	41
26-§. Асман телолорунун массаларын эсептөө *	43
10-ТЕМА. 27-§. Эки тело маселеси. Космостук ылдамдыктар	45

III БӨЛҮМ. АСТРОФИЗИКА ЖАНА АНЫН ИЗИЛДӨӨ УСУЛДАРЫ

11-ТЕМА. 28-§. Асманды электромагниттик толкундуу нурлар менен үйрөнүү – кеңири толкундуу астрономиянын негизи.....	47
29-§. Оптикалык телескоптор	48
30-§. Телескоптордун негизги характеристикалык чоңдуктары **	51
31-§. Радиотелескоптор жөнүндө түшүнүк.....	53
32-§. Улукбек обсерваториясынын «башкы телескобу»	55
12-ТЕМА. 33-§. Нурлануу мыйзамдары жана асман телолорунун физикалык мүнөзүн спектрдик методдордун жардамында үйрөнүү	56

IV БӨЛҮМ. КҮН СИСТЕМАСЫ ТЕЛОЛОРУНУН ФИЗИКАЛЫК ТАБИЯТЫ

13-ТЕМА. 34-§. Күн – эң жакын жылдыз. Күн жөнүндө жалпы маалымат	59
35-§. Күндүн фотосферасы жана анын курамы. Күн тактары	61
14-ТЕМА. 36-§. Күндүн хромосферасы жана таажысы	64
37-§. Күн энергиясынын булагы *	66
38-§. Күндүн активдүүлүгү жана анын Жерге таасири *	68
15-ТЕМА. 39-§. Жер тибиндеги планеталар. Меркурий жана Венера	71
40-§. Жер жана анын табигый жолдошу Ай. Марс	73
16-ТЕМА. 41-§. Гигант планеталар, алардын жолдоштору жана алкактары	81
17-ТЕМА. 42-§. Астероиддер жана майда планеталар	89
18-ТЕМА. 43-§. Кометалар («куйруктуу жылдыздар»)	92
44-§. Метеорлор («учар жылдыздар») жана метеориттер	95
19-ТЕМА. 45-§. Күн системасынын келип чыгышы жөнүндөгү заманбап көз караштар	99

V БӨЛҮМ. ЖЫЛДЫЗДАР

20-ТЕМА. 46-§. Жылдык параллакс, жылдыздардын аралыктарын аныктоо	102
47-§. Жылдыздардын өлчөмдөрүн жана физикалык параметрлерин аныктоо *	103
48-§. Жылдыздардын түсү жана температурасы	105
21-ТЕМА. 49-§. Жылдыздын абсолюттук чоңдугу жана анын жарыктанышы менен байланыштуулугу *	106
50-§. Жылдыздардын спектри жана спектрдик класстары.....	108
51-§. Спектрдик-жарыктануу диаграммасы.....	109
22-ТЕМА. 52-§. Физикалык кош жылдыздар жана алардын түрлөрү	111

53-§. Жылдыздардын массаларын эсептөө **	113
23-ТЕМА. 54-§. Физикалык өзгөрмөлүү жылдыздар: Цефеиддер, жаңы жана өтө жаңы жылдыздар	115
24-ТЕМА. 55-§. Жылдыздардын эволюциясы. Нейтрондук жылдыздар жана «кара тешиктер» *	118

VI БӨЛҮМ. КОСМОСТУН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ЭВОЛЮЦИЯСЫ

25-ТЕМА. 56-§. Галактикабыздын түзүлүшү, курамы жана айлануусу	121
57-§. Жылдыздардын шар сымал жана чачкын чогулмалары **	122
26-ТЕМА. 58-§. Диффузиялык жана чаң тумандуулуктар	124
27-ТЕМА. 59-§. Сырткы галактикалар. Галактикалардын класстары жана спектрлери	126
60-§. Радиогалактикалар жана квазарлар *	129
28-ТЕМА. 61-§. Космостун кеңейүүсү. Хаббл мыйзамы *	130
29-ТЕМА. 62-§. Галактикалардын космосто бөлүштүрүлүшү **	132

II БӨЛҮК. КОСМОНАВТИКАНЫН ЭЛЕМЕНТТЕРИ **

30-ТЕМА. 63-§. Космонавтика предмети жана анын башка илимдер менен байланышы	134
31-ТЕМА. 64-§. Ракета кыймылынын мыйзамдары. Ракетанын тартуу күчү	138
32-ТЕМА. 65-§. Ракетанын структурасы жана конструктивдик характеристикасы	141
66-§. Учуу маалында космостук аппаратка аракет этүүчү күчтөр	142
33-ТЕМА. 67-§. Тартылуунун борбордук талаасында аракеттенип жаткан телонун орбиталары	144
34-ТЕМА. 68-§. Кыймыл сферасы жана космостук аппараттын траекторияларын болжолдуу эсептөө	148
35-ТЕМА. 69-§. Жердин жасалма жолдошторунун орбита элементтери	151
70-§. Жер атмосферасында жолдоштун орбитасынын эволюциясы	152
36-ТЕМА. 71-§. Орбиталдык манёврлор. Жасалма жолдоштун орбита тегиздигин өзгөртүү	154
72-§. Жасалма жолдошту орбитадан түшүрүү	156
37-ТЕМА. 73-§. Космостук аппараттарды Айга учуруу	158
38-ТЕМА. 74-§. Планеталарга учуу траекториялары. Жердин кыймыл сферасынын ичиндеги кыймыл	160
39-ТЕМА. 75-§. Гомон орбиталары бойлоп учуулар	163
40-ТЕМА. 76-§. Космостук аппараттын мерчемделген планетанын кыймыл сферасындагы кыймылы	167
Тиркемелер	169

O'quv nashri

Mamadazimov Mamadmusa

ASTRONOMIYA

O'rta ta'lim muassasalarining 11-sinf o'quvchilari uchun darslik

1-nashri

(qirg'iz tilida)

«DAVR NASHRIYOTI» MCHJ

100011, Toshkent shahri, A. Navoiy ko'chasi, 30-uy

Которгон	<i>К. Токтобаев</i>
Редактор	<i>А. Зултихорова</i>
Сүрөтчү-дизайнер	<i>Е. Беляцкая</i>
Корректор	<i>А. Зултихорова</i>
Компьютерде беттеген	<i>Е. Беляцкая</i>
Текстти терген	<i>С. Ниязова</i>

Лицензия номери АИ № 308

Басууга уруксат берилди 23.07.2018. Форматы 70×90¹/₁₆.
Офсеттик басма усулу. «Times New Roman» гарнитурасы.

Шарттуу б.т. 12,87. Эсептик б.т. 13,2.
786 нускада басылды. Буюртма № 18-274

Өзбекстан Басма сөз жана маалымат агенттигинин
«O'zbekiston» басма-полгирафиялык чыгармачылык үйүнүн басмаканасында басылды.
100011, Ташкент, А. Наваий көчөсү, 30.

Ижарага берилген окуу китебинин абалын көрсөтүүчү жадыбал

№	Окуучунун аты-жөнү	Окуу жылы	Окуу китебинин алынгандагы абалы	Класс жетекчисинин колу	Окуу китебинин тапшырылгандагы абалы	Класс жетекчисинин колу
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Окуу китеби ижарага берилип, окуу жылынын аягында кайтарып алынганда жогорудагы жадыбал класс жетекчиси тарабынан төмөнкү баалоо критерийлеринин негизинде толтурулат:

Жаңы	Окуу китебинин биринчи жолу пайдаланууга берилгендеги абалы.
Жакшы	Мукабасы бүтүн, окуу китебинин негизги бөлүгүнөн ажырабаган. Бардык барактары бар, жыртылбаган, көчпөгөн, беттеринде жазуу жана сызыктар жок.
Канааттандырарлык	Мукабасы эзилген, бир аз сызылып, четтери жыртылган, окуу китебинин негизги бөлүгүнөн ажыраган абалы бар, пайдалануучу тарабынан канааттандырарлуу оңдолгон. Ажыраган барактары кайра калыбына келтирилген, айрым беттерине сызылган.
Канааттандырарлык эмес	Мукабага чийилген, жыртылган, негизги бөлүгүнөн ажыраган же таптакыр жок, талап даражасында оңдолбогон. Беттери жыртылган, барактары жетишпейт, сызып, боёп ташталган. Окуу китебин калыбына келтирүүгө болбойт.