Ө. ШАРШЕКЕЕВ

АСТРОНОМИЯ

11

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН МАМЛЕКЕТТИК ГЕРБИ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН МАМЛЕКЕТТИК ТУУСУ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН МАМЛЕКЕТТИК ГИМНИ

Тексттин авторлору:
Ж. Садыков менен Ш. Кулуев.

Музыкасынын авторлору:
Н. Давлесов, К. Молдобасанов.

Ак мөңгүлүү аска-тоолор, талаалар,
Элибиздин жаны менен барабар.
Сансыз кылым Ала-Тоосун мекендеп,
Сактап келди биздин ата-бабалар.

Кайырма: Алгалай бер, кыргыз эл,
Азаттыктын жолунда.
Өркүндөй бер, өсө бер,
Өз тагдырың колуңда.

Байыртадан бүткөн мүнөз элиме,
Досторуна даяр дилин берүүгө.
Бул ынтымак эл бирдигин ширетип,
Бейкуттукту берет кыргыз жерине.

Кайырма.

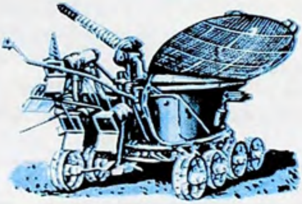
Аткарылып элдин үмүт-тилеги,
Желбиреди эркиндиктин желеги.
Бизге жеткен ата салтын, мурасын,
Ыйык сактап урпактарга берели.

Кайырма.

22.6 (кыр) Бек
Ш 26

Ө. ШАРШЕКЕЕВ

АСТРОНОМИЯ
11



Орто мектептин 11-классы үчүн
окуу китеби

*Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана
илим министрлиги бекиткен*

1424
ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ
КИТЕПКАНА
ИНВ № 977703

БИШКЕК – 2012

УДК 373.167.1
ББК 22.6 я721
Ш – 26

Шаршекеев Ө.

Ш – 26 **Астрономия:** 11-кл. Б.: «Кыргыз энциклопедиясы» башкы редакциясы, 2012. – 208 б.

ISBN 978-9967-14-101-8

Бул китепте астрономиялык байкоолор, теориялык астрономияда колдонулуучу негизги түшүнүктөр жана закондор каралган. Ошондой эле астрономияда окулуучу маселелер кеңири көлөмдө камтылган. Практика жүзүндө белгилүү болгон бардык асман объектилери: Күн, Ай, планета, жылдыз жана галактикалар жөнүндөгү маалыматтар кенен берилди. Жакында эле астрономия илимине кирген нейтрондук жылдыздар, кара туюктар (черные дыры), ысык Аалам жөнүндөгү илимий божомолдоолор, Ааламдын космологиялык моделдери сыяктуу маселелер да тиешелүү деңгээлде камтылды.

Ш $\frac{4306021300}{\text{М 454 (11)}}$ –12

УДК 373.167.1
ББК 22.6 я721

ISBN 978-9967-14-101-8

© Шаршекеев Ө., 2012.
© «Кыргыз энциклопедиясы» башкы редакциясы, 2012.
© Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлиги, 2012.

БАШ СӨЗ

Жалпы билим берүүчү орто мектептердин XI класстары үчүн чыгарылган Астрономия окуу китеби Республикабыздын билим берүү жана илим министрлиги тарабынан бекитилген программанын негизинде жазылды. Программада астрономиялык материалдар: Ааламдын түзүлүшү жана эволюциясы, Күн жана жылдыздар, Күн системасы, Күн системасындагы телолордун физикалык жаратылышы, астрономиянын практикалык негизи жана астрономиялык байкоолор сыяктуу алты бөлүккө бөлүнүп берилген. Ар бир бөлүмдөгү материалдар тиешелүү мазмундарына ылайыкташтырылып, параграфтарга бөлүштүрүлүп жазылды. Программага киргизилген күндөрдүн, айлардын жана жылдардын кыргызча аталыштары да кыскача түрдө жазылып, биринчи главанын аягына берилди. Ар бир параграфтын аягына ошол параграфта каралган материалдардын негизги мазмунун ачууга тиешелүү болгон суроолор коюлду.

Теориялык материалдардын аягында китепте камтылган астрономиялык кубулуштарды практикалык колдонууга ылайыкталган маселелер чыгарылышы менен берилди. Ошондой эле бир катар көнүгүүлөр да сунушталды.

Тиркемеде Жер, Ай, Күн жөнүндөгү маалыматтар, өзгөчө жарык жылдыздар жана алардын аталыштары сунушталды. Астрономиянын өнүгүшү жөнүндөгү кыскача хронология, космос мейкиндигин өздөштүрүүдөгү маанилүү даталар да ирети менен берилди.

АСТРОНОМИЯГА КОЛДОНУЛГАН НЕГИЗГИ КЫСКАРТУУЛАР

а. б. – астрономиялык бирдик
б. а. – башкача айтканда
б. э. ч. – биздин эрага чейинки
га – гектар
ЖЖЖ – Жердин жасалма жандоочусу
ж. б. – жана башка
ж. д. у. с. – жана дагы ушу сыяктуу
ж. жылы – жарык жылы
ж. – жыл, жылдары
км – километр
МэВ – мегаэлектронвольт
млн – миллион
млрд – миллиард
мм – миллиметр
Мпк – мегапарсек
Па – паскаль
пк – парсек
с – секунда
см – сантиметр
т – тонна
ЭЭМ – электрондук эсептегич машина
эВ – электронвольт

КИРИШ СӨЗ

Астрономия предмети. Астрономия – асман телолорун, алардын түзүлүшүн, кыймыл закондорун жана эволюциясын окуп үйрөтүүчү илим (аталышы «астрон» – жылдыз жана «номос» – закон деген грек сөздөрүнөн алынган). Астрономия – эң байыркы илим, ал адам баласынын турмуш-тиричиликтин (практикалык) зарылдыктарынын (убакытты эсептөө, өзүнүн турган ордун аныктоо, жылдыздарга карап жыл мезгилдерине байланыштуу ар кандай кубулуштарды алдын ала айтуу) негизинде миңдеген жылдар мурда пайда болгон. Астрономия жөнүндөгү алгачкы элементардык маалыматтар Вавилондо, Египетте, Кытайда пайда болуп, бул өлкөлөрдө жашаган элдер убакытты эсептөө жана горизонттун туш тарабына ориентация жасоо үчүн колдонушкан. Астрономия илиминин кандайдыр бир деңгээлде көтөрүлгөнүн орто кылымда арабдар, орто Азия жана Кавказ элдеринен байкаса болот.

Күн жана анын айланасында кыймылда болуучу асман телолору Күн системасын түзүшөт. Жер – Күн системасынын бир планетасы. Планета жарык нурун чыгарбайт, Күндөн чыккан жарык нурун гана чагылдырат. Өлчөмү планетадан бир нече эсе чоң болгон жылдыз да күчтүү телескоп менен караганда чекит сыяктуу болуп көрүнөт. Анткени жылдыздар бизден эң эле алыс аралыкта жайланышкан. Жылдыз планетадан айырмаланып, өзү жарык нурун жана жылуулукту бөлүп чыгарат. Күн системасында болгону бир эле жылдыз – Күн бар. Түнкүсүн куралданбаган көз менен 3000 ге чейинки жылдыздарды көрүүгө болот. Бул болсо эбегейсиз жылдыздар системасын түзүүчү миллиарддаган көп сандагы жылдыздардын эң кичине бөлүгү болуп эсептелет.

Асман телолору жана алардын системалары үзгүлтүксүз кыймылда жана өзгөрүүдө болушат. Алар өздөрүнчө миллиард жылдарды камтыган тарыхка ээ.

Астрономияны окуп үйрөнүүдө кандай маалымат чындыкка туура келээрине, ал эми кайсынысы – убакыттын өтүшү

менен өзгөрүп кетүүчү илимий божомолдоо экендигине көңүл буруу керек. Астрономияны окуп үйрөнүү дүйнөнүн физикалык сүрөттөлүшүн, материя жөнүндөгү түшүнүгүбүздү кеңейтет.

Астрономиянын башка илимдер менен байланышы. Астрономия – жаратылыш жөнүндөгү негиздүү (фундаменталдуу) илимдердин бири. Ал өзүнө гана тиешелүү изилдөө предметине, ага мүнөздүү болгон куралдарга (телескоп ж. б.) жана изилдөө ыкмаларына ээ.

Илгертен эле адамдар алыска саякатчылык кылууда түн-күсүн жылдыздарга, ал эми күндүзү Күнгө карата багыттарын тууралап жүрүшкөн. Андан бери кылымдар өтсө да астрономия адамдар үчүн кызмат кылып келүүдө. Азыркы кезде деле астрономиялык байкоолор убакытты өлчөө, так географиялык карталарды түзүү, ар кандай геодезиялык иштерди аткаруу сыяктуу маанилүү практикалык маселелерди чечүүгө колдонулууда. Практикалык астрономиянын – деңизде сүзүү жана авиациялык бөлүмдөрү деңиз жана аба кораблдеринин штурмандарына өтө зарыл.

Астрономия илими физика – математика, космонавтика – геофизика, химия – биология жана философия илимдери менен тыкыз байланышта. Астрономиянын өнүгүшүнө телескоптун ойлонуп табылышы, спектралдык анализдин ачылышы, изилдөөнүн радиофизикалык ыкмаларынын пайда болушу, электрондук эсептегич машиналардын (ЭЭМ) жаралышы, Жердин жасалма жандоочуларынын (ЖЖЖ) жана планеталар аралык автоматтык станциялардын учурулушу эбегейсиз зор таасирин тийгизди. Өзгөчө атом физикасынын өнүгүшү менен астрономияда болуп көрбөгөндөй жетишкендиктер болду. 1920-жылдардан баштап жылдыздар жөнүндөгү илимий түшүнүктөр түп тамырынан өзгөрдү. Кийинчерээк жылдыздарды изилдөө ишине электрондук эсептөө машиналары колдонула баштады. Физикадагы улам жаңы жетишкендиктер жылдыздар жөнүндогү түшүнүктөрдү улам барган сайын кенейтип, анын түзүлүшү жана негизги мүнөздөмөлөрү тууралуу кеңири теорияны түзүүгө мүмкүндүк берди.

Астрономиянын негизги бөлүгүнүн бири болуп а с т р о ф и з и к а эсептелет. Ал өткөн кылымда эле пайда болгон. Бирок азыркы илимий техникалык өнүгүү мезгилинде өзгөчө

дүркүрөп өсүүдө. Асман телолорунун физикалык жаратылышы, химиялык курамы жана аларда болуучу түрдүү процесстер астрофизика аркылуу изилденет. Айрым учурда астрофизикалык изилдөөнүн жыйынтыгы физикалык проблеманы да чечүүгө алып келет. Эбегейсиз чоң өлчөмдөгү Ааламдагы астрофизикалык изилдөөлөр бир катар физикалык теориялардын тууралыгын текшерүүгө мүмкүндүк берди. Буга мисал катары салыштырмалуулуктун жалпы теориясынын эксперименталдык далилдерин алсак жетиштүү болот (мисалы, кызыл жылышуу, Күндүн гравитациялык талаасында жарык нурунун багытынын өзгөрүүсү, планетанын кыймыл орбитасынын перигейлигинин жылышуусу).

Ааламдын түзүлүшү жөнүндө жалпы маалымат. Аалам – бул убакыт жана мейкиндик боюнча чектелбеген, жаратылыштагы бүткүл материалдык телолорду өз ичине камтыган, учу-кыйырсыз дүйнө. Ал жөнүндө алгачкы түшүнүктөр кандай болгон? Мына ушул суроого кыскача токтолуп кетели.

Биздин эрага чейинки 340-жылы байыркы грек философу Аристотель (б. э. ч. 384–422-ж.) өзүнүн «Асман жөнүндө» («О небе») аттуу китебинде Жер кыймылсыз абалда, ал эми Күн, Ай, планеталар жана жылдыздар аны тегерек орбита боюнча айланууда болушат деген жыйынтыкка келген. Ал Жерди Ааламдын борбору катары эсептеген.

Байыркы грек окумуштуусу Клавдий Птоломей (биздин эранын II кылымында жашаган) Аристотелдин идеясын андан ары улантып математикалык негиздөөлөргө ээ болгон биринчи космологиялык моделди түзгөн. Бул модель Птоломейдин *геоборбордук системасы* деп аталган. Птоломейдин системасы боюнча да Ааламдын борборунда Жер болгон. Анын айланасында Ай, Күн жана ошол кезде белгилүү болгон беш планета (Меркурий, Чолпон, Марс, Юпитер жана Сатурн) айланып турат деген. Ошондой эле эң акыркы (сырткы) сферада бири-бирине карата кыймылсыз абалда жайланышкан жылдыздар асман боюнча чогуу бир бүтүн катары кыймылда болуусу айтылган. Ошол акыркы сферадан ары эмне жайланышканы жөнүндө эч нерсе айтылган эмес. Птоломей тарабынан 1028 жылдыздын каталогу түзүлгөн, Ай менен Күндүн тутулууларын эсептөө ыкмасын сунуштаган.

Аалам жөнүндөгү Птоломейдин системасы планеталардын көзгө көрүнүүчү кыймылдарын түшүндүрүп, алардын абалдарын эсептөөгө мүмкүндүк берсе да айрым бир кемчиликтерге ээ болгон. Ошого карабай Птоломейдин системасы илимде 1,5 миң жыл жашап келген.

1514-жылы польшалык көрүнүктүү астроном Николай Коперник (1473–1543) буга чейин колдонулуп келген Птоломейдин Аалам жөнүндөгү геоцентрикалык системасын жокко чыгарып, өзүнүн андан жөнөкөй болгон гелиоборбордук системасын сунуш кылган. Ал система боюнча Күн Ааламдын кыймылсыз борбору болуп, ал эми Жер жана башка планеталар Күндүн айланасында тегерек орбиталар боюнча айлануу кыймылында болот. Ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү бул жаңы система асман телолорунун Күндүн айланасындагы кыймылдарын жана байкоочу орун алган Жердин айлануусун эсепке алуу менен планеталардын кыймылдарына толук илимий талдоо (анализ) жүргүзүүгө мүмкүндүк берген.

Немец илимпозу И. Кеплер (1571–1630) Н. Коперниктин Аалам жөнүндөгү илимий сунуштарынын колдоочуларынан болгон. Ал өзүнүн изилдөөлөрү менен Коперниктин теориясын андан ары өркүндөтүп, планеталар тегерек айлана боюнча эмес, эллипс түрүндө кыймылда болот деген туура жыйынтыкка келген. Мындай теория түрүндө алынган маалымат 1609-жылы италиялык физик Г. Галилей (1564–1642) тарабынан жасалган телескоп аркылуу байкоо менен далилденген.

Аалам жөнүндөгү түшүнүктүн мындан аркы илимий кеңейтилиши англиялык улуу окумуштуу И. Ньютонго таандык. Ньютон бүткүл дүйнөлүк тартылуу законун ачып, анын негизинде асман телолорунун планеталар, алардын жасалма жандоочулары (спутниктери) кыймылдарын түшүндүргөн. Бул закондун ачылышы Күн системасын кинематикалык кароодон кубулуштардын динамикалык түшүндүрүлүшүнө өтүүгө мүмкүндүк берип, Коперниктин Аалам жөнүндөгү окуусунун биротоло жеңишине алып келген. Бүткүл дүйнөлүк тартылуу закону боюнча Ааламдагы телолор бири-бирине тартылышат. Тартылуучу телолордун массалары канча чоң болсо, ошондой эле алардын ортолорундагы аралык канчалык кичине болсо, ошончолук чоң күч менен тартылышат.

Ньютон өзүнүн тартылуу закону $\left(F = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}\right)$ боюнча асмандагы жылдыздардын кыймылдуу абалда болорун жакшы

түшүнгөн. Эгерде жылдыздар бири-бирине тартылышса, анда бир-бирине жакын аралыкка келишип, бир чекитке чогулуп калышпайт беле? деген да суроо пайда болгон. Ньютон бул суроону төмөндөгүдөй түшүндүргөн. Эгер чектүү мейкиндикте чектүү гана сандагы жылдыздар болсо, анда алар тартылуу күчүнүн негизинде бир чекитке чогулуп калган болор эле. Ааламда жылдыздар чексиз санда, алар учу-кыйры жок мейкиндикке болжолдуу түрдө бирдей тыгыздыкта жайгашкан, алар чогулуп кала турган борбордук чекит жок. Ааламдын чеги жок болгондуктан, анын каалаган чекитин шарттуу түрдө борбор деп кабыл алууга боло берет. Анткени ошол чекиттин бардык багыттары боюнча чексиз сандагы жылдыздар жатат.

XX кылымдын башталышына дейре Аалам кеңейүүдө болобу? Же кысылабы? Ал жөнүндө эч кимдин түшүнүгү болгон эмес. Илимпоздор Аалам убакыттын өтүшү менен өзгөрбөйт, качандыр бир кезде ушул абалында жаралып калган деген ойдо болушкан. Ааламдын түзүлүшүн жана эволюциясын түшүндүрүүдөгү негизги илимий булак болгон салыштырмалуулуктун жалпы теориясын ачкан немец физик-теоретик Альберт Эйнштейн (1879–1955) да Аалам стационардуу (убакыт боюнча өзгөрбөгөн) абалда болот деген түшүнүктө болгон. Америкалык астроном Эдвин Хаббл (1889–1953) гана 1929-жылы Ааламга телескоп аркылуу байкоо жүргүзүү менен чоң илимий ачылыш жасаган. Хаббдын ачылышы боюнча асмандын кайсыл гана багытына байкоо жүргүзүлбөсүн галактикалар бизден алыстоодо болорлугу, б. а. Аалам кеңейүүдө экендиги далилденген. Бул мурдагы убакытта бардык асман телолору азыркыга караганда бири-бирине жакын аралыкта болгон дегенди билдирет. Демек, мындан бир нече миллиард жыл мурда (1998-жылкы маалымат боюнча 13 миллиард жыл мурда) асман телолору бириккен абалда болуу менен Ааламдын тыгыздыгы чексиз чоң мааниде болгон деген божомолдоолор бар.

Хабблдын астрономиялык байкоолору боюнча кайсыл бир мезгилде Аалам өлчөмү боюнча чексиз кичине, тыгыздыгы чексиз чоң болуп, чоң жарылуунун негизинде кеңейүү менен азыркы абалга жеткен деген жыйынтыкка алып келет. Мындай эң чоң тыгыздыкта физиканын бардык закондору өз маанилерин жоготот. Бул чоң жарылуу убакытты эсептөөнүн баш-

талышы катары кабыл алынган. Анткени андан мурдагы убакыт аныксыздыкка ээ.

? 1. Астрономия илими эмнени окутат?
2. Астрономиянын башка илимдер менен байланышы кандай?
3. Ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү алгачкы түшүнүк кандай болгон?
4. Аалам жөнүндө Коперниктин түшүнүгү?
5. Ааламдын кеңейишине түшүнүк бергиле?
6. Э. Хаббл кандай илимий ачылыш жасаган?

I глава

АСТРОНОМИЯНЫН ПРАКТИКАЛЫК НЕГИЗИ

§ 1. Жылдыздуу асман. Топ жылдыздар. Негизги топ жылдыздар

Жылдыздуу асманга байкоону асманда булут жок, Айдын жарыгы начар болуп, жылдыздарды байкоого тоскоолдук кылбагыдай болгон түндөрү жүргүзүү керек. Мындай түндөрү асмандын бети жылтылдаган жылдыздарга толуп турат. Алардын саны чексиздей болуп көрүнөт. А бирок чындыгында куралданбаган көз менен көрүнө турган жылдыздардын саны анча деле көп эмес, бүткүл асман боюнча, бар болгону 6 миңдей гана жылдыз байкалат. Жер бетинин кандайдыр бир чекитинен жүргүзүлгөн байкоо асмандын жарым бөлүгүндө 3 миңдей жылдыздардын бар экендигин аныктаган.

Асмандагы жылдыздар боюнча толук маалымат алуу максатында, миңдеген жылдар мурда эле, өз ара жайланышы өзгөрбөгөн ачык жарык жылдыздар топторго (группаларга) бириктирилип, *топ жылдыздар* деп аталып келген. Ошентип топ жылдыздар деп асмандын кандайдыр бир чектүү бөлүгүн түшүнөбүз. Азыркы мезгилде асмандагы 88 топ жылдыздардын өз ара аймактары так аныкталып чыккан. Аларды жылдыздардын өздөрүнө мүнөздүү болгон жайланышы боюнча табууга болот.

Көптөгөн топ жылдыздар мындан миңдеген жылдар мурда эле аталыштарга ээ болуп, азыркыга чейин сакталып келүүдө. Алардын айрымдары грек мифологиясына байланыштуу аттар менен, мисалы Андромеда, Персей, Пегас деп аталса, айрымдары кээ бир буюмдарга окшоштурулуп Жебе (Стрела), Үч бурчтук (Треугольник), Тараза (Весы) д. у. с. аталыштарда болгон. Ошондой эле жаныбарлардын аттары боюнча аталган топ жылдыздар да бар. Аларга мисал катары Арстан (Лев), Суу чаяны (Рак), Чаян (Скорпион) сыяктуу аталыштарды келтирсек жетиштүү болоор.

Асман чүмкөгүнөн топ жылдызды табуу үчүн анын өтө жаркырак жылдыздарын бир-бири менен түз сызык аркылуу оюбузда туташтырып, кандайдыр бир фигурага окшоштуруу жетиштүү. Буга мисал катары Чоң Жетиген жылдызын алсак болот (1-сүрөттү карагыла).

Ар бир топ жылдыздын айрым ачык жылдыздары XVII

1-сүрөт

кылымдан бери грек тамгасы менен белгилене баштаган. Топ жылдыздын эң эле жарыгын α (альфа), андан кийинки жарыктыктагысын β (бета), андан ары γ (гамма), δ (дельта), ε (эпсилон) ж. б. тамгалар аркылуу алфавиттик тартипте белгиленүүдө болгон. 130га жакын жарык жылдыздар өздөрүнчө аталыштарга ээ болушкан. Мисалга Кичи Жетигендин эң жарык жылдызы (α) Алтын Казык деп аталса, Чоң дөбөттүн (Большого Пса) α жылдызы – Сириус, Возничийдин α-сы – Копелла, Лиранын α-сы – Вега,Ориондун α-сы – Бетельгейзе, Ориондун β-сы – Ригель, Персейдин β-сы – Алголь дагы ушул сыяктуу аталыштарга ээ.

2-сүрөт. Негизги жарык жана топ жылдыздардын өз ара жайгашуулары.

Жылдыздардын жогорудай аталыштары жана белгиленүүлөрү азыркы мезгилде да колдонулууда. Кийинчерээк жылдыздарды сан мааниси менен номерлөө да киргизилген. Азыркы кезде мындай номерлөө негизинен анча жарык эмес жылдыздарга колдонулууда.

Топ жылдыздардагы ачык жарык жылдыздар аркылуу асмандагы анча жарык эмес жылдыздарды, ошондой эле башка асман объектилерин туура, так аныктоого болот. Ошого байланыштуу асмандан тигил же бул топ жылдызды түздөн-түз тез таап алууну үйрөнүү зарыл. Ал үчүн алдын ала жылдыздуу асмандын картасын жакшы өздөштүрүп чыгуу жана өзгөчө жарык жылдыздар аркылуу топ жылдыздарда түзүлгөн мүнөздүү контурларды эске тутуп алуу жетиштүү.

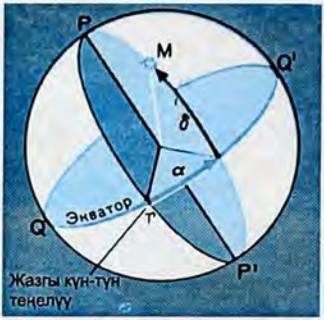
Азыркы мезгилде астрономдор тарабынан бир нече миллион жылдыздардын асмандагы ээлеген так орундары аныкталган, алардан келүүчү энергиянын агымы өлчөнгөн жана ошондой эле бул жылдыздардын тизмелери – каталогдору түзүлгөн. 2-сүрөттө айрым топ жылдыздардын өз ара жайлашуулары берилген.

? 1. Топ жылдыздарга түшүнүк бергиле?
2. Жылдыздардын аталыштары кандай болгон?
3. Топ жылдыздардын эң жарыктары грек тамгалары менен кандай тартипте белгиленет?

§ 2. Жылдыздар картасы

Топ жылдыздардын тегиздиктеги сүрөттөлүшүн берүүчү Жылдыздар картасын түзүү үчүн жылдыздардын координаттарын билүү керек. Жылдыздуу асман менен кошо айланып туруучу координаталар системасы колдонулат. Мындай координаталар системасы болуп *экватордук система* эсептелет. Бул системада бир координатасы болуп асман экваторунан жарык чыгарууга чейинки бурчтук аралык (δ эңкейүүсү) эсептелет. Ал $\pm 90^\circ$ аймагында өзгөрүп, экватордон түндүккө карай оң, түштүккө карай терс деп эсептелет. Энкейүү географиялык кендик сыяктуу болот.

Экинчи координата географиялык узундукка окшоп, *түз чыгыш* (жазгы күн-түн теңелүү чекитинен жарык чыгаруучунун меридианына чейинки жаанын (экватор боюнча) узундугу) деп аталат (3-сүрөттү карагыла). Түз чыгыш координатасы 0 дөн 360° дейре озгөрөт.



3-сүрөт

Түздөн-түз байкоолордон алынган жана рефракцияга[1] карата оңдолуп чыккан жарык чыгаруучунун экватордук координаталары *көзгө көрүнүүчү* деп аталат. Эгер көзгө көрүнүүчү координатадан жарык аберрациясынын жасаган таасири алынып ташталса *чыныгы координаталарды* алабыз. Жердин айлануу огу өзүнүн орточо абалынын айланасында кичине термелүүнү жасайт. Бул кубулуш жер огунун *нутациясы* деп аталат. Эң акырында, эгер чыныгы координаталардан нутациянын таасири алынып ташталса, анда жарык чыгаруучунун байкоо жүргүзүлүп жаткан моментиндеги *орточо* экватордук координаталары алынат.

Жылдыздардын жылдын башталышына туура келген орточо экватордук координаталары тизмеге катталып *жылдыздар каталогдору* деп аталат. Жылдыздар каталогдору *абсолюттук* (абсолюттук байкоолордон алынган) жана *салыштырмалуу* (дифференциалдык ыкма менен алынган) болуп бөлүнөт. Абсолюттук жана салыштырмалуу каталогдордо, экватордук координаттардан тышкары, сөзсүз түрдө ар бир жылдыздын орточо байкоо күнү (датасы) көргөзүлөт.

Ар кандай доорлордо алынган абсолюттук жана салыштырмалуу каталогдордун негизинде жылдыздардын абалдарынын *фундаменталдык* каталогдору түзүлөт. Бул каталогдордо жылдыздардын экватордук координаталарынан тышкары, дагы асман сферасындагы жыл ичиндеги жылышуу чоңдугу, прецессиянын (Жердин айлануу огунун тегерек конус боюнча жай кыймылы) эсебинен координаталардын өзгөрүүсү, жылдыздардын мындан тышкаркы башка мүнөздөмөлөрү да көргөзүлөт. Мындай каталогдор ичине бир нече жүздөгөн, миңдеген жылдыздарды камтыйт. Бул сыяктуу каталогдордун негизги максаты: байкоолорду жүргүзүү мезгилдеринде, аларга киргизилген жылдыздарды окшоштуктарга келтирүүнү, ошондой эле жылдыздуу асмандын

[1] Жарык нуру жердин атмосферасы аркылуу өткөндө пайда болгон сынуу кубулушу астрономиялык *рефракция* деп аталат.

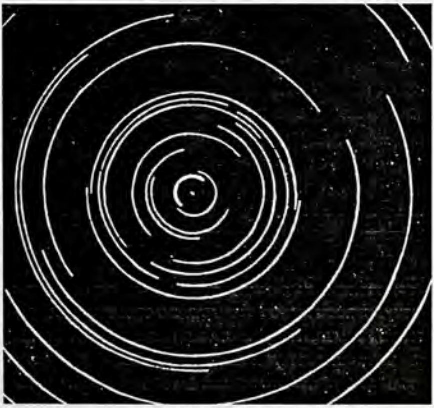
фотографиясын изилдөөнү жеңилдетүү болуп эсептелет. Айрым учурларда мындай каталогдор жылдыздар картасы түрүндө басылып чыгарылып турат. Буга мисал катары «Боннское обозрение» каталогун келтирсек болот. Ал 1859–1887-жылдары түзүлүп, ичине 10–11 жылдыз чондуктарына чейинки 324188 жылдыздын болжолдуу координаталары камтылган.

? 1. Жылдыздар картасын түзүш үчүн кандай координаталар системасы колдонулат?
2. Экватордук координаталар системасына түшүнүк бергиле?
3. Жылдыздар каталогу кандай түзүлөт жана алардын түрлөрү?

§ 3. Жарык чыгаруучулардын көрүнгөн кыймылы. Бир суткада жылдыздуу асмандын көрүнүшүнүн өзгөрүшү

Жылдыздуу асманга тумансыз ачык түндөрү бир нече саат бою байкоо жүргүзсөк, асман чүмкөгү өзүндөгү бардык жарык чыгаруучулары менен бирдикте бир бүтүн сыяктуу байкоо жүргүзүлүп жаткан орун аркылуу өтүүчү көзгө элестетилген октун айланасында акырын айланат. Асман чүмкөгүнүн жана жарык чыгаруучулардын бул айлануусу *суткалык кыймыл* деп аталат. Анткени толук бир айлануу сутка ичинде болуп өтөт. Суткалык айланууга байланыштуу жылдыздар, ошондой эле башка асман телолору горизонтко карата өз абалдарын үзгүлтүксүз өзгөртүп турушат.

Айрым жарык жылдыздардын суткалык кыймылын фотоплёнкага түшүрүүгө болот. Кыймылсыз абалда орнотулган фотоаппарат менен асмандын Уюлдук жылдызга жакын чөйрөсүндөгү аймакты тартып алуу ыңгайлуулук кылат (4-сүрөт). Фотоаппа-



4-сүрөт

рат канчалык көбүрөөк убакытка кармалып турса жылдыздар ошончолук чоң жааны (дуганы) чийет. 4-сүрөттөгү борборлошкон жаалардын эң ортосуна жакыныраак аралыктан Уюлдук жылдыздын чийип кеткен изи өзгөчө бөлүнүп турат. Эгер аны асмандан таба турган болсок, анда горизонтто биздин алдыбызда түндүк чекит, артыбызда түштүк чекити, оң жагыбызда чыгыш, сол жагыбызда батыш болот. Ортоңку кеңдиктерде айрым жылдыз өзүнүн суткалык кыймылында эч качан горизонттон батпайт. Мындай жылдыз *батпоочу жылдыз* деп аталат. Ошондой эле кээ бир аймактарда эч качан горизонттун үстүнө чыкпаган жылдыз да болот. Мындай жылдыз *чыкпоочу жылдыз* деп эсептелишет.

Жылдыздар горизонттун чыгыш жагынан чыгышып, горизонттун түштүк жагынан улам өйдө көтөрүлүшөт да, батыш тарапка батышат. Бул учурда ар бир жылдыз дайыма горизонттун чыгыш тарабындагы бир эле чекиттен чыгып, дайыма батыш тарабындагы бир эле чекитке батып турат. Ар бир жылдыздын горизонт үстүндөгү максималдуу бийиктиги да ошол байкоо жүргүзүлгөн орунда дайыма туруктуу болот.

Жылдыздар сыяктуу эле Күн менен Ай да горизонттун чыгыш тарабынан чыгышат да түштүк тараптан жогору бийик көтөрүлүшүп, батыш жакка батышат. Бирок Күн менен Ай, жылдыздардан айырмаланышып, жылдын ар кандай күндөрүндө горизонттун чыгыш тарабындагы ар башка чекиттен чыгышып, батыш тараптагы ар башка чекиттерге батышат.

Кыштын башталышында Күн түштүк-чыгыштан чыгып, түштүк-батышка батат. Бирок күн өткөн сайын анын чыгуу жана батуу чекиттери горизонттун түндүк тарабына жылыша берет. Ошентип, күн өткөн сайын Күн түштө горизонттун үстүнө уламдан-улам бийик көтөрүлүүдө болот, күн узарып, түн кыскарат.

Жайдын башталышында Күндүн чыгуу жана батуу чекиттери түндүк-чыгыш жана түндүк-батыш тараптарда кандайдыр бир белгилүү пределге жетип, горизонттун түндүк тарабынан кайра түштүктү көздөй тескери багытта жыла баштайт. Бул учурда Күндүн түшкү бийиктиги жана күндүн узундугу кыскара баштайт, ал эми түн узара берет.

Күн менен айдын кыймыл жолуна туура келүүчү топ жылдыздар зодиакалдуулар деп аталат (грекче зоон – айбанаттар дегенди билдирет). Мындай топ жылдыздар Балык, Арстан, Чаян д. у. с. он эки аталыштарда кездешет.

? 1. Суткалык кыймыл деп эмнени айтабыз?
2. Батпоочу жана чыкпоочу жылдыздардын айырмачылыктары кандай?
3. Күн менен Айдын чыгуу жана батуу чекиттери жыл мезгилдеринде кандай өзгөрөт?
4. Күн менен Айдын кыймыл жолуна туура келүүчү топ жылдыздар кандай аталышка ээ?

§ 4. Асман сферасы жана анын айланышы

Жылдыздардын суткалык кыймылын окуп үйрөнүүдө асман сферасын пайдалануу ыңгайлуу болот.

• *Асман сферасы деп бетине бардык жарык чыгаруучулардын абалы проекцияланган, каалагандай радиустагы, борбору байкоо жүргүзүлүп жаткан чекитинде болгон сфераны айтабыз.*

5-сүрөт

Асман сферасынын негизги чекиттери жана сызыктары 5-сүрөттө берилген. Мында, байкоочу аркылуу өтүүчү тик сызык ZCZ' төбөдөгү Z *зенит* чекитинде асманды кесип өтөт. Диаметралдуу (С чекитине карата симметриялуу) карама-каршысындагы чекит Z' *надир* деп аталат. ZZ' тик сызыгына перпендикулярдуу тегиздик (NESW) *горизонт тегиздиги* болуп эсептелет. Бул тегиздик асман сферасынын тегиздигин: бардык чекиттери горизонт үстүндө жайланышкан көрүнүүчү жана чекиттери горизонт астында жатуучу көрүнбөөчү эки жарым сферага бөлүп турат. Байкоочу (С) аркылуу өтүп, дүйнөнүн эки уюлун (Р жана Р') туташтырган асман сферасынын көрүнгөн айлануучу огу *дүйнө огу* деп аталат. Дүйнөнүн түндүк уюлунун астында, горизонтто N *түндүк чекити*, ал эми анын диаметриалдуу карама-каршысында S *түштүк чекити* жатат. NCS сызыгы *түш мезгилинин сызыгы* деп аталат, анткени тикесинен вертикалдуу коюлган стержендин көлөкөсү горизонталь тегиздикте аны бойлото түшөт. Е чыгыш жана W батыш чекиттери горизонт сызыгында жа-

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ
КИТЕПКАНА
ИНВ № 977 703

тышат. Бул чекиттер N түндүк жана S түштүк чекиттеринен 90°та болушат. N чекити зенит Z жана S чекити аркылуу *асман меридиан* тегиздиги өтөт. Сферанын борбору (С чекити) аркылуу дүйнө огуна перпендикуляр тегиздик (QWQ'E) *асман экватору* болуп эсептелет. Асман экватору асман сферасынын бетин: төбөсү дүйнөнүн түндүк уюлунда болгон түндүк жана төбөсү дүйнөнүн түштүк уюлунда болгон түштүк эки жарым шарларына бөлөт.

Жердин түндүк жарым шарынын орто кеңдигинен жылдыздардын суткалык кыймылына байкоо жүргүзсөк, анда жылдыздар горизонттун чыгыш тарабынан чыгып, түштүк тараптан жогору көтөрүлүп, батыш жакка батканын көрөбүз. Алтын казык жылдызынын абалы горизонтко карата дээрлик өзгөрбөгөндүгүн байкайбыз. Калган жылдыздардын бардыгы бир сутка ичинде борбору Алтын казык жылдызында болгон толук айланаларды сызышат. Жылдыздардын белгилүү убакыт ичиндеги кыймылынын фотоаппарат аркылуу тартылып алынгандагы көрүнүшү 4-сүрөттө берилген. Фотоаппараттын объектисин канча көбүрөөк убакытка ачып койсок, жылдыздар ошончолук узунураак жааны сызышат. Жылдыздар түзгөн айланалардын (жаалардын) жалпы борбору дүйнөнүн түндүк уюлунда жатат.

Жердин түндүк жарым шарындагы байкоочуга, дүйнөнүн түштүк уюлу көрүнбөйт. Анткени ал уюл горизонт астында калат.

Жылдыздуу асмандын айланышы Жердин өз огунун айланасында айланышынан келип чыгат. Биз Жердин өз огунда айлануусун байкай албайбыз, ошондуктан жылдыздуу асман айлангандай болуп көрүнөт. Чындыгында Жердин өз огунун айланасында айланышы көптөгөн астрономиялык байкоолордун негизинде далилденген. Дүйнөнүн гелиоцентрикалык ситемасын түзгөн Н. Коперник да (1473–1543) ошол мезгилде Жердин өз огунун айланасында айлануусуна өзгөчө далилдер болбосо да, жылдыздуу асман сферасынын айланышын Жердин оз огунун айланасында айланышы менен байланыштырып түшүнгөн. Ал жашаган мезгилде Г. Галилей (1564–1642) жана И. Ньютон (1643–1727) түзгөн механиканын негизги закондору белгисиз болгон.

?

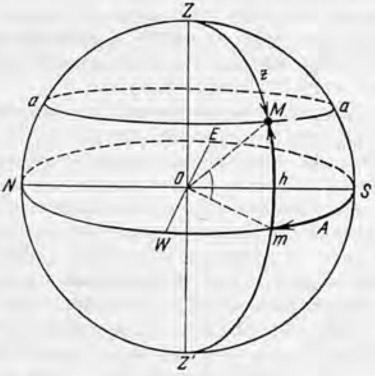
1. Асман сферасы деп эмнени айтабыз?
2. Горизонт тегиздиги асман сферасын кандай жарым сфераларга бөлүп турат?
3. Дүйнө огу деп эмнени айтабыз?
4. Асман экватору деген эмне?
5. Жылдыздуу асмандын айланышын түшүндүр?

§ 5. Асман координатасы. Жарык чыгаруучулардын кульминациясы

Асмандагы жарык чыгаруучунун абалы негизги тегиздиктер жана аларга байланыштуу сызык, ошондой эле асман сферасындагы чекиттерге карата *асман координаталары* деп аталуучу чоңдуктар менен туюнтулат. Астрономиянын ар кандай маселелерин чечүүдө асман координаталары колдонулат. Бул системалар бири-биринен негизги тегиздиктин тандалып алынышы жана эсептөө системасынын башталышы менен айырмаланышат.

Горизонталдуу система. Бул системада негизги система катары горизонт тегиздиги *NWSE* эсептелет, ал эми эсептөө системасынын башталышы зенит жана горизонт чекиттеринин биринен жүргүзүлөт (6-сүрөт).

Бир координата катары *зениттик аралык Z*, же аны алмаштыруучу жарык чыгаруучунун горизонт үстүндөгү аралыгы *h* алынат. *M* жарык чыгаруучунун *h* бийиктиги деп вертикалдуу айлананын горизонттон жарык чыгаруучуга чейинки *mM* жаасы, же болбосо горизонт тегиздиги менен *M* жарык чыгаруусуна карата болгон багыттын ортосундагы *mOM* борбордук бурчу (вертикалдуу айлананын тегиздигиндеги) аталат.



6-сүрөт

Бийиктик зенитке карата 0° тан +90° ка дейре (эгер жарык чыгаруучу асман сферасынын көрүнгөн бөлүгүндө болсо) эсептелсе, надирге карата 0° тан −90° ка дейре (эгер жарык чыгаруучу асман сферасынын көрүнбөгөн бөлүгүндө болсо) эсептелет.

M жарык чыгаруучусунун зениттик аралыгы *Z* деп вертикалдуу айлананын зениттен жарык чыгаруучуга чейинки *ZM* жаасы, же болбосо тик сызык менен *M* жарык чыгаруусуна карата болгон багыттын ортосундагы *ZOM* борбордук бурчу аталат. Зениттик аралык зениттен надирге карата 0° тан 180° ка дейре эсептелет. Асман сферасынын көрүнгөн бөлүгүндө

жарык чыгаруучулар үчүн $Z \leq 90^\circ$ болсо, көрүнбөгөн бөлүгүндө $Z > 90^\circ$ болот. Зениттик аралыктын жарык чыгаруучунун бийиктигине болгон катышы

$$Z + h = 90^\circ$$

барабардыгын канагаттандырат. Жарык чыгаруучунун вертикалдуу айланадагы абалы бийиктик, же зениттик аралык аркылуу аныкталат.

Вертикалдуу айлананын өзүнүн асман сферасындагы абалы башка координата-азимут A аркылуу аныкталат. M жарык чыгаруучусунун A азимуту деп, S түштүк чекитинен жарык чыгаруучу аркылуу өтүүчү вертикалдуу айланага чейинки горизонттогу Sm жаасы, же түш мезгили сызыгы менен жарык чыгаруучу аркылуу өтүүчү вертикалдуу айлана тегиздигинин горизонт тегиздиги менен кесилиш сызыгынын ортосундагы SOm борбордук бурчу аталат. Азимуттар асман сферасынын суткалык айлануу багыты боюнча, б. а. түштүк S чекитинен батышты карай 0° тан 360° ка дейре эсептелет. Кээде азимуттар батышка карай 0° тан $+180^\circ$ ка (батыш азимуттары) жана 0° тан -180° ка (чыгыш азимуттары) чейин эсептелет. Бир вертикалдуу айланадагы жарык чыгаруучулар бирдей азимуттарга ээ болушат.

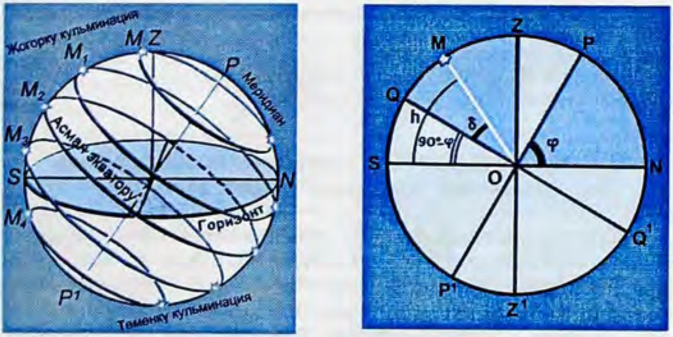
Жарык чыгаруучулардын асман сферасындагы абалы *экватордук координаталар системасы* аркылуу да аныкталат. Мындай координаталар системасы жөнүндөгү түшүнүк 2 §та берилген.

Жарык чыгаруучулардын кульминациясы. Жылдыздар бир суткада горизонт үстүндө дүйнө огунун айланасында асман экваторуна жарыш (параллель) айланаларды сызышат. Мындай айланууда ар бир жарык чыгаруучу бир суткада асман меридианасын эки жолу кесип өтөт.

Жарык чыгаруучунун асман меридианасын кесип өтүү кубулушу *кульминация* деп аталат (7-сүрөт, *а*).

Эгер жарык чыгаруучу асман меридианасынын Zти камтыган жогорку бөлүгүн кесип өтсө *жогорку кульминация* деп, ал эми жарык чыгаруучу Z' ти камтыган асман меридианасынын төмөнкү бөлүгүн кесип өтсө, *төмөнкү кульминация* деп аталат. Жогорку кульминацияда жарык чыгаруучунун бийиктиги максималдуу, төмөнкү кульминацияда минималдуу болот. Кульминациялардын ортолорундагы убакыт аралыгы сутканын жарымына барабар.

Каралып жаткан кендикте батпай турган жарык чыгаруучунун эки кульминациясы тең – жогоркусу да, төмөнкүсү да, байкоочуга көрүнүп турат. Чыгуучу жана батуучу жарык чы-



а) 7-сүрөт б)

гаруучулардын жогорку кульминациясы гана байкалат, төмөнкү кульминациясы горизонт астында болот. Ал эми чыкпай турган жарык чыгаруучунун эки кульминациясы тең байкоочуга көрүнбөйт, анткени кульминация горизонт астында калат.

Жогорку кульминациядагы M жарык чыгаруучусунун бийиктиги h менен кыйшаюусу δ жана ошол орундун кеңдиги φ аралыгындагы көз карандылыкты табууга болот. Ал үчүн 7-сүрөт, б) ны пайдаланабыз. Бул сүрөттө тик сызык ZZ', дүйнө огу PP', асман экваторунун проекциясы QQ' жана асман меридианынын тегиздигиндеги NS горизонт сызыгы көргөзүлгөн.

Горизонттон жогорку дүйнө уюлунун h_p бийиктиги ошол орундун географиялык кеңдигине φ барабар, б. а. $h_p=\varphi$. Демек, жарым күн сызыгы NS менен дүйнө огу PP' тин ортолорундагы бурч ошол орундун кеңдигине барабар, б. а. $\angle PON= =h_p=\varphi$. Ал эми $\angle QOS$ бурчу менен өлчөнүүчү асман экваторунун тегиздигинин горизонтко болгон кыйшаюусу $90°-\varphi$ барабар болот. Анткени жактары өз ара перпендикуляр бурчтар катары (7-сүрөт, б)ны карагыла) $\angle QOZ=\angle PON$. Ошентип, энкейүүсү δ болгон, зениттен түштүк тарапка кульминациялануучу М жылдызы жогорку кульминацияда төмөнкүдөй бийиктикке ээ болот:

$$h=90°-\varphi+\delta \qquad (5.1)$$

? 1. Жарык чыгаруучунун зениттик аралыгы деп эмне аталат?

2. Зениттик аралык менен жарык чыгаруучунун бийиктиги кандай катышта болот?
3. Азимутка түшүнүк бергиле?
4. Жарык чыгаруучунун кульминациясы деген эмне?
5. Кульминациянын кандай түрлөрү бар?

§ 6. Күндүн бир жылдагы көрүнгөн кыймылы жана жылдыздуу асман көрүнүшүнүн өзгөрүшү

Бир жыл ичиндеги жылдыздуу асман көрүнүшүнүн өзгөрүшү Күндүн айланасындагы болгон Жердин кыймылына байланыштуу. Чак түш мезгилинде Күндүн горизонт үстүндөгү бийиктиги, б. а. анын жогорку кульминациясындагы бийиктиги жыл ичинде өзгөрүлүп турары бизге белгилүү. Жайкысын чак түштө Күн абдан бийик көтөрүлөт. Күн өтө бийик абалды 22-июнда ээлейт. Бул күн эң эле узак болгон *жайкы күн токтолуу күнү* деп аталат. Мындан кийин күн сайын Күн кульминациясы төмөндөй берет да, эң төмөнкү абалы 22-декабрда болот. Бул күн *кышкы күн токтолуу күнү* деп аталат, Күн кеч чыгып, эрте батат. Ошентип 22-декабрда күн эң эле кыска болот.

21-март менен 23-сентябрь күндөрү күн менен түн теңелет. Күндүн жогорку кульминациясынын бийиктиги жайкы жана кышкы күн токтолуу күндөрүндөгү кульминацияларынын бийиктиктеринин ортосунда болот. Ошондуктан 21-мартты *жазгы күн-түн теңелүү*, 23-сентябрды *күзгү күн-түн теңелүү* күнү деп аташат.

Күн кульминациясынын бийиктиги өзгөрсө, анын дүйнөнүн уюлуна жана асмандын экваторуна карата болгон асман сферасындагы абалы да өзгөрөт. Жылдыздар дүйнөнүн огуна жана асман экваторуна карата өзгөрүлбөс абалды ээлешет, ар бири горизонт үстүндө ар убакта белгилүү бир гана бийиктикте кульминация жасашат. Ар бир жылдыз горизонттун белгилүү бир чекитинде ар дайым чыгып жана батып турат. Күн болсо ар кандай чекиттерде батат: жайкысын түндүк-батышта, кышкысын түштүк-батышта, ал эми күн-түн теңелген күндөрдө батыш чекитинде батат.

Күн бир жыл ичинде асман сферасында чоң тегерек боюнча айланып чыгат, ал тегеректин тегиздиги асман экваторунун тегиздигине 23,5° ка жантайган болот.

- *Жыл бою Күндүн жылып жүрө турган асман сферасындагы чоң тегереги эклиптика деп аталат* (8-сүрөт).

Бир жылдын ичинде Күн саат жебесинин багытына кара-

ма-каршы багытта эклиптика боюнча толук бир айланып чыгат. Күн бир сутканын ичинде эклиптика боюнча чыгышка карай 360°: 365 ке, же жакындатып алганда 1° ка жылат. Күн эклиптика менен асман экваторунун кесилишкен чекиттеринде жазгы жана күзгү күн-түн теңелүүдө болот. Жазгы күн-түн теңелүү чекити ♈ белгиси менен, ал эми күзгү күн-түн теңелүү чекити ♎ белгиси менен белгиленет.

8-сүрөт

Күндүн айлануу жолу 12 топ жылдыздары аркылуу өтөт. Алар *зодиак* топ жылдыздары (зодиак грек сөзү «айбанаттар тобу» дегенди билдирет) деп аталат. Бул топ жылдыздар *зодиак алкагын* түзөт. Аларга төмөнкү топ жылдыздар кирет: Балыктар (Рыбы), Кой (Овен), Букачар (Телец), Эгиздер (Близнецы), Суу чаяны (Рак), Арстан (Лев), Бийкеч (Дева), Тараза (Весы), Чаян (Скорпион), Жаачы (Стрелец), Текечер (Козерок) жана Суу куйгуч (Воделей). Зодиакалык топ жылдыздардын ар бирин Күн бир ай чамасында басып өтөт (9-сүрөт). Жазгы күн-түн теңелүү чекити Балыктар топ жылдызына туура келсе, күзгү күн-түн теңелүү чекити Бийкеч топ жылдызына туура келет.

Планеталар жылдыздуу асман фонунда (Күн, ай, планеталар жана жарык жылдыздарды эске албагандагы асман

9-сүрөт

чүмкөгүнүн көрүнүшү) бир кыйла татаал кыймылда болушат. Алар бирде бир жакка кыймылда болушса, бирде башка багытта кыймылдашат. Кээде акырындык менен илмек форманы да сызып калышат. Бул болсо, алардын чыныгы кыймылдарынын Жердин кыймылы менен айкалышкандыгына байланыштуу болот. Жылдыздуу асманда планеталар Күн сыяктуу эле туруктуу орунда болушпайт. Ошондуктан жылдыздуу асмандын картасынан Күндүн жана планеталардын турган орундарын белгилүү бир убакытта гана көргөзүүгө болот.

? 1. Жайкы жана кышкы күн токтолуу күндөрүнүн айырмачылыктары кандай?
2. Жазгы жана күзгү күн-түн теңелүүгө түшүнүк бергиле?
3. Эклиптика деген эмне?
4. Күн бир жылдагы көрүнгөн кыймылында кайсыл топ жылдыздар аркылуу өтөт?

§ 7. Убакытты эсептөө. Убакыттын географиялык узундук менен байланышы

Астрономияда убакыттын кыска аралыгын эсептөөдө негизги бирдик болуп, күн суткасынын орточо узундугу б. а. Күндүн борборунун жогорку (же төмөнкү) эки кульминациясынын ортосундагы убакыттын орточо аралыгы эсептелет. Мында орточо маанини пайдалануунун да себеби бар. Анткени жыл бою күн сутканарынын узундугу аз да болсо өзгөрүп турат. Бул болсо Жердин Күн айланасында тегерек эмес, эллипс боюнча айланганына жана анын кыймылынын ылдамдыгы бир аз өзгөрүлгөндүгүнө байланыштуу. Мына ушунун негизинде, Күндүн жыл бою эклиптика боюнча көзгө көрүнүүчү кыймылында, анча чоң болбогон бир калыптыкта эместик пайда болот.

Күндүн борборунун жогорку кульминациядагы моменти *чыныгы түш* деп аталат. Бирок саатты текшериш же так туура убакытты аныкташ үчүн Күндүн кульминациясынын моментин эле белгилөөнүн зарылдыгы жок. Ал үчүн жылдыз кульминациясынын моментин белгилөө ыңгайлуу жана тактык кылат. Анткени каалагандай жылдыз менен Күндүн кульминацияларынын моменттеринин айырмасы каалаган убакыт үчүн так белгилүү. Ошого байланыштуу так убакытты аныкташ үчүн атайын оптикалык куралдардын жардамы менен жылдыздардын кульминация моменттерин белгилешет жана ал боюнча «сакталуудагы» убакыт саатынын туура

жүрүшү текшерилет. Эгер асман чүмкөгүнүн байкалган айланышы эң эле так бурчтук ылдамдык менен жүргөн болсо, анда мындай ыкма менен аныкталган убакыт абсолюттуу туура болоор эле. Бирок, Жердин өз огунун айланасында айланышынын ылдамдыгы, ошондой эле асман сферасынын көрүнгөн айланышы убакыттын өтүшү менен анча деле чоң эмес өзгөрүүгө дуушар болот. Ошого байланыштуу так убакытты «сакташ» үчүн, азыркы мезгилде, атайын атом сааттары колдонулат. Мындай сааттардын жүрүшү, атомдогу өзгөрүлбөгөн жыштыкта болуучу термелүүчү процесс менен текшерилет.

1964-жылы чен жана салмак боюнча Эл аралык Комитети убакыттын эталону катары атомдук цезий саатын кабыл алган. Ушуга байланыштуу секундага жаңы аныктама киргизилген. Бүгүнкү күндө секунда-цезий атому нурданткан электрмагниттик толкундун 9 192 631 770 термелүү жасаган убактысынын аралыгы болуп эсептелет. 1972-жылдын 1-январынан тартып, дүйнөнүн бардык өлкөлөрү атом сааттары менен убакытты эсептөөгө өтүшкөн.

Ошентип, бүгүнкү күндөгү секунда жана сааттар Жердин өзүнүн огунун айланасында айлануусуна, ошондой эле анын Күндү айланып чыгуусуна да эч байланышы жок. Атом саатынын жүрүшүндөгү катачылык 10 000–100 000 жылда болгону 1 *секунданы* түзөт. Атом сааты жана жылдыздын көрүнгөн кыймылы боюнча аныкталган убакыттарды салыштыруу аркылуу, Жердин бир калыпта эмес айлануусун изилдөөгө мүмкүндүк болот.

Так убакытты аныктоо, аны сактоо жана радио аркылуу элге жеткирүү *так убакыт кызматынын* милдети болуп эсептелет. Так убакыт белгиси (сигналы) эфирге радиоберүү тармагы боюнча алты секундалык импульс түрүндө берилет. Акыркы сигналдын башталышы сааттын бүткөндүгүн билдирет. Так убакыт сигналдарын деңиз жана аба флотторунун штурмандары, так убакытты билүүгө муктаж болгон көптөгөн илимий жана өндүрүштүк мекемелер радио боюнча кабыл алып турушат. Так убакытты билүү, ошондой эле жер бетиндеги ар кандай пункттардын географиялык узундугун билүү үчүн да керек.

Каралып жаткан географиялык меридианда эсептелген убакыт ушул меридиандын *жергиликтүү убактысы* деп аталат. Ар кандай меридиандардагы пункттар өздөрүнө тиешелүү болгон жергиликтүү убакыттарга ээ. Бул жергиликтүү убакыттардын айырмасы ошол пункттардын сааттык чен менен туюнтулган географиялык узундуктарынын айырмасына барабар.

XVIII кылымдын аягынан баштап, дүйнөнүн көп өлкөлөрү акырындык менен чоң аймактар үчүн жалпы бирдей убакытты колдонууну киргизе башташкан. Ал эми 1884-жылдан тартып, орточо убактыны эсептөөдө алкактык система колдонулууда. Ал үчүн жер шары Жердин түндүк уюлунан түштүгүнө кетүүчү сызыктар менен 24 *сааттык алкакка* бөлүнгөн. Баштапкысы катары Англиядагы Гринвич обсерваториясындагы бир аспаптын (инструменттин) ортоңку чекити аркылуу өтүүчү меридиан кабыл алынган. Гринвичтен тартып чыгышка жана батышка карай 7,5° та жайланышкан меридиандар менен чектелген жер бетинин участогу *нөлдүк саат алкагы* деп аталат. Биринен саат алкагынын (N=1) негизги меридианы Гринвич меридианынан чыгышка карай 15°та өтөт. Экинчисиники 30°ка ж. д. у. с. Жер 24 саатта өз огунун айланасында толук бир айланып чыгат. Бул болсо жер 24 саатта 360° ка айланат дегенди билдирет. Демек, 15°– 1 саатка, 1°– 4 минутага, 15′–1 минутага, 15″–1 секундага туура келет.

Гринвич меридианына (N=0) туура келүүчү жергиликтүү орточо убакыт *бүткүл дүйнөлүк* (же *дүйнөлүк) убакыт* катары кабыл алынган. Ал T_0 аркылуу белгиленет. Эгер байкоочу турган пункттун узундугу λ га барабар болсо, анда анын орточо жергиликтүү убактысы ($T_ж$) төмөнкүгө барабар.

$$T_ж=T_0+\lambda \qquad (7.1)$$

Россияда (мурунку СССР де) 1930-жылдын жазынан баштап өкмөттүн декрети менен баардык сааттардын жебелери (стрелкалары) алкактык убакытка карата 1 саатка алдыга жылдырылган. Ушуга байланыштуу биздин сааттар көргөзгөн убакыт *декреттик* деп аталып калган. Эгер N – байкоочу жашаган саат алкагынын номери болсо, анда $T_д$ анын декреттик убакыты

$$T_д=T_0+N^h+1^h, \qquad (7.2)$$

барабар болот; мында N^h – толук сааттын саны; ал алкактын номерине барабар. (7.1) жана (7.2) формулаларынан декреттик убакыттан жергиликтүү убакытка өтүү формуласын таба алабыз.

$$T_ж=T_д-(N^h+1^h)+\lambda \qquad (7.3)$$

Март айынын акыркы жекшембисинде сааттардын жебеси 1 саатка алдыга жылдырылат. Ушуну менен *жайкы* убакытка өтүү иш жүзүнө ашырылат. Кыргыз Республикасында 2005-жылдан бери жайкы убакытка өтүү токтотулуп келүүдө.

1. «Сакталуудагы» убакыт саатынын туура жүрүшү кантип текшерилет?
2. Так убакытты «сакташ» үчүн азыркы мезгилде кандай саат колдонулат?
3. Секунда кайсыл убакыт аралыгына барабар?
4. Так убакыт кандай ыкма менен берилип турат?
5. Жергиликтүү убакыт деген эмне?
6. Жер шары канча сааттык алкакка жана кантип бөлүнгөн?
7. Бүткүл дүйнөлүк убакыт катары кайсы убакыт алынган?
8. Декреттик саат деген эмне?
9. Декреттик убакыттан жергиликтүү убакытка өтүү формуласы кандай жазылат?
10. Жайкы убакыт деп эмнени түшүнөсүңөр?

§ 8. Календарлар. Жылдарды эсептөөдөгү түшүнүктөр

Убакыттын узакка созулган мезгилин эсептөө системасы жылнаама (календарь) деп аталат. Азыркы кезде бардык өлкөлөр дээрлик күн календарын, б. а., Күндүн эклиптика боюнча жылдык айланып чыгуусуна негизделген, жылдын мезгилдеринин алмашылышына байланышкан календарды пайдаланышат. Күн календарларында убакытты ченөөнүн негизги бирдиги болуп тропикалык жыл эсептелет. *Тропикалык жыл деп Күн борборунун жазгы күн-түн теңелүү чекити аркылуу удаалаш эки өтүүсүнүн ортосундагы убакыт аралыгын айтабыз.* Тропикалык жылдын узактыгы орточо күн суткалары боюнча 365, 2422 ($365^d\ 5^h\ 48^m\ 46^s$) барабар.

Күн календарын түзүүдө төмөнкү эки шарттын аткарылышы зарыл:

1) календардык жылдын бир нече жыл ичиндеги орточо узактыгы, мүмкүн болушунча, тропикалык жылдын узактыгына жакын болушу керек.

2) календардык жыл бүтүн сандагы суткалардан туруусу керек, анткени бир жылдын түн ичинде башталышы, кийинкисинин эртең менен, ал эми үчүнчүсүнүн кечинде башталышы, б. а., жылдын сутканын ар кандай убактысында башталышы ыңгайсыз болот.

Биздин эрага чейинки 46-жылы Римде Юлий Цезарь тарабынан киргизилген *юлий календарында* (эски стиль) бул шарттар төмөнкү жөнөкөй эреженин сакталышы менен аткарылган:

- *үч жылы катары менен календардык жылдын узактыгы 365 орточо күн суткасына, ал эми ар бир төртүнчү жылы 366 суткага барабар деп эсептелет.*

Узактыгы 365 сутка болгон жылдар *жөнөкөй* жыл деп аталса, 366 суткалуусу *толук* жыл (узак жыл) деп аталат. Юлий календарында толук жылдар болуп, номерлери 4 кө калдыксыз бөлүнгөн жылдар эсептелет. Толук жылда февраль айында 29 күн болсо, жөнөкөй жылдары 28 күн болот.

Ошентип, юлий календары боюнча жылдын узундугу орточо алганда 4 жыл ичинде 365,25 орточо күн суткаларына барабар, башкача айтканда, календардык жыл тропикалык жылга караганда бар болгону 0,0078 суткага узактык кылат. Юлий жылдары боюнча 128 жыл ичиндеги убакытты эсептөө, тропикалык жылдар боюнча эсептөөгө караганда болжол менен 1 суткага айырма берет. 400 жыл ичинде мындай айырмачылык 3 суткага жакын убакытты түзөт. Бул окшогон айырмачылык практикалык деле анча мааниге ээ эмес. Юлий календарын бардык цивилизациялуу өлкөлөр 16 кылым бою колдонуп келишкен.

Юлий календарын реформалоо жолу менен Рим папасы Григорий III тарабынан 1582-жылы *григорий календары* (жаңы стиль) иштелип чыгылган. Григорий календары батыш өлкөлөрүнүн көпчүлүгүндө XVI – XVII кылымдар бою колдонулуп келген. Россия жаңы стилге 1918-жылы гана өткөн. Ушул жылы Совет өкмөтүнүн декрети боюнча 1-февралды 14-февраль деп эсептөөгө өткөн. Анткени юлий календарынын тропикалык жылдарды эсептөө боюнча айырмасы 1918-жылга карата 13 сутканы түзүп калган. Бул 13 суткалык айырма эски стиль боюнча 2100-жылдын 15-февралына, же болбосо жаңы стил боюнча 2100-жылдын 28-февралына дейре сакталат. Бул даталардан кийин ал айырма бир суткага көбөйүп 14 сутка болуп калат.

Календардык жылдын башталышы (Жаңы жыл) шарттуу түрдө алынат. Мурда айрым өлкөлөрдө Жаңы жыл 25-мартта, кээ бирлеринде 25-декабрда башталса, башка күндөрдө башталган да өлкөлөр болгон. Мисалы, Россияда XV кылымга дейре жылдын биринчи күнү болуп 1-март эсептелсе, ал эми XV кылымдан 1700-жылга чейин жаңы жыл 1-сентябрдан башталган. Акырындык менен бардык жерде календардык жаңы жыл 1-январдан эсептелип калган.

Бир жылда он эки айдын болушу, жуманын жети күндөн тураары да, астрономиялык мааниге ээ болушуна карабай, шарттуу болуп эсептелет. Ошондой болсо да, салт (традиция) боюнча азыркыга чейин сакталып келе жатат. Григорий календарына караганда мындан да тагыраак календардык системаларды ойлоп табууга болор эле. Бирок григорий календа-

рынын тактыгы жетиштүү болгондугуна байланыштуу календардык жылдын орточо узундугун дагы өзгөртүүнүн эч делезарылдыгы жок. Ошентип, жаңы стиль анча тактыкка ээ эмес, бирок ошондой болсо да ал боюнча 1 суткалык айырма 3300 жылда гана пайда болот.

Күн, ай жана жылдардын кыргызча аталыштары. Кыргыз элинде илгертеден эле күн, ай жана жылдардын кыргызча аталыштары болгон. Ар бир ай төрт жумага (аптага) бөлүнүп, анын ар бир күнү төмөнкүчө аталган.

1. Дүйшөмбү (биринчи күн)
2. Шейшемби (экинчи күн)
3. Шаршемби (үчүнчү күн)
4. Бейшемби (төртүнчү күн)
5. Жума (бешинчи күн)
6. Ишемби (алтынчы күн)
7. Жекшемби (дем алыш)

Бул аттар фарс тилинен алынган деген маалыматтар бар.

Бир жыл 12 айга бөлүнүп, жаны жыл күн менен түндүн теңелген мезгилинен (21 марттан) башталган. Мунун да өзүнчө себеби болуу керек. Мына ушул күндөн баштап күндүн узактыгы түнкүдөн арбый баштайт. Анын үстүнө март жаздын башталышына, кышкы кардын кетишине, жерден чөптөрдүн кылтыйып чыга башташына, жазгы тиричилик иштердин башталышына туура келет эмеспи

I. Жалган куран (март)
II. Чын куран (апрель)
III. Бугу (май)
IV. Кулжа (июнь)
V. Теке (июль)
VI. Баш оона (августь)
VII. Аяк оона (сентябрь)
VIII. Тогуздун айы (октябрь)
IX. Жетинин айы (ноябрь)
X. Бештин айы (декабрь)
XI. Үчтүн айы (январь)
XII. Бирдин айы (февраль)

Айлардын мындай аталып калышынын да жөнү бар. Мисалы, бугунун ургаачысы марал май айында, кулжанын ургаачысы аркар июнь айында, теке айында тоо эчкилер төлдөйт, ошого байланыштуу бугу, кулжа, теке айлары деп аталып калган дешет. Калган айлардын да ушул сыяктуу аталуу себептери бар.

Кыргыздарда байыртадан бери жаныбарлардын аттарынан турган 12 жылдык календарь (жыл эсеби) белгилүү болгон. Ар бир жыл жаныбарлардын аты менен аталган

1. Чычкан	5. Улуу (Жаян)	9. Маймыл
2. Уй	6. Жылан	10. Тоок
3. Барс	7. Жылкы	11. Ит
4. Коён	8. Кой	12. Доңуз

Эгерде кимдир бирөөнүн туулган жылы жаңы (Григорий) календары боюнча катталган болсо, анда жаныбарлардын аттарынан турган 12 жылдык календарь боюнча кайсы жылга туура келерин табууга болот. Ал үчүн туулган жылга 9 кошуп, аны 12 ге бөлгөндө калган калдык эскиче жылдын иреттүү саны болуп чыгат. Мисалы (1934+9):12=161 (11) (ит жылы), (1919+9):12=160 (8) (кой жылы). Эгер ушул амалды колдонгондо калдык калбаса, анда ал эң акыркы 12 (доңуз) жылына туура келет. Мисалы (1935+9):12=162 (0) (доңуз жылы).

1917-жылдан мурда төрөлгөндөрдүн туулгандыгы жөнүндө күбөлүктөр болгон эмес. Андайлар канча жашка чыккандыгын жана кайсыл жылкы экендигин *жыл сүрүү* боюнча аныктоого мүмкүндүк болгон. 12 жыл бир *мүчөл* деп эсептелген.

?

1. Тропикалык жыл деп эмнени айтабыз?
2. Юлий календарына түшүнүк бергиле?
3. Жөнөкөй жыл менен толук жылдын айырмасы эмнеде?
4. Григорий календарына түшүнүк бергиле?
5. Календардык жаңы жылды кандай түшүнөсүңөр?
6. Күн, ай жана жылдардын кыргызча аталыштары кандай?

II глава

АСТРОНОМИЯЛЫК БАЙКООЛОР

§ 9. Астрономиялык байкоолор

Астрономия илиминин негизин байкоолор түзөт. Байкоолор астрономиядагы тигил же бул кубулуштарды түшүндүрүүгө мүмкүнчүлүк берүүчү фактыларды камсыз кылат. Көптөгөн астрономиялык кубулуштарды түшүндүрүүдө кылдаттык менен ченөө, эсептөө жана анализ жүргүзүү зарыл болот. Мындай иш аракеттер болуп өткөн кубулуштарга дуушар кылган чыныгы, туура шарттарды аныктоого мүмкүндүк берет. Мисалы, бизге баардык асман телолору бизден бирдей аралыкта болгондой, Жер кыймылсыз абалда болуп, Ааламдын ортосунда тургандай, баардык жарык чыгаруучулар Жерди айлангандай, Күн менен Айдын өлчөмдөрү бирдей болгондой ж. у. с. болуп көрүнөт. Кылдаттык менен болгон ченөөлөр жана аларга жүргүзүлгөн терең анализдер гана мындай жалган түшүнүктөрдөн арылта алат.

Асман телосу жөнүндөгү маалыматтын негизги булагы болуп, ал тело нурданткан же чагылткан электр-магниттик толкундар эсептелет. Жерге келген электр-магниттик толкундардын багыттарын аныктоо, асман телосунун көрүнгөн абалын жана кыймылын изилдөөгө мүмкүндүк берет. Ал эми ошол эле толкундардын спектралдык анализи боюнча телолордун физикалык абалдары жөнүндө маалымат алууга болот.

Кийинки мезгилдерге чейин эле тажрыйба, эксперименттерди жүргүзүүгө астрономдордо мүмкүндүктөр болбой келген (жерге түшкөн метеоритти изилдөөнү жана радиолокациялык байкоону эске албаганда). Бардык астрономиялык байкоолор Жер бетинде гана жүргүзүлгөн.

1957-жылдын 4-октябрында СССР де биринчи жолу Жердин жасалма жандоочусунун (спутнигинин) учурулушу астрономиялык изилдөөлөрдү түп тамырынан бери өзгөртүп космостук эра башталды. Азыркы мезгилде жасалма жандоочу, космостук станция жана корабльдердин жардамы менен астрономиялык мүнөздөгү эксперименттерди иш жүзүнө ашырууга мүмкүндүктөр пайда болду. Аларга жасалма комета жана метеорлорду түзүү, айдын бетиндеги топурактын физикалык жана химиялык мүнөздөмөлөрүн лабораториялык жол менен изилдөө сыяктуу дагы бир ка-

тар иштер кирет. 1959-жылдын 7-октябрында Жерден 384 400 *км* алыстыктагы Айдын аркы бетинин көрүнүшүн сүрөткө тартып алууга мүмкүндүк болсо, 1965-жылдын 16-июлунда Жерден 78 млн *км* аралыктагы Марс планетасынын көрүнүшү жакын аралыктан фотосүрөткө тартылып алынды. Ал эми 1970-жылдын 17-ноябрында, Айга биринчи жолу өзү жүрө турган «Луноход-1» лабораториясы кондурулду. Ошентип улам убакыт өткөн сайын астрономиялык байкоолордун арымы кеңейүүдө.

Америка кошмо штатында да 1990-жылдын 25-апрелинде дүйнөдө биринчи жолу Жер атмосферасынан тышкары автоматтык режимде (шартта) иштей турган Хаббл атындагы астрономиялык обсерватория ишке киргизилген. Андан алынган маалыматтар Аалам жөнүндөгү буга чейинки түшүнүктөрдү бир кыйла кеңейтүүгө жардам берди. Алсак, Ааламдын 11 млрд *жарык жылы* аралыгындагы мейкиндигинде 125 млрд галактиканын бар экендиги аныкталган. Ааламдын пайда болгондон берки мезгили 13 млрд жыл чамасында экендиги такталган, д. у. с. Демек, астрономиялык байкоолорду Айдын бетинен жүргүзүлүүчү мезгил да алыс болбосо керек. Жаңы ыкмалардын өркүндөп өсүшү менен астрономия, байкоо жүргүзүү илиминен эксперименталдык – байкоо жүргүзүү илимине өтүүдө.

? 1. Асман телосу нурданткан же чагылткан электр-магниттик толкундардын ролу кандай?
2. СССР де биринчи жолу Жердин жасалма жандоочусу качан учурулган жана анын мааниси кандай ?
3. Айдын аркы бети жана Марс планетасы качан фотосүрөткө тартылып алынган?
4. Өзү жүрө турган «Луноход-1» лабораториясы айдын бетине качан кондурулган?
5. АКШнын «Хаббл» атындагы астрономиялык обсерваториясы жөнүндө айтып бергиле?

§ 10. Астрономиялык байкоолордун мааниси

Астрономиялык түшүнүктүн такталышында, теориялык алынган маалыматтын тууралыгын далилдөөдө байкоолорду жүргүзүүнүн практикалык мааниси өтө чоң. Ориентировкалардын астрономиялык ыкмалары океанда сүзүүдө, авиацияда, айрыкча кийинки мезгилдерде космонавтикада кеңири колдонулууда. Эл чарбасына кеңири колдонулган календарларды эсептөө жана түзүү да астрономияны билүүгө негизделген.

Географиялык жана топографиялык карталарды түзүү, деңиз жана океан сууларынын мезгил-мезгили менен тартылуу жана көтөрүлүүлөрүн алдын ала эсептеп чыгуу, пайдалуу кен байлыктардын жайланышын билүү максатында жер бетинин ар кайсы чекиттериндеги тартылуу күчтөрүн аныктоо сыяктуу практикалык иштер да астрономия илимине байланышкан.

Асман телолорундагы болуп жаткан физикалык, химиялык процесстерди изилдөөгө да астрономдордо мүмкүндүктөр болуп калды. Буга мисал катары 1970-жылдын 12–24 сентябрларында «Луна-16» автоматтык аппараттын жардамы менен айдын топурагынын биринчи жолу Жерге жеткирилишин алсак болот. Мына ошентип, астрономия, тактап айтсак, физика, химия, математика менен тыгыз байланышта болгон астрофизика бир кыйла өсүштөргө ээ болду. Күн менен жылдыздардын ички түзүлүштөрүн изилдөө аркылуу астрофизиктер атомдун ички энергиясы жөнүндөгү биринчи теориялык изилдөөлөрүн башташкан.

Космоско практикалык зор маанилерге ээ болгон астрономиялык байкоолордун жүргүзүлүшү XX кылымдын экинчи жарымынан баштап болуп көрбөгөндөй деңгээлге жетти. Космостук ракеталар бизге жакын аралыктагы Айга гана эмес, өтө алыс аралыктагы Меркурий, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун сыяктуу планеталарга чейин учурулду. «Союз»-«Аполлон» программасы боюнча Эл аралык биринчи космостук эксперимент да иш жүзүнө ашырылды (Россия, АКШ, 1975-жыл). Ошентип, практикалык маанилерге ээ болгон астрономиялык изилдөөлөр (астрономиялык байкоолордун негизинде) ийгиликтүү жүрүүдө.

?

1. Айдын топурагы качан жана эмне менен биринчи жолу Жерге жеткирилген?
2. Космостук ракеталар кайсыл планеталарга чейин учурулган?
3. «Союз»-«Аполлон» программасы кайсыл мамлекеттер тарабынан түзүлгөн жана биринчи эксперимент качан иш жүзүнө ашырылган?

§ 11. Астрономиялык байкоолордун өзгөчөлүктөрү

Астрономия илиминин негизин Жерден жүргүзүлгөн байкоолор түзөт. XX кылымдын экинчи жарымынан баштап космостон автоматтык жана космонавтар башкарган станциялар аркылуу байкоолор жүргүзүлө баштады. Астрономиядагы бай-

коолордун жүргүзүлүшү физика менен химиядагы тажрыйбалар сыяктуу эле мааниге ээ болуу менен бир катар өзгөчөлүктөргө ээ.

Биринчи өзгөчөлүгү. Көпчүлүк учурларда астрономиялык байкоолор каралып жаткан объектте түздөн-түз жүргүзүлбөйт. Башка табигый илимдерде тажрыйба жүргүзүлгөн сыяктуу асман телолоруна активдүү таасир эте албайбыз. Космостук аппараттарды колдонуу гана Айда жана жакын аралыктагы планеталарда түздөн-түз изилдөө иштерин жүргүзүүгө мүмкүндүк берди.

Андан тышкары көптөгөн асман кубулуштары эң эле жай өтөт, андай кубулуштарга байкоо жүргүзүү үчүн бир кыйла мөөнөт талап кылынат. Мисалга, жер огунун анын кыймыл орбитасынын тегиздигине болгон жантаюусунун өзгөрүүсү жүздөгөн жылдардан кийин гана жакшы байкалат. Ошого байланыштуу, так болбосо да, мындан миңдеген жылдар мурдагы байкоолорду пайдаланууга туура келет.

Экинчи өзгөчөлүгү. Асман телосунун абалына жана анын кыймылына Жерден байкоо жүргүзөбүз. Ал эми Жер өзү кыймылда болот, өзүнүн огунун айланасында айланат жана Күндүн айланасында айланат. Ошондой болсо да асман телосунун кыймылын жердеги байкоочуга карата кароодо Жерди кыймылсыз абалда деп эсептейбиз. Ушул сыяктуу эле асман жарык чыгаруучуларын «чыкты» жана «батты» деп айта беребиз. Бирок бул кубулуш Жердин айланышы менен байланыштуу экендигин биз жакшы билебиз. Андан тышкары Жердин кыймылда болуусуна байланыштуу жердеги байкоочуга асмандын көрүнүшү жыл бою өзгөрүп турат. Бул өзгөрүү байкоочу Жердин кайсыл чекитинде болгондугунан эле эмес, ошондой эле ал сутканын жана жылдын кайсыл убагында байкоо жүргүзүп жаткандыгынан да көз каранды болот. Мисалга биздин Республикада кыш болсо, Африка өлкөлөрүндө жай мезгили туура келет. Жайында же кышында гана көрүнүүчү жылдыздар кездешет.

Үчүнчү өзгөчөлүгү. Астрономиялык байкоолор бизден өтө эле алыс аралыктардагы жарык чыгаруучуларга жүргүзүлөт. Мындай байкоолор көз менен жүргүзүлбөсүн, телескоп менен болбосун, баары бир кайсынысы бизге жакын, кайсынысы алыс экендигин ажырата албайбыз. Алардын баарысы эле бизден бирдей алыстыкта болгондой болуп көрүнөт. Ошого байланыштуу асмандагы жарык чыгаруучулардын, мисалы, жылдыздардын бири-биринин ортолорундагы аралыктары, байкоо жүргүзүлүп жаткан чекиттен ошол жылдыздарга кетүүчү нурлардын арасындагы бурчтар аркылу өлчөнөт.

Мындай аралыктар *бурчтук* деп аталып, градус жана анын бөлүктөрү аркылуу туюнтулат. Мындай учурда, асмандагы эки жылдызды биз көрүп жаткан багыттар өз ара жакын болсо эле, ал жылдыздар бирибиринен алыс эмес аралыкта болгондой сезилет (мисалга, 10-сүрөттөгү А жана В жылдыздарды карагыла).

10-сүрөт

• *Жарык чыгаруучунун горизонттон болгон бурчтук аралыгы h* (10-сүрөттү карагыла) *жарык чыгаруучунун горизонттон жогорку бийиктиги деп аталат.*

Жарык чыгаруучунун бийиктиги 0° тан (жарык чыгаруучу горизонтто болгондо) 90° ка (жарык чыгаруучу төбөдө болгондо) чейин эсептелет. Жарык чыгаруучунун горизонтко карата болгон абалы *азимут* деп аталуучу экинчи бурч менен көрсөтүлөт. Азимут 0° тан 360° ка чейин түштүктөн баштап саат жебесинин багыты боюнча эсептелет.

Жарык чыгаруучунун бийиктигин жана анын азимутун ченөө атайын бурчтарды аныктоочу оптикалык куралдар – *теодолиттер* менен аткарылат.

?
1. Астрономиялык байкоолордун биринчи өзгөчөлүгү кандай?
2. Астрономиялык байкоолордун экинчи өзгөчөлүгү кандай?
3. Астрономиялык байкоолордун үчүнчү өзгөчөлүгү кандай?
4. Азимутка түшүнүк бергиле.

§ 12. Байкоо жүргүзүүгө көрсөтмөлөр

Астрономияны жакшы өздөштүрүш үчүн ар бир окуучунун асман кубулушуна байкоо жүргүзүшү өтө маанилүү. Мындай байкоолор тумансыз ачык күндөрү, ошол жердеги климаттык шарттарды эсепке алуу менен жүргүзүлүшү ыңгайлуу болот. Орто Азия менен Казакстандын аймагында көбүрөөк байкоолорду, сентябрь, октябрь айларында жүргүзүүгө аракет жасоо керек. Бул айларда кечкисин асман көпчүлүк учурларда ачык болот, күн да анча суук эмес. Ноябрь айынан баштап кышкысын биринчиден ачык күндөр анча көп болбойт, анын үстүнө сууктун болушу да байкоолордун жүрүшүнө кыйынчылыктар-

ды келтирет. Март айынан баштап кечкисин ачык күндөрү арбый берет, бирок кечтин кириши уламдан-улам созулууда болот. Мындан тышкары, айрым астрономиялык кубулуштар бизге ыңгайлуу убактарда эле байкоо жүргүзө берүүгө мүмкүн эмес. Кээ бир кубулуштар түн ортосунда болсо, айрымдары таң заарынан болуп өтөт. Ал эми Күн менен Айдын тутулуштары кээде эле боло турган кубулуштар. Ошондуктан бул окшогон кубулуштарга байкоолордун өз учурунда гана жүргүзүлүп турушу зарыл.

Тигил же бул кубулуштарды байкоолордун убактысын жана алардын жакшы көрүнүү шарттарын «Мектептик астрономиялык календарды» жана жылдыздуу асмандын кыймылдуу картасын пайдалануу менен аныктоого болот.

Мүмкүн болушунча байкоолорду айлана-чөйрө жакшы көрүнгөндөй жарык нурлары тоскоолдук келтирбей тургандай орундарда жүргүзүү зарыл. Керек болуп калса, жылдыздуу картаны караш, байкоодон алынган маалыматтарды атайын дептерге жазыш үчүн чөнтөк чырагын (фонарын) пайдалануу да ыңгайлуулукту түзөт.

? 1. Байкоолорду кайсыл мезгилде жүргүзүү ыңгайлуу болот?
2. Кандай кубулуштарга өз учурунда гана байкоо жүргүзүү зарыл болот?

§ 13. Асман телосуна жана кубулушуна куралданбаган көз менен байкоо жүргүзүү

Куралданбаган көз менен да айрым асман телолоруна жана кубулуштарына байкоолорду жүргүзүүгө болот. Алар төмөнкүлөр:

– **Күндүн чыккан жана баткан чекиттеринин абалдарынын өзгөрүүсүн байкоо.** Ал үчүн айына эки жолу (болжол менен 2 жумадан кийин) Күндүн баткан (же чыккан) убактысын белгилеп коюу керек. Ошондой эле көрүнгөн горизонтко баткан (чыккан) чекиттердин абалынын сүрөтү тартылат. Бир эле орундан жүргүзүлгөн мындай байкоолор убакыттын өтүшү менен бул чекиттердин абалдарынын өзгөргөндүгүн көргөзөт.

– **Айдын көзгө көрүнгөн кыймылы жана фазалары.** Бул байкоону Ай горизонттон анча бийик эмес ичке орокчо болуп көрүнүп турган кезде Күн батары менен баштоо баарынан ыңгайлуу болот. Айдын көрүнүшүн тартып алуу, Күндүн баткан чекитинен болгон анын болжолдуу бурчтук аралыгын анык-

тоо керек. Бул байкоо кийинки күндөрү кечинде (Күн батары менен), болжол менен ошол эле убакта кайрадан кайталанат. Ошентип Айдын фазасынын акырындык менен өзгөрүүсүн жана анын асманда асмандын суткалык айлануусуна карама-каршы багытта кыймылда болорлугун байкоого болот. Калган байкоолорду түн кирип, начар көрүнүүчү жылдыздар көрүнө баштаганда жүргүзүү зарыл.

– **Топ жылдыздарды жана ачык жарык жылдыздарды байкоо**. Жылдыздуу асмандын кыймылдуу картасын пайдаланып, асмандан Чоң Жетиген жана Кичи Жетигенди таап, ал топ жылдыздардын жалпы көрүнүшүн эске сактап калуу керек. Ошондой эле Ак-Куу, Лира жана Бүркүт топ жылдыздарынын ичинен 1-жылдыз чондуктарындагы ачык жарык Вега, Денеб жана Альтаир жылдыздарын табуу зарыл. Байкоо жүргүзүүгө арналган дептерге асмандын түштүк тарабынан кечинде кайсыл топ жылдыздар көрүнгөндүгүн жазып коюу пайдалуу болот. Топ жылдыздардын көрүнүштөрүн унутуп калбаш үчүн аларды асмандан тез, тез таап көрүп туруу керек.

– **Асмандын суткалык айлануусун байкоо**. Топ жылдыздарга байкоо жүргүзүп жатып, кандайдыр бир жарык жылдыздардын горизонтко карата абалдарын эске тутуп калгыла. Бир эки сааттан кийин бул байкоону кайталап, асмандын суткалык айлануусунун негизинде жылдыздардын орундарынан жылгандыгына күбө болосуңар. Мүмкүн болсо, асмандын уюлга жакын аймагын фотосүрөткө бир сааттан кем эмес убакытка кармап тартып алсаңар, анда силер асмандын айлануу кубулушун документалдуу түрдө далилдеген болоор элеңер.

– **Жылдыздуу асмандын көрүнүшүнүн жыл бою өзгөрүүсү**. Жылдыздуу асманга байкоо жүргүзгөндөн 2–3 айдан кийин – кышында, андан кийин жазында асмандан уюлдун айланасындагы мурда белгилүү болгон топ жылдыздарды кайрадан табуу керек. Ошондой эле чон жарык Альдебаран, Бетельгейзе жана Сириус жылдыздары бар Букачар (Телец), Орион жана Чоң дөбөт (Большой Пес) топ жылдыздарын да табуу зарыл. Байкоолорду жүргүзүү учурунда бул ачык жарык жылдыздардын температураларына туура келүүчү алардын түстөрүнө көңүл бургула. Асмандын түштүк тарабынан күзүндө кайсыл топ жылдыздар байкалганын эске салсаңар эле, жылдыздуу асмандын көрүнүшүнүн жыл бою өзгөргөндүгүнө ишенесиңер.

– **Метеорлорду байкоо**. Метеорлордун агымы Жерди карай багыт алып, жакындап калган мезгилде аларга байкоо

жүргүзүү максатка ылайыктуу болот. Байкоо жүргүзүү күнү (датасын) жана метеорлордун радианты (метеордук агымга кирген метеорлордун жылдыз картасына түшүрүлүп, көрүнгөн издерин артын көздөй созгондогу кесилишкен чекити) кирген топ жылдыздарды «Мектептик астрономиялык календарь» боюнча аныктоо керек.

– **Планеталардын кыймылы**. Астрономиялык календарды жана жылдыздар картасын пайдаланып, өз алдынча же мугалимдин жардамы менен асмандан ошол айда көрүнүүчү планеталарды тапкыла. Бул байкоону сентябрь айында жүргүзүү керек. Көзгө көрүнгөн жылдыздардын (топ жылдызга кирген) арасындагы планеталардын абалдарынын көрүнүшүнүн сүрөтүн тартып алгыла. 1–2 айдан кийин сүрөткө тартып алууну кайра кайталап, планетанын кандай кыймылда болгонун түшүндүргүлө.

Ушул эле сыяктуу Алтын казык жылдызын пайдаланып, адам өзү турган орундун (шаар же айыл) географиялык кеңдигин аныктоого, жылдыздардын көрүнгөн жарыктанышы жана түсү боюнча алардын айырмачылыктарын ажыратууга байкоолорду жүргүзүүгө болот.

Астрономиялык байкоолорду телескоп менен жүргүзүүгө мүмкүндүктөрү болуп калган мектептерде мугалимдин жетекчилиги менен жогорудагы көрсөтүлгөндөрдөн башка дагы төмөндөгүлөрдү байкоого болот:

1) күн тактарын (сөзсүз ачык эмес фильтр аркылуу);

2) Юпитердин жандоочуларын (спутниктерин) жана Сатурн шакектерин;

3) Айдагы ири кратерлерди;

4) Саманчынын жолундагы жылдыздардын жайланыштарын;

5) Үркөрдөгү жылдыз топтолуштарын;

6) Чоң Жетиген жана Лира топ жылдыздарындагы кош жылдыздарды;

7) Андромеда топ жылдызындагы галлактиканы (күзүндө);

8) Oриондогу газ тумандуулугун;

8) Айдын бетинин көрүнүшүн;

10) Чолпон жана Марс планеталарын.

?

1. Куралданбаган көз менен кандай асман телолоруна жана кубулуштарына байкоолорду жүргүзүүгө болот?
2. Телескоп аркылуу дагы кандай кошумча астрономиялык байкоолорду жүргүзүүгө болот?

§ 14. Телескоптор

• *Телескоп асман жарык чыгаруучуларына байкоо жүргүзүлүүчү астрономиялык прибор.* Оптикалык схемасы боюнча күзгүлүү, линзалуу жана күзгү-линзалуу телескоп болуп бөлүнөт. Телескоп нурданууну фотографиялык электр-оптикалык, визуалдык (көз менен кароо) жана башка кабылдагыч ыкмаларын (методдорун) колдонуу менен фотографиялык, спектрдик, фотоэлектрдик байкоолорду жүргүзүү үчүн пайдаланылат.

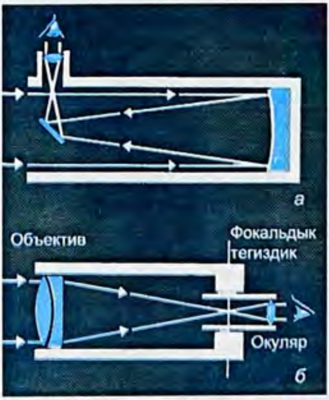
Телескоптун оптикалык негизги бөлүгү болуп *объектив* эсептелет. Ал жарыкты чогултуп, жарык булагынын сүрөттөлүшүн берет. Эгер телескоптун объективи бир линзадан же бир нече линзалардан жасалса, анда телескоп *рефрактор,* ал эми иймек күзгүдөн жасалса *рефлектор* деп аталат.

Телескоп менен жыйналуучу жарык энергиясы объективдин өлчөмүнөн көз каранды болот. Объективдин бетинин аянты канча чоң болсо, телескоп менен ошончолук начар жарык чыгарган нерсени байкоого мүмкүндүк жаралат. Рефрактордо жарык нурлары объективден өтүп сынышат да фокалдык тегиздикте нерсенин сүрөттөлүшүн түзүшөт (11-сүрөт, *а*). Рефлектордо болсо жарык нурлары иймек күзгүдөн чагылышат да анан кайра ошондой эле фокалдык тегиздикте жыйналат (11-сүрөт, *б*). Объектив тарабынан тартылган асман телолорунун сүрөттөлүшүн объектив деп аталган линзадан көрүүгө, же болбосо фотосүрөткө тартып алууга болот.

Көпчүлүк учурда асман телолорун изилдөө үчүн аларды атайын жасалган телескоптор аркылуу фотосүрөткө тартышат. Алынган негативдеги жылдыздын абалы лабораториядагы тиешелүү приборлордун жардамы менен өлчөнөт. Мындай астрономиялык фотографияны изилдөө менен салыштырмалуу жакын жылдыздардын бир кыйла алыс жылдыздарга караганда жайыраак болгон кыймылын өлчөөгө, негативден эң эле начар объектилердин сүрөттөлүшүн көрүүгө, жылдыздан, планетадан жана башка космикалык объектилерден болгон нурдануунун агымынын чоңдугун өлчөөгө мүмкүндүк берет.

1998-жылы Америка Кошмо Штаттарында Ааламдагы галактикалардын жалпы санын аныктоодо болуп көрбөгөндөй илимий ачылыштар болду. Мындай илимий ачылыштарды алууга 1990-жылдын 25-апрелинде Жер атмосферасынан тышкаркы мейкиндикке чыгарылган астрономиялык уникалдуу

курал – «Хаббл» аттуу космикалык телескоптун колдонула баштаашы чоң роль ойноду. Аталган телескоп Ааламдын болжол менен 11 млрд жарык жыл терендигине чейинки аралыктан маалымат алууга мүмкүндүк берди. Хаббл телескобу 10 сутка бою асмандын түштүк жарым шарындагы, эч нерсеси менен айырмаланбаган, кичине бөлүгүнө багытталып иштетилген. Алгачкы максат Хаббл телескобу багытталган Ааламдын бөлүгүндөгү галактикалардын санын билүү, андан кийин бүткүл Аалам боюнча жалпылоо болгон.



11-сүрөт

Ааламды Хаббл телескобу менен изилдөө бир кыйла жаңы илимий ачылыштарга алып келди. Өзгөчө өтө алыскы аралыктагы галактикалар жөнүндө кененирээк маалыматтарды алууга мүмкүндүктөр болду. Азыркы кезде Ааламда болжол менен 125 миллиард галактиканын бар экендиги такталды. Ал жөнүндө Американын астрономиялык коомунун Техас штатындагы Остине шаарында 1998-жылы өткөн конференцияда айтылды.

Акыркы мезгилге дейре Ааламдын пайда болгонунан бери 10 млрддан 20 млрдга чейинки жыл деп, так маалымат жок эле. Хаббл телескобу ишке киришкенден берки тактоолор боюнча Ааламдын жаралганынан бери 13 млрдга жакын жыл өткөндүгү белгилүү болду. Салыштырмалуулуктун жалпы теориясы боюнча эсептөө да ушул эле мезгилди берет.

Телескоптун көргөзүү күчү объективдин сапатына, ас-

мандын жарыктыгына, атмосферанын тазалыгына жана анын тынч болушуна көз каранды.

Космостук радионурдануу байкалгандан кийин эле аны кабыл алуу үчүн ар кандай системадагы радиотелескоптор түзүлө баштаган. Радиотелескоп Күн системасы, Галактика жана метагалактикадагы асман объектилери чыгарган өздүк радио толкундарды кабыл алуучу жана алардын мүнөздөмөлөрүн изилдей турган астрономиялык прибор. Радиотелескоп антенна системасынан жана радио кабылдагыч түзүлүшүнөн турат. Антенналары кыймылдуу жана кыймылсыз түрдө орнотулат. Кыска толкундар менен иштегенде кыймылдуу күзгүлүү параболалык антенна пайдаланылат. Алар радиотолкундарды иймек темир күзгүнүн фокусуна чогултат. Бул күзгүнү решёткалуу, чоң өлчөмдө, диаметри ондогон метрдей кылып жасоого да болот. (11-сүрөт, *в*). Чоң кыймылдуу рамалуу, ага бири-бирине жарыш (параллель) металл стержендери бекитилген радиотелескоптор да жасалат.

Келип түшкөн радиотолкундар анда электр-магниттик толкундарды пайда кылат. Бул толкундар күчөтүлгөндөн кийин асман объектисинин радионурдантуусун регистрациялоо үчүн эң сезгич кабыл алуу радиоаппаратына берилет.

Асман телолору жана алардын системалары жөнүндөгү биздин түшүнүктөр, алардын радионурдантууларын изилдей баштагандан тартып, эбегейсиз байый баштады.

?

1. Телескоптор оптикалык схемасы боюнча кандай түрлөргө бөлүнөт?
2. Телескоптун жалпы түзүлүшү кандай? Колдонулушу жөнүндө түшүнүк бергиле?
3. Хаббл телескобуна түшүнүк бергиле, анын жардамы менен кандай маалыматтар алынган?
4. Радиотелескоп, анын түзүлүшү жана колдонулуштарын айтып бергиле?

III глава

КҮН СИСТЕМАСЫ

§ 15. Күн системасына жалпы түшүнүк

Күн жана аны айлануу менен кыймылда болгон асман телолорунун жыйындысы *Күн системасын* түзөт.

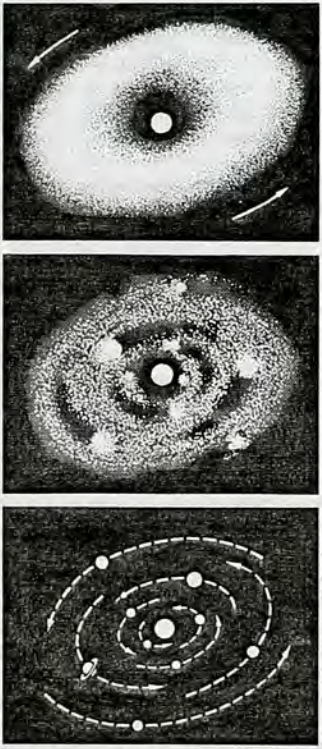
Күн системасы бүткүл системанын динамикалык борбору болуп эсептелген Күндөн, 9 чоң планеталардан, планеталардын 32 жандоочуларынан (спутниктеринен), 1800 астероиддерден (кичине планеталардан), көптөгөн (500 дөн ашык) кометалардан жана бир канча сандагы метеордук телолордон турат.

Кылдаттык менен жүргүзүлгөн илимий изилдөөлөр бул телолордун мейкиндиктеги кыймылдары жөнүндө кеңири маалымат берди. Мындай маалыматтардын негизинде Күн системасынын жетишерлик тактыктагы түзүлүш планын алууга мүмкүнчүлүктөр болду. Чоң планеталар жана алардын жандоочуларына толук мүнөздөмө бере турган сан маанилери алынды.

XVIII кылымдын орто ченинде немец философу И. Кант Күн системасы баш аламан кыймылда болушкан муздак чаңдардын булутунан пайда болгон деген ойду сунуш кылган. Француз илимпозу П. Лаплас болсо 1796-жылы Күн жана планеталар айланууда болгон газ тумандуулуктарынан пайда болгон деген гипотезаны айткан. Бирок азыркы мезгилде О. Ю. Шмидтин (1891–1956, Россия) эмгектерине негизделген гипотеза кабыл алынган. Шмидтин гипотезасы боюнча планеталар эбегейсиз зор муздак чаң түрүндөгү тумандуулуктагы заттардан пайда болгон. Убакыттын өтүшү менен бул тумандуулуктун формасы өзгөргөн. Бөлүкчөлөрдүн кагылышуулары бири-бири менен энергия алмашуулары тумандуулукту акырындап жалпак түргө келтирип, ал эми бөлүкчөлөрдүн айлануу орбиталары тегерек абалга өткөн. Чоң бөлүкчөлөр майдаларын өзүнө кошуп, бир багыттуу кыймыл пайда болгон. Заттар коюу түргө өтүп, акыры чоң өлчөмдөгү телолор-планеталар жаралган (12-сүрөт).

Эгер эклиптиканын түндүк уюлунан карай турган болсок, баардык чоң планеталар Күндүн айланасында саат жебесине карама-каршы багытта кыймылда болушат. Дээрлик бардык планеталардын ошондой эле Күн менен Айдын окторунун айланасындагы айлануу багыттары планеталардын Күндү ай-

ланган кыймыл багыты менен дал келет. Планеталардын Күндөн болгон аралыктары закон ченемдүү ырааттуулуктарды түзөт, орбиталардын ортолорундагы аралык Күндөн алыстаган сайын чоңоё берет. Эң алыскы планета Плутондун Күндөн болгон орточо аралыгы 39,75 а. б. *(астрономиялык бирдикке)* барабар. Эгер бул аралык Күн системасынын радиусу катары кабыл алынса, анда бул аралык Центавр топ жылдызындагы Проксима жакын жылдызына чейинки аралыктан болжол менен 700 эсе кичине болот.



12-сүрөт

Жандоочулар планетанын айланасында планетанын Күндү айланганы сыяктуу айланууда болушат. Кичине планеталар, же б. а. астероиддер чоң планеталар сыяктуу эле Күндүн айланасында кыймылда болушат. Астероиддердин орбиталары чоң планеталардын орбиталарына караганда орточо алганда, чоң эксцентриситеттерге ээ. Астероиддердин көпчүлүк орбиталары Марс менен Юпитердин орбиталарынын ортолоруна жайланышкан. Бирок алардын айрымдары Меркурийдин орбитасынын ичине кириши да мүмкүн.

Ал эми кометалардын кыймылдары бир кыйла ар кандай болуулары менен айырмаланат. Айрым метеордук телолордун кыймылдары өтө эле татаал болот. Бирок алардын көпчүлүгү метеордук агымды түзүшөт. Мындай агымдар кометалардын орбиталарына окшош орбиталар боюнча кыймылда болушат.

Күн системасына кирген асман телолорун изилдөө иштери дайыма ийгиликтүү жүргүзүлүүдө. Мисалга, 1966-жылы декабрь айында эле Сатурн планетасынын онунчу Янус жандоочусунун ачылышын алсак болот.

Эми планеталар жөнүндө кыскача маалымат бере кетели. Меркурий, Чолпон, Марс, Юпитер жана Сатурн планеталары байыркы заманда эле белгилүү болгон. Уран 1781-жылы В. Гершель тарабынан ачылган. 1846-жылы 8-планета Нептун белгилүү болгон. Ал эми 1930-жылы Америкалык астроном К. Томбо тарабынан Плутон табылган.

Меркурий, Чолпон Жер жана Марс планеталары физикалык мүнөздөмөлөрү боюнча Юпитер, Сатурн, Уран жана Нептун планеталарынан бир кыйла айырмаланышат. Меркурий, Чолпон, Марс жана Жер планеталары Жер тибиндеги болуп өзүнчө бир группага биригишет. Юпитер, Сатурн, Уран жана Нептундар башка – Юпитер тибиндеги группага киришет, же алар *гигант планеталар* деп да аталышат. Плутондун физикалык мүнөздөмөлөрү өтө эле начар белгилүү, бирок ошондой болсо да, ал Жер тибиндеги планеталарга кошулат.

Планеталарды изилдөөдөгү азыркы кездеги башкы маселелердин бири алардын физикалык мүнөздөмөлөрүн окуп үйрөнүү болуп эсептелет. Аларга планеталардын температурасын, басымын, химиялык курамын жана атмосфераларынын түзүлүшүн билүү кирет. Мындай иштер негизинен спектроскопия, фотометрия жана радиоастрономия ыкмалары менен жүргүзүлөт. Ошондой эле инфракызыл техникасы да кеңири колдонулат. Башка планеталардагы физикалык шарттарды билүүнүн зарылчылыгынын келип чыгышына космонавтикадагы дүңгүрөгөн жетишкендиктер да себеп болууда. Анткени башка планеталарга ракеталардын учурулушу, ал планеталардын атмосфераларынын жана үстүнкү беттеринин касиеттери жөнүндө аздыр-көптүр тагыраак маалыматтардын болуусун талап кылат. Күн системасын изилдөөдө космостук учуулардын ролу өтө тез өсүүдө. Ошондой болсо да планеталарга Жер бетинен байкоо жүргүзүүнүн зарылчылыгы али да болсо бар. Мүмкүн дагы узак жылдар бою жүргүзүлө бермекчи.

? 1. Күн системасына аныктама бер?
2. Шмидтин гипотезасы боюнча планеталар кантип пайда болгон?
3. Кайсыл планеталар байыркы замандан эле белгилүү болгон?
4. Жер тибиндеги планеталарга кайсылар кирет?
5. Юпитер тибиндеги гигант группаны кайсыл планеталар түзүшөт?

скөк өткөгөн

§ 16. Алгачкы астрономия. Дүйнөнүн геоборбордук системасы

Астрономия байыркы кылымдардагы илимдердин бири болуп эсептелет. Астрономиялык байкоолордун алгачкы жазылып алынышы б. э. ч. VIII кылымга таандык. Египетте байкоолордун негизинде тропикалык жылдын узактыгы жетишээрлик тактыкта аныкталган.

Байыркы Кытайда б. э. ч. 2 миң жыл мурда эле Күн менен Айдын көрүнгөн кыймылдары жакшы өздөштүрүлүп, кытай астрономдору Күн менен Айдын тутулуштарын алдын ала айта алышкан. Астрономия башка илимдер сыяктуу эле адам баласынын практикалык зарылчылыктарынан пайда болгон. Алгачкы жер иштеткен дыйкандар аба ырайыларына карап иш жүргүзүшкөн. Ошого байланыштуу жыл мезгилдеринин ыңгайлуу болууларын асман телолорунун абалдарына карап аныкташкан.

Адам коомчулугунун өсүшү менен астрономиянын алдына да улам жаңы маселелер коюла баштады. Ал маселелерди чечиш үчүн байкоолордун эң сонун ыкмаларын пайдалануу жана эсептөөлөрдү өтө тактыкта жүргүзүү зарыл болду. Акырындап астрономиялык куралдар жасала баштады. Байыркы Грецияда астрономия өнүккөн илимдердин катарына кирген.

Биздин эрага чейинки (б. э. ч) 340-жылы эле Байыркы грек философу жана илимпозу Аристотель өзүнүн «Асман жөнүндө» («О небе») деген китебинде Жер кыймылда эмес, Күн, Ай, планеталар жана жылдыздар анын айланасында тегерек орбита боюнча кыймылда болушат деген. Ал Жерди Ааламдын борбору деп эсептеп, дүйнө жаратылышынын биринчи моделинин-дүйнөнүн геоборбордук системасынын жаратылышына негиз салгандардын бири болгон. Эвдокс Книдский менен Гиппархтын да идеялары Аристотелдики менен дал келген.

Астрономиянын андан аркы өнүгүшү биздин эранын 2-кылымындагы байыркы грек окумуштуусу Клавдий Птоломейге таандык. Анын астрономиянын математикалык түзүлүшүнө арнап жазган «Альмагест» деген китеби миң жылдан ашык мезгил бою астрономиялык билимдин жыйындысы катары колдонулуп келген. Птоломей «Альмагесте» жылдын созулуу убактысын аныктаган, айдын жана күндүн тутулуусун эсептөө ыкмаларын берген, 1028 жылдыздын каталогун киргизген, процессия кубулушун түшүндүргөн ж. б. Ага чейин Эвдокс Книдский, Гиппарх жана Аристотель тарабынан иштелип келген геоборбордук теорияны математикалык негиздөөлөр ме-

нен аягына чыгарган. Ошентип Птоломей тарабынан дүйнөнүн геоборбордук системасы түзүлгөн.

Птоломейдин системасынын негизинде эң башкылары болуп 4 божомолдор жатат:

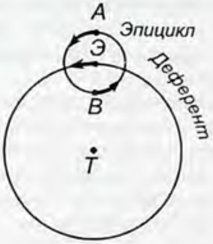
1) Жер Ааламдын борборунда турат;

2) Жер кыймылсыз абалда;

3) бардык асман телолору Жерди айлануу менен кыймылдайт;

4) асман телолорунун кыймылы айлана боюнча туруктуу ылдамдыкта б. а. бир калыпта болот.

Птоломейдин дүйнөлүк геоборбордук системасын, геометриялык көз караш боюнча, төмөндөгүдөй жөнөкөй түрдө элестетсек болот: планеталар бир калыпта айлана – *эпицикл* боюнча кыймылда болушат. Өз кезегинде алардын борбору башка айлана – *деферент* боюнча кыймылдашат. Алардын борборунда кыймылсыз абалда Жер турат. Күн менен Ай Жерди айлана *деферент* боюнча (эпициклсиз) кыймылда болушат. Күн менен Айдын деференттери планеталардын деференттери жана эпициклдары сферанын ичинде жайланышкан, анын сыртында «кыймылсыз» жылдыздар орун алышкан.



13-сүрөт

Планета өзүнүн эпициклиндеги A чекитинде болгон кезде (13-сүрөт) кыймылсыз абалдагы *T* Жерден байкоо жүргүзсөк, анда анын кыймылынын бурчтук ылдамдыгы эпициклдын *Э* борборунун деферент боюнча кыймылы менен планетанын эпицикл боюнча кыймылынын суммасына барабар.

Птоломейдин системасында Жер Ааламдын борбору болуп, анын айланасында Ай, Күн жана ошол кезде белгилүү болгон беш планета: Меркурий, Чолпон, Марс, Юпитер, Сатурн айлануу кыймылында болушкан. Ал эми сферанын эң акыркысында кыймылсыз абалда жылдыздар жайланышкан. Алар бири-бирине карата өзгөрүүсүз абалда болушуп, асманда бир бүтүн катары чогуу кыймылда болушкан. Птоломей боюнча дүйнөнүн геоборбордук системасы 14-сүрөттө берилген.

XVI кылымдын башталышында Птоломейдин системасы астрономиядагы практикалык талаптарга (деңизде сүзүү иштеринде ж. б.) жооп бере албай калган. Планеталардын абалдарын эсептөөдө бир кыйла жөнөкөй ыкмалардын

киргизилиши зарыл болгон. Ал эми ошол кездеги талапка жооп берген ыкмалар польшанын улуу илимпозу Николай Коперник тарабынан иштелип чыккан. Н. Коперниктин эмгектери жаңы астрономиянын негизин түзгөн. Ансыз азыркы кездеги астрономиянын пайда болушу да, өнүгүшү да мүмкүн эмес эле.

14-сүрөт

? 1. Эң алгач астрономия кайсы өлкөлөрдө өнүгө баштаган ?
2. Дүйнөнүн геоборбордук системасын негиздөөчүлөр кимдер болгон?
3. Птоломейдин системасынын негизинде эң башкысы болуп кандай божомолдоолор алынган ?
4. Астрономиянын өнүгүшүндө Коперниктин ролу кандай?

§ 17. Дүйнөнүн гелиоборбордук системасы жана анын калыптанышы

Жер өз огунда айланат жана Күндү айлануу менен кыймылда болот деген ойдун негизин түзгөн принципиалдуу жаңы теория польшалык улуу окумуштуу Николай Коперник (1473–1543) тарабынан иштелип чыккан. Коперник өзү сунуш кылган дүйнөнүн системасы «Асман сферасынын айлануулары жөнүндө» («О вращениях небесных сфер») аттуу китебинде толук камтылган. Бул китебинде Жердин кыймылда болуу идеясы математикалык жол менен толук иштелип чыккан жана жаңы астрономиянын башталышына негиз салган. Ал тарабынан түзүлгөн дүйнөнүн системасы *гелиоборбордук* деп аталат. Анын негизинде төмөндөгүдөй ойлор камтылган:

1) дүйнөнүн борборунда Жер эмес Күн турат (грекче – гелиос);

2) шар түрүндөгү Жер жана ага окшош келген бардык планеталар Күндүн айланасында бир багытта кыймылда болушат;

3) планеталардын Күн айланасындагы *жолдору* (планеталардын орбиталары) тегерек түрүндө;

4) планеталардын кыймыл ылдамдыктары турактуу, б. а. алардын кыймылдары бир калыптуу, бирок орбита Күнгө канча

Николай Коперник (1473–1543) – польшалык улуу астроном. Дүйнөнүн гелиоборбордук системасынын негиздөөчүсү. Коперниктин ачылышы табият илиминин жаңы багытта алга жылышына түрткү берген. Илимдин өркүндөп өсүшү үчүн Коперниктин ачылыштарынын мааниси чексиз жогору: ал жалгыз гана астрономияга эмес, бүткүл адам баласынын көз караштарына чыныгы революция жасаган.

жакын болсо, планетанын орбита боюнча болгон кыймылынын сызыктуу ылдамдыгы ошончо чоң болот жана тескерисинче;

Мындан тышкары Коперник Ай Жерди жандоочу катары айланат, ал эми Күндү жер менен чогуу айланат деп эсептеген.

Байкоолордон алынган маалыматтар боюнча Коперник, баарыдан мурда планеталар, ошонун ичинде Жер да Күндү айланта болжол менен бир эле тездикте кыймылда болушат деген жыйынтыкка келген. Меркурий менен Чолпон көрүнгөн кыймылдары боюнча Күндөн алыстабагандыктарына байланыштуу алардын мейкиндиктеги жолдору же орбиталары Жердин орбитасына караганда Күнгө жакын жайланышкан. Меркурийге караганда аралыкта айланышат. Жерге барынан жакын аралыкта Марс жайланышкан, анткени жылдыздардын арасынан анын көрүнгөн кыймылы эң эле тез.

Коперникке чейин дээрлик 15 кылым бою Жер Ааламдагы жалгыз кыймылсыз тело, жаратылыштын борбордук жана негизги бөлүгү деп эсептелип келген; диндердин бардык түрү асман жарык чыгаруучулары Жер жана адам баласы үчүн жаралган деп эсептешкен. Ал эми Коперниктин окуусу боюнча Жер – кадимки эле планета, өзү сыяктуу телолордой эле чексиз мейкиндикте кыймылда болот.

Коперниктен кийин жаратылышты изилдөө, чынында эле динден ажыраган, илимдин өсүшү гиганттык кадамдар менен алга жылган. Ошентип башталышында дин кызматкерлери Коперниктин окуусуна чыдамдуулук менен мамиле кылышкан. Ал түзгөн дүйнөнүн системасын Птоломейдин системасына караганда асмандагы жарык чыгаруучулардын аба-

лын эсептөөгө бир кыйла ыңгайлуу геометриялык схема катары эсептешкен. Бирок ошондой болсо да XVII кылымдын башталышында дин кызматкерлери Коперниктин окуусунун алар үчүн коркунучтуу экендигин түшүнүшүп, ага каршы катуу күрөш жүргүзө башташкан. 1600-жылы Римде Коперниктин окуусун биринчи улантуучу Джордано Бруно өрттөлүп жиберилген. 1633-жылы Галилео Галилей өз эмгегинен баш тартууга аргасыз болгон, анткени ал китебинде Коперниктин системасынын тууралыгын жактаган. Бирок мындай диний каршылыктар дүркүрөп өсүүдө болгон илимий иштерди токтото алган эмес. И. Кеплер (1572–1630) планеталардын кыймыл закондорун ачуу менен Коперниктин окуусун андан ары уланткан.

?

1. Дүйнөнүн гелиоборбордук системасынын артыкчылыгын түшүндүрүп бергиле?
2. Астрономиянын өнүгүшүндө Коперниктин ролу кандай болгон?
3. Коперниктин окуусуна XVII кылымдан баштап диний кызматкерлердин көз караштары кандай болгон?

§ 18. Планеталардын кыймылы жана конфигурациясы

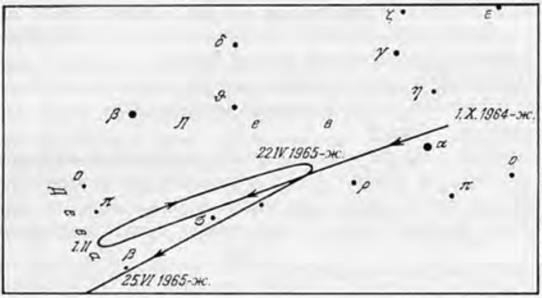
Көзгө көрүнгөн кыймылдары боюнча планеталар: *төмөнкүлөрү* (ичкилери); Меркурий, Чолпон жана *жогоркулары* (сырткылары) жерден башкалары) болуп эки группага бөлүнүшөт. Төмөнкү жана жогорку планеталардын топ жылдыздар аркылуу көзгө көрүнгөн кыймылдары ар башкача болот. Меркурий менен Чолпон асманда дайыма Күн болгон топ жылдыз да, же болбосо анын жанындагысында болушат. Бул учурда алар Күндүн чыгыш тарабында да, батыш тарабында да болушу мүмкүн, бирок 18°–28° (Меркурий) жана 45°–48°тан (Чолпон) алыс болушпайт. Планетанын Күндөн чыгышты карай эң чоң бурчтукта алысташы анын *эң жогорку чыгыштык элонгациясы*, батышка карай болгон *эң жогорку батыштык элонгациясы* деп аталат. Чыгыштык элонгация кезинде планета Күн батарындагы кечки иңирдин нурлары аркылуу батыштан көрүнөт да, Күндөн кийин бир аз убакыт өткөндө батып кетет.

Андан ары планета чыгыштан батышты карай алгач жайыраак, андан кийин ылдам кыймылда болуп, Күнгө жакындоо менен анын нурларына кабылып, көрүнбөй калат. Бул убакта планетанын Күн менен *төмөнкү кошулуусу* башталат: планета Жер менен Күндүн ортосунан өтөт. Күн менен плане-

танын эклиптикалык узундуктары барабар болот. Төмөнкү кошулуудан бир аз убакыт өткөндөн кийин планета кайрадан көрүнө баштайт.Бирок эми планета чыгыш тараптан күн чыгаар алдындагы таңкы нур аркылуу көрүнөт. Эми ал Күндөн акырындык менен алыстоодо болуп, чыгыштан батышты карай кыймылда болот. Планетанын ылдамдыгы акырындоо менен эң жогорку батыштык элонгациясына жетип кыймыл токтойт да, планета кыймыл багытын өзгөртүп, батыштан чыгышты карай кайрадан кыймылын улантат. Эми ал алгач акырындык менен, кийин катуу кыймылда болот. Күндөн алыстоосу азая берип, акырында Күндүн эртең мененки нуруна жабылып калат. Бул убакытта планета Күндүн артынан өтөт, экөөнүн тең эклиптикалык узундуктары барабар болуп планета менен Күндүн *жогорку кошулуусу* башталат. Мындан кийин белгилүү убакыттан баштап ал кечки нур аркылуу батыштан кайрадан көрүнө баштайт. Планета кайрадан батыштан чыгышты карай кыймылын баштап, акырындык менен ылдамдыгын азайта берет. Чыгыш тарапка болгон алыстоонун чегине жеткенде планета токтоп, багытын (15-сүрөт) өзгөртүү менен кыймылын батышка баштайт. Ушул сыяктуу эле кыймыл кайталана берет. Ошентип маятник өзүнүн тең салмактуу абалынын айланасында термелген сыяктуу эле, төмөнкү планеталар да Күндүн айланасында термелүүдө болгон сыяктуу кыймылда болот.

Жогорку планеталардын топ жылдыздар аркылуу болгон көрүнгөн кыймылдары башкача жүрөт. Күн баткандан кийин жогорку планета асмандын батыш тарабынан көрүнө баштаганда, ал жылдыздардын арасынан Күн сыяктуу батыштан чыгышты карай жылышат. Андан ары Күн планетадан озуп кеткенден кийин Күн чыгардын алдында ал чыгыштан көрүнө баштайт. Анын түз кыймылы (батыштан чыгышка карай) уламдан улам азая берип, планета токтоп калат да, андан кийин жылдыздардын арасы менен чыгыштан батышка карай (попяттык) кыймылда болот (15-сүрөт Марстын 1964–1965-жылдарда көрүнгөн кыймылы). Белгилүү убакыттан кийин планета кайрадан кыймылын токтотот, өз кыймылынын багытын өзгөртөт, кайрадан аны батыштан Күн «кууп» жетип, планета көрүнбөй калат, ошентип жогорудагыдай кубулуштар ушундай эле тартипте кайталана берет. Планета менен Күндүн эклиптикалык узундуктарынын айырмасы 180°ка барабар. Планетанын мындай абалы Күн менен тогошуусу деп аталат.

Күн менен планета бир эле топ жылдызда болушкан мезгилде планетанын түз кыймылынын жаасынын ортосунда алар-



15-сүрөт

дын эклиптикалык узундуктары барабар болушат. Бул абал планетанын Күн менен *кошулуусу* деп аталат.

Планетанын Күндөн чыгышты карай 90° алысташы *чыгыш квадратурасы*, ал эми батышты карай 90° алысташы – *батыш квадратурасы* деп аталат. Планеталардын попяттык кыймылдарынын жааларынын орточо маанилери төмөндөгүдөй болот: Меркурийдики –12°ка чамалаш, Чолпондуку – 16°ка чамалаш, Марстыкы –15°, Юпитердики –10°, Сатурндуку –7°, Урандыкы –4°, Нептундуку –3°, Плутондуку –2°. Жогоруда баяндап жазылгандай планеталардын Күнгө карата болгон абалдары планеталардын – конфигурациялары деп аталат.

?

1. Көзгө көрүнгөн кыймылдары боюнча планеталар кандай группаларга бөлүнүшөт?
2. Планетанын «эң жогорку чыгыштык элонгациясы» жана «эң жогорку батыштык элонгациясы» дегендердин айырмасы кандай?
3. Планеталардын конфигурацияларына түшүндүрмө бергиле?

§ 19. Планеталардын жылдыздык (сидерикалык) жана синодикалык мезгилдери

Планеталарга байкоолор Жерден жүргүзүлөт. Ал эми Жер болсо Күндү айлануу кыймылында болот. Планетанын айланбоочу инерциалдуу эсептөө системасындагы, же башкача айтканда, жылдыздарга карата айлануу мезгилин билүү үчүн Жердин бул кыймылын эсепке алуу зарылдыгы туулат.

- *Жылдыздарга карата планетанын Күндү айлануу мезгили жылдыздык же сидерикалык мезгил (T) деп аталат.*

Планета Күнгө канчалык жакын болсо, анын сызыктуу жана бурчтук ылдамдыгы ошончолук чоң жана Күндү айлануу жылдыздык мезгили кыска болот.

Планетанын *синодикалык айлануу мезгили* (S) деп анын эки удаалаш бир аттуу конфигурациялардын ортосундагы убакыт аралыгы аталат.

Жердин сидерикалык айлануу мезгили *жылдыздык жыл* ($T_{\oplus}$) деп аталат. Төмөнкү талкуулардын негизинде бул үч мезгилдердин ортосундагы жөнөкөй математикалык көз карандылыкты алууга болот. Планетанын сутка ичиндеги орбита боюнча бурчтук которулушу $\frac{360^{\circ}}{T}$ барабар, ал эми Жердики $\frac{360^{\circ}}{T_{\oplus}}$ Планета менен Жердин суткалык бурчтук которулуштарынын айырмасы планетанын сутка ичиндеги көрүнгөн жылышуусу $\frac{360^{\circ}}{S}$ болуп эсептелет. Мындан төмөнкү (ички) планеталар үчүн ($T_{\oplus}>T$ планета жерден озуп кетет):

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{T_{\oplus}} \qquad (19.1)$$

Жогорку (сырткы) планеталар үчүн

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T_{\oplus}}-\frac{1}{T} \qquad (19.2)$$

алабыз.

Бул барабардыктар *синодикалык кыймылдын* теңдемелери деп аталат.

Түздөн түз байкоолордон планеталардын синодикалык айлануу мезгилдери S жана Жердин сидерикалык айлануу мезгили, б. а. жылдыздык жыл $T_{\oplus}$ гана аныкталышы мүмкүн. Ал эми планеталардын сидерикалык айлануу мезгилдери T тиешелүү синодикалык кыймылдын теңдемесинин жардамы менен эсептелип чыгарылат. Жылдыздык жылдын узактыгы күн суткаларынын орточосуна 365,25.... барабар. Чолпон планетасы үчүн синодикалык мезгил 584 сутканы түзөт, ал эми Марстыкы болсо 780 сутка.

?

1. Жылдыздык (сидерикалык) мезгил деген эмне?
2. Планетанын синодикалык айлануу мезгили деп эмнени айтабыз?
3. Төмөнкү (ички) планеталар үчүн синодикалык кыймылдын теңдемеси кандай жазылат?
4. Жогорку (сырткы) планеталар үчүн синодикалык кыймылдын теңдемесинин айырмасы эмнеде?

§ 20. Кеплер закондору

Байыркы убактан бери асман телолору тегерек орбита боюнча кыймылда болот деп эсептеп келишкен. Коперниктин теориясында да кыймылдын тегерек түрүндө болушу күмөн саноого алып келген эмес. 17-кылымда немец окумуштуусу Кеплер (1571–1630) гана чындыгында асман телолорунун орбиталары тегерек эмес экендигин далилдей алган. Кеплер Коперниктин окуусунун негизги шарттарынын тууралыгына шек санаган эмес, бирок ал планеталардын абалдарынын алдын ала эсептөөлөр менен байкоолордун ортосунда айырмачылыктардын бар экендигин билген. Ушуга байланыштуу Кеплер алдына Коперниктин системасын жакшыртуу максатын койгон. Аны Марс планетасынын кыймылын байкоо аркылуу иш жүзүнө ашырган.

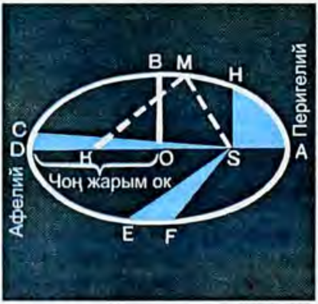
Көп жылдаган байкоолордон жана бир кыйла татаал эсептөөлөрдөн кийин Кеплер, кыймылдын тегерек боюнча болот деген жалпы адашууларына чек коюп, планета кыймылынын үч законун ачкан.

Кеплердин биринчи закону. *Бардык планеталар Күндү эллипс боюнча айланат анын бир фокусунда Күн турат.*

Эллипс деп фокус аталган эки чекитинен ар бир чекитине чейинки аралыктарынын суммасы турактуу болгон жалпак ийри туюк сызыкты айтабыз.

Бул аралыктардын суммасы эллипстин чоң огунун *DA* узундугуна барабар. *K* менен *S* фокустары, точка *O* эллипстин борбору (16-сүрөттү карагыла). Каралып жаткан сүрөттө Күн *S* фокусунда турат. $DO=OA=a$ – эллипстин чоң жарым огу. Орбитанын Күнгө жакын *A* чекити *перигелий* деп, ал эми андан эң алыскы чекит *D афелий* деп аталат. Эллипстин кысылуусу анын эксцентриситети *e* аркылуу мүнөздөлөт. Эксцентриситет фокустун борбордон болгон аралыгынын $(OK=OS=C)$ чоң жарым октун узундугуна *a* болгон катышына $e=\frac{OS}{OA}=\frac{c}{a}$ барабар. Эгер $c=0$ болсо (фокустар борбор менен дал келсе) анда $e=0$ болуп, эллипс радиусу *a* га барабар тегерекке айланат. Эксцентриситети канчалык чоң болсо, эллипстин тегеректен айырмачылыгы ошончолук чоң болот. Чолпон менен Жердин орбиталары тегерекке жакыныраак келет $(e_ч=0{,}007,\ e_ж=0{,}017)$. Ал эми башка көпчүлүк планеталардын орбиталары созулган болот (Меркурийдики $e_м=0{,}206$, Плутондуку $e_п=0{,}247$ ж. б. у. с) Планеталар эле эмес, алардын жандоочулары (спутниктери) да эллипс боюнча кыймылда болушат.

Кеплердин экинчи закону. *Планетанын радиус-вектору бирдей убакыт ичинде бирдей аянттарды сызат.* Бул закон аянттар закону деп да аталат. Планетаны Күн менен туташтырган түз сызык планетанын радиус-вектору болуп эсептелет. Эгер орбитадагы AH, CD жана EF жаалары планета тарабынан бирдей убакытта сызылса, анда SAH, SCD жана SEF аянттары барабар болушат (16-сүрөттү карагыла). Бирок, бирдей аянттарды чектеп турган AH, CD жана EF жааларынын узундуктары ар кандай, $AH>EF>CD$. Демек, планетанын кыймылынын сызыктуу ылдамдыгы анын орбитасынын ар кайсы чекиттеринде ар башка.



16-сүрөт

Планета орбита боюнча болгон кыймылында Күнгө канчалык жакын болсо, анын ылдамдыгы ошончо чоң болот. Перигелийде планетанын ылдамдыгы эң чоң мааниге жетсе, афелийде эң кичине мааниге төмөндөйт. Ошентип Кеплердин экинчи закону планетанын эллипс боюнча болгон кыймыл ылдамдыгынын сандык өзгөрүүлөрүн да аныктайт.

Кеплердин үчүнчү закону. *Планеталардын айлануу мезгилдеринин квадраттары ал планеталардын орбиталарынын чоң жарым окторунун кубдарындай катышат.* Күндү айлана кыймылда болгон эки планетаны карайбыз. a_1 жана a_2 – алардын орбиталарынын чоң жарым октору, T_1 жана T_2 – айлануу мезгилдери болсун дейли. Анда үчүнчү закондун формуласы төмөндөгүдөй болот:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{a_1^3}{a_2^3} \qquad (20.1)$$

Кеплердин бул закону планеталардын Күндөн болгон орточо аралыгын алардын жылдыздык мезгилдери менен байланыштырат жана планеталардын Күндөн болгон салыштырмалуу аралыктарын аныктоого мүмкүндүк берет.

- *Планетанын Күндү айлануу мезгили сидерикалык (же жылдыздык) мезгил деп аталат.*

Мисалы, Жердин сидерикалык мезгили 1 жылга барабар. Планетанын орбитасынын чоң жарым огу анын Күндөн болгон орточо аралыгы болуп эсептелет. Жердин Күндөн болгон

Иоган Кеплер (1571–1630). Германиялык улуу астроном, математик. Планеталардын Күндү айлануу кыймылынын законун ачкан. Коперниктин системасынын активдүү жактоочусу болгон. Өз эмгектери менен аны өркүндөткөн.

орточо аралыгы (күн орбитасынын чоң жарым огу $a_{\oplus}$) астрономияда аралыктын бирдиги катары кабыл алынып, *астрономиялык бирдик* (а. б.) деп аталат:

$$a_{\oplus}=1a.\ б.\approx 149{,}6\cdot 10^6\ км$$

б. а. бир жүз элүү миллион километрге чамалаш.

Адатта Кеплердин үчүнчү законунун формуласы боюнча эсептөөлөрдү жүргүзүүдө сидерикалык мезгилдер жылдар менен туюнтулат, ал эми планеталардын Күндөн болгон орточо аралыктары астрономиялык бирдиктер аркылуу алынат.

Кеплердин закондору планеталардын кыймылына эле эмес, ошондой эле алардын жандоочуларынын (жасалма жандоочуларынын да) кыймылдарына да колдонулат. Кеплердин закондорунун ачылышы Күн системасындагы бардык асман телолорунун кыймылдарындагы бир кыйла закон ченемдүүлүктөрүн көргөзө алды. Ошондой эле Ньютонго планеталардын кыймылдары баш ийген бүткүл дүйнөлүк тартылуу законун

$$F=-G\frac{m_1m_2}{r^2} \qquad (20.2)$$

табууга мүмкүндүк берди. Мындагы m_1 жана m_2 телолордун массалары, r – алардын ортосундагы аралык, G – гравитациялык турактуулук.

?

1. Кеплердин биринчи законун түшүндүрүп бергиле?
2. Кеплердин экинчи законунда эмне жөнүндө айтылат?
3. Кеплердин үчүнчү законун түшүндүргүлө?
4. Астрономиялык бирдик катары кандай аралык кабыл алынган?

§ 21. Күн системасындагы асман телолорунун аралыктарын жана өлчөмдөрүн аныктоо

Аралыктарды аныктоо. Кеплердин үчүнчү законун пайдаланып, бардык планеталардын Күндөн болгон орточо аралыгын астрономиялык бирдикте эсептөөгө болот. Жердин Күндөн болгон орточо аралыгын (*б. а.*1 *а. б.*) километр аркылуу аныктап, Күн системасындагы бардык планеталарга чейинки аралыктарды ушул бирдиктерде таба алабыз.

XX кылымдын 40-жылынан баштап радиотехника радиолокация аркылуу асман телоруна чейинки аралыктарды аныктоого мүмкүндүктөрдү пайда кылды. Асман телосуна кубаттуу радиосигнал жиберилет, андан кийин кайра чагылган белги (сигнал) кабыл алынат. Радиотолкундун таралуу ылдамдыгы вакуумда жарык ылдамдыгына барабар. Эгер сигналдын асман телосуна жетип, андан кайра келгенге кеткен убакыт белгилүү болсо, анда аныкталуучу аралыкты оңой эле эсептеп алууга болот. Ушундай жол менен айга чейинки аралык өткөн кылымдын кыркынчы жылдарында эле аныкталган. Радиолокациондук байкоолор Чолпон, Меркурий, Марс, Юпитер, Күнгө чейинки аралыктарды, ошондой эле астрономиялык бирдиктин чондугун тактоого да мүмкүндүктөрдү түздү. Ошентип, асман телоруна чейинки аралыктарды бүгүнкү күндөгүдөй тактыкта аныктоо жөнүндө алгачкы астрономдордун оюна да келген эмес.

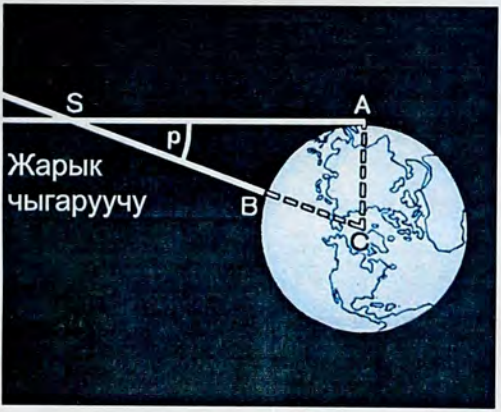
Айга орнотулган лазердик нурларды чагылдыргычты пайдалануу менен Айдын жана Жердин бетиндеги эки чекиттин ортосундагы аралыкты өтө чоң тактыкта өлчөөгө мүмкүн болот. Мындай ыкма менен өлчөөлөрдү жүргүзүү радиолокациялыкка окшош келет. Лазердик нурларды чагылдыргычтар 1970-жылы Айдын бетине кондурулган өзү жүрүүчү лаборатория «Луноход-1» ге жана америкалыктар Айга кондурган аппараттарга орнотулган.

Геометриялык бурч өлчөө жолу менен аралыктарды аныктоо классикалык ыкмага кирет. Бул ыкма менен радиолокацияны колдонууга мүмкүн болбогон алыскы жылдыздарга чейинки аралыктар аныкталат.

• *Жарык чыгаруучудан караганда көрүү нуруна перпендикуляр болгон Жердин радиусу көрүнүүчү бурч (17-сүрөт ASC бурчу) горизонталдык параллакс деп аталат.*

Жарык чыгаруучуга чейинки аралык канча алыс болсо, бурч p ошончолук кичине болот. Эгер жарык чыгаруучулардын паралаксы ченелсе, анда ага чейинки $Д=SC$ аралыгы жөнөкөй эсептелет.

17-чиймеден $\frac{AC}{SC}=\sin p=\frac{R_\oplus}{Д}$ же $Д=\frac{R_\oplus}{\sin p}$ мында $R_\oplus$ Жердин радиусу, p – горизонталдык параллакс. Жердин радиусун $R_\oplus=1$ деп алып, жарык чыгаруучуга чейинки Жердин радиусу менен туюнтулган аралыкты – $Д$ табабыз.



17-сүрөт

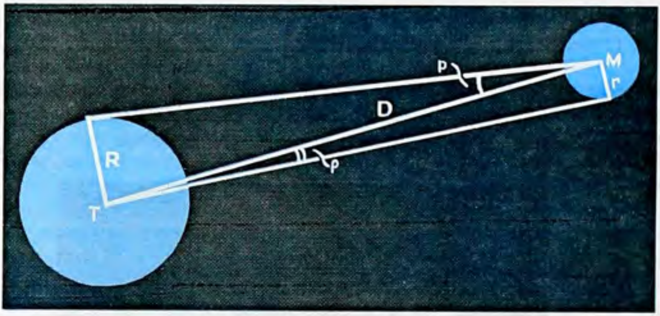
Айдын паралаксы 57′ түзөт, демек Айдан Жерге чейинки орточо аралыгы 384 400 *км*. Күндүн горизонталдык параллаксы 8,8″, Жерге чейинки аралыгы 149 600 000 *км*.

Эгер бурч p радиан аркылуу туюнтулуп кичине болсо sin$p$. Ал эми p жаанын секундасы менен туюнтулса, анда $\sin 1''=\frac{1}{206265''}$ көбөйтүүчүсү киргизилет, мында 206265 – бир радиандагы секундалардын саны. Анда

$$\sin p = p \cdot \sin 1'' = \frac{1}{206265''}.$$

Демек, параллакс p белгилүү болсо, асман телолоруна чейинки аралыкты төмөнкү формула боюнча оңой эле эсептөөгө болот:

$$Д=\frac{206265}{p}R_\oplus. \qquad (21.1)$$



18-сүрөт

Асман телолоруна чейинки аралыкты аныктоодо

$$\frac{Д}{Д_{\square}} = \frac{p_{\square}}{p} \qquad (21.2)$$

формуласы колдонулат. Мындагы $Д_{\square}$ – күнгө чейинки аралык, $P_{\square}$ – күндүн параллаксы, $Д$ – асман телосуна чейинки аралык, p – анын параллаксы.

Жарык чыгаруучунун өлчөмүн аныктоо. Асмандагы жарык чыгаруучунун сызыктуу өлчөмүн аныктоо үчүн, алгач анын радиусун, көрүп турган бурчту жана ага чейинки аралыкты өлчөш керек.

18-сүрөттө Жердин T борборунда турган байкоочу жарык чыгаруучунун сызыктуу радиусу r ди ρ бурчу боюнча көрөт, демек $Д = \frac{r}{\sin\rho}$. Ал эми горизонталдуу параллакстын аныктамасы боюнча Жердин радиусу R жарык чыгаруучу тарабынан p бурчу аркылуу көрүнөт, анда $Д = \frac{R}{\sin p}$.

Бул алынган эки барабардыктардан

$$r = \frac{\sin\rho}{\sin p} R \qquad (21.3)$$

алабыз. Эгер бурчтар ρ жана p кичине болушса, анда синустар бурчтарга пропорционалдуу болушуп, төмөндөгү барабардыктарды алабыз.

$$r = \frac{\rho}{p} R \qquad (21.4)$$

Жарык чыгаруучунун өлчөмүн аныктоочу бул ыкма жарык чыгаруучунун диски көрүнгөн учурга гана колдонулат. Эгерде бурч радиан менен туюнтулса, анда жарык чыгаруучуга чейинки *Д* аралыгын билүү менен анын сызыктуу радиусу *r* ди төмөнкү барабардык аркылуу эсептөөгө болот.

$$r = Д\sin\rho, \quad \text{же} \quad r = Д\rho$$

?

1. Асман телолоруна чейинки аралыктар кандай жолдор менен аныкталат?
2. Асман жарык чыгаруучуларына чейинки аралык горизонталдык параллакс аркылуу кандай аныкталат?
3. Жарык чыгаруучулардын өлчөмдөрү кантип аныкталат?

IV глава

КҮН СИСТЕМАСЫНДАГЫ ТЕЛОЛОРДУН ФИЗИКАЛЫК ЖАРАТЫЛЫШЫ

§ 22. Жердин кыймылы жана формасы

Жердин кыймылы. Байкоочу Жер менен чогуу мейкиндикте Күндү айланууда дээрлик тегерек боюнча кыймылда болот. Бул учурда Жерден жакынкы жылдызга карата болгон багыт өзгөрүп турат да, жакынкы жылдыз жыл бою асманда кандайдыр бир эллипсти сызгандай болот. Мындай эллипс параллактикалык деп аталып, жылдыз эклиптикага канча жакын болсо, ошончо көбүрөөк кысылган, жылдыз Жерден канча алыс болсо, өлчөмү ошончолук кичине болот. Эклиптиканын уюлундагы жылдыздын эллипси кичине айланага өтүп кетет. Параллактикалык эллипстердин чоң жарым огу жылдыздардын жылдык параллакстарына барабар. Жылдыздардын жылдык параллакстары 19-сүрөттө берилген. Ошентип, жылдыздардын жылдык параллакстарынын болушу Жердин Күндү айлануу кыймылында болуусунун далили болуп эсептелет.

19-сүрөт

• *Жылдыздардын жылдык параллаксы p деп жылдыздардан Жер орбитасынын чоң жарым огун (1 а. б. барабар болгон.) көрүүгө мүмкүн болгон бурчту айтабыз*

(Жер орбитасы көрүү нуруна перпендикуляр учурда).

Вега жылдызынын жылдык параллаксы биринчи жолу 1837-жылы орус академиги В. Я. Струве тарабынан ишенимдүү тактыкта өлчөнгөн.

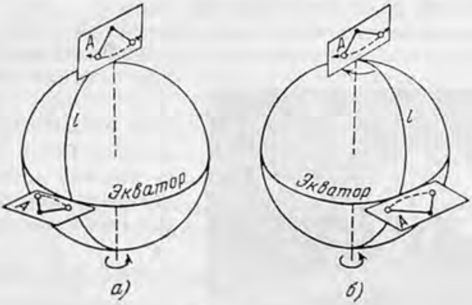
Аны менен дээрлик бир эле мезгилде германиялык Ф. Бессель (1837–1840-жылдары) жана англиялык Т. Гендерсон (1839–1840-жылдары) тарабынан дагы эки жылдыздын (анын бири α Центавр жылдызы) параллакстары аныкталган. Жылдыздардын жылдык параллакстарынын аныкталышы Жердин Күндү айлануу кыймылында болуусунун объктивдүү

далили гана болбостон, ошондой эле Ааламда асман телолорунун эбегейсиз алыс аралыкта болоорун ишенимдүү түрдө көргөзө алды.

Өз кезегинде Н. Коперник да жылдыздардын параллаксын аныктоого аракет жасап көргөн. Бирок жылдыздар Жерден эбегейсиз алыстыкта болгондуктан, ал кездеги приборлор аркылуу жылдыздардын параллакстарынын жылышуусун байкоого мүмкүндүк болгон эмес.

Ошондой эле Жер өз огунун айланасында да кыймылда болот. Аны Жер бетиндеги ар кандай кубулуштардан байкай алабыз. Жердин өз огунун айланасындагы кыймылынын өзгөчө түздөн түз, ишенимдүү жана так далили болуп, биринчи жолу француз физиги Ж. Фуко (1819–1868) тарабынан 1851-жылы физикалык маятник аркылуу жүргүзгөн тажрыйбасы эсептелет.

Фуко алгач тажрыйбасын узундугу 2 *м* маятник менен жүргүзсө, кийин абдан чоң маятник аркылуу жүргүзгөн: болот зымдын узундугу 67 *м*, анын диаметри 1,4 *мм*, илинген уч-



20-сүрөт

туу чечевицанын (оптикалык айнек) салмагы 28 *кг* болгон. Маятник толук бир термелүүнү 16 *с* жүргүзүп, 14 *м* аралыкка кыймылда болгон. Борбордон жети метр аралыкта маятниктин тегиздиги бир термелүү мезгилинде (16 *с*) 2,5 *мм*ге бурулган. Бул Жердин өз огунун айланасында кыймылда болуусунун бирден бир далили болуп эсептелет.

20-, *а*-сүрөттө Фуконун маятниги көргөзүлгөн. *А* маятниктин термелүү тегиздиги. Экинчи 20-, *б*-сүрөтүндө термелүү башталгандан белгилүү убакыттан кийин термелүү тегиздигинин жылышуусу көрүнүп турат.

Формасы. Жердин формасы шар сыяктуу десек деле анча жаңылыштык кетирген болбойбуз. Жердин экватордук радиусу 6378,16 *км*ге барабар, анын уюлдук радиусу 6356,78 *км*, б. а. ал экваторунан 21,38 *км*ге кичине. Бул болсо Жер сфероидге жакыныраак, бир аз жалпайыңкы формада дегенди билдирет.

Акыркы бир жарым кылым бою бир нече жолу жер сфероидинин элементтери аныкталып келүүдө. Фундамендалдуу аныктоолор орус окумуштуулары Ф. Н. Красовский жана А. А. Изотовдор тарабынан 1940-жылы жүргүзүлгөн. Булардын изилдөөлөрү боюнча сфероиддин Жердин айлануу огу менен дал келген кичине жарым огу b=6356,86 *км*, ал эми экватор тегиздигинде жаткан чоң жарым огу a= 6378,24 *км*ге барабар болгон. $\varepsilon = \frac{a-b}{a}$ катышы *сфероиддин жалпаюусу* деп аталып, $\frac{1}{298{,}3}$ барабар. Айга жакын аралыкта учкан «Зонд-7» (1969-жылдын август айы) аркылуу тартылып алынган Жердин көрүнүшү 21-сүрөттө берилген.

Татаал геометриялык фигура, мисалы, үч октору узундуктары боюнча айырмаланган үч октуу эллипсоид аркылуу Жердин бетинин көрүнүшүн сүрөттөп чыгуу, азырынча анча ийгиликтүү жыйынтыктарды бере элек. Ошого карабай эллипсоиддин элементтерин чыгарууда Жердин экватордук жалпаюусу $\frac{1}{30000}$ барабар деп кабыл алынган. Бул болсо Жердин эң чоң жана эң кичине экватордук радиустарынын айырмасын түзгөн, бар болгону 213 *м*ге туура келет.

21- сүрөт

Жердин жасалма жандоочусунун жардамы менен аткарылуучу көп сандаган жана ар кандай илимий маселелердин бири Жердин формасын изилдөө болуп эсептелет. ЖЖЖнин кыймылдарына байкоолорду жүргүзүү, азыркы мезгилде Жердин фигурасынын айрым элементтерин тагыраак аныктоо мүмкүндүктөрдү берди.

Ушундай изилдөөлөрдүн натыйжасында Жердин экватордук радиусунун чоңдугу катары a=6375,75 *км* алынган. Түндүк

уюлдук радиусунун чоңдугу 6355,39 *км* болуп чыкса, ал эми түштүк уюлдук радиусу 6355,36 *км* болгон, б. а. Жердин түштүк уюлу Жердин борборуна 30 *м* жакындык кылат. Жердин жалпаюусу $\varepsilon = \frac{1}{298{,}2}$ берип, Ф. Н. Красовский менен А. А. Изотовдун эллипсоидиникиндей маани сакталып калган.

Көп сандаган аныктоолордун негизинде Эл аралык астрономиялык союз 1964-жылы жер эллипсоидинин элементтеринин төмөндөгүдөй маанилерин кабыл алган:

- a=6378,16 *км*,
- b= 6356,78 *км* (эки уюлдук радиустар бирдей)

ε=1:298,25

бул чоңдуктар орус окумуштууларынын изилдөөлөрүнүн жыйынтыктарына өтө эле жакындык кылат.

Ошентип, Жердин чыныгы фигурасы сфероидден да, үч октуу эллипсоидден да айырмаланып, белгилүү болгон бир дагы математикалык фигура аркылуу элестетилбейт.

?

1. Жылдыздардын жылдык параллаксы деген эмне?
2. Жердин өз огунун айланасында айланышынын физикалык маятник аркылуу далилденишине түшүнүк бергиле?
3. Жердин формасы кандай? Сфероиддин жалпаюусу деген эмне?
4. Эл аралык астрономиялык союз жер эллипсоидин элементтери катары кандай маанилерди кабыл алган?

§ 23. Ай жөнүндө түшүнүк (физикалык шарттары, Айдын бети)

Ай Жердин табигый жандоочусу. Ал Жерге жакын асман телосу болуп эсептелет. Анын радиусу 1737 *км*ге барабар, массасы Жердин массасынан 81,3 эсе кичине, ал эми тыгыздыгы (3,35 $г/см^3$) Жердин тыгыздыгынан бир жарым эсе аздык кылат. Айдын бетиндеги эркин түшүү ылдамдануусу g=1,63 $м/с^2$, б. а. Жер бетиндегиге караганда 6 эсе кичине, демек, каалагандай нерсенин айдын бетиндеги салмагы Жердегиге караганда 6 эсе жеңил болот. Айда Күндүн куйкалаган нурларын азайтып тозуучу жана космостук нурлардан, ошондой эле майда метеорлордун агымынан коргоочу атмосфера жок. Анда булут да, суу да, тумандар да, радуга (асмандагы түстүү жаа) да жок. Айда суу бууларынын жана атмосферанын жоктугу анын бетинде жүргүзүлгөн түздөн-түз өлчөөлөрдүн негизинде

далилденген. Айдын телескоптон көрүнүшү 22-сүрөттө берилди.

Айдын бетинде күндүзгү жана түнкү температуралардын кескин өзгөрүүлөрү атмосферанын жоктугу менен эле түшүндүрүлбөйт, ошондой эле айдагы күн менен түндүн узактыгы (биздин эки жумага туура келген) да таасирин тийгизет. Айдын күн нуру тийип турган чекитинде температура +120°C барабар, ал эми анын карама-каршысындагы түнкү жарым шарында −170°C. Ай күнүнүн бирөө өткөнчө температура мына ушундай өзгөрөт!

Куралданбаган көз менен деле Айдын бетинен ачык аймактарды «материктерди» көрүүгө болот. Мындай аймактар Ай дискинин 60%ын түзөт. Калган 40% аймагын каралжын түстөгү «деңиздер» ээлейт. Ай бетиндеги айрыкча эффективдүү деталдар болуп *кратерлер* эсептелишет. Айдын көрүнгөн жагынан диаметрлери бирден жүз километрге чейинки 300 000 кратерлерди саноого болот. Беш кратердин өлчөмдөрү 200 *км* ден ашык. Альфонс кратеринин көрүнүшү 23-сүрөттө берилген. Бул сүрөт автоматтык станция аркылуу Айга жакын аралыктан тартылып алынган.

22-сүрөт

Айдын көрүнгөн капталынан 500гө жакын жаранка кетүүлөрдү байкай алабыз. Алардын айрымдарынын узундугу 300 *км*ге жетсе, туурасы 5 *км*ге чейин, тереңдиги бир нече жүздөгөн метрге жетет.

1959-жылдан баштап СССРде жана АКШ да Айды ар тараптан изилдөө максатында ар кандай түрдөгү элүүдөн ашык космостук ракеталар Айды көздөй учурулган. Айрымдары Айдын жанынан өтүп кеткен, кээ бири анын жасалма жандоочулары (спутниктери) болуп калышкан, үчүнчүлөрү Айдын бетине конуп, Жерден берилген башкаруу боюнча илимий изилдөөлөрдү жүргүзгөн. Алардын ичинде Айга конуп, андагы заттардын үлгүлөрүн алып, аны кайра Жерге жеткирүү максатындагылары да болгон. Мисалы, СССРде 1970-жылдын 12-сентябрында «Луна-16» корабли учурулган. Ал Айга жумшак конуп, андагы заттардын үлгүлөрүн Жерге алып келген. Ошол эле жылы 10-ноябрда Жерден «Луна-17» учурулуп, ал Моря Дождей аймагына биринчи «Луноходду» жеткирген. Ошондой эле 1973-жылдын 16-январында «Луна-21» айдын бетине автоматташтырылган лаборатория «Луноход-2» ни алып барган. «Луна-24» кө орнотулган бургулоо аппараты (1976-жыл-

23-сүрөт

24-сүрөт

дын 9-августунда учурулган) эки метрге жакын тереңдиктеги заттардын үлгүсүн алууга мүмкүндүк түзүп, аны Жерге жеткирген.

Айды изилдөөдө АКШнын окумуштуулары да чоң ийгиликтерге жетишишти. 1972-жылдын декабрында 1969-жылы баштаган «Аполлон» программасы ийгиликтүү иш жүзүнө ашырылды. Бул программа боюнча 12 адам Айдын бетинде 300 *саатча* болушту, анын 80 *саатын* айдагы кабинанын сыртында өткөрүштү. Айга илимий аппараттардын комплектиси-сейсмометр, магнитометр, лазердик чагылдыргычтар орнотулду.

1959-жылы советтик космостук станция Айдын жанынан учуп баратып, биринчи жолу Жерден көрүнбөгөн Айдын аркы бетин сүрөткө тартып алган (24-сүрөт). Айдын аркы бети, көрүнгөн жагынан принципиалдуу деле айырмаланбайт, бирок анда «деңиздик» чуңкурлар аз санда кездешет.

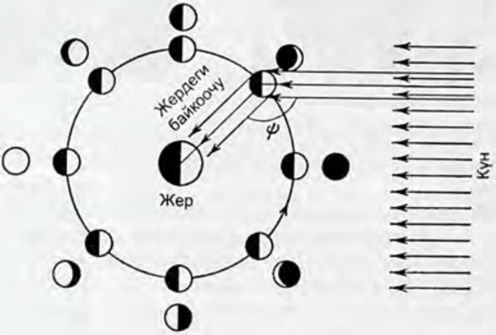
? 1. Ай жөнүндө кыскача түшүнүк бергиле?
2. Ай кратерлери жөнүндө кандай түшүнүк алдыңар?
3. Космостук ракеталардын жардамы менен Айга кандай изилдөө иштери жүргүзүлгөн?

§ 24. Ай фазалары

Айдын көрүнгөн кыймылы анын сырткы көрүнүшүнүн үзгүлтүксүз өзгөрүүсү менен өтөт. Айдын көрүнүшүнүн өзгөрүп турушу анын *фазалары* деп аталат. Бул күндөрү Ай асмандан такыр эле көрүнбөй калат. Башка күндөрү ал ичке орок, жарым айлана жана толук айлана түрүндө болуп көрүнөт. Ай фазалары, Жер сыяктуу Айдын жарык чыгарбагандыгы, ту-

нук эмес, шар түрүндөгү тело экендиги жана Жерди айлануу кыймылында Күнгө карата ар кандай абалдарда болорлугу менен түшүндүрүлөт (25-сүрөттү карагыла).

Күндүн алыстыгына байланыштуу Айга келип түшүүчү күн нурлары дээрлик жарыш (параллель) түрүндө болуп, дайыма шар түрүндөгү Айдын туп-туура жарымын жарыктандырат.



25-сүрөт

Анын экинчи жарымы караңгы боюнча калат. Бирок Жерге адатта жарык жарым шарынын бөлүгү жана караңгысынын бөлүгү гана карап тургандыктан Ай бизге толук эмес айлана түрүндө көрүнөт. Айдын дискинин караңгы бөлүгүн жарыгынан бөлүп турган сызык *терминатор* деп аталып, дайыма эллипстин жарымындай болуп турат. Күндөн Айга жана Айдан Жерге кеткен багыттардын ортосундагы ψ *бурчу фазалык бурч* деп аталат.

Бири-биринен айырмаланган айдын төрт фазасы болот. Алар акырындык менен бири-бирине төмөндөгүдөй ырааттуулукта өтөт: *айдын жаңырышы, биринчи чейрек, айдын толушу, акыркы чейрек.*

Ай жаңырган Ай Күн менен Жердин ортосунан өтөт, фазалык бурч $\psi=180°$ Айдын караңгы жагы Жерди карап, ал асмандан көрүнбөй калат. Ай жаңыргандан эки күндөн кийин Ай батыш тараптан Күн батары менен кечки иңирдин алдындагы нур аркылуу ичке орок түрүндө көрүнө баштайт. Томпок жагы Күндү караган айдын орокчо көрүнүшү, күндөн күн өткөн сайын акырындык менен кеңейе берип, болжол менен ай жаңыргандан 7 суткадан кийин жарым айлана формасына ке-

лет. Биринчи чейрек аталган фазасына өтөт. Бул убакта Ай чыгыш квадратурасында, б. а. Күндөн чыгышка карай 90° болот, фазалык бурч $\psi=90°$. Ошентип, бул учурда Айдын жарым жарыктанган жана жарым жарыктанбаган жарым шарлары Жерге караган болот. Мындай фаза учурунда Ай түндүн биринчи жарымында көрүнүп, андан кийин горизонттун ары жагына батып кетет.

Күн өткөн сайын Жерден Айдын жарыктанган жарым шарынын чоңураак бөлүктөрү көрүнө баштайт да, болжол менен биринчи чейректен 7 сутка өткөндөн кийин Айдын толушу башталып, Ай толук айлана түрүндө көрүнүп калат. Ай толгон кезде ал Күндүн карама-каршысында болуп, $\psi=0°$. Жерге Айдын бүткүл жарыктанган жарым шары караган болот. Ошондуктан Ай толугу менен түн бою асмандан көрүнүп турат. Болжол менен ал Күн баткан убакта чыгат, ал эми Күндүн чыгаар моментинде батат.

Ай толгондон кийин анын көрүнүшү кайрадан «кичирее» берет. Анын дискинин батыш тарабынан «кемий» баштайт да, ал акырындап арбый берет. Ошентип күн сайын Жерден Айдын жарыктанган жарым шарынын уламдан-улам кичине бөлүгү көрүнө баштайт. Ай толгондон болжол менен 7 күндөн кийин ал кайрадан жарым айлана түрүндө көрүнүп калат. Акыркы чейрекке келет. Бул учурда Ай батыш квадратурасында болот, $\psi=90°$. Ошентип кайрадан Айдын жарым жарыктанган жана жарым жарыктанбаган жарым шарлары Жерге караган болот. Бирок эми Ай батышка карай Күндөн 90° турган болот да, түндүн экинчи жарымынан Күн чыкканга чейин көрүнүп турат.

Акырындап Ай дискинин кемиши арбый берет, Ай кайрадан ичке орок түрүнө келип, чыгыштан Күн чыгаар алдындагы таңкы нур аркылуу көрүнө баштайт. 2–3 күндөн кийин орок түрүндөгү айдын көрүнүшү жоголот да Ай асмандан кайрадан көрүнбөй калат. Ошентип, акыркы чейректен болжол менен 7 суткадан кийин кайрадан айдын жаңырышы башталат.

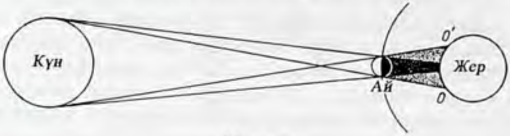
?

1. Айдын фазаларына түшүнүк бергиле?
2. Айдын жаңырыш фазасы кандай өтөт?
3. Айдын биринчи чейрек аталган фазасын түшүндүрүп бергиле?
4. Айдын толушу фазасын түшүндүрүп бергиле?
5. Айдын акыркы чейреги кандай өтөт?

§ 25. Күн жана Ай тутулуулары

Күн тутулуусу. Айдын Күндү жаап калуусу Күн тутулуулары деп аталат. Жер бетиндеги ар кандай чекиттер үчүн күн тутулуусунун түрлөрү ар кандай болот. Айдын көлөкөсүнөн пайда болгон конустун ичиндеги байкоочу үчүн гана Күн диски толук жабылат. Жер бетиндеги мындай аймактын максималдуу диаметри 270 *км*ден ашпайт. Айдын көлөкөсү түшкөн жер бетиндеги салыштырмалуу мындай кууш аймакта *толук күн тутулуу* болот.

Айдын жарым көлөкөсү түшкөн жер бетиндеги аймактарда Айдын жарым көлөкө түшүргөн конусунун ичинен *күндүн толук эмес тутулуусу* көрүнөт. Бул учурда Ай диски күн дискинин бөлүгүн гана жапкан болот. Байкоочу көлөкөнүн (конустун) огуна канча жакын болсо, Күн дискинин ошончолук чоң бөлүгү жабылат, тутулуунун фазасы да ошончо чоноёт.



26-сүрөт

Жарым көлөкөнүн конусунан тышкаркы аймакта Күн диски толугу менен көрүнүп, эч кандай тутулуулар байкалбайт.

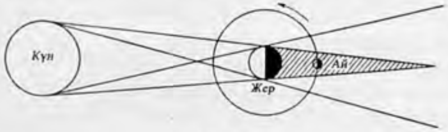
Ай менен Жердин ортосундагы аралык 405 500 *км*ден 363 300 *км*ге чейин өзгөрүп турат. Ал эми Айдан түшкөн көлөкөнүн узундугу орточо алганда 374 000 *км*ге барабар, демек айдын көлөкөсүнүн конусунун учу кээде Жер бетине чейин жетпей калат. Мындай учурда Ай көлөкөсүнүн конусунун огуна жакын байкоочу үчүн күн тутулуусу *шакек түрүндө* болуп, күн дискинин четтери тосулбай калат да, Айдын караңгы дискинин айланасында жука жаркыраган шакекче пайда болот.

Жердин ар кандай чекиттеринде күн тутулуусу ар башка убакытта болуп өтөт. Ай батыштан чыгышка карай кыймылда болгондуктан күн тутулуусу Күн дискинин батыш жаккы четинен башталат. Алгач анда радиусу Күн дискисинин радиусуна барабар болгон айлананын жаасындай формадагы кетилүү пайда болот. Андан ары кетилүү акырындап чоноё берет, Күн болсо уламдан-улам ичке орок формасына өтө берет. Качан Күн дискинин акыркы чекити жок болгондо, толук тутулуу фазасы башталат. Мындай толук тутулуу болгону

бир нече минутага – жети минутадан ашпаган убакытка гана созулат. Көпчүлүк учурларда эки-үч минутага тутулат. Андан кийин Айдын карангы диски акырындык менен Күн дискинен өтүп кетип, тутулуу бүтөт.

Ай тутулуусу. Жер Күндөн жарыктанып, өзүнүн көлөкөсүн Күнгө карама-каршы жагына түшүрөт. Күн диаметри Жер диаметринен чоң болгондуктан Жердин көлөкөсү Айдын көлөкөсү сыяктуу акырындык менен ичкерип кетүүчү конус формасында болот. Жер көлөкөсүнүн конусу айдын конусуна караганда узун болуп, анын Айга чейинки аралыктагы диаметри Айдын диаметринен 2,5 эседен көп чоңдук кылат. Айдын тутулуусунун схемасы 27-сүрөттө көргөзүлгөн.

Жерди айланта болгон кыймылында Ай жердин көлөкө конусунун ичинде болуп калышы мүмкүн. Мындай учурда айдын тутулуусу болот. Тутулуу убагында чындыгында Айга



27-сүрөт

күн жарыгы тийбей калгандыктан айдын тутулушу Жердин түнкү жарым шарынын бардык жеринен көрүнөт.

Ай батыштан чыгышка карай кыймылда болгондуктан жердин көлөкөсүнө Айдын сол жакка чети биринчи кирет. Ал жагында кетилүү пайда болуп, ал акырындык менен чоңоё берет да, Айдын көрүнгөн диски орок формасына өтөт.

Эгер Ай жердин көлөкөсүнө толугу менен кирсе, анда *Айдын толук тутулуусу* болот. Ал эми көлөкөдө Айдын бөлүгү гана болуп калса, анда тутулуу *толук эмес* түрдө өтөт. Жер көлөкөсүнүн диаметри Айга чейинки аралыкта Айдын диаметринен 2,8 эсеге чейин чоң болгондуктан, толук Ай тутулуусу дээрлик эки саатка дейре созулушу мүмкүн. Айдын тутулушу айдын толгон убагында гана болору бышык.

?

1. Толук Күн тутулуусу кандай учурда болот?
2. Күндүн толук эмес тутулуусу кандай учурда болот?
3. Айдын тутулуусун түшүндүрүп бергиле?

§ 26. Ай топурагы

Айга автоматтык станциялардын ийгиликтүү учурулушунун жана ага экспедициялардын жүргүзүлүшүнүн натыйжасында ай топурагынын механикалык касиети, анын химиялык жана минералогиялык курамдары белгилүү болуп калды. Россиянын космосту изилдөө программасында Айды автоматтык станциялар менен изилдөө да каралган. Ушуга байланыштуу Айга бир катар автоматтык планеталар аралык станциялар жумшак кондурулду, «Луноход-1» жана «Луноход-2» жеткирилди, ошондой эле жерге Айдын топурагын жеткирүүчү станциялар да («Луна-16», 1970; «Луна-20», 1972; «Луна-24», 1976) ийгиликтүү учурулду.

«Луна-16» Жерден 1970-жылдын 12-сентябрында учурулуп, Айдын Моря Изобилия аймагына жумшак кондурулган. Топуракты бургулоо жана аны атайын герметизацияланган контейнерге салуу автоматташтырылган аппараттардын жардамы менен жүргүзүлгөн. «Луна-16» ушул эле жылдын 24-сентябрында Жерге ийгиликтүү кондурулуп, ошол эле күнү алып келинген айдын топурагы окумуштуулардын колуна тийип, кылдат жана ар тараптан аны изилдөө башталган (бардыгы болуп Айдан 400 *кг* топурактын ар кандай түрлөрү (үлгүлөрү) алынып келинген).

Айдагы «дениздердеги» топурак материктердеги топуруктан айырмалуу. Дениздердеги топурак жердеги *базальттарга* – жанар тоодон пайда болгон тоо тектерине окшош келет. Материктердеги топурактарда бир кыйла ачыгыраак тектер – *анортозиттер* арбындык кылат. Айдагы базальттарда темир, кремний жана ошондой эле бизге белгилүү болгон башка химиялык элементтер көбүрөөк кездешет. Айдагы анортозиттерде алюминий жана кальций көбүрөөк камтылган. Ошентип, Айдан алынып келинген топурактардын курамында Жерден кездешүүчү химиялык элементтердин бар экендиги далилденген. Бирок алардын салыштырмалуу өлчөмдөрүндө гана бир катар өзгөрүүлөр кездешет. Мисалы, айрым жерлеринин топурактарында титан, скандия жана циркония көбүрөөк камтылса, сымап, коргошун, хлор жана бром сыяктуу элементтер азыраак санда кездешет. Платина, алтын жана күмүш аз санда болуп чыккан.

Алигиче Айдагы топурактардын бардык түрү толук изилденип бүтө элек. Ошого карабай алардын пайда болгон мөөнөтү 3,13 дөн 4,4 млрд жылга чейин экендиги байкалган. Буга караганда болжол менен Ай деле Жер пайда болгон кезде пайда болгон деген жыйынтык алынат.

28-сүрөт

Айдын үстүнкү катмары эрозия процессине туш болгон (метеориттердин урунушу ж. б.). Айдагы таштарды жука катмарда чаң баскан. Ал чаңдар Айга конгон астронавттардын бут кийимдеринин тамандарына жана скафандрларына жабышып калган.

Айдан эч кандай микроорганизмдер табылган эмес. Лабораторияда кылдаттык менен айдан алынган топурактардын пайда болуу мөөнөтү аныкталган. Алардын ичинен эң эле «жашы» деңиздердеги топурактар болуп чыккан (3 млрд жылга жакын). Ал эми айдагы материктердеги топурактар болжол менен бир миллиард жыл мурда пайда болгон деп табылган. Ошентип айдан алып келинген заттарды изилдөө айдагы топурактардын пайда болушу жөнүндөгү дагы баалуу маалыматтарды берериңде шек жок. Айдын бетине конгон астронавт 28-сүрөттө берилген.

?

1. Айдын топурагы жерге качан жана эмне менен жеткирилген?
2. Айдагы «деңиздердеги» топурак менен материктердеги топурактын айырмачылыктары эмнеде?
3. Ай менен Жердеги химиялык элементтердин айырмачылыктары кандай?
4. Айдан алынган топурактардын пайда болуу мөөнөттөрү кандай?

§ 27. Жер тибиндеги планеталардын жалпы мүнөздөмөсү жана атмосфералары

Бизге белгилүү болгондой, тогуз планета Күндү айлануу кыймылында болот. Күнгө карата аралыктары боюнча алар төмөндөгүдөй тартипте жайланышкан: Меркурий, Чолпон, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун жана Плутон. Физикалык мүнөздөмөлөрү боюнча бул тогуз планета эки груп-

пага бүлүнүшөт. Меркурий, Чолпон, Жер жана Марс планеталары окшоштуктары боюнча жер тибиндеги планеталарга киришет. Бул планеталардын баарысы өлчөмдөрү жана массалары боюнча анча чоң эмес (алардын ичинен эң эле чоңу Жер), үстүнкү беттери катуу, жер тыгыздыгы (5,52 *г/см*^{3}) жакын орточо тыгыздыкта жана Меркурийден башкалары атмосфералуу. Жер тибиндеги планеталардын физикалык мүнөздөмөлөрү негизинен родардык жана техника-космостук ыкмалар менен аныкталган.

Жер. Күндөн тарта үчүнчү планета. Экваториалдык радиусу $R_э$=6378 *км* жана орточо радиусу R_0=6371 *км* келген сфероид формасында. Россиялык жана америкалык планеталар аралык автоматтык станциялар аркылуу Жер бир нече жолу фотосүрөттөргө тартылып алынган. Анын массасы $M \sim 6 \cdot 10^{24}$ *кг*, орточо тыгыздыгы 5,52 *г/см*^{3}. Жер бетиндеги биринчи космостук ылдамдык υ_{1k}=7,91 *км/с*. Тело мындай ылдамдыкка ээ болгондо (жер бетине жакын аралыкта) Жерди тегерек орбита боюнча айлануу кыймылында болот. Экинчи космостук ылдамдык υ_{2k}=11,2 *км/с*. Мындай ылдамдыкка ээ болгон тело Жердин тартылуу күчүнөн чыгып, планета аралык мейкиндикте кыймылда болот.

Жер бетинин жалпы аянты $5{,}1007 \cdot 10^8$ *км*^{2}, анын 70,8% ын океандар менен деңиздер ээлесе, 29,2% гана кургакчылыкка таандык.

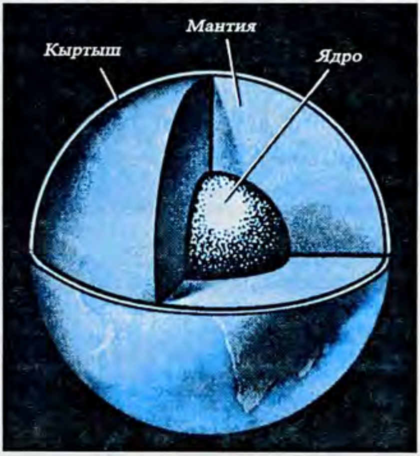
Жер атмосферасынын 75,5% азоттон, 23,1% кислороддон, ал эми калган аз бөлүгү көмүр кычкыл теги менен башка газдардын кошулмаларынан турат. Суу бууларынын өлчөмү абанын температурасына жараша өзгөрүп, орточо алганда 0,2% дан 3% га чейин болот.

Атмосферанын басымы бийиктеген сайын тез төмөндөп, бийиктик 6 *км*ге жеткенде деңиз деңгээлине караганда эки эсе ылдый түшүп кетет. Атмосферанын эң төмөнкү катмары *трофосфера* деп аталып, ал 12–18 *км*ге чейин созулат. Мындай бийиктикте температура −55°С га, ал эми атмосфералык басым 0,026 атм. чейин төмөндөйт. Тропосфера атмосферанын массасынын 80% ынан ашыгын, ал эми практика жүзүндө суу бууларынын баарын камтыйт. Анын үстүндө 50–55 *км* бийиктикке чейин *стратосфера* катмары ээлейт.

Атмосферанын жогорку катмары күндүн нурларынын таасири менен иондоштурулган, ошого байланыштуу эң үстүнкү катмар *ионосфера* деп аталат. Атмосфера Жерди көп сандаган метеордук бөлүкчөлөрдүн урунууларынан, ошондой эле зыяндуу космостук нурлардан сактайт.

Азыркы кезде океандардын астындагы жер кыртышы 6 дан 10 *км* ге, ал эми материктерде 35–70 *км* ге чейин деп эсептелет.

Кыртыштын астында *мантия* деп аталган катмар жатат. Мантиянын төмөнкү чеги болжол менен 2900 *км* тереңдикке жетет. Андан ары жердин ядросу жайланышан (29-сүрөттү карагыла).



29-сүрөт

Меркурий. Меркурий жер тибиндеги планеталардын эң кичинеси. Анын диаметри 4880 *км*, массасы жердин массасынын 0,056 түзөт, ал эми орточо тыгыздыгы 5,42 *г/см*^{3}. Америкалык планеталар аралык автоматтык станция «Маринер-10» тарабынан 1974-жылдын 29-мартында тартылып алынган Меркурийдин фотографиясы анын Ай менен окшош экендигин көргөзгөн. (30-сүрөт). Айрым кратерлердин түп жагы катууланган *лавадан* (таш көмүр сыяктуу катмардан) турат. Чоң кратерден тараган түстүү нурлар, балким, Айдагы сыяктуу, алардын айланасындагы майда бөлүкчөлүү заттардан пайда болушу мүмкүн. Планетанын бетиндеги кара түстөгү аймактар чөлдөр деп аталып, аларга байыркы грек мифологиясынын аттары коюлган. Андайларга Афродиттер чөлү, Гермес чөлү ж. б. кирет. Айдагы деңиздерге окшогон тегерек формасындагы кенен жети аймактар түздүктөр деп аталган. Алардын ичинен алтоонун өлчөмдөрү 600дөн 980 *км*ге чейин жетсе, жетинчисиники 1300 *км*ге жетип, Ысык түздүгү деп аталган. Анткени бул түздүк планетанын Күн нурунан өтө күчтүү ысый турган аймагында жайланышкан.

30-сүрөт

Радиолокациялык байкоолор Меркурийдин эң эле жай айлануусун аныкта-

ган. Анын жылдыздык суткалары, б. а. жылдыздарга салыштырмалуу огунун айланасындагы айлануу мезгили биздин 58,65 суткага барабар. Практика жүзүндө Меркурийде атмосфера жок. Ошого байланыштуу күн тийип турган жарым шары өтө ысык болот. Меркурийдин күн тике тийип турган чекитинде температураны өлчөө 400°Сден ашыкты көргөзгөн. Мындай температурада коргошун, калай, ал түгүл цинк да эрип кетет.

Чолпон. Чолпон планетасынын бетине Жерден оптикалык байкоолорду жүргүзүү өтө кыйынчылыкка турат, анткени ал дайыма булуттун каптоосунда болот (31-сүрөт). Ошого байланыштуу бул планетанын физикалык мүнөздөмөлөрү радио ыкмалар жана космостук изилдөөлөр аркылуу алынган.

Чолпондун массасы Жердин массасынын 0,815 ин түзөт, радиусу R=6050 *км*ге барабар, орточо тыгыздыгы 5,24 $г/см^3$ түзөт. Планетанын негизги изилдөө иштери 1967-жылдан 1983-жылдын аралыгында советтик (Россиялык) «Венера-4» – «Венера-16» автоматтык станциялары аркылуу жүргүзүлгөн. Изилдөөлөрдүн натыйжасында Чолпондун атмосферасынын дээрлик 96%ы көмүр кычкыл газынан, 4% чамасында азоттон, 0,002% кычкылтектен, 0,02% кем эмеси суу бууларынан турарлыгы аныкталган. Чолпон планетасына түшүрүлгөн приборлор анда магнит талаасынын бар экендигин көргөзгөн эмес, ал эми бетиндеги температура 470–480°С ге дейре жетерлигин, атмосфералык басым Жердегиге караганда 100 эсе чоң болорлугу жөнүндөгү маалымат радио аркылуу Жерге жеткирилген.

31-сүрөт

Жерден, ошондой эле планеталар аралык автоматтык станциялардын бортунан жүргүзүлгөн радиолокациялык изилдөөлөр Чолпондун бетинин рельефин аныктоого мүмкүндүк берди. Анда тоо кыркалары жана кратерлердин бар экендиги белгилүү болгон.

Чолпондун бетиндеги тоо тектериндеги радиоактивдүү калий, уран жана торийдин анализдери, алардын жердеги базальттык (жанар тоодон пайда болгон тоо теги) тоо тектерине окшош экендигин көргөзгөн. Планетанын бетине кондурулган (1975–1982) советтик автоматтык станциялардагы («Ве-

нера-9, -10, -13 жана -14») телевизиондук камералар, дүйнөдө биринчи болуп, Чолпон планетасынан таштуу аймактарды жерге көргөзгөн. Чолпондун жандоочулары (спутниктери) жок.

Марс. Марс жер тибиндеги планеталардын ичинен төртүнчүсү, диаметри боюнча болжол менен Жерден эки эсе кичине (радиусу **3386** *км*) жана массасы боюнча тогуз эсе жеңилдик кылат. Бетиндеги оордук күчүнүн ылдамдануусу 376 $см/с^2$ ка барабар. Планетанын экватору анын орбитасынын тегиздигине 24°56′ бурчуна жантайган. Бул болсо, так эле Жердикиндей болуп эсептелет. Ошого байланыштуу Марста Жердеги сыяктуу эле жылдын мезгилдеринин алмашуусу байкалат.

Телескоп менен Марстын дискине байкоо жүргүзгөндө төмөндөгүдөй деталдарды көрүүгө болот:

1. Дисктин 2/3 бөлүгүн ээлеген жарык аймактарды же материктерди. Алар кызгылт-сары түстөгү бир тектүү ачык талаа болуп эсептелет.

2. Уюлдук шапкелер – уюлдардын айланасында күзүндө пайда болуп, жайдын башталышында жок болуп кетүүчү ак тактар. Бул эң эле жакшы байкалуучу көрүнүш (деталь) болуп эсептелет.

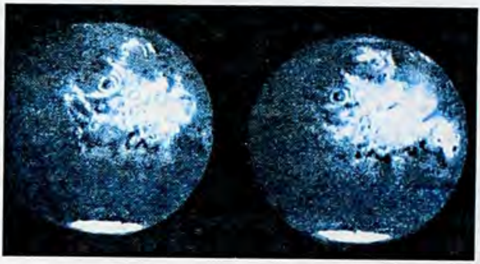
3. Дисктин 1/3 бөлүгүн ээлеген караңгы аймактар (же деңиздер). Алар чоңдуктары жана формалары боюнча ар кандай тактар түрүндө жарык аймактардын фонунда көрүнөт.

Булуттар – атмосферага жайланышкан (локализациянланган) убактылуу көрүнүштөр. Кээде алар дисктин дээрлик бөлүгүн жаап калып, байкоолорго тоскоолдук кылат.

Америкалык планеталар аралык автоматтык станциялар «Маринер-4» (1965), «Маринер-6 жана Маринер-7» (1969) Марска жакын аралыктан өтүп, ар кандай аралыктан анын көрүнүшүн сүрөткө (фотого) тартып алган. 450 000 *км*ге жакын аралыктан тартылып алынган Марстын фотосу 32-сүрөттө көргөзүлгөн.

Ошентип Марстын айланасындагы орбитага чыгарылган автоматтык станциялар лабораториялар анын атмосферасын да изилдөөгө мүмкүнчүлүктөрдү берди. Көрсө бул планетанын атмосферасы өтө суюк жана анын басымы болжол менен жердикине караганда 100 эсе аз болуп чыккан. Негизинен ал көмүр кычкыл газынан туруп, кычкылтек жана суу буулары өтө эле аз санда болот.

Марста шарттар катаал. Ал түгүл экваторунда жайында чанда эле температура 0°С ге чейин көтөрүлөт, түнкүсүн да төмөн



32-сүрөт

(−70, −100°C) түшүп кетет. Температуранын суткалык өзгөрүүсү 100−150°C чейин жетет.

Марста чаң учурган бороон-шамал кээде эле болот, эгер болсо айлап созулат. Автоматтык станциялар аркылуу анын топурагын изилдөө жердеги жана айдагы топурактар менен окшоштуктары бар экендигин көргөзгөн. Марстагы магнит талаасы жердегиден өтө эле күчсүз болуп чыккан.

Автоматтык космостук аппараттар Викинг-1 жана -2 аркылуу жүргүзүлгөн биологиялык эксперименттер Марста органикалык кошулмалардын жана жандуу организмдердин болуусу жөнүндө оң жыйынтык берген эмес.

?
1. Жер тибиндеги планеталарга кайсыл планеталар кирет?
2. Жер жөнүндө толук түшүнүк бергиле?
3. Меркурий планетасына маалымат бергиле?
4. Чолпон планетасы жөнүндө эмнени билесиңер?
5. Марс планетасы жөнүндө айтып бергиле?
6. Марс планетасынан кандай көрүнүштөрдү көрүүгө болот (телескоп менен караганда)?

§ 28. Жер тибиндеги планеталардын беттери

Биздин планетанын (Жердин) бети, анын материктери жана океандары физикалык география курсунан бизге эң эле жакшы белгилүү. Ал эми жер тибиндеги башка планеталардын беттери Жердин бетинен өтө эле айырмаланышып, баарынан мурда Айдын бетине түспөлдөш келет. Ошого байланыштуу жер тибиндеги планеталардын беттери жөнүндө сөз кылуудан мурда, Айдын бети тууралуу кыскача түшүнүккө ээ болуубуз зарыл. Андай түшүнүктү белгилүү өлчөмдө § 23төн алсак болот.

Меркурийдин бети. Меркурий Күнгө жакын болгондугуна байланыштуу байкоолорду жүргүзүү үчүн кыйынчылыктарды туудуруучу планета. Ошого байланыштуу бул планетанын картасы мурда эле белгилүү болсо да, Меркурийге жерден жүргүзүлгөн байкоолор анын бети жөнүндөгү ачык түшүнүктөрдү бере алган эмес. 1974-жылы жазында гана «Маринер-10» Меркурийге жакын аралыктан өтүп, Жерге анын биринчи сүрөтүн (фотографиясын) жиберген. Меркурийдин бети Айдын бетине эң эле окшош болуп чыккан. Айдагы сыяктуу Меркурийдеги кратерлердин бир бөлүгүнүн түбү жалпак, башкаларынын орто чени тоо сымал көтөрүлүп турат. Аныкталган кратерлердин диаметрлери бир канча жүз метрден 120 *км*ге чейин жетет. 1947-жылы эле орус окумуштуулары В. В. Фединский менен К. П. Станюкович Меркурийде метеорлордун түшүшүнөн пайда болгон кратерлердин болушу мүмкүн деген ойду алдын ала айтышкан.

Андан чейрек кылым өтпөй эле Меркурийде кратерлердин бар экендиги ачылган. 1974-жылдын сентябрында «Маринер-10» экинчи жолу Меркурийге жакын аралыктан (50 000 *км* чамасында) учуп өтүп, анын 40% га жакын беттик аянттын камтыган фотографиясын жиберген. Ошентип, Меркурийде Айдагы сыяктуу эле, метеориттер жана вулкандан пайда болгон кратердин бар экендиги далилденген.

Чолпон планетасынын бети. Туман баскан Чолпондун бети жөнүндө, азырынча маалыматтар анча деле көп эмес. Чындыгында, жерден жүргүзүлгөн радиолокациондук байкоолор анын бетинин түз эмес экендигин көргөзүп, ал түгүл планетанын картасын түзүүгө мүмкүндүк берди. Балким Чолпондо (өзгөчө анын экватордук аймагында), Айдагыга окшош көп кратерлердин болушу мүмкүн. Аныкталган кратерлердин ичинен эң эле чоңунун диаметри 160 *км*ге жетет. Илимпоздор Чолпондогу кратерлер анча терең эмес экендигин көргөзүшкөн: эң эле чоңунун тереңдиги 400 *м*ден ашпайт.

«Венера-8» станциясы аркылуу Чолпондун бетине түшүрүлгөн аппаратка орнотулган гамма-спектрометр, планетанын топурагындагы радиоактивдүүлүктү ченөөгө мүмкүндүк берди. Анда Жердин кыртышы менен мантиясындагыга караганда радиоактивдүү элементтер көбүрөөк болуп чыккан. Мына ушуга таянган орус окумуштуулары станция конгон аймактын бетиндеги тоо тектери жердеги граниттерге түспөлдүү деген жыйынтыкка келишкен.

1975-жылы октябрда советтик планеталар аралык авто-

маттык станциялар «Венера -9» жана «Венера -10» Чолпондун бетине бири-биринен 2000 *км* аралыкта жумшак кондурулган. Ошентип табышмактуу планетанын бетинин биринчи панорамасы фотосүрөткө тартылып алынып, Жерге жиберилүүгө мүмкүндүк болгон. Мындан окумуштуу-изилдөөчүлөр аска толуу талааны, көптөгөн таштарды байкай алышкан. Негизинен алганда планетанын фигурасы Жердегиге караганда жылмараак келет. Чолпондун микрорельефи Айга караганда тегиз. Бир кыйла кыйынчылыктарга карабай Чолпон планетасынын бети жөнүндөгү азырынча алынган маалыматтар ушулар.

Марстын бети. Ээн талаага окшогон кызгылт жарык аймактар («материктер») планетанын 2/3 бөлүгүн ээлейт. Телескоптон уюлдарга жакын аралыктан уюлдук шапкелерди көрүүгө болот. Алардын аянты жазында жана жайында белгилүү өлчөмдө кичирейип турат. Марста суу эң эле аз. Катуу шамал болгон учурларда эбегейсиз массадагы чаңдар планетанын атмосферасына көтөрүлөт. Мындай чаңдар планетанын бетин Жерден кароого көпчүлүк учурларда тоскоол болот. 1971-жылдын аягында болгон эбегейсиз катуу бороон (акыркы жүз жыл ичиндеги эң күчтүү) «Марс-3» жана «Маринер-9» станцияларындагы изилдөөлөргө жана эксперименттерге чоң тосколдуктарды келтирген.

Марстан Айдагы сыяктуу көптөгөн кратерлердин болушу аны изилдөөчүлөр үчүн күтүүсүз ачылыш болгон. Америкалык «Маринер» (1965–1972) жана советтик «Марс» (1971–1974) станцияларынын бортторунан Жерге берилген сүрөттөрдөн анча чоң эмес, ошондой эле өтө чоң кратерлер (диаметри боюнча жүздөгөн километр) көрүнгөн.

Марстын рельефин дыкаттык менен жүргүзүлгөн изилдөөлөр анын Айдыкы менен окшоштуктары эле болбостон, ошондой эле чоң айырмачылыктарынын да бар экендигин көргөздү. Марстагы кратер Ай менен Меркурийдеги кратерлерден айырмаланып, узак убакыттар бою күчтүү шамал эрозиясына туш болушкан. Кратерлер Марстын эле бетинде болбостон, анын жандоочуларында да бар. Марстын жандоочуларында атмосфера жок. Ошого байланыштуу Марстагы кратерлерди кыйратуучу шамал эрозиясы анын жандоочуларындагы кратерге таасирин тийгизе албайт.

Кратерлер Марстын бетинин түз эместигинин жалгыз эле көрсөткүчү эмес: радиолокациондук жана спектроскопиялык байкоолор Марста созулган кырлардын жана ойдуңдардын бар экендигин көргөзгөн. Алардын салыштырмалуу бийиктиктери орточо эсеп менен 10–15 *км*ди түзөт.

1. Меркурий планетасынын бетинин түзүлүшү кандай?
2. Чолпон планетасынын бетинин түзүлүшү жөнүндө эмнени билесиңер?
3. Марс планетасынын бети эмнеси менен өзгөчөлөнөт?

§ 29. Гигант планета, анын жалпы мүнөздөмөсү жана өзгөчөлүктөрү

Гигант планеталарга Юпитер, Сатурн, Уран жана Нептун кирет. Плутон азырынча анча толук изилденип бүтө элек, өлчөмү жана массасы боюнча ал жер тибиндеги планеталарга жакындык кылат (2007-жылы Прага шаарында өткөн бүткүл дүйнөлүк астрономдордун жыйынында Плутон көпчүлүк добуш менен планеталардын катарынан чыгарылгандыгы жөнүндө массалык маалымат каражаттарында билдирилген эле).

Төрт гигант планетанын ичинен баарынан жакшы изилденгени Юпитер болуп эсептелет. Юпитер бул группанын эң чоң планетасы, гигант планеталардан бизге жана Күнгө жакыны. Юпитердин айлануу огу анын орбитасынын тегиздигине дээрлик перпендикуляр, ошого байланыштуу анда жарыктануу шартынын мезгилдүү (сезондук) өзгөрүүсү болбойт.

Бардык гигант планеталардын огунун айланасында айлануулары өтө эле тез, ал эми тыгыздыктары аз. Бардык гигант планеталар калың катмарлуу атмосфера менен курчалган, биз алардан калкып жүргөн булуттарды гана көрө алабыз. Юпитердеги булуттардын тилкесин начар телескоп менен да көрүүгө болот. Юпитер уюлдарга канча жакын болсо, ошончолук жайыраак айланат. Экватордо айлануу мезгили 9 *саат* 50 *мин*, ал эми ортонку кендиктерде бир нече минута көбүрөөк. Башка гигант планеталар да ушул сыяктуу айланууларды жасашат.

Гигант планеталар Күндөн алыс болгондуктан алардын температуралары өтө эле төмөн: Юпитерде −145°C , Сатурнда −180°C, Уран менен Нептунда андан да төмөн. Гигант планеталардын атмосфералары негизинен молекулярдык суутегин камтыйт, анда метан бар. Юпитер менен Сатурндун атмосфераларынан аммияк да табылган. Ар кандай планеталардын атмосферасындагы болуучу процесстерди окуп үйрөнүү жердеги метеорология менен климатологияга пайдалуу.

Суутеги менен гелийден турган чоң планеталардын моделдери теориялык жактан тургузулуп бүткөн. Юпитердин ички түзүлүшүнүн моделинин эсептөөлөрү борборго жакындоо менен суутеги иреттүү түрдө газ абалында, газ-суюктук жана суюктук фазалары аркылуу өтөрлүгүн көргөзгөн. Планетанын температура бир нече миң кельвинге жеткен борборунда металлдардан, силикаттардан жана металлдык фазадагы суутегинен турган суюк түрдөгү ядро жайланышкан. 1975-жылы металлдык фазадагы суутегин эксперимент жүзүндө лабораторияда алууга мүмкүндүк болгон. Бул болсо гигант планеталардын ички түзүлүштөрүнө жүргүзүлгөн теориялык эсептөөлөрдүн тууралыгынын далили болуп эсептелет.

Магнит талаасынын барына байланыштуу Юпитер Жер сыяктуу радиациялык курчоого ээ. Анын магнитосферасы чоң төрт жандоочуларын камтуу менен миллиондогон километрлерге дейре созулат. Юпитер радио нурдантуунун булагы болуп эсептелет.

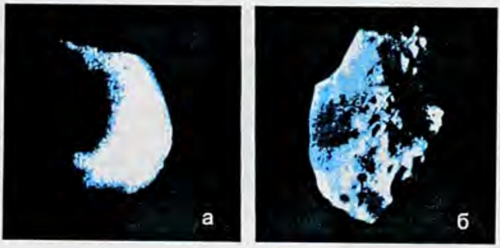
Гигант планеталардын өзгөчөлүктөрүнө Урандын өз огунун айланасындагы айлануусун айтсак болот. Ал Чолпон сыяктуу калган планеталардын айлануу багыттарына карамакаршы багытта айланат. Андан тышкары ал капталына жатып алгандай болуп айланат. Ошого байланыштуу бул планетанын бетинин жарыктануу шарттарында жыл бою бир кыйла өзгөрүүлөр болот.

1. Гигант планеталарына кайсыл планеталар кирет?
2. Гигант планеталардын ичинен кайсынысы көбүрөөк изилденген жана анын өзгөчөлүгү кандай?
3. Гигант планеталардын өзгөчөлүктөрү кандай?

§ 30. Планеталардын жандоочулары жана шакектери

Меркурий менен Чолпондун жандоочулары жок. Жердин жалгыз жандоочусу бар ал – Ай. Ал диаметри боюнча Жерден болгону 4 эсе кичине. Плутондун бир эле жандоочусу Харон бар экендиги аныкталган. Анын өлчөмү планетанын өзүнөн 2 эсе кичинелик кылат. Марстын эки жандоочусу – Фобос жана Деймос бар (33-сүрөт; *а*) Деймос, *б*) Фобос).

Калган планеталардын жандоочулары көп, бирок алар өздөрүнүн планеталарынан алда канчалык кичинелик кылат. Гигант планеталарга жакын аралыктан учуп өткөн дээрлик космостук аппараттардын ар бири, алардан мурда белгилүү болбогон анча чоң эмес өлчөмдөрдөгү жандоочуларды табыш-



33-сүрөт

кан. Мисалга Урандын эле акыркы убактарда дагы сегиз жандоочусу табылган.

Сатурндун жандоочусу – Титан жана Юпитердин үчүнчү жандоочусу – Ганимед эң чоң жандоочтор болуп эсептелишет. Алар диаметрлери боюнча Айдан 1,5 эсе чоң жана Меркурийден бир аз чоңдук кылат. Жандоочунун ичинен жалгыз Титан гана негизинен азоттон турган калың катмарлуу атмосферага ээ.

Планеталар аралык автоматтык станциялардын жардамы менен жакын аралыктан Марстын жандоочуларынын жана гигант планеталардын жандоочуларынын көпчүлүгүнүн ачык даана фотографияларын алууга мүмкүн болгон. Алардын беттериндеги көптөгөн деталдарды: кратерлерди, жарылган, айрым тегиз эмес жерлерди көрүүгө болот. Бардык жандоочулар, ал түгүл өлчөмү 20 *км* ге жакын болгон Марстын жандоочусу да негизинен урулуудан (метеориттер) пайда болгон кратерлер менен жабылган. Юпитердин эң чоң төрт жандоочусун призмалуу дүрбү (турнабай) менен да карап көрүүгө болот. Ал эми телескоп менен бир нече саат карап турсак, жандоочулардын белгилүү аралыкка жылышууларын да байкай алабыз.

Жандоочулардын ичинен көпчүлүгү өзгөчө кыймылда болушат: мисалы, Марс өз огунун айланасында бир айлангыча Фобос Марсты үч эсе айланат. Марстын жандоочулары анын бетине жакын аралыкта айланууда болушат. Фобос Марстын бетине анын диаметринен кичине аралыкта жайланышкан.

Юпитер менен Сатурндун алыс аралыктагы жандоочулары эң эле майда болушуп, белгилүү бир формага ээ эмес, алардын айрымдары планеталардын өздөрү айланган багытка карама-каршы жакка айланышат. Урандын жандоочуларынын орбиталарынын тегиздиктери планетанын экваторунун тегиз-

А. А. Белопольский (1854–1934). Орус астроному, астрономиялык объектилерди спектралдык изилдөөлөрдүн ыкмаларын негиздөөчүлөрдүн бири. Доплер эффектисин эксперимент жүзүндө далилдеген жана көп сандагы жылдыздардын нурдук ылдамдыктарына толуктоолорду киргизген. Сатурндун шакегинин айлануусун изилдеген жана алардын майда космостук телолордон турарын далилдеген.

дигине жакындык кылат, ошого байланыштуу анын орбитасынын тегиздигине дээрлик перпендикуляр болушат.

Гигант планеталар үчүн көп сандагы жандоочулардын болушу эле мүнөздүү эмес, ошондой эле алар шакектерге да ээ. Бирок Жерден телескоп менен Сатурнду курчап турган, калыңдыгы бир нече жүз метрден чоң болбогон шакектерди гана көрүүгө болот. Айрым шакектердин туурасы жер шарынын диаметринен бир нече эсе чоңдук кылат. Сатурн планетасынын шакегинин ар кандай көрүнүштөрү 34-сүрөттө берилген. Орус окумуштуусу А. А. Белопольский Сатурндун шакегинин спектрин изилдеп, Сатурндун шакеги туташ эмес, көптөгөн майда бөлүкчөлөрдөн турат деген теориялык жыйынтыктын тууралыгын далилдеген. Сатурнга учурулган автоматтык станциялар аркылуу алынган сүрөттөр (фотографиялар) анын шакеги ортолору караңгы тилкелер менен ажыраган бир нече жүздөгөн айрым ичке «шакекчелерден» турарын көргөзгөн. Шакектин мындай түзүлүштө болушу шакекти түзүүчү заттардын бөлүкчөлөрүнө планетанын көптөгөн жандоочуларынын гравитациялык таасирине байланыштуу деп болжолдонот. Кийинчерээк Уран менен Юпитердин айланасынан да эң эле жука, начар байкалуучу шакектер табылган. Алар ачыктыктары боюнча Сатурндун шакектеринен бир кыйла төмөндүк кылы-

34-сүрөт

шат. Алардын чоң планеталардын айланасында болорлугу орус илимпозу С. К. Всехсвятских тарабынан 1960-жылы алдын ала айтылган эле. Ал эми 1979-жылдын 4-мартында «Вояджер-1», ал эми ошол эле 1979-жылдын 10-июлунда «Вояджер-2» тарабынан шакек сүрөткө (фотого) тартылып алынган. Шакектин тышкы радиусу 126 000 *км*ге жакын, Шакек эң эле жука, Жерге кырынан караган, ошого байланыштуу Жерден көрүнбөйт.

?
1. Жандоочулары жок планеталар барбы, алар кайсылар?
2. Планеталардын эң чоң жандоочулары кайсылар?
3. Планеталардын шакектери жөнүндө эмнени билесиңер?

§ 31. Астероиддер (майда планеталар), метеориттер жана кометалар

Астероиддер. Италиялык астроном Дж. Пиацци (1746–1826) 1801-жылдын 1-январында астрономиялык байкоолорду жүргүзүп жатып, Букачар (Телец) топ жылдызы боюнча акырын кыймылда болгон жылдыз сыяктуу объектинин бар экендигин аныктаган. К. Гаусс (1777–1855) анын орбитасын эсептеп чыккан, ал күндү эллипс боюнча айланууда болуп, жарым чоң огу 2,77 *а. б*-ке, эксцентриситети e=0,08 барабар болгон. Ошентип, өтө эле кичине өлчөмгө ээ болгон планета ачылган. Аны *Церера* деп аташкан.Андан көп өтпөй эле ушул сыяктуу дагы үч планеталар – *Паллада, Веста жана Юнона* табылган. XIX кылым бою мындай планеталардын саны акырындап көбөйө берген. Аларды астероиддер (грекче «жылдызга окшош» дегенди билдирет) же кичине планеталар деп аташкан. XIX кылымдын аягынан баштап, астероиддерди издөөгө сүрөт (фотография) колдонула баштаган. Азыркы мезгилде 1800 астероиддердин орбиталары белгилүү, алардын ичинен эң эле жарыгы Веста.

Биринчи төрт астероиддердин гана диаметрлерин аныктоого мүмкүн болгон. Алардын ичинен эң эле чоңу Цереранықы (780 *км*), эң эле кичинеси Юнонаныкы (200 *км*) болуп чыккан. Кичине астероиддердин көпчүлүгү Күндөн орточо аралыктарда 2,2 а. б. менен 3,6 а. б. ортосунда, б. а. Марс менен Юпитердин орбиталарынын ортолорунда кыймылда болушат. Бул зона астероиддердин алкагы деп аталат. Көпчүлүк астероиддердин (97%) орбиталарынын эксцентриситеттери 0,3төн кичине. Бирок орбиталары астероиддердин алкагынан бир кыйла чыгып кеткен майда планеталар да болот.

Планеталар аралык мейкиндикте астероид сыяктуу телолордун саны эң эле көп болуу керек, биз алардын ичинен чоңдорун гана байкай алабыз. Мындай телолор өз ара кагылышып талкаланышат, майда бөлүкчөлөргө ажырашышат, ошонун негизинде планеталар аралык мейкиндикти ар кандай өлчөмдөрдөгү катуу сыныктар ээлеген. Алардын айрымдары Жерге урунуп, анын бетине метеориттер түрүндө түшүшөт.

Астероиддердин Күндөн болгон аралыгынын орточо маанисин эсептөөдө XVIII кылымда эле планеталардын ушундай аралыктарын аныктоого колдонулуп келген Тициус-Боде эрежесин колдонсок болот. Ал эреже боюнча

$$a = 0{,}1(3 \cdot 2^{n}+4) \text{ а. б.} \qquad (31.1)$$

Мында, a – Күндөн болгон орточо аралык, астрономиялык бирдик боюнча; n – ар бир планета үчүн өзүнчө маанилерге ээ, мисалга Меркурий үчүн $n=\infty$ Чолпон үчүн $n=0$, Жер үчүн $n=1$, Марс үчүн $n=2$, астероиддер үчүн $n=3$, ал эми калган планеталар үчүн ирети менен бирге чоңоё берет. Ошондо астероиддер үчүн эсептелген аралык 2,8 *а. б.* болуп чыкса, чыныгы аралыктары 2,2 *а. б.* менен 3,6 *а. б.* ортосун, *б. а.* 2,9 *а. б.* түзөт.

Жаңы астероиддер жыл сайын ачылып турат. Мындай ачылыштарды жасаган астрономдор ага кандай аталышты берерди өздөрү билишет. Бирок алар сунуш кылынган аталыштар Эл аралык комитет тарабынан бекитилиши керек. Көпчүлүк учурларда астероиддерге көрүнүктүү илимпоздордун, баатырлардын ж. б. аттары коюлат. Мисалы, 1978-жылы ачылган астероидге астрономия окуу китебинин автору *Воронвелиянын* ысымы берилген.

Метеориттер. Планеталар аралык мейкиндикте чаңдардан тышкары өлчөмдөрү сантиметрден ондогон метрлерге чейинки көптөгөн катуу телолор кыймылда болушат. Кийинки жылдары аларга жалпысынан *метеориттер* деген ат берилген. Алар Жерге жакындаганда анын атмосферасына кирип, анда жаркыраган *болиддер* кубулушун пайда кылат. Мындай учурларда метеориттердин беттери 2500–3000°С ге чейин ысып, эрип жана бууланып кетет. Майда метеориттер толугу менен жок болуп кетишет, ал эми чоңдору өзүнүн массасынын 90% жок кылып, баары бир жер бетине жетет. Жерге келип түшкөндөрү *метеориттер* деп аталышат. Орто эсеп менен 40 миң метеориттердин ичинен бирөө гана жердин бетине түшүп, метеорит болуп калат.

Азырынча анча көп эмес метеориттердин орбиталарын аныктоого гана мүмкүндүктөр болду. Алардын ичинен 45 ор-

бита орус астрофизиги А. Н. Симоненко тарабынан эсептелип чыккан. Бул орбиталар метеориттер астероиддердин алкагынан келгендигин күбөлөндүрөт. Эми метеориттер чоң эмес астероиддердин бири-бири менен урунушкандарынан кийинки сыныктары деп ишенимдүү түрдө айта алабыз. Көпчүлүк метеориттердин Жер атмосферасына кирүүдөгү ылдамдыктары 11ден 25 *км/с* чейин жетсе, метеориттердин Жердин бетине түшүү ылдамдыгы 700–900 *м/с* чамасында. Азыркы мезгилге чейин дүйнө жүзү боюнча массалары бир нече ондогон тоннадан бир нече граммга чейинки 3000ге

35-сүрөт

36-сүрөт

чамалаш метеориттер чогултулган. Эң чоң Гоба темир метеорити 1920-жылы Түштүк-Батыш Африкасындагы Намибинин аймагындагы Гобабис шаарынын жанынан табылган. Ал 3×3 *м* өлчөмүндөгү плита формасында болуп, калыңдыгы 0,9 дан 1 *м* ге чейин, массасы 60 *т* болгон. Мурдагы СССРде дээрлик 180 метеориттер чогултулган.

Түзүлүштөрү жана негизги химиялык курамы боюнча метеориттер негизинен төмөнкү үч чоң топко (группага) биригишкен: таштуу (92%), темир таштуу (2%) жана темирлүү (4%) (35-сүрөттө темирлүү метеорит көрсөтүлгөн).

Таштуу метеориттер орточо алганда 47% кычкылтектен, 21% кремнийден, 16% темирден, 14% магнийден жана 2% башка химиялык элементтердин кошулмасынан турат. Темир таштуусу 55% темирден, 19% кычкылтектен, 12% магнийден жана 8% кремнийден турса, темирлүү метеориттерди 91% ке темир, 8% ке никель түзөт.

Метеориттен Жерде белгилүү болбогон бир дагы жаңы химиялык элемент табылган эмес. Бул болсо Жерде жана андан

тышкаркы асман телолорунда заттардын бирдей болоорун толук далили болуп эсептелет.

Түзүлүштөрү боюнча бекем эмес таштуу метеороиддер Жердин аба катмарына киргенде майдаланып кетип, жер бетине метеориттик жаан – ар кандай өлчөмдөгү сыныктар түшөт. Кээде жетишерлик жогорку ылдамдыкта болсо, темирлүү метеориттер деле майдаланып кетет. Буга мисал катары 1947-жылдын 12-февралда Ыраакы Чыгыштагы Сихотэ-Алин тоо кыркаларынын аймагына түшкөн Сихотэ-Алин метеордук жаанды алсак болот (36-сүрөттө ушул Сихотэ-Алин метеоритинин бир сыныгы көрсөтүлгөн).

Метеориттер Жерге эле түшүшпөйт, башка планеталар менен алардын жандоочуларына да түшүшөт. 1948-жылы орус окумуштуулары В. В. Федынский менен К. П. Станюкович планеталар менен жандоочулардын беттерине (атмосфера жок болгондорунда) чоң ылдамдык менен түшүүчү кичине метеорлор да жарылып кетишип, анда аябагандай чоң өлчөмдөгү кратерлерди пайда кыларлыгын далилдешкен.

Кометалар. «Комета» деген сөз грекчеден которгондо «узун чачтуу, «куйруктуу» дегенди билдирет. 1982-жылдын башталышына карата 1100дөн көбүрөөк көрүнгөн кометалар катталган. Орто эсеп менен жылына онго жакын кометалар байкалат, 1977-жылы бул сан рекорддук мааниге – 25ке жеткен, бирок анын он беши мурда байкалгандар, ал эми ону биринчи жолу табылган. Куралданбаган көз менен жакшы көрүүгө мүмкүн болгондору жүз жыл ичинде 5–6 гана комета болот.

37-сүрөт

Көпчүлүк кометалардын орбиталары өтө эле созулган эллипс түрүндө болот. Ушундай орбиталар боюнча кыймылда болуу менен кометалардын перигелийлери Күнгө (Жерге да) жакын келип, ал эми афелийи жүз миңдеген астрономиялык бирдикке чейин алыстыкка кетет (эң алыскы Плутондун орбитасынан да чыгып кеткен учурлар болот). Күндү айлануу мезгили анча чоң болбогон кометалар да белгилүү. *Энке* кометасынын айлануу мезгили эң эле кыска (3,3 жыл). Күнгө көп жолу жакын аралыкка чейин келген Галлей комета-

сы. Бул асман телосу аны 1682-жылдын 15-августунда ачкан, И. Ньютондун замандашы, окуучусу Эдмунд Галлейдин урматына анын атынан аталган. И. Ньютондун сунушу боюнча, ал 1337-жылдын 1698-жылга чейин табылган 24 жарык кометалардын орбиталарынын элементтерин эсептеп чыгып, алынган жыйынтыктарды 1705-жылы басмадан чыгарган. 1531, 1607, 1682-жылдардагы кометалардын орбиталарынын окшоштуктарын байкап, Галлей бул жылдары Күндү үч ар башка эмес бир эле комета айланууда болгон деген жыйынтыкка келген. Галлей бул комета 1758-жылы кайрадан Күнгө жакын аралыкка келет деп алдын ала айтканы далилденип, ал кометаны 1758-жылдын 25-декабрында көрүүгө мүмкүн болгон. Галлей кометасынын 1986-жылдын 3-январында тартылып алынган фотографиясы 37-сүрөттө көрсөтүлгөн. Галлейдин кайрадан Күнгө жакын аралыкка келиши, эсептөөлөр боюнча, 2061-жылга туура келет.

Кометаларды *ядросу*, *башы* жана *куйругу* деп үчкө ажыратууга болот. Баштарынын диаметри кээде көптөгөн миң километрлерге жетсе, куйруктары Күн жагынан башталып ондогон жана жүздөгөн миллион километрге созулат (38-сүрөт).

Ошондой болгону менен кометалардын массалары кичине болот. Кометалардын планеталар менен жакын аралыкта болгон учурларына байкоолорду жүргүзүү аркылуу, астрономдор алардын массасы Жердин массасынын 10^{-6} тартибине чамалаш экендигин такташкан. Дээрлик бүткүл массасы кометалардын баштарынын борбордук бөлүгүнө, анын ядросуна топтолгон. Кометалардын ядролору өлчөмдөрү боюнча, анча чоң эмес астероиддерге чамалаш келет. Ядрону каптаган заттар, өзгөчө кометалардын куйруктарын түзгөн заттар, эң эле суюк түрдө болот. Кометалардын ядросу убакыттын өтүшү менен ажыроого туш келет. Кометалардын куйруктары, алар Күндөн али алыс аралыкта болгон мезгилден баштап эле күндүн нурдантуусу менен пайда боло баштайт. Алардын химиялык курамы жөнүндөгү маалыматтар кометалардын баштарындагы жана куйруктарындагы газдардын спектрлерине жүргүзүлгөн талдоонун (анализдин) негизинде алынат.

38-сүрөт

Россиялык жана америкалык планеталар аралык автоматтык станциялар кометалардын (Галлей, Вартанина ж. б.) ядролорунан алыс эмес аралыктардан учуп өтүшүп, алардын сүрөттөрүн (фотографияларын) Жерге жиберген. Анча чоң эмес кометанын ядросунун жана көпчүлүк астероиддин массасы салыштырмалуу кичине болгондуктан алардын Жер менен кагылышуусу коркунучту туудурбайт. 1994-жылы бүткүл дүйнөнүн астрономдору Шумейкера – Леви-9 кометасынын Юпитер менен кагылышканын байкашкан. Анда эгер ушул кагылышуу Жер менен болсо эмне болот эле деген да ой жүгүртүүлөр болгон. Ошого байланыштуу илимий чөйрөдө *астероид-комета коркунуч* проблемасы активдүү талкууланууда. Илимпоздор мындай кагылышууну кокусунан болтурбоо жагынан бир кыйла иштерди жүргүзүүдө. Ал үчүн андай астероид менен кометалардын кыймыл траекторияларынын багытын өзгөртүү же ракеталардын жардамы менен аларды жок кылуу пландары иштелүүдө.

?

1. Астероиддерге түшүнүк бергиле?
2. Астероиддердин алкагы деген эмне?
3. Тициус-Боде эрежеси эмнеге колдонулат?
4. Метеорит деген эмне?
5. Метеориттер кантип пайда болот?
6. Түзүлүштөрү жана негизги химиялык курамы боюнча метеориттер канча жана кандай топторго (группаларга) биригишкен?
7. Кометаларга түшүнүк бергиле?

V глава

КҮН ЖАНА ЖЫЛДЫЗДАР

§ 32. Күн жөнүндө жалпы түшүнүк

Күн – Жерге жакынкы аралыкта жайланышкан кадимки эле жылдыз. Ал бизге жакын болуу менен, Жер бетине жылуулук, жарык берип, биздин планетадагы жашоо тиричилигинин булагы болуп эсептелет. Күн системасындагы борбордук жана эң чоң тело. Анын массасы бардык планеталардын массасын бириктирип алгандагыдан 750 эсе чоң жана Жердин массасынан 333 миң эсе чондук кылат. Диаметри Жердин экваторунун диаметринен 109 эсе узун, башкача айтканда болжол менен 1 400 000 *км*. Күндүн бетиндеги эркин түшүүнүн ылдамдануусу 273,98 $м/с^2$ барабар. Өтө зор Күн шары бизге кичине гана болуп көрүнгөнсүйт, анткени ал бизден 150 млн *км* алыстыкта турат.

Күн – энергиянын эң кубаттуу булагы. Өзүнөн бардык тарапка энергияны үзгүлтүксүз электр-магниттик толкун түрүндө таратып турат. Бул нурдантуу Күн системасындагы бардык телолорго өтө күчтүү таасирин тийгизет, жылуулуктун жана жарыктын булагы болуп эсептелет. Жер атмосферасынын сыртында Күн нуруна перпендикулярдуу жайланышкан 1 $м^2$ аянтка 1,36 *кВт* Күн нурунун энергиясы туура келет. Бул санды радиусу Жерден Күнгө чейинки аралыкка барабар болгон шардын бетинин аянтына көбөйтүү менен Күндүн толук нурдантуусунун кубаттуулугу $4 \cdot 10^{23}$ *кВт* ка чамалаш экендигин билебиз. Жер Күндүн энергиясынын болжол менен $1/(2 \cdot 10^9)$ бөлүгүн гана өзүнө ала алат. Ушул энергиянын эсебинен аба, суу ысып, бууга айланып, суу менен абанын тынымсыз бирибирине өтүп туруусу камсыз болот. Дарыялардын агышы, жаандын жаашы жана ушуга окшогон башка кубулуштар Жерге Күн энергиясынын үзгүлтүксүз келип турушунун натыйжасы. Күн энергиясынын көп бөлүгү планеталардан сырткары мейкиндигине тарап кетет.

Күн башка жылдыздарга караганда толугураак изилденген орточо өлчөмдөгү жылдыз. Күндүн массасы $2 \cdot 10^{30}$ *кг*, орточо тыгыздыгы $14 \cdot 10^3$ $кг/м^3$ жана көлөмү $1,41 \cdot 10^{27}$ $см^3$. Күндүн сырткы катмарынын тыгыздыгы орточо тыгыздыктан миллион эсе аз болсо, ал эми борборунда 100 эсе чондук кылат. Күндүн борборуна багытталган гравитациялык тартылуу күчүнүн аракетинин негизинде анын түпкү катмарында эбегейсиз ба-

сым пайда болот. Стефан-Больцман закону боюнча аныкталган Күндүн бетинин температурасы 5785°К, борборунда 10–15 млн градуска жетет. Мындай чоң температурада суутегинин атомунун ядросу (протондор) эң жогорку ылдамдыкка ээ болуп, электр-статикалык түртүлүү күчүнө карабастан бирибири менен кагылышууга дуушар болушат. Айрым кагылышуулар ядролук реакцияларга алып келип суутегинен гелий пайда болуу менен көп сандагы жылуулук бөлүнүп чыгат. Мындай реакциялар Күндүн азыркы эволюция этабында анын энергиясынын булактары болуп эсептелет. Мына ушул процесстин негизинде Күндүн борбордук бөлүгүндө акырындап гелийдин саны арбып, ал эми суутеги азая берет.

Күндүн борборунда пайда болгон энергиянын агымы тышкы катмарга берилип, уламдан улам чоң аянттарга тарай берет. Ушул себептен Күндү курчап турган газдардын температурасы борбордон алыстаган сайын төмөндөөдө болот.

Башка жылдыздар сыяктуу эле Күн да өтө ысыган газ түрүндөгү шар болуп эсептелет. Негизинен ал суутектин жана гелийдин кошулмаларынан турат. Калган бардык элементтердин атомдорунун саны болжол менен 1000 эсе аздык кылат.Бул оор элементтердин массасы Күндүн массасынын 1–2% түзөт.

Күндү телескоп менен алгачкы байкоону 1611-жылы Г. Галилей жүргүзүп, Күндөгү тактарды ачкан, Күндүн өзүнүн огунда айлануу мезгилин аныктаган. 1843-жылы немец астроному Г. Швабе күн активдүүлүгүнүн циклдүүлүгүн байкаган. Спектралдык анализдин методдорунун өркүндөшү Күндөгү физикалык шарттарды изилдөөгө мүмкүндүк берди. Немец физиги Й. Фраунгофер Күн нурунун спектриндеги кара сызыктарды биринчи жолу байкап, аны алгачкылардан болуп изилдеген. Бул сызыктар кийинчерээк *Фраунгофер сызыктары* деп аталып калган. Дифракция кубулушун пайдалануу менен алардын толкун узундуктарын да аныктаган. Бул болсо Күндүн химиялык курамын изилдөөгө алгачкы кадамды таштоого мүмкүндүк берген.

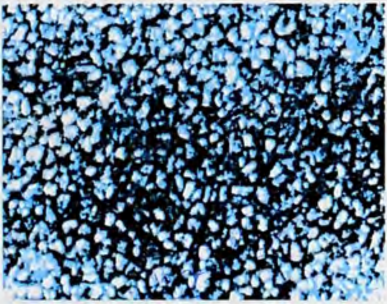
1836-жылдан баштап Күндүн тутулуусу регулярдуу түрдө байкалууда. Бул болсо Күндүн таажысын жана хромосферасын, ошондой эле Күндөгү протуберанцтарды табууга алып келди. Ал эми 1913-жылы америкалык астроном Дж. Хейл Күндөгү тактардын спектриндеги фраунгофер сызыктарынан зеемандык ажыроолорду байкоо менен Күндө магниттик талаанын болоорун далилдеген. XX кылымдын кыркынчы жылынын башталышында Күндүн радионурдантуусу ачылган.

1. Күн жөнүндө кыскача түшүнүк бергиле?
2. Галилей, Швабе жана Фраунгофердин Күн жөнүндөгү изилдөөлөрү кандай болгон?
3. Күндө магнит талаасынын болорлугу кантип далилденген?

§ 33. Күн бетинин телескоптон көрүнүшү

Атмосфералык жакшы шарттар болуп турган убакта телескоп менен Күн бетине байкоолорду жүргүзсөк, гранулдар деп аталган ачык тегерек түзүлүштөрдү көрө алабыз (39-сүрөт).

Мындай гранулдун өлчөмү орточо алганда 700 *км* кетет. Ар бир гранул орточо эсеп менен 5–10 минута «жашайт»,



39-сүрөт

андан кийин ал ажырап кетет да, анын ордуна башкалары пайда болот.

Гранулдар уяча сыяктанган каралжын аралыктар менен курчалган. Гранулдардагы жана алардын ортолорундагы аралыктардагы спектралдык сызыктар ирети менен көк жана кызыл жылышууларды берет. Бул болсо гранулдарда заттардын көтөрүлгөндүгүн, ал эми анын айланасындагы заттар төмөн түшкөндүгүн билдирет. Мындай кыймылдардын ылдамдыгы 1–2 *км/с* берет.

Күндүн бетинде дээрлик бир тектүү жайланышкан гранулдардан башка дагы супергранулдун-өлчөмү 30 000 *км*ге дейре жеткен чоң масштабдуу түзүлүш орун алган. Супергранулдун жашоосу суткага чамалаш, алардын Күн бетиндеги саны 5000 ге жетет.

40-сүрөт

Күндүн бетинде *тактардын* да бар экендиги байкалган (40-сүрөт)

Чоң тактар. Күн батарга 15–20 *минута* калганда куралданбаган көз менен деле көрүнөт. Тактар XVII кылымдын башында телескоптордун жардамы менен да ачылган.

Тактар бир нече күндүн ичинде Күндүн көрүнгөн диски боюнча кыймылда болорлугун Галилей байкаган. Мындай көрүнүштүн негизинде Галилей Күн өзүнүн огунун айланасында айланат деген туура жыйынтыкка келген. Бирок Күн өзүнүн огунун айланасында бир калыпта эмес кыймылда болот. Экватордо уюлдагыга караганда бир кыйла тез кыймылдайт. Мисалы, эгер Күндүн экватордогу айлануу мезгили 25 сутканы түзсө, уюлдарда 33 суткага барабар.

Көптөгөн байкоолор Күндөгү тактардын саны дайыма эле бирдей болбостугун көргөзгөн: орточо алганда 11 жылдын ичинде тактардын саны эң аздан эң көп санга чейин жеткен. Майда тактардын өлчөмү бир нече жүз километрден ашпайт. Чоң тактардын диаметрлери 100 000 *км* ге чейин жетет.

Күндөгү тактардын спектралдык сызыктарынын ажырашын изилдөө менен америкалык астроном Дж. Хейл 1908-жылы тактардан күчтүү магнит талаасын тапкан. Көптөгөн тактарда магнит талаасынын чыңалышы 1000–2000 *эрстедке* жетсе, айрымдарыныкы 4500 *эрстедке* дейре барган.

Күн дискинин четине жакын аймактан көп сандаган тилкелерден, ачык жарык чекиттерден жана түйүндөрдөн турган жарык түзүлүштөрдү байкоого болот. Бул болсо тактардын туруктуу жандоочулары *факелдер* болуп эсептелет. *Факелдер* Күндүн бетинде тактардан бир кыйла мурда пайда болуп, тактар жок болгондон кийин да бир нече ондогон күн бою сакталып турушат.

1. Гранулдарга түшүнүк бергиле
2. Күндөгү тактар жөнүндө эмнени билесиңер?
3. Факелдер деген эмне?

§ 34. Күндүн өлчөмү, массасы жана жарыктыгы

Күн жаратылыштагы көп сандаган жылдыздардын бирөө болуп эсептелет. Күнгө жакын аралыкта болгонубузга байланыштуу, биз андагы болуп жаткан процесстерди окупүйрөнүү мүмкүнчүлүгүнө ээбиз. Тескерисинче башка жылдыздар эбегейсиз алыстыкта болгондугуна байланыштуу аларга түздөн-түз байкоо жүргүзүү мүмкүндүгүнө ээ эмеспиз.

Шар сыяктуу Күн жарык берүүчү диск болуп эсептелет. Күндүн көрүнгөн бети *фотосфера* деп аталат. Анын радиусу Күндүн радиусу болуп эсептелет. Орточо алганда Күндөн Жерге чейинки аралык a.=1 *а. б. (астрономиялык бирдик)*= =$1{,}496 \cdot 10^8$ *км*, фотосферанын бурчтук радиусу $\theta=16'$. Демек, Күндүн сызыктуу радиусу $R_{\odot}=a \cdot \sin 0°16'=1{,}496 \cdot 10^8$ *км* 0,004652=696000 *км*, же болбосо $R_{\odot}$=109 Жердин радиусуна барабар.

Демек Күндүн көлөмү ($V_{\odot}=\frac{4}{3}\pi R_{\odot}^3=1300000V_{\oplus}$) Жердин көлөмүнөн 1300 000 эсе чоңдук кылат.

Жердин массасы $M_{\oplus}$ менен туюнтулган Күндүн массасы $M_{\odot}$ Кеплердин жалпыланган үчүнчү закону боюнча аныкталат. Мында Жердин Күндү айлануусун жасалма жандоочунун Жерди айлануусуна салыштыруу жолу колдонулат. Жасалма жандоочусу болгон M массалуу «Молния-1» Жерди орточо a=26 580 *км* аралыкта T=719 минута мезгил ичинде айланып чыккан. Ал эми Жер Күндү орточо $a=1{,}496 \cdot 10^8$ *км* аралыкта T_0=365,25 сутка мезгил ичинде айланат. 1 суткада=1440 минута бар, демек $T_0=365{,}25x1440$ минута.

Кеплердин үчүнчү закону боюнча

$$\frac{T_0^2(M_{\odot}+M_{\oplus})}{T^2(M_{\oplus}+M)}=\frac{a_0^3}{a^3} \qquad (34.1)$$

Жердин массасы $M_{\oplus}$ Күндүн массасына $M_{\odot}$ караганда өтө эле кичине ($M_{\odot}>>M_{\oplus}$), ал эми жасалма жандоочунун массасы

M Жердин массасынан да өтө кичинелик кылат $M_{\oplus} >> M$. Бул кичи

$$\frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}} = \left(\frac{a_0}{a}\right)^3 : \left(\frac{T_0}{T}\right)^2 = \left(\frac{1{,}496 \cdot 10^8}{26580}\right)^3 : \left(\frac{365{,}25 \cdot 1440}{719}\right)^2,$$

Мындан $M_{\odot} = 333000 M_{\oplus}$ келип чыгат, б. а. Күндүн массасы Жердин массасынан 333 000 эсе чоң. Ошондой эле Күндүн массасы аны айланып жүргөн бардык планеталардын массасынан 750 эсе чоң экендигин эсептөөлөр көргөзгөн. Бул болсо бүткүл Күн системасынын массасынын 99,87% тин Күндүн массасы түзөрлүгүн билдирет. Ушуга байланыштуу планета-

41-сүрөт

лардын өлчөмдөрү менен Күндүкүн салыштыруу максатында 41-сүрөттү карап көрсөк болот.

Жердин массасы $M_{\oplus} = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ *кг* болгондуктан Күндүкү $M_{\odot} = 333000 \cdot 5{,}98 \cdot 10^{24}$ *кг* $= 1991{,}34 \cdot 10^{27}$ *кг* $\approx 2 \cdot 10^{30}$ *кг* түзөт ($M_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{30}$ *кг*). Эми Күндүн массасынын орточо тыгыздыгын оңой эле эсептөөгө болот:

$$\rho_{\odot} = \frac{M_{\odot}}{V_{\odot}} = \frac{M_{\odot}}{\frac{4}{3}\pi R_{\odot}^3} = \frac{2 \cdot 10^{30}\,кг}{\frac{4}{3}3{,}14(696000)^3} \approx 1410 \frac{кг}{м^3},$$

демек, $\rho_{\odot} = 1410 \frac{кг}{м^3} = 1,41 \frac{г}{см^3}$ болуп, суунун тыгыздыгынан бир аз чоңураактык кылат.

?

1. Күндүн көлөмү кантип эсептелет жана эмнеге барабар?
2. Күндүн массасы кантип аныкталат жана эмнеге барабар?
3. Күндүн массасынын орточо тыгыздыгы эмнеге барабар?

§ 35. Күн турактуулугу

Күндү мүнөздөөчү чоңдуктардын негиздүүлөрүнүн бири анын нурдантуусунун кубаттуулугу болуп эсептелет. Анын маанисин өтө тактыкта билүү зарыл, анткени Күндүн жарыктануучулугу адатта башка жарык чыгаруучулардын жарыктануучулуктарынын чен бирдиги катары кабыл алынган. Андан тышкары, Күндүн нурдантуусунун интенсивдүүлүгү башка маалыматтары менен бирдикте Күндүн бетиндеги жана түпкүрүндөгү физикалык шарттар жөнүндө толугураак түшүнүк алууга мүмкүндүк берет. Эң акырында, Жерге келип жетүүчү Күн энергиясынын санын билүү геофизикалык кубулуштарды түшүндүрүү үчүн да зарылдык кылат. Күндүн нурдантуусунун кубаттуулугун *күн турактуулугу* аркылуу мүнөздөө кабыл алынган.

Күндөн жерге чейинки орточо аралыктан (жер атмосферасынын үстүңкү катмарында) түшүүчү нурга перпендикуляр болгон $1 см^2$ *аянттан бир минута ичинде өтүүчү күн энергиясынын толук саны күн турактуулугу деп аталат.* Күн турактуулугунун чоңдугу жер атмосферасынан көз карандыда. Анткени Күн нуру атмосферадан жутулууга дуушар болот. Ошого байланыштуу Күн турактуулугуна эсептөөлөрдү жүргүзүүдө 1 $см^2$ аянт Жер атмосферасынан сырткары аралыктан алынат.

Күн турактуулугун өлчөө эң эле татаал маселе. Ал үчүн тиешелүү приборлор аркылуу бир нече кылдат байкоолордун жүргүзүлүшү талап кылынат. Кийинки кездерде эле ракеталарга жана аба шарларына орнотулган приборлордун жардамы менен жүргүзүлгөн өлчөөлөр, XX кылымдын башында астрофизик (америкалык астроном Ч. Аббот (1872) тарабынан табылган күн турактуулугунун маанисинин тууралыгын далилдеген

$$Q = 1,95\ кал/см^2 \cdot мин = 1,36 \cdot 10^6\ эрг/см^2 \cdot с = 0,136\ Вт/см^2$$

Бул чоңдукту радиусу 1 *а. б.* болгон сферанын бетине көбөйтүү менен Күн бардык багыт боюнча бирдик убакыт ичинде нурданткан энергиясынын $3{,}9 \cdot 10^{33}$ *эрг/с* барабар болгон толук санын алабыз.

Бир кыйла тыкаттык менен жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде Күндүн жарыктануучулук маанисинин турактуу экендигин көрүүгө болот. Ошентип, күн турактуулугу өзгөрбөгөн чоңдук, өзгөргөн күндө да ал маани 1% га жетпейт.

?

1. Күн турактуулугу деген эмне?
2. Ч. Аббот тарабынан аныктаган күн турактуулугу эмнеге барабар?
3. Күн бардык багыт боюнча бирдик убакыт ичинде нурданткан энергиясынын толук саны эмнеге барабар? Ал кантип табылат?

§ 36. Күндүн химиялык курамы жана температурасы

Күндү курчап турган газ катмарлары – хромосфера Күн нурундагы үзгүлтүксүз спектрлердин бир канча сызыктарын өзүнө жутуп калат. Мунун себебинен туташ спектрде көп сандаган кара сызыктар пайда болот. Бул кара сызыктар биринчи жолу 1814-жылы австралиялык физик Фраунгофер тарабынан изилденип чыккан. Ошого байланыштуу бул кара сызыктар фраунгофер сызыктары деп аталып калган. Ушул фраунгофер сызыктарын изилдөө Күндүн атмосферасынын химиялык курамы аныктоого мүмкүндүк берет. Күндөн 70тен ашык химиялык элементтер табылган. Алардын катарында суутеги, гелий, азот, кычкылтек, көмүртек, магний, натрий, кальций, темир жана башка элементтер бар.

Күндөгү химиялык элементтердин ичинен эң эле көбүрөөгү суутегине таандык. Күндүн бүткүл массасынын 70%ын суутек түзөт.

Андан кийин көп сандагы элемент гелий болуп эсептелет. Ал Күн массасынын 29%ына жакынын ээлейт. Ал эми калган элементтердин баардыгын чогу өлчөгөндө 1%дан бир аз ашыгыраак үлүшү гана туура келет. Айрым учурларда белгилүү касиеттерге ээ болгон элементтерди билүү да мааниге ээ. Мисал үчүн Күндүн атмосферасындагы металлдардын атомдорунун жалпы саны, суутегинин атомдорунун санына караганда дээрлик 10 000 эсе аздык кылат.

Күндөгү заттардын абалдары жөнүндө толук маалыматтарга ээ болуу үчүн анын температурасын билүү зарылдыгы келип чыгат. Күндүн температурасын аныктоодо ар кандай ыкмалар колдонулат. Алардын бири Стефан-Больцман законуна

негизделген. Ал закон боюнча: *абсолюттук кара телонун бирдик бетинин нурдантуу кубаттуулугу анын абсолюттук температурасынын төртүнчү даражасына пропорционалдуу:*

$$i = \sigma T^4 \qquad (36.1)$$

Мында $\sigma=5{,}67\cdot10^{-8}$ $Bm/cм^2K^4$ – турактуу чоңдук. Күндүн радиусу $R_{\odot}=6{,}96\cdot10^8$ *м* болгондуктан Күндүн толук бетинин аянты $S_{\odot}=4\pi R_{\odot}^2$ барабар болот. Бул беттин энергиясынын нурдантуу кубаттуулугу

$$I_{\odot}=S_{\odot}\cdot i=4\pi R_{\odot}^2\cdot\sigma T^4=4\cdot10^{26}\ Bm \qquad (36.2)$$

барабар. Акыркы (36.2) барабардыктан Күн фотосферасынын температурасын аныктоо үчүн

$$T=\sqrt[4]{\frac{I_{\odot}}{4\pi R_{\odot}^2\sigma}}, \qquad (36.3)$$

формуласын алабыз. Бул формулага жогоруда көргөзүлгөн чоңдуктардын маанилерин койсок T=5800 *К* келип чыгат.

Стефан–Больцман закону боюнча эсептелген температура эффективдүү температура деп аталат. Бул алынган температура (T=5800К) Вин закону боюнча (спектрдин ичке тилкеси гана пайдаланылган) алынган температурадан (T=6000К) бир аз айырмачылыкка ээ. Бирок бул айырмачылык анча деле мааниге ээ эмес. Анткени мындай жогорку температурада фотосфера газ сымал абалда болуп, андагы газдардын орун алмашуулары температуранын ар кайсы аймактарда ар башка маанилерге ээ болуусуна алып келет. Ошого байланыштуу Күн фотосферасындагы орточо температураны 6000К жакын деп алсак боло берет. Ал эми Күндүн ички катмарына өткөн сайын анын температурасы жогорулай берет.

?

1. Фраунгофер сызыктарына түшүнүк бергиле?
2. Күндөн кандай химиялык элементтер табылган?
3. Күн температурасы кайсыл закондун негизинде аныкталат?

§ 37. Күн атмосферасы (фотосфера, хромосфера, күн таажысы жана күн активдүүлүгү)

Күн атмосферасы үч катмардан турат: фотосфера, хромосфера жана Күн таажысы. Ал катмарлар бири-биринен кескин түрдө ажырабайт.Күндүн дээрлик бардык нурдануулары анын

атмосферасынын фотосфера (грекче «фотос» бул «жарык» дегенди билдирет) деп аталуучу төмөнкү бөлүгүнөн чыгат. Күндүн түзүлүшүнүн схемасы 42-сүрөттө берилген.

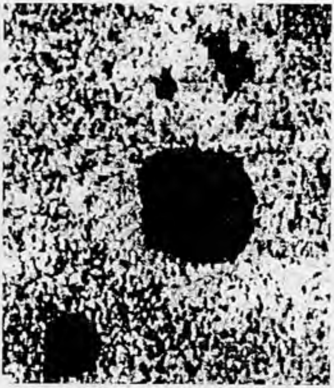
Фотосфера. Фотосфераның калыңдыгы анча деле чоң эмес, болгону 100–300 *км*, анын орточо тыгыздыгы $3 \cdot 10^{-4}$ *кг/см*^{3}. Фотосферадагы температура улам сырткы катмарга өткөн сайын төмөндөй берет, анын орточо мааниси 6000К, фотосферанын четинде 420К чамалуу болот.

Фотосфераны телескоп менен караганда бодур бүртүк-бүртүк болуп көрүнөт. Күндүн фотосферасын түзгөн мындай бодур бүртүктөр-гранулдар кызытылган газдардын тегерек формада

42-сүрөт

топтолушу болот. Гранулдардын өлчөмү 150–200 *км*ге жетип, жашоо убактысы 5–10 *минутага* барат, айрым гранулдар 20 *минута* бою байкалат. Гранулдардын мындай үзгүлтүксүз жоголуп кайра пайда болуп турушу, фотосфераны түзгөн заттардын дайыма кыймылда болуп тургандыгынын далили боло алат. Фотосферадагы жана анын төмөнкү катмарындагы кыймылдардын бир түрү – заттардын вертикалдуу көтөрүлүп, анан

кайра төмөн түшүп туруусу эсептелет. Гранулдар Күндүн бардык бетинен дайыма байкалып турат. Фотосферанын гранулдар жана тактар менен көрүнүшү 43-сүрөттө берилген.



43-сүрөт

Көпчүлүк учурда фотосферадан күн тактары байкалып турат. Күн тактары – бул кара ядродон (көлөкө) жана аны айланта курчаган жарым көлөкөдөн турган түзүлүш болуп эсептелет. Мындай тактардын диаметрлери 200 000 *км*ге чейин жетет.

Тактардын жашоо убактысы бир нече сааттан бир нече айга дейре созулат. Фотосферанын спектрине караганда тактардын спектрлеринде жутулуу сызыктары менен тилкелери көбүрөөк байкалат.

Тактардын спектриндеги сызыктардын жылышуусу Доплер эффектисине байланыштуу тактардагы заттардын кыймылда болуусун көргөзөт. Бул кыймыл бир кыйла төмөнкү катмардан агып чыгып, бир кыйла жогорку катмарга агып кирүү түрүндө жүрөт. Мындай кыймыл ылдамдыгы $3 \cdot 10^3$ *м/сек*га чейин жетет. Тактар менен фотосферанын спектрлериндеги сызыктардын интенсивдүүлүктөрүн салыштыруудан тактар фотосферага караганда 1–2 миң градуска муздагыраак экендиги, башкача айтканда тактардын температурасы 4500 градустан төмөн экендиги белгилүү болгон. Бардык Күн тактары күчтүү магнит талааларына ээ. Орточо байкалуучу тактардын саны жана активдүү аймактары ошондой эле алар ээлеген орточо аянт 11 жылга чамалаш мезгил ичинде өзгөрүп турат.

Борборлоштурулган тактардын (так группаларынын) саны көбүрөөк болгон мезгил Күн активдүүлүгүнүн максималдуу учуру, ал эми алардын саны аз же жок болуп калган мезгил – минималдуу учуру деп аталат. Күндүн тактарды пайда кылуу активдүүлүгүнүн чени катары Р. Вольфтун (1816–1893, Швейцария астроному) шарттуу саны (тактардын салыштырмалуу саны) колдонулат:

$$W = f + 10g \qquad (37.1)$$

Мындагы g – тактардын группаларынын саны, f – жалпы тактардын саны. Эгер Күндө так жок болсо, анда $w = 0$. Эгер бир так болсо, анда $w = 1 + 10 \cdot 1 = 11$, анткени бир так да группа деп эсептелет. Эгер бирдик саны 17ге барабар болгон үч группа болсо, $w = 17 + 10 \cdot 3 = 47$. Вольф санынын айлар же жылдар боюнча ортолоштурулган мааниси алынып, Күндүн тактарды пайда кылуу активдүүлүгүнүн убакыттан болгон көз карандылык графиги тургузулат.

Хромосфера. Фотосферадан жогору Күн атмосферасынын *хромосфера* (грекче «хромос», ал «түс» дегенди билдирет) деп аталуучу катмары жайланышкан. Хромосфера Күндүн толук тутулуп турган убагында гана жарык чыпка (фильтри) аркылуу кара дискти курчап турган кызгылт тегерек сыяктуу болуп көрүнөт. Күндүн толук тутулушунун көрүнүшү 44-сүрөттө көрсөтүлгөн.

44-сүрөт

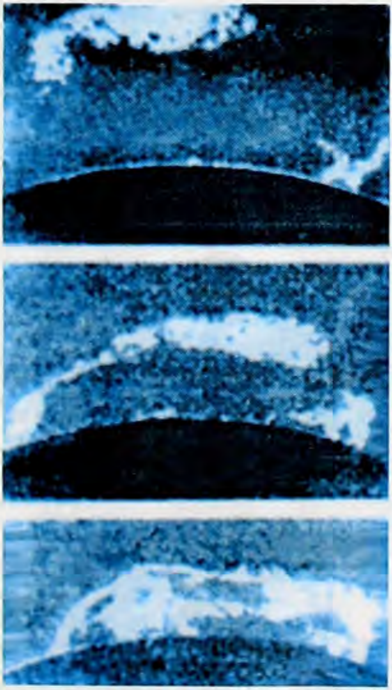
Хромосферанын тыгыздыгы Күндүн борборунан алыстаган сайын азая берет. Калыңдыгы ар кандай, 14 миң километрге чейин жетет. Анын эң төмөнкү катмарынын температурасы 5 миң градустун тегерегинде, ал эми фотосферадан жогорулаган сайын акырындап көтөрүлө берип, 8–10 миң градуска чейин барат. Хромосферанын эң жогорку катмарында температура мындан да көтөрүлүп 20 миң градустун тегерегине барат.

Күндүн хромосферасындагы эң кызыктуу кубулуштардын бири жарк этип жарылуулар болуп эсептелет. Алгач хромосферанын анча чоң эмес бөлүгүндө жаркыроо көбөйүп барып, андан кийин ал аймак ондогон миллиард километр квадратка чейин жетет. Анча чоң эмес жарылуулар 5–10 минутадан кийин жок болсо, өтө кубаттуулары бир нече саатка дейре созулат. Суткасына бир нече жолу анча чоң эмес жарылуулар болуп турат. Чоң кубаттуу жарылуулар өтө эле сейрек байкалат. Адатта хромосфералык жарылуулар тактарга, өзгөчө тез өзгөрүп туруучу тактарга жакын аралыктан пайда болот. Жарк этип жарылуулар кубаттуу ультрафиолеттик, рентгендик жана радионурдануулар менен өтөт. Планета аралык мейкиндикке электр заряды менен заряддалган бөлүкчөлөр (корпускулдар) чачырап турат. Күндөгү болгон жарылуулар бир нече жылдан

бери Россия Илимдер Академиясынын Крымдагы астрофизикалык обсерваториясында изилденүүдө.

Хромосферадан кезек-кезеги менен жогору карай булут же өтө кызыган газдын фонтаны атылып чыгып турат, алар *протуберанцтар* деп аталат. Протуберанцтардын жогору карай атылып чыккан газдары бир канча убакыт өткөндөн кийин төмөн карай түшө баштайт. Ошол төмөн карай кеткен кыймылында ал көбүнчө жаркырап көрүнөт.

Кээ бир протуберанцтар Күндүн радиусунан да чоң бийиктикке көтөрүлөт. Төрт сааттын ичинде протуберанцтардын төмөндөн жогору көздөй көтөрүлүшү 45-сүрөттө көрсөтүлгөн. Протуберанцтардын Күндүн бетинен жогорку орточо бийиктиги 30–50 миң километрди, орточо узундугу 200 миң километрди, туурасы 5 миң километрди түзөт. Крымдагы астрофизикалык обсерваториядагы изилдөөлөрдүн негизинде бардык протуберанцтарды кыймылдоо мүнөздөрү боюнча: *электрмагниттик, баш аламандык* жана *эруптивдик* деп үч группага бөлүүгө болот. Электр-магниттикте кыймылдоо иреттүү ийри траектория-магнит талаасынын күч сызыктары боюнча жүрөт; баш аламандыкта негизинен иретсиз, турбуленттик кыймылдар пайда болот (ылдамдык болжол менен10 *км/с*); эруптивдикте алгач тынч абалдагы протуберанцтагы ирээтсиз кыймылдагы заттар уламдан-улам жогорулоочу ылдамдык менен Күндөн ары атылып чыгат (700 *км/с* ылдамдыкка жетет). Протуберанцтардын температу-



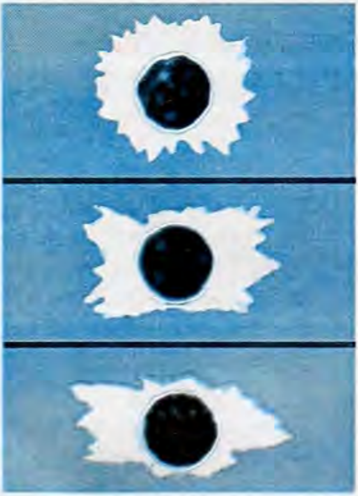
45-сүрөт

расы 5–10 миң К, ал эми тыгыздыгы хромосферанын орточо тыгыздыгына жакын. Протуберанцтардагы кыймылдардын формасы жана мүнөзү хромосферадагы магнит талаасы менен тыгыз байланышта.

Күн таажысы. *Күндүн атмосферасынын эң сырткы жана өтө эле суютулган газ түрүндөгү бөлүгү Күн таажысы деп аталат*. Анын калыңдыгы бир нече (10дон көбүрөөк) Күн радиусунча созулган.

Күн атмосферасынын тышкы бөлүгү – Күн таажысы толук күн тутулуу моментинде жакшы көрүнөт. Күн таажысынын жарыктыгы фотосферанын жарыктыгына караганда миллион эсе аздык кылат.

Күн таажысы канча аралыкка созулган? Күн тутулган мезгилде тартылып алынган сүрөттөр (фотографиялар) боюнча, Күн таажысы Күндүн четинен тартып бир нече күн радиусуна туура келүүчү аралыкка чейин созулгандыгын аныктоого болот. Күн таажысынын эбегейсиз чоң аралыкка созулушу ага кирген бөлүкчөлөрдүн чоң ылдамдыктарга ээ болгондугу, демек, таажыдагы жогорку температура менен түшүндүрүлөт. Мындай жыйынтыктын тууралыгы таажыдан чыккан спектрлерди изилдөө иштери да бышыктайт. Таажынын спектриндеги бир катар сызыктар 1940-жылдарга дейре белгисиз болуп келген. Көрсө бул сызыктар Жерде белгилүү болгон элементтердин атомдоруна тиешелүү экендиги белгилүү болду. Таажынын формасы туруктуу болбойт. Күндүн бетинде тактар көп болгон жылдары таажы тегерек түрүндө болот. Ал эми тактар аз болгон учурларда таажы Күндүн экватордук тегиздигине карата өтө эле чоюлган форманы ээлейт.



46-сүрөт

46-сүрөттө Күндүн таажысы берилген: жогоркусу Күндө так көп болгон учуру; ортоңкусу тактардын саны орточо болгон учуру; төмөнкүсү так аз болгон учуру. Таажыда

бир тектүү эмес заттардын айрым топтолуштары кездешет. Андан байкалган физикалык кубулуштар азыркы кезде астрофизиктер тарабынан изилденүүдө.

Күн активдүүлүгү. Күндүн бетиндеги жана анын атмосферасындагы ар кандай стационардуу эмес процесстердин (тактар, факелдер, протуберанцтар, хромосфералык жарк этүүлөр ж. б.) жыйындысы *Күн активдүүлүгү* деп аталат. Күн активдүүлүгүндөгү бардык көрүнүштөр бири-бири менен тыгыз байланышта болот. Мисалы, Күн тактары дайыма фотосфералык факелдер менен байланышта болсо, хромосфералык жарк этүүлөр жана протуберанцтар көпчүлүк учурларда фотосферанын «дүүлүккөн» жерлеринин үстүндө пайда болушат. Күндөгү тактар, факелдер, жарк этүүлөр, протуберанцтар ж. б. кубулуштар байкалуучу аймактар *активдүү аймактар* же *активдүүлүктүн борборлору* деп аталат. Күндүн магнит талаасы анча чоң эмес, бирок активдүү аймактар Күндүн магнит талаасы убактылуу жогору болгон бөлүктөрүндө пайда болот.

Тактардын эле пайда болушу үчүн эмес, ошондой эле Күн активдүүлүгү үчүн да 11 жылдык циклдүүлүк мүнөздүү. Күн активдүүлүгүнүн 11 жылдык цикл закон ченемдүүлүгү 1844-жылы немец астроному Г. Швабе тарабынан аныкталган.

Күн активдүүлүгүнүн максимум жылында (тактар көп пайда болгон) Күндөгү активдүүлүк борборлору көп болот. Ал минимум жылында (тактар аз пайда болгон) активдүүлүк борборлору аз болот. Күн активдүүлүгүнүн акыркы он бир жылдык максимуму 2001-жылга туура келген.

?

1. Күн атмосферасынын катмарлары кандай?
2. Гранулдар жөнүндө кыскача маалымат бергиле?
3. Күн тактары жөнүндө айтып бергиле?
4. Фотосферага түшүнүк бергиле?
5. Хромосфера катмары кандай?
6. Күндөгү жарылууларга түшүнүк?
7. Протуберанцтарга кыскача маалымат бергиле?
8. Күн таажысы деген эмне?
9. Күн активдүүлүгү деп эмнени айтабыз?
10. 11 жылдык циклдүүлүк деген эмне?

§ 38. Күн энергиясы жана ички түзүлүшү

Күн энергиясы. Күн энергиясы жөнүндө астрономдор арасында ар кандай түшүнүктөр болуп келген. XVIII кылымдын

орто ченинде эле көптөгөн астрономдор Күн катуу жана муздак телодон турат, анын сырты гана өтө ысык катмар менен капталган деп келишкен. Ал түгүл 1853-жылы эле немец илимпозу Г. Гельмгольц Күн энергиясы анын акырындык менен кысылуусунун негизинде бөлүнүп чыгып турат деген пикирде болгон. Өткөн кылымдын 30-жылдарынан бери гана Күн энергиясы жөнүндө так маалыматтар алына баштады. Ал боюнча Күн энергиясынын булагы болуп, ядролук синтез реакциясы эсептелет (суутегинин ядролорунан гелийдин атомдорунун ядролору пайда болот).

Ядролук реакциялар пайда болуш үчүн бир нече миллион Кельвин температуранын болушу зарыл. Мындай температурада реакцияга катышуучу бир аттуу электр зарядына ээ болгон бөлүкчөлөр, бир-биринин түртүү күчүн жеңип, бир бүтүн жаңы ядрого биригүү мүмкүндүгүнө ээ болуучу энергияны алышат. Жогорку температура кезинде жүрүүчү ядролук реакция термоядролук реакция деп аталат. Күндүн түпкүрүндө так ушундай реакциялар жүрөт.

Күн системасынын ичинен Күн борбордук жана эң оор тело болуп эсептелет. Анын массасы Жердин массасынан 333 000 эсе чоң болсо, калган башка планеталарды кошуп эсептегендеги массадан 750 эсе чоңдук кылат. Күн – өтө кубаттуу энергиянын булагы. Андан чыккан нурлар Күн системасындагы баардык телолорго эң күчтүү таасирин тийгизет: аларды ысытып, планеталардын атмосфераларына таасир кылат, Жер жүзүндө жашоого зарыл болгон жарыктыкты жана жылуулукту берет.

Күн нуруна перпендикуляр жайланышкан 1 $м^2$ аянттын бетине (Жер атмосферасынын үстүнкү катмарындагы) 1,36 *кВт* Күн нурунун энергиясы туура келет. Бул санды радиусу Жерден Күнгө чейинки аралыкка барабар болгон шар бетинин аянтына көбөйтүп, Күндүн толук нурдантуусунун кубаттуулугун (анын жарыктанышын) алабыз. Эсептөөлөр боюнча ал 4 ·1023 *кВт* барабар. Мындай нурдантууну 6000К температурасына чейин ысытылган Күн өлчөмүндөгү тело гана бере алат. Жер Күндөн болжол менен анын нурданткан энергиясынын 1/2 000 000 000 бөлүгүн гана алалат.

Азыркы кездеги маалыматтар боюнча Күндүн пайда болгонунан бери 5 млрдга чамалаш жыл болду. Бирок андан бери анын жарыктанышында анча деле өзгөрүүлөр болгон жок. Демек, Күндүн ички энергиясынын запасы дагы миллиарддаган жылдарга жетет. Күндүн жарыктанышы $I_{\odot}=4\cdot10^{23}$ *кВт*, анын пайда болгондон берки убактысы $t=5\cdot10^{9}$ *жыл* $=1{,}5\cdot10^{17}$ *с*. Мындан ушул мезгил ичинде Күн бөлүп чыгарган энергияны

оңой эле таап алууга болот. Ал $I_\odot t=4\cdot10^{23}$ *кВт* $\cdot1{,}5\cdot10^{17}$ *с*$=4\cdot10^{26}$ *Вт* $\cdot1{,}5\cdot10^{17}$ *с*$=6\cdot10^{43}$ *Дж*го барабар.

Күндүн ички түзүлүшү. Күндүн ички түзүлүшүнө тикеден тике байкоо жүргүзө албайбыз. Анын ички түзүлүшү жөнүндө массасы, радиусу, жарыктанышы сыяктуу мүнөздөмөлөрүн жана физиканын жалпы закондорун пайдалануу менен теориялык анализдердин негизинде гана маалымат ала алабыз. Күн кеңейбейт жана кысылбайт, тең салмактуу абалда турат. Анткени сырткы гравитациялык кысуу күчүнө, ичинен сыртты карай карама-каршы газдык басым күчү таасир этет.

Бардык жылдыздар сыяктуу эле Күн да өтө ысык газдардан турган шар сыяктуу формада болот. Негизинен анын 10% (атомдорунун саны боюнча) гелий кошулган суутегинен турат. Башка элементтердин бардык атомдорунун (чогуусу менен алганда) саны болжол менен 1000 эсе аздык кылат. Ошондой болсо да бул оор элементтердин массасы Күндүн массасынын 1–2% ын түзөт.

Күндөгү заттардын орточо тыгыздыгы $\bar{\rho}\approx1400$ *кг/м*^{3}. Бирок Күндүн тышкы катмарларында тыгыздык миллион эсе кичинелик кылса, ал эми борборунда орточо тыгыздыкка караганда 100 эсе чоңдук кылат.

Эгер Күндүн ичинде заттар бирдей жайланышып, бардык жерлеринде тыгыздык орточого барабар болсо, анда ички басымды оңой эле эсептеп чыгууга болот. Мындай эсептөөнү болжолдуу түрдө $1/2R_\odot$ барабар болгон тереңдик үчүн жасап көрөлү. Бул тереңдиктеги оордук күчү $F=m\cdot g$ барабардыгы менен аныкталат. Мындагы m бийиктиги $1/2R_\odot$ ге барабар, ал эми бети S болгон радиалдык мамычанын ичине камтылган масса, g болсо радиусу $1/2R_\odot$ болгон сферанын бетиндеги гравитациялык ылдамдануу. Ошентип, Күндүн бул мамычада камтылган массасы төмөнкүгө барабар:

$$m=\bar{\rho}\frac{R_\odot}{2}S. \qquad (38.1)$$

Ал эми бүткүл дүйнөлүк тартылуу закону боюнча «биртектүү» Күндүн борборунан $\frac{1}{2}R_\odot$ аралыктагы гравитациялык ылдамдануу

$$g=G\frac{\frac{1}{8}M_\odot}{\left(\frac{1}{2}R_\odot\right)^2}, \qquad (38.2)$$

барабар болот. Анткени каралып жаткан сферанын көлөмү Күндүн толук көлөмүнүн $\frac{1}{8}$ бөлүгүн түзөт, тыгыздык турактуу болгондугуна байланыштуу андагы камтылган масса $\frac{1}{8}M_{\odot}$ барабар. Ошондуктан басым

$$P=\frac{mg}{S}=G\frac{\frac{1}{8}M_{\odot}}{\left(\frac{1}{2}R_{\odot}\right)^{2}}\bar{\rho}\frac{R_{\odot}}{2} \qquad (38.3)$$

(38.3) барабардыгына тиешелүү сан маанилери коюлгандан кийин жыйынтыгында $P\approx6{,}6\cdot10^{13}$ *Па* алабыз. Бул болсо атмосфералык басымдан миллиард эсе чоңдук кылат.

Газ закондору боюнча басым температура менен тыгыздыкка пропорционалдуу болот. Мындай пропорционалдуулук Күндүн ички температурасын аныктоого мүмкүндүк берет. Күндүн борборуна карай тыгыздыктын жана температуранын жогорулашын эске алуу менен жүргүзүлгөн так эсептөөлөр Күндүн борборундагы газдын тыгыздыгы $1{,}5\cdot10^{5}$ *кг/м*^{3} тегерегинде (коргошундукуна караганда 13 эсе чоң), басымы $2\cdot10^{18}$ *Па* чамалаш, ал эми температура 15 000 000К жакын экендигин көргөзгөн. Мындай температурада суутегинин атомдорунун ядролору (протондор) өтө жогорку ылдамдыктарга (секундасына жүздөгөн километрлерге) ээ болушуп, электростатикалык түртүлүү күчүнүн таасирине карабай бир-бири менен кагылышуулары мүмкүн. Бир катар кагылышуулар ядролук реакциялар менен аяктайт. Мындай учурларда суутегинен гелий пайда болуп, көп сандагы жылуулуктар бөлүнүп чыгат. Бул сыяктуу реакциялар Күн энергиясынын булагы болуп эсептелет. Ошентип, Күндүн борбордук бөлүгүндө уламдан-улам гелийдин саны арбый берет да, суутегиники азаюуда болот.

Күндүн түпкүрүндөгү пайда болгон энергиялардын агымы тышкы катмарларга өтүп, уламдан-улам бардык чоң-чоң аянттарга тарайт. Ушуга байланыштуу Күндүн сырткы катмарындагы газдардын температуралары борбордон алыстаган сайын төмөндөй берет. Температуранын өзгөрүүсүнө жана аны аныктоочу процесстердин мүнөздөрүнө карата Күндү толугу менен шарттуу түрдө төрт аймакка бөлүүгө болот (42-сүрөттү карагыла):

1) ички, борбордук бөлүк (ядро). Мында басым менен температура ядролук реакциянын жүрүшүн шарттайт. Мындай реакциялар борбордон болжол менен $1/3R_{\odot}$ аралыкка дейре созулат.

2) «нурдук» аймак ($1/3$ ден $2/3R_{\odot}$ чейинки аралык). Бул аралыкта электр-магниттик энергия кванттарынын удаалаш түрүндө жутулуусунун жана нурдантуусунун натыйжасында энергия сыртка карай бир катмардан улам кийинкисине өтүп турат.

3) конвективдик аймак – «нурдук» аймактын үстүнкү бөлүгүнөн Күндүн дээрлик көрүнгөн четине дейре болот. Мында Күндүн көрүнгөн четине жакындаган сайын температура тез төмөндөй баштайт. Анын себебинен, идиштеги суу астынан от жакканда кайнаган сыяктуу заттардын аралашуусу (конвекция) пайда болот.

4) атмосфера, конвективдик аймактын үстүнкү бетинен башталып, Күндүн көрүнгөн дискинин чегинен ары созулат. Атмосферанын төмөнкү катмары газдардын жука катмарын өзүнө камтып, Күндүн бети катары кабыл алынат. Атмосферанын жогорку катмары түздөн түз көрүнбөйт, күндүн толук тутулуусунда гана байкалышы мүмкүн, же болбосо атайын приборлордун жардамы менен көрүүгө болот.

?
1. Күн энергиясы жөнүндөгү алгачкы түшүнүк кандай болгон?
2. Күн энергиясынын булагы болуп эмне эсептелет?

§ 39. Күн жана Жер шарындагы тиричилик

Күндөгү болгон кубулуштар менен Жердин атмосферасынын төмөнкү катмарындагы процесстердин ортосунда тыгыз байланыш бар. Жер жүзүндө болгон кубулуштарга Күн эбегейсиз таасирин тийгизет. Күндөн чыккан кыска толкундуу нурдануулар Жер атмосферасынын жогорку катмарындагы физика-химиялык процесстерди аныктайт. Жерге жылуулук негизинен көзгө көрүнгөн жана инфракызыл нурлары аркылуу келет. Азыркы кезде Күн энергиясын айыл чарбасында, өндүрүштө колдонуу иштери кеңири жүрүүдө.

Күн Жерге жарык берүү жана аны ысытуу менен эле чектелбейт. Күндөгү жарылуулардан ылдамдануулрга ээ болгон заряддалган бөлүкчөлөрдүн агымы Жердин магнит талаасына таасирин тийгизип, магниттик куюнду пайда кылышат. Мунун негизинде заряддалган бөлүкчөлөр атмосферанын дээр-

лик төмөнкү катмарына өтүп, уюлдук жаркыроолорду пайда кылат. Күндүн кыска толкундуу нурдантуусу Жердин атмосферасынын жогорку катмарындагы (ионосферадагы) иондошууну күчөтөт. Бул болсо радиотолкундун таралуу шартына катуу таасирин тийгизет, кээде радио байланышты да бузат. Күндөгү активдүү процесстер Жердин атмосферасына жана магнит талаасына таасир этүү менен бирге эле, жан-жаныбарлар, өсүмдүктөр сыяктуу органикалык дүйнөдө болуучу татаал процесстерге да таасирин тийгизет. Мындай таасир этүүлөр жана алардын механизми азыркы кезде да илимпоздор тарабынан изилденүүдө.

Күндүн нурдантуусу тропосферага бир кыйла таасирин жасайт. Анын механизмин билүү метеорология үчүн зарыл маалымат болуп эсептелет.

Азыркы мезгилде илимпоздорду биосферадагы ар кандай кубулуштар кызыктырып келүүдө. Жүргүзүлгөн байкоолор бул кубулуштардын Күн активдүүлүгү менен байланышта экендигин көргөзгөн. Биологдор болсо Күн активдүүлүгүнүн 11 жылдык циклинин ичинде жан-жаныбар, канаттуулар жана курт-кумурскалардын айрым түрлөрүнүн жашоо шартында өзгөрүүлөрдүн болорлугун белгилешкен. Ал эми врачтар Күн активдүүлүгүнүн максималдуу мезгилдеринде айрым жүрөк, кан-тамыр жана нерв системасынын оорушунда сезилерлик күчөп кетүүлөрдүн болорлугун байкашкан. Ушул сыяктуу Күн жана Жер шарындагы тиричиликтерди изилдөө иштери убакыттын өтүшү менен ийгиликтүү улантылууда.

Күндө болуучу кубулуштарды бардык тарабынан изилдеш үчүн Россиядагы ж. б. өлкөлөрдөгү обсерваторияларда Күнгө системалуу байкоолор жүргүзүлүүдө. Эң негизги жана азырынча толук чечиле элек маселелердин бири болуп, Күндөгү жарылуулардын алдын ала билүүнүн мүмкүн эместиги эсептелет. Жарылуулардын болорун алдын ала билүү, радио байланыштардын үзгүлтүккө учуроолоруна өз учурунда чара көрүүгө мүмкүндүк бермек. Ошондой эле космонавттардын ачык космоско чыгууларындагы коркунучтардан сактанууга да болмок.

Күн жана Жер шарындагы тиричиликтер байланышы боюнча илимий изилдөө иштери Жер шарынын бардык булуң бурчтарында жүргүзүлүүдө. Күндө жана Жерде болуучу процесстер жөнүндөгү маалыматтар Жердин жасалма спутниктерине жана космостук ракеталарда, ошондой эле тоонун бийик чекиттерине жана океандардын терең жерлерине орнотулган приборлор аркылуу алынууда.

Күндү астрономиялык жана геофизикалык комплекстүү изилдөөлөр мындан ары да улана бермекчи. Ийгиликтүү жыйынтыктар космосто жүргүзүлгөн эксперименттерден алынууда. Мисалы 1969-жылдын 14-октябрында учурулган Жердин «Интеркосмос-1» жасалма жандоочусунун бортуна орнотулган илимий аппараттар, Күндүн кыска толкундуу нурдантууларын жана анын Жер атмосферасына тийгизген таасирин изилдөөгө арналган. «Интеркосмос-1» де башталган илимий изилдөө иштери ушул эле сериядагы башка спутниктерде («Интеркосмос-4, -7, -11, -16») да улантылган. Алардын ичинен «Интеркосмос-16» да жүргүзүлгөн эксперименттердин эң негизги милдети (1976-ж., июль) Күндүн ультракызгылт-көк жана рентгендик нурдантууларын жана бул нурдантуулардын Жер атмосферасынын жогорку түзүлүшүнө (структурасына) тийгизген таасирин изилдөө болгон.

?

1. Күндөгү болгон кубулуштар менен Жер атмосферасынын ортосунда кандай тиричилик байланыштары бар?
2. Күн активдүүлүгүнүн таасири жөнүндө биологдор менен врачтардын изилдөөлөрү кандай болгон?
3. Жасалма жандоочулар аркылуу Күндүн таасирин изилдөө кандай жүргүзүлгөн?

§ 40. Жылдыздарга жалпы түшүнүк

Жылдыздар табияты боюнча Күнгө окшош, абдан ысык газдардан турган, өзүнөн жарык чыгаруучу асман телолору болуп эсептелет. Күн жылдыздарга караганда өтө эле чоңдой көрүнөт. Анткени жылдыздар Күнгө караганда Жерден эбегейсиз алыс аралыкта болот. Мисалы Күндүн нуру Жерге 8,3 минутада жетсе, эң жакын Центавр жылдызынан жарык нуру 4 жыл 3 айда араң жетет. Жылдыздардын Жерден эбегейсиз чоң аралыкта болгондугуна байланыштуу телескоптон диск түрүндө эмес чекит сыяктуу болуп көрүнөт. Айсыз караңгы ачык түндөрдө асман сферасынын эки жарым шарларынан куралсыз көз менен 5 миңге жакын жылдыздарды көрүүгө болот. Ал эми күчтүү телескопту колдонсок, бир нече миллиарддаган жылдыздарды байкай алабыз. 1998-жылы американын астрономиялык коому «Хаббл» аттуу, азыркы мезгилдин талабына жооп берген, космикалык телескоптун жардамы менен Ааламдын көрүүгө мүмкүн болгон бөлүгүндөгү бир эле галактикада жүз миллиондон кем эмес жылдыздардын бар экендиги жөнүндө маалымдал-

Бөрүбаев А. А. 1950-жылы туулган, геометрия жана топология боюнча адис. Физика-математика илимдеринин доктору, профессор, Кыргыз Улуттук Илимдер Академиясынын академиги. КРнын илим жана техника боюнча мамлекеттик сыйлыгынын эки жолку лауреаты.

ган. Мындай галактикалардын саны Ааламда болжол менен 125 млрдга жетет.

Жылдыздар ар кандай түстө жана жарыктыкта болушат: ак, сары, кызгылт ж. б. Жылдыз канчалык кызылыраак болсо, ошончо муздагыраак болот. Биздин Күн сары жылдыздын түрүнө кирет. Төмөндө түстөрү боюнча айырмаланган айрым жылдыздарды атап кетели. Ак жылдыздар: Лира топ жылдызындагы Вега, Бүркүт (Орёл) топ жылдызындагы *Альтаир*, асмандагы жаркырак жылдыз *Сириус*; кызыл жылдыздар: Орион топ жылдызындагы *Бетельгейзе*, Чаян (Скорпион) топ жылдызындагы *Антарес*; сары жылдыздар: Возничий топ жылдызындагы *Копелла*, *Күн*.

Байыркы заманда эле эң жарык жылдыздар 1-чоңдуктагы жылдыздар деп, ал эми көз менен эң начар көрүнүүчү жылдыздар 6-чоңдуктагы жылдыздар деп аталып келген. Бул илгерки аталыш эмдигиче сакталып келүүдө. «Жылдыз чоңдугу»деп аталыштын жылдыздын чыныгы өлчөмүнө тиешеси жок, болгону жылдыздан Жерге келүүчү жарык агымын гана мүнөздөйт. Байкоо жүргүзүүнүн бүгүнкү күндөгү ыкмалары 25-жылдыз чоңдугуна чейинки жылдыздарды аныктоого мүмкүндүк берди. Козерог топ жылдызына кирген 15.0 жылдыз чоңдугундагы, асман экваторунан түндүккө карай 16°55′4,5″га эңкейүүдө болгон жылдызга Москва Обсерваториясынын илимий кеңешинин чечими менен (2001-ж.) белгилүү математик, Кыргыз Улуттук Илимдер академиясынын академиги Бөрүбаев Алтай Асылкановичтин ысымынан «Алтай» деген ат берилген.

Жылдыздуу асман бир канча топ жылдыздарга бөлүнгөн. Бирок бир канча мезгил бою жылдыздар кыймылсыз чекит деп эсептелип, аларга карата жана планеталар менен коме-

талардын кыймылдарына байкоолор жүргүзүлүп келинген. XVI кылымдын аягында гана италиялык астроном Ж. Бруно (1548–1600) жылдыздар биздин Күнгө окшош, бирок эң алыс аралыктагы телолор экендигин айткан. 1596-жылы биринчи жолу өзгөрмө жылдыз, ал эми 1650-жылы *кош жылдыз* ачылган. 1718-жылы англис астроному Эдмунд Галлей (1656–1742) тарабынан үч жылдыздын өздүк кыймылдары байкалган. XVIII кылымдын орто ченинде жана экинчи жарымынан баштап орус окумуштуусу М. В. Ломоносов (1711–1765), немец окумуштуусу И. Кант (1724–1804), англиялык астроном Т. Райт (1711–1786) ж. б. тарабынан ичине Күн камтылган жылдыздар системасы жөнүндө туура ой-пикирлер айтылган. 1835–1839-жылдары орус астроному В. Я.Струве, немец астроному Ф. Бессель жана англис астроному Т. Гендерсон бизге жакын үч жылдызга чейинки аралыкты биринчи жолу аныкташкан. XIX кылымдын 60-жылдарында жылдыздарды изилдеш үчүн спектроскоп, ал эми 80-жылдары фотографиялык ыкмалар колдонула баштаган. Орус астроному А. А. Белопольский 1900-жылы жарык кубулуштары үчүн Доплер принцибинин орун аларлыгын эксперимент жүзүндө далилдеген. Анын негизинде жылдыздардан чыккан жарык спектриндеги сызыктардын жылышуусу боюнча, алардын ошол нур багытындагы кыймыл ылдамдыктарын аныктоого мүмкүндүк болгон.

Өзгөчө атом физикасынын өсүшү менен 1920-жылдан кийин жылдыздар жөнүндөгү илимий түшүнүктөр түп тамырынан бери карай өзгөрдү. Кийинчерээк жылдыздарды изилдөө ишине электрондук эсептөө машиналары колдонула баштады. Физикадагы улам жаңы жетишкендиктер жылдыздар жөнүндөгү түшүнүктөрдү барган сайын кеңейтип, анын түзүлүшү жана негизги мүнөздөмөлөрү тууралуу кеңири теорияны түзүүгө мүмкүндүк берди.

Жылдыздар дүйнөсү ар түрдүү. Кээ бир жылдыздар көлөмү боюнча Күндөн миллион эсе чоң жана нурданткан энергиясы өтө күчтүү болот. Ал эми нурданткан энергиясы Күндүкүнөн көп кичине жылдыздар да кездешет. Бир катар гигант жылдыздардын орточо тыгыздыгы суунукунан бир кыйла аз болсо, ал эми ак карликтердин тыгыздыгы тескерисинче чоң болот. Күн бардык мүнөздөмөлөрү боюнча катардагы эле жылдыз болуп эсептелет. Көпчүлүк учурларда жылдыздар экиден жайгашып, массаларынын жалпы борборун тегерете айланат. Мындай жылдыздар *кош жылдыздар*, жаркырашы мезгили менен өзгөрүп туруучу жылдыздар *өзгөрмө жылдыздар* деп аталат. Өзүнүн жаркырашын тез эле эбегейсиз зор өлчөмгө

көбөйтүп жиберүүчү жылдыздар *жаңы жылдыздар* деп аталат. Жылдыздарда Күндөгүдөй эле Жерде кездешүүчү химиялык элементтер бар. Негизинен суутек (салмагы боюнча 70% чамасында) жана гелийден (25% чамасында) турат; ал эми калган элементтер (кычкылтек, азот, темир, неон, көмүртек) жерде кандай санда кездешсе жылдыздарда деле ошондой санда кездешет. Азырынча жылдыздардын сырткы катмарына гана байкоолорду жүргүзүүгө мүмкүндүктөр бар. Бирок ошондой болсо да, түздөн түз жүргүзүлгөн байкоолордон алынган маалыматтарды физиканын жалпы закондорунан чыккан жыйынтыктар менен салыштыруу аркылуу, жылдыздардын ички түзүлүшүнүн теориясын түзүүгө жана жылдыздардын энергиясынын булактары жөнүндөгү маалыматтарды алууга мүмкүндүктөр болду.

Жылдыздардын ички катмарында жетиштүү механикалык энергиялуу суутектин ядросу болгон бош протондор өтө арбын. Бул протондор башка элементтердин ядросу менен кагылышып, аны башка түргө өзгөртөт. Ядролук реакциянын натыйжасында суутек гелийге айланат. Ошонун негизинде жылдыздарда жарык чыгаруунун булагы болгон атомдук энергия пайда болот.

Жылдыздар бири-бирин толуктаган эки багытта изилденет. Алардын бири *жылдыз астрономиясы*. Мында жылдыздардын кыймылдары, алардын галактикаларда жана жылдыз топторунда жайланыштары, ар кандай статистикалык закон ченемдүүлүктөрү каралат. Ал эми экинчи болуп эсептелген *астрофизикада* жылдыздарда жүрүүчү физикалык процесстер, алардын нурдантуулары, түзүлүштөрү, эволюциясы изилденет.

?

1. Жылдыздарга Күнгө салыштырмалуу мүнөздөмө бергиле.
2. Жылдыздар жөнүндө жалпы түшүнүк бергиле.
3. Жылдыздуу асман жөнүндөгү окумуштуулардын ой-пикирлери кандай болгон?
4. Кош жылдыздар, өзгөрмө жылдыздар жана жаңы жылдыздардын айырмачылыктары эмнеде?

§ 41. Жылдык параллакс. Жылдыздарга чейинки аралыкты аныктоо

Астрономияда Жердин Күндү айлануусунун негизинде байкоочунун мейкиндикте орун которуусуна байланыштуу жарык чыгаруучулардын асман сферасындагы жылышуусу *жыл-*

дык параллакс деп аталат. Мындан тышкары да Жердин өз огунда айлануусунан келип чыккан *параллакс суткалык* деп аталса, Күн системасынын Галактикадагы кыймылына байланышкан *параллакс кылымдык* деп аталат. Асман телолорунун так өлчөнгөн параллакстары аларга чейинки аралыктарды аныктоого мүмкүндүк берет.

Суткалык параллакс асман телосунун борборунан Жердин борборуна жана Жер бетиндеги байкоочу турган чекитке жүргүзүлгөн сызыктардын ортолорундагы бурч менен аныкталат. Суткалык параллакстын чоңдугу асман телолорунун зениттик аралыгынан көз каранды болуп, суткалык мезгилге карата өзгөрүп турат. Суткалык параллаксты колдонуу менен Күнгө, Айга ж. б. Күн системасындагы телолорго чейинки аралыктарды аныктоого болот. Жылдыздар эң эле алыс аралыкта болгондугуна байланыштуу суткалык параллакс аларга чейинки аралыкты аныктоого иш (практика) жүзүндө колдонулбайт.

Жылдык параллакс-гипотенузасы Күндөн жылдызга чейинки аралыкты, ал эми кичине катети Жер орбитасынын чоң жарым огун туюнтуучу тик бурчтуу үч бурчтуктагы кичине бурч. Жылдык параллакс жылдыздарга чейинки аралыктарды аныктоо үчүн колдонулат. Бул параллакстар кичине чоңдуктар болуп эсептелишет. Ошого байланыштуу аларды жылдыздарга чейинки аралыкка тескери пропорционалдуу деп алууга болот ($1''$ параллакска 1 парсек аралык туура келет; 1 парсек=206265 *а. б.* (астрономиялык бирдик); 1 *а. б.*=150 000 000 *км* – Жерден Күнгө чейинки орточо аралык. Бизге эң жакын аралыктагы Центавр жылдызынын параллаксы $0,76''$ барабар.

Бир кыйла алыс аралыктагы жылдыздардын фонунда, түздөн-түз өлчөө жолу менен аныкталган жылдыздардын көзгө көрүнгөн жылышуулары *тригонометриялык параллакстар* деп аталат. Мындай параллакстар кичине болгондугуна байланыштуу жакынкы жылдыздар үчүн гана алынышы мүмкүн.

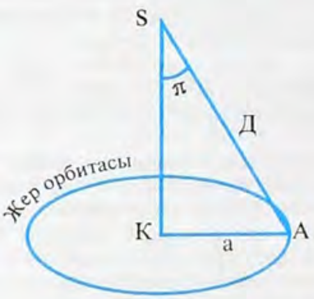
Польшалык астроном Н. Коперник жылдыздардын параллаксын аныктоого аракет кылган, бирок эч жыйынтык чыгара алган эмес. Ал жылдыздар Жерден эң алыс экендигин, ошол мезгилдеги приборлор менен жылдыздардын параллактикалык жылышууларын аныктоо мүмкүн болбогондугун туура түшүнгөн.

1837-жылы биринчи жолу Вега жылдызынын жылдык параллаксы орус астроному В. Я. Струве тарабынан так өлчөнгөн. Аны менен бир эле мезгилде башка өлкөлөрдө да (Герма-

ния, Англия) эки жылдыздын параллакстары аныкталган, анын бири Центавр α жылдызы болгон.

Биз жогоруда жылдыздар Күн системасындагы телолорго караганда өлчөөсүз алыс аралыкта болорлугун белгилеп кеткенбиз. Жакын деген жылдыздан жарык нуру бир нече жылда жетет.

Жылдыз багытына перпендикулярдуу жайланышкан Жердин орбитасынын орточо радиусун (a) жылдыздан көрүүгө мүмкүн болгон бурч π ошол жылдыздын параллаксы болуп эсептелет. Эгерде π чондугун аныктоого мүмкүндүк болсо, анда ал жылдызга чейинки аралык



47-сүрөт

$$Д = \frac{a}{\sin\pi} \qquad (41.1)$$

барабардыгы менен аныкталат. Бул барабардык 47-сүрөттө SKA тик бурчтуу үч бурчтугунан алынат (карама-каршы жаткан катеттин гипотенузага болгон катышы ошол бурчтун синусуна барабар). Мындагы $a=KA$ – Жер орбитасынын орточо радиусу; $Д=SA$ – Жерден жылдызга чейинки аралык; π – аралыгы аныкталып жаткан жылдыздын параллаксы.

π – бурчу дайыма эң эле кичине чондукка ээ болот ($1''$дан кичине). Эгер π жаанын секундасы менен туюнтулса, анда

$$\sin\pi = \frac{\pi}{206265''} \qquad (41.2)$$

Эми (41.1) барабардыгын

$$Д = \frac{206265'' a}{\pi} \qquad (41.3)$$

түрүндө жаза алабыз. Жер орбитасынын орточо радиусу 1 *а. б.*ке барабар (a=1*а.б.*), демек (41.3) барабардыгын астрономиялык бирдик аркылуу туюнтсак:

$$Д_{а.б.} = \frac{206265''}{\pi} \qquad (41.4)$$

түрүндө жазылат. Акыркы барабардыкты колдонуу менен параллаксы белгилүү болгон каалаган жылдызга чейинки аралыктарды аныктай алабыз.

Жогоруда бизге жакын Центавр α жылдызынын параллаксы π=0,76" деп белгилеп кеткенбиз. Демек, Центавр α жылдызына чейинки аралык:

$$Д_{а.б.} = \frac{206265''}{0{,}76''} \approx 270000 \ а.\,б. \text{ барабар.}$$

Бул аралыкты жарык 4 жылда өтөт. Ал эми Күндөн Жерге жарык 8 минута чамасында келсе, Айдан 1 секундага жакын убакта эле жетет.

1" параллакска туура келүүчү жылдызга чейинки аралык *парсек (пк)* деп аталат («параллакс - секунда» деген сөздөн алынган):

$$1пк = 206265 \ а.\ б. = 3{,}26 \ жарык\ жылы = 3 \cdot 10^{13}\ км$$

Мындай учурда жылдызга чейинки аралыкты парсек аркылуу төмөнкү формула боюнча эсептөөгө болот:

$$Д_{пк} = \frac{1}{\pi} \qquad (41.5)$$

Азыркы мезгилде жылдык параллаксты өлчөө жылдыздарга чейинки аралыктарды аныктоодогу негизги ыкма болуп эсептелет.

XIX кылымдын биринчи жарымында болгону бизге жакын үч жылдыздын гана аралыгын аныктоого мүмкүндүк болсо, азыр бир нече миң жылдыздын параллакстары белгилүү болду. Жылдык параллаксты өлчөө аркылуу 100 *парсектен* же болбосо 300 *жарык жылынан* алыс болбогон жылдыздардын гана аралыгын жетишерлик тактыкта аныктоого мүмкүндүк бар. Ал эми бизден миңдеген парсек (1000 *парсек*= =1 *килопарсек* =1 *кпк*) же миллион парсек (1000 000 *парсек*= =1 *мегапарсек* =1*Мпк*) алыстыктагы космостук объектилерге чейинки аралыктар башка ыкмалар аркылуу аныкталат.

1. Суткалык, жылдык жана кылымдык параллакстардын айырмачылыктары эмнеде?
2. Жылдызга чейинки аралык кайсыл формула менен аныкталат?

§ 42. Көрүнгөн жана абсолюттук жылдыз чоңдуктары

Күн сыяктуу эле жылдыздар да электр-магниттик термелүүлөрүнүн бардык толкун узундугундагы диапозондорунда энергияны нурдантышат. Жылдыздын бардык багыт боюнча бир секунда ичинде нурданткан толук энергия саны *жарыктанышы* деп аталат. Бул болсо, жылдыздардын негизги мүнөздөмөлөрүнүн бири болуп эсептелет. Жарыктаныш L тамгасы аркылуу белгиленет. Күндүн жарыктанышы ($L_{\odot} \approx 4 \cdot 10^{33}$ *эрг/м*) бирдик жарыктаныш катары кабыл алынган.

Жылдыздар бизден ар кандай алыстыктарда жайланышкан. Жылдыздардын жарыктанышын алардын көзгө көрүнгөн жылдыз чоңдуктары боюнча баалоого болот. Бизден стандарттуу $Д_0=10$ *пк* аралыгында жайланышкан жылдыздын көрүнүүчү жылдыз чоңдугу ***абсолюттук жылдыз чоңдугу*** деп аталып, M тамгасы менен белгиленет.

Эки жылдыздын бирөөнүн жаркыроосу экинчисинен $\sqrt[5]{100} = 2{,}512$ эсеге чоң болсо, анда ал эки жылдыздын көрүнүүчү жылдыз чоңдуктарынын айырмасы бирге барабар болот. Ошентип, биринчи чоңдуктагы жылдыз, экинчи чоңдуктагы жылдызга караганда 2,512 эсе жарык болсо, экинчи чоңдуктагы жылдыз үчүнчү чоңдуктагыга караганда дагы 2,512 эсеге жарыктык кылат д. у. с. Демек, биринчи жылдыз чоңдугундагы жылдыз төртүнчү чоңдуктагы жылдызга караганда $2{,}512 \cdot 2{,}512 \cdot 2{,}512$ эсе же $2{,}512^3 = 2{,}512^{4-1}$ эсе жарык болот. Эми эки жылдыз үчүн жаркыроолорунун (J) катышын төмөндөгүдөй жаза алабыз:

$$\frac{J_1}{J_2} = 2{,}512^{m_2-m_1} \qquad (42.1)$$

мындагы $m_1 - m_2$ – жылдыздардын $Д_1$ жана $Д_2$ аралыктардан көрүнүүчү жылдыз чоңдуктары. Эгер $Д_0=10$ п*к* аралыгынан байкоо жүргүзүлгөн болсо, анда анын көрүнүүчү жылдыз чоңдугу m_0 аныктама боюнча, абсолюттук жылдыз чоңдугуна (М) барабар болот. Анда (42.1) төмөнкү түргө келет (J_0 аралыгы $Д_0=10$ п*к* деп алган жылдыздын жаркыроосу).

$$\frac{J}{J_0} = 2{,}512^{M-m} \text{ эсе}$$

Экинчи жагынан ушул эле катыш аралыктардын квадратына тескери пропорционалдуу болот:

$$\frac{J}{J_0} = \frac{Д_0^2}{Д^2}; \quad \text{же} \quad 2{,}512^{M-m} = \frac{Д_0^2}{Д^2} \qquad (42.2)$$

(42,2)ни логарифмалоо, астрономиянын мектеп курсунда белгилүү болгон барабардыкты берет:

$$M=5-5\cdot\lg Д+m \qquad (42.3)$$

мындагы M – абсолюттук жылдыз чоңдугу; $Д$ – жылдызга чейинки аралык, m – көрүнүүчү жылдыз чоңдугу.

Эгер абсолюттук жылдыз чоңдугу башка жол менен аныкталган болсо, мисалы жылдыздын спектри боюнча, анда акыркы (42.3) формуладан жылдызга чейинки аралыкты табууга да болот

$$\lg Д=\frac{m-M+5}{5} \qquad (42.4)$$

Абсолюттук жылдыз чоңдуктары менен жылдыздардын жарыктаныштарын байланыштыруучу формула да жогорудагы (42.1) формуласы сыяктуу жазылат.

$$\frac{L_1}{L_2}=2{,}512^{M_2-M_1} \qquad (42.5)$$

мындагы L_1 жана L_2 эки жылдыздын жарыктанышы, ал эми M_1 жана M_2 алардын абсолюттук жылдыз чоңдуктары.

Эгер жылдыздын бири катары Күндү алсак, анда $\frac{L}{L_\odot}=2{,}512^{M_\odot-M}$ барабардыгы алынат. Мындагы индекси жок тамгалар каалаган жылдызга, ал эми индекстүүсү Күнгө тиешелүү. Күндүн жарыктанышы бирге барабар деп алынгандыктан $L=2{,}512^{M_\odot-M}$ деп жаза алабыз. Логарифмалоо менен

$$\lg L=0{,}4(M_\odot-M) \qquad (42.6)$$

түрүндө жазабыз.

Акыркы (42.6) формуласы боюнча абсолюттук жылдыз чоңдугу белгилүү болгон каалаган жылдыздын жарыктанышын эсептей алабыз.

Жылдыздар ар кандай жарыктаныштарга ээ. Жарыктаныштары Күндүн жарыктанышынан жүз, миң эсе жогору болгон жылдыздар *гиганттар* жана эң эле чоң гиганттар деп аталышат. Мисалы, Альдебаран гигант-жылдызынын жарыктанышы Күндүн жарыктанышынан 120 эсе жогору ($L\approx120$). Эң эле чоң гигант-жылдызга мисал катары Орион топ жылдызындагы Ригель жылдызын алсак болот. Анын жарыктанышы $L\approx20000$.

Жарыктаныштары Күндүкүнө теңдеш келген, же төмөн болгон жылдыздар *кодо* (карлик) жылдыздар деп аталышат. Крю-

гер деп аталган жылдыз буга мисал боло алат. Анын жарыктанышы $L \approx 0,006$.

Жылдыздардын радиусу нурдантуу закону аркылуу аныкталат. Физикада ысытылган нерсенин $1 м^2$ бетинен бирдик убакыт ичинде нурдантылган толук энергиясы $E = \zeta T^4$ барабардыгы менен туюнтулары белгилүү (Стефан-Больцман закону). Мындагы ς – пропорционалдуулук коэффициенти, T – абсолюттук температура. Аталган закондон белгилүү T температурасына ээ болгон жылдыздын салыштырмалуу сызыктуу радиусун аныктоо үчүн төмөндөгү формула алынат

$$\frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{r}{r_\odot}\right)^2 \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^4$$

Мындагы r – жылдыздын радиусу, ал эми $r_\odot$, $T_\odot$ – ирети менен Күндүн радиусу, абсолюттук температурасы.

1. Жылдыздардын жарыктанышы деп эмнени айтабыз?
2. Абсолюттук жылдыз чоңдугу деп эмнени айтабыз?
3. Эки жылдыз үчүн жаркыроолорунун катышы кандай жазылат?
4. Абсолюттук жылдыз чоңдугу белгилүү болгон каалаган жылдыздын жарыктанышын кайсыл формула боюнча эсептеп алабыз?
5. Кандай жылдыздар гиганттар деп аталат?

§ 43. Жылдыздардын физикалык жаратылышы

Көпчүлүк астрономдор жылдыздар (ал түгүл бүтүндөй галактикалар) газдардын туманынын коюланышынын (конденсациясынын) натыйжасында пайда болот деп эсептешкен. Мындай гипотезанын пайда болуусунун себептеринин бири, байкоолор көргөзгөндөй, кийин пайда болгон жылдыздардын газдар жана чаңдар менен байланышта болуусунда.

Өзүнүн пайда кылган гравитациясынын таасири менен муздак газ чаңдардан турган тумандар кысыла баштады дейли. Мындай кысылуудан тумандын тыгыздыгы жана температурасы жогорулай берет. Ошентип келечекте жаралуучу жылдыз («протозвезда») пайда боло баштайт. Мындай жаңы пайда болуучу жылдыздарды издөө иштери көптөгөн обсерваторияларда жүргүзүлүүдө.

Жаңы пайда болуучу жылдыздардын (протозвездалардын) кадимки жылдыздардан болгон негизги айырмачылыктарынын бири аларда (протозвездаларда) алигиче термоядролук

реакциялар жүрбөйт. Протозвездаларда кадимки жылдыздардай энергиянын негизги булагы али пайда боло элек болот. Термоядролук реакция качан гана кысылуу процессинин негизинде анын ядросундагы температура бир нече миллион градуска жеткенде башталат. Мына ушул убакыттан баштап жылдыздын кысылуу стадиясы токтойт. Газдын ички басымынын күчү жылдыздын сырткы бөлүгүнүн оордук тартылуу күчү менен тең салмактуу абалга келет. Жылдыздын массасы канчалык чоң болсо, ошончолук жогорку температурада тең салмактуулук пайда болот. Ушуга байланыштуу өтө чоң жылдыздардын жарыктануусу да эң эле жогору.

Көп сандагы энергияны нурдантуучу чоң жылдыздар бат эволюцияланышып, бир нече миллион жылдардын ичинде бат эле стационардык абалга келишет, ал эми Күн сыяктуу жылдыздар үчүн миллиарддаган жылдар талап кылынат.

Жылдыздын борбордук бөлүгүндөгү суутегинин баардыгы гелийге айланганда, жылдыздын ичинде гелий ядросу пайда болот. Мындан кийин суутеги гелийге жылдыздын борборунда эмес, эң ысык гелий ядросунан кийинки катмарда айланат. Гелий ядросунун ичинде энергиянын булагы жок болгондугуна байланыштуу ал акырындык менен кысылып, температурасы дагы көтөрүлө берет. Жылдыздын ичиндеги температура 13–15 млн градустан ашкан кезде гелий кычкылтегине айлана баштайт. Эсептөөлөр көргөзгөндөй, жылдыздын өлчөмү жана жарыктанышы жогорулай берет. Жыйынтыгында кадимки жылдыз акырындык менен кызыл гигантка же өтө чоң (гигант) жылдызга өтөт.

1. Жаңы жылдыз кантип пайда болот?
2. Жаңы пайда болуучу жылдыз менен кадимки жылдыздын негизги айырмачылыгы эмнеде?
3. Жылдыздын ичинде гелий ядросу качан пайда болгон?

§ 44. Ак карлик, нейтрон жылдызы жана кара туюктар

Ак карликтер. Астрономиялык байкоолор Ааламда бир катар кубулуштардын болуп турарлыгын көргөзгөн. Алардын бири болуп, эбегейсиз чоң өлчөмдөгү массанын мейкиндиктин анча чоң эмес бөлүгүнө топтолуу (кысылуу) мүмкүндүгү эсептелет. Жылдыздын акыркы стадиясы анын массасынын эң чоң кысылуусуна алып келет. Эгер жылдыздын борборун-

дагы ядролук энергия күйүп бүтсө, анда кандай процесстер пайда болот?

Жылдыздын борбордук бөлүгүндө басым жана температура төмөндөйт, өздүк тартылуу күчүнүн таасири менен борборго кысыла баштайт. Эгерде жылдыздын массасы Күндүн массасынан кичине болсо, анда мындай кысылуунун натыйжасында ал жылдыз *ак карликке* – тыгыздыгы 10^9 $г/см^3$ чамалаш болгон анча чоң эмес жылдызга айланат. Ак карлик абалындагы жылдыз электрондорунан ажыраган атомдук ядролордон жана бош электрондордон турат. Электронсуз атомдук ядролор тең салмактуулук абалынын айланасында термелүүдө болот.

Массасы Күндүн массасына барабар болгон жылдыз ак карликке айланыш үчүн ал жылдыздын өлчөмү 1000 эсеге кичирейүүсү керек.

Мындай жылдыздардын ядролору көмүртек менен кычкылтектен турат. Эгер ядронун массасы Күндүн массасынын жарымынан кичине болсо, гелийден да турат. Ак карликке

48-сүрөт

айланган жылдыз эң чоң кысылууга дуушар болгондугуна байланыштуу алгачкы убакытта өтө ысык болуп, ак түстө көрүнөт. Акырындап ал муздай баштап, бир нече миллиард жылдан кийин көрүнбөй калат. Ак карликтин максималдуу массасы күндүн массасынын 1,4 өлчөмүнүн тегерегинде болот. Эволюция процессинин жүрүшү менен жылдыздар бир кыйла сандагы массаларын жоготушат. Алгачкы массалары күндүн массасынын жок дегенде 6 эсесине жеткен жылдыздар эволюцияланып ак карликке өтөт деген болжолдоолор бар (48-сүрөт).

Жылдыздар дүйнөсүндө көптөгөн ак карликтер кездешет. Бул болсо, көптөгөн жылдыздар ак карликтерге айланышат, алар андан кийин акырындап муздап, «өчкөн жылдыздарга» өтүп кетишет.

Нейтрон жылдызы. Эң чоң массалуу жылдыздар мындан да оор катастрофалык абалга туш болушат. Мындай жылдыздардын баштапкы массалары жетишерлик чоң болуп, гравитациялык зор күчтү жаратуу менен жылдыздын борборунда жогорку температураны пайда кылат. Жыйынтыгында массасы Күндүн массасынан бир азга б. а. 1,4 эсеге чоң болгон эң чоң тыгыздыктагы ядрону түзөт. Ядролук энергия түгөнгөндө гравитациялык күч ички ага каршы таасир эткен күчтөн чоңдук кылып, жылдыз өтө тездикте коллапсирленет. Бул процесс бир кыйла чоң тыгыздыкта электрондор менен протондор кошулуп нейтрондорду түзгөнгө дейре жүрөт. Эгер пайда болгон нейтрондордун гравитациялык күчкө каршы багытталган басымы жылдызды кармап калууга жана коллапсты токтотууга жөндөмдүү болсо, анда *нейтрон жылдызы* пайда болот (48-сүрөт).

Нейтрон жылдызынын өлчөмү туурасынан кесилиши боюнча бир нече километрге жетет. Ошондой болсо да мындай жылдыз Күнгө салыштырмалуу чоң массага ээ болот.

Нейтрондук жылдыз коллапсирленүүчү жылдыздын зор массалуу ядросунан түзүлөт. Жылдыз коллапсирленгенде рентгендик жана гамма нурдануулар түрүндө энергия кескин бөлүнүп чыгат. Ошондой эле нейтрино да бөлүнүп чыгып турат. Ядролук синтез процессинде оор элементтер менен өтө көп санда толукталган жылдыздын тышкы катмары ушул энергиянын эсебинен сыртка түртүлөт. Ушундай жол менен жылдыз аралык газдарга гелийден ооруроак келген элементтер кошулуп турат.

Чындыгында нейтрон жылдызы гиганттык ядро болуп эсептелет. Протондор менен электрондор бул жерде бири-бири менен өтө күчтүү кысылышып, анын негизинде биригишип, нейтрондорду түзүшөт. Мындай нейтрондор бири-бирине иш жүзүндө (практика жүзүндө) өтө тыгыз жайланышкан болушат. Нейтрон жылдызынын ичиндеги тыгыздык атом ядросунун тыгыздыгындай мааниге жетет.

Америкалык физик теоретик Р. Оппенгеймер (1904–1967) нейтрондук жылдыздын моделин 1938-жылы биринчилерден болуп түзгөн. Нейтрондук жылдыздар радиорентгендик, ал түгүл гамма-нурданууларды байкоолордон табылган. Пульсар – бул өтө чоң жаны жылдыздын жарылуусунан пайда болгон өз огунда тез айлануучу нейтрондук жылдыз деп болжолдо-

нулат. Тыгыз массалуу нейтрондук жылдыз сыяктуу жылдыздар гана ушундай тез айлана алат.

Нейтрондук жылдыздар экзотикалык шарттар кезинде да байкалган. Көпчүлүк жылдыздар түгөйлүү болушат, алардын бири өтө чоң жаңы жылдыз болгон кезде ал акыры нейтрондук жылдызга айланат. Ошентип, жылдыздын – түгөйлөштүк эволюциясы тез өнүгүүгө ээ болот. Түгөйлөш жылдыз өзүнүн атмосферасын каптап турган тыгыз газ түрүндөгү заттарынын бир кыйла бөлүгүн жоготот. Геркулес жылдызынын массасы жана өлчөмү анын нейтрондук жылдыз экендигин далилдейт. Нейтрондук жылдыздар 1967–1968 жылдары ачылган.

Нейтрондук жылдыздын көп бөлүгү тыгыздыгы 10^{11} ден 10^{15} *г/см*^{3} чейинки тыгыздыктагы заттардан турат. Мындай тыгыздык кезинде заттардын абалдык теңдемеси жана бардык касиеттери даана белгилүү болбойт. Ошондуктан бул маселелерди изилдөө бир кыйла маанилүү маселелердин бири болуп эсептелет. Ошондой эле нейтрондук жылдыздын борбордук бөлүгүнүн $\rho=10^{14}-10^{15}$ *г/м*^{3} маселеси да түшүнүксүз бойдон калууда. Аталган тыгыздыктагы бөлүгүндө нуклондор менен электрондордон тышкары белгилүү санда мезондор менен гиперондор пайда болушат. Мунун негизинде абал теңдемеси да белгисиз бойдон калат. Абал теңдемеси жетиштүү деңгээлде белгилүү болбогондугуна байланыштуу нейтрон жылдызы кандай максималдуу массага ээ болорлугу толук аныктала элек.

Кара туюктар. Эгер кысылууга дуушар болгон жылдыздын массасы күндүкүнөн 3–4 эсе, же андан да жогору болсо, анда тартылуу күчүнүн теориясына ылайык, атом ядросунун тыгыздыгына жеткен жогорку тыгыздыкта да ал жылдыздын кысылуусу токтобойт. Таңкаларлык кубулуш – гравитациялык коллапс пайда болот. Коллапсирленүүчү телодогу заттардын концентрациялануу жана кысылуу процессинин ылдамдыгы жарык ылдамдыгына чейин жетет. Ушул моменттен баштап бир да бөлүкчө, бир да сигнал, ошондой эле жарык нуру да, өтө зор тартылуудагы бул түзүлүштүн сыртына чыга албайт. Коллапсирленүүчү телону курчап турган мейкиндик туюкталып, сырткы байкоочу үчүн ал жоктой болуп сезилет. Коллапсирленүүчү объектилердин сырткы тартылуу талаасы кысылуу учурунда өзгөрбөйт, ал талаа жетишерлик чоң аралыктарда кадимки жылдыз сыяктуу эле таасир этет. Мындай объектилер *«кара туюктар»* (Черная дыра) деп аталат (48-сүрөт). Бул аталыштын келип чыгышы коллапсирленүүчү жылдыз тышкы байкоочу үчүн өчкөндөй болуп көрүнбөй ка-

Зельдович Яков Борисович (1914–1988) орус физиги, 1960-жылдан тартып астрофизика жана космология боюнча фундаменталдуу эмгектерди жазган. Массалары Күндүн массасынан жүз миңден миллиард эсеге чейин чоң болгон телолордун түзүлүш теориясын иштеп чыккан. «Кара туюктардын» касиеттерин изилдеген. «Ысык» Аалам процессинин теориясын изилдөөдө фундаменталдуу жыйынтыктарга ээ болгон. Квазарлар тез айланып туруучу өтө чоң массалуу жылдыз деген пикирди сунуштаган.

лышына байланыштуу. «Кара туюктардын» болуусу 1939-жылы америкалык физик теоретиктер Р. Оппенгеймер жана Х. Снайдер (1913–1962) тарабынан алдын ала айтылган.

Астрономиялык эсептөөлөр биздин Галактикада болжол менен жылдыздардын 30% «кара туюкка» айланууга жетиштүү массаларга ээ экендигин көргөзгөн. Мунун негизинде биздин Галактикадагы «кара туюктардын» санын болжол менен эсептөөгө болот. Мындай эсептөөлөр боюнча алардын саны миллиарддан кем эмес болуп чыккан. Бирок бул сыяктуу теория жүзүндөгү ой жүгүртүүлөр жана эсептөөлөр чындыкка айланыш үчүн аларды байкоолор аркылуу далилдөө зарыл. Бирок «кара туюкту» кантип байкоого болот? Алгачкы аракеттер боюнча «кара туюкка» карай тартылган газдардын жаркыроосун байкоодон башташкан. Бирок ошол жаркыраган газдын ичинде «кара туюктун» бар экендигин да далилдөө талап кылынган.

Экинчи ыкманы Россиянын физик-теоретиги Я. Б. Зельдович төмөндөгүдөй ой жүгүртүү аркылуу сунуш кылган. Ааламда бири-бири менен тартылуу күчү аркылуу тыгыз байланышкан бир нече кош жылдыздар бар. Эки жылдыз тең массаларынын жалпы борборунун айланасында айланышат.

Эгер эки жылдыздын бирөө «кара туюкка» айлануу аркылуу жашоосун токтотсо, анда аны биз көрбөй калабыз. Бирок ал «кара туюк» жалпы борбордун айланасында айлануусун уланта берет. Бул сыяктуу абалга туш болгон кош жылдыздарды байкоого болот.

Эгер көзгө көрүнбөй калган телонун массасы күндүкүнөн кичине болсо, анда ал анча чоң эмес, начар жарык берген жылдыз болуп эсептелет. Бирок ал жетишерлик чоң массада болсо, кара туюкту таптык деп болжосок болот.

Жылдыздардын кысылуусу «кара туюктун» пайда болуусунун бирден бир гана жолу эмес. Газдардын гравитациялык кысылуусу да кара туюкка алып келиши мүмкүн.

1. Кандай шартта жылдыздар ак карликке айланат?
2. Нейтрон жылдызынын пайда болушу кандайча жүрөт?
3. Кара туюк жөнүндө түшүнүк бергиле?

§ 45. Жылдыздардын ички түзүлүшү жана энергия булактары

Жылдыздардын борбордук түпкүрүн түздөн-түз байкоо аркылуу биле албайбыз. Ушуга байланыштуу алардын ички түзүлүшү теориялык жол менен массасынын, радиусунун жана жарыктаныштарынын негизинде тургузулган жылдыз модели аркылуу изилденет. Жылдыздардын борборуна багытталган гравитациялык күч таасир этсе, анын борборунан бул күчкө карама каршы, жылдыздын сыртын көздөй багытталган газдардын басым күчү таасир этет. Бул эки күч чоңдуктары боюнча теңдеш, багыттары боюнча карама-каршы келип, механикалык тең салмактуулукту түзөт (49-сүрөт). Жылдыздын борборун көздөй уламдан улам басым чоңоё берет, ошону менен бирге тыгыздык менен температура да жогорулайт. Убакыттын өтүшү менен жылдыздын бардык элементардык көлөмүндөгү температура өзгөрбөйт, б. а. мындай ар бир көлөмдөн кеткен энергиянын саны ядролук булактардан иштелип чыгып турган энергиянын эсебинен толукталып турат. Бул процесс жылуулук тең салмактуулугуна алып келет. Жылдыздын тышкы бетиндеги температура менен ички температурасы бирдей эмес. Сыртында бир нече миң ал эми түпкү борборунда ондогон миллион градуска жетет. Мындай температурада заттар иондошкон атомдордон турат.

49-сүрөт

Жылдызда энергияны алып жүрүүчү негизги механизми болуп нурдук жылуулук өткөргүчтүгү эсептелет. Бул учурда жылдыздын жылуулук диффузиясы, өтө ысык ички бөлүгүнөн тышкы жагына, ысык газдар тарабынан чыккан ультра-кызгылт көк нурдануунун кванттары аркылуу өтөт. Бул кванттар жылдыздын башка бөлүктөрүндө жутулуп, андан кайра нурданышат. Улам кийинки бир кыйла муздагыраак катмарга өткөн сайын нурдануунун жыштыгы азая берет. Нурдук жылуулук өткөргүчтүк бир кыйла жылдыздар үчүн энергия алып жүрүүнүн негизги түрү болуп эсептелет.

Жылдыздардын баштапкы пайда болуу этаптарындагы эң жука катмарындагы заттардын химиялык курамы жылдыздардын атмосферасынын химиялык курамына окшош келет. Бул болсо спектроскопиялык байкоолор аркылуу аныкталат. Убакыттын өтүшү менен ядролук реакциялар жылдыздын ички түпкүрүндөгү химиялык курамын өзгөртөт. Ушуга байланыштуу жылдыздардын ички түзүлүшү өзгөрүп турат.

Жылдыздардын негизги энергия булактары болуп термоядролук реакция эсептелет. Бул учурда жеңил ядролордон бир кыйла оор ядролор пайда болот. Көпчүлүк учурларда суутек гелийге айланат. Күндүн эки эсе массасынан кичине жылдыздарда бул реакция негизинен эки протондун дейтерийдин ядросу менен кошулуу жолу аркылуу жүрөт. Бир кыйла массалуу жылдыздарда көмүртек-азоттук циклдик реакция үстөмдүк кылат. Мында көмүртек (углерод) ирети менен 4 протонду өзүнө кабыл алып, ошол эле убакта эки позитронду өзүнөн чыгарып, алгач азотко айланат, андан кийин гелий менен көмүртекке ажырайт. Бул эки реакциянын акыркы жыйынтыгы болуп, энергия бөлүп чыгаруу менен төрт суутек ядросунан гелий ядросунун синтезделиши эсептелет. Көмүртек-азоттук реакцияда азот менен көмүртектин ядролору катализатордун гана ролун аткарышат. Ядролор бири-бири менен биригүү аралыгына жакындаш үчүн алар электр-статикалык түртүлүүнү жеңүүлөрү керек. Мындай реакциялар 10^7 градустан жогорку температурада гана жүрө алат. Мындай температуралар жылдыздын эң эле түпкү борбордук бөлүгүндө гана болот. Борборундагы температура буга жетишсиз болгон кичине массалуу жылдыздарда энергия булагы болуп гравитациялык кысылуусу эсептелет.

Массалары эң эле чоң болгон жылдыздардын ядролору, эволюциянын акыркы мезгилдеринде туруксуз болот. Алардын радиустары кичирейип, нейтрон жылдыздары-

на айланат (кадимки жылдыздар ядролор менен электрондордон турса, нейтрон жылдызы нейтрондордон гана турат). Нейтрон жылдызы күчтүү магнит талаасына ээ болушуп, өз огунун айланасында эң чоң ылдамдык менен (секундасына 30дан ашык айланат) айланып турат. Мындай жылдыздар *пульсарлар* деп аталат. Пульсарлар мезгилдүүлүгү өтө турактуу космостук радио нурдануулардын булагы болуп эсептелет. Азыркы мезгилде биздин Галактикадан 100дөн ашуун пульсарлар табылган. Биринчи пульсар 1967-жылы ачылган. Пульсарлардын сырткы бетинде магнит талаасы 10^{12} градуска жетет деген болжолдоолор бар. Массалары андан да чоң болсо, ал жылдыздарды түзүүчү заттар борборуна жарык ылдамдыгына жакын ылдамдык менен чексиз кыймылда болуп *коллапсты* пайда кылат.

? 1. Жылдыздардын ички түзүлүшү кандай?
2. Жылдыздардын энергия булактары болуп эмне эсептелет?
3. Пульсарлар кантип пайда болот?

§ 46. Жылдыздардын түсү жана температурасы

Жылдыздуу асманды ачык түндөрү жакшылап карап көрсөк, жылдыздар ар кандай түстөрдө болорлугун оңой эле байкоого болот. Абдан ысытылган металлдын түсү боюнча анын температурасы жөнүндө маалымат ала алган сыяктуу эле, жылдыздардын түстөрү да анын сырткы катмарынын температурасы жөнүндө маалымат бере алат. Биздин Күн сары жылдыз. Капелланын түсү да ушундай, анын температурасы $6 \cdot 10^3$ K чамалаш. Температуралары $2{,}5 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^3$ K болгон жылдыздардын түстөрү кызгыл сары болот (Альдбаран-Торпок топ жылдызынын α – жылдызы). Кызыл жылдыздардын (Бетельгейзе-Орион топ жылдызынын α – жылдызы) температуралары болжол менен $3 \cdot 10^3$ K чамалаш болот. Буга чейин байкалган жылдыздардын ичинен эң эле муздагынын температурасы 1000 K жакын. Мындай жылдыздар спектринин инфракызыл бөлүгү боюнча гана байкалат.

Күнгө караганда бир кыйла ысык көптөгөн жылдыздар белгилүү. Аларга температуралары $10^4 - 2 \cdot 10^4$ K болгон ак жылдыздар (Сириус-Чоң Дөбөт топ жылдызынын α – жылдызы, Денеб – Ак Куу топ жылдызынын башына жайланышкан α – жылдызы, Спика – Бийкеч топ жылдызынын α – жылдызы

ж.б.) кирет. Айрым учурларда температуралары $3 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4$ K болгон көгүш-сары жана көк жылдыздар да кездешет. Жылдыздардын температуралары жөнүндө сөз болгондо анын фотосферасынын температурасы эске алынат. Ал эми жылдыздардын түпкүрүндөгү температура жок дегенде ондогон миллион градустарга жетет.

Ошентип, жылдыздардын түсү алардын температураларына байланыштуу. Салыштырмалуу муздагыраак жылдыздарда анын спектринин кызыл бөлүгүндө көбүрөөк нурдануу жүрөт, ошого байланыштуу андай жылдыздар кызгылт түскө ээ болушат. Кызыл жылдыздардын температуралары төмөн. Кызыл жылдыз кызгылт сарыга, андан сарыга, саргычка, акка жана көгүшкө өткөн сайын ирети менен анын температурасы жогорулай берет.

Жылдыз жогорку температурага жеткен кезде молекулалар атомдорго ажырайт. Температура андан да өтө жогорулаганда анча бекем эмес атомдор ажыроого туш болушуп, электрондорун жоготуу менен иондорго айланышат. Көптөгөн химиялык элементтердин иондошкон атомдору нейтралдуу атомдор сыяктуу эле белгилүү толкундагы энергияларды өзүнөн нурдантышат жана жутушат. Бир эле химиялык элементтин атомдорунун жана иондорунун жутулуу сызыктарынын интенсивдүүлүктөрүн салыштыруу жолу менен теория жүзүндө алардын салыштырмалуу санын аныктоого болот. Ал болсо температурадан функция болуп эсептелет. Ошентип, жылдыздардын спектрлериндеги кара сызыктар боюнча алардын атмосферасындагы температураны аныктай алабыз.

?

1. Жылдыздардын түстөрү температураларына кандай байланышта?
2. Өтө муздак жылдыздын түсү кандай болот?
3. Жылдыздардын түпкүрүндөгү температура канча градустун тегерегинде болот?
4. Жылдыздардагы молекулалар кандай учурда атомдорго ажырайт?

§ 47. Жылдыздардын массасы жана орточо тыгыздыгы

Жылдыздардын динамикасын мүнөздөөчү негизги параметрлеринин бири алардын массасы. Жылдыздын массасы эки эсе чоңойсо, анын жарыктанышы отуз эсеге чейин жогорулоого жетишет. Мындан жылдыздардын массаларын аныктоо зарылдыгы келип чыгат. Кош жылдыздардын гана массаларын түздөн түз аныктоого болот. Ал үчүн кош жылдыздардын кыймылын Жердин Күндүн айланасында болгон кый-

мылы менен салыштыруудан келип чыккан Кеплердин жалпыланган үчүнчү закону боюнча төмөнкү барабардыкты жаза алабыз:

$$\frac{m_1 + m_2}{A^3}T^2 = \frac{M_\odot + M_\oplus}{a_\oplus^3}T_\oplus^2 \qquad (47.1)$$

A – кош жылдыз орбитасынын чоң жарым огу; m_1 менен m_2 кош жылдыздардын массалары; T – жыл ичиндеги эки жылдыздын айлануу мезгили; $M_\odot$ жана $M_\oplus$ Күндүн жана Жердин массалары; $T_\oplus$ – Жердин Күндү айлануу мезгили; $a_\oplus$ – Жердин орбитасынын чоң жарым огу.

Жердин Күндү айлануу мезгили $M_\oplus$=1 *жыл*, Жердин орбитасынын чоң жарым огу $a_\oplus$=1 *а. б.*, ал эми Жердин массасы Күндүн массасына караганда өтө эле кичине $M_\oplus \ll M_\odot$ болгондуктан, аны $M_\oplus \approx 0$ деп алсак болот. Анда (47.1) төмөнкү түргө келет:

$$\frac{m_1 + m_2}{A^3}T^2 = M_\odot \quad \text{же} \quad m_1 + m_2 = \frac{A^3}{T^2}M_\odot$$

Эгер Күндүн массасын бир деп алсак, Күндүн массасынын бирдигинде эки жылдыздын массаларынын суммасын

$$m_1 + m_2 = \frac{A^3}{T^2} \qquad (47.2)$$

барабардыгы аркылуу аныктай алабыз. Ал эми m_1 жана m_2 массаларын айрым аныкташ үчүн бул системага кирген ар бир жылдыздын анын тегерегиндеги жылдыздарга карата болгон кыймылдарын кароо керек. Алардын массаларынын жалпы борборуна чейинки A_1 жана A_2 аралыктарын эсептөө менен экинчи теңдемени жазсак болот:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{m_2}{m_1} \qquad (47.3)$$

Алынган (47.2) жана (47.3) теңдемелери эки массанын ар бирин өз алдынча табууга мүмкүндүк берет.

Жылдыздардын массалары ар кандай. Бирок жарыктанышдары менен өлчөмдөрүнөн айырмаланып, жылдыздардын массалары анча чоң эмес интервалда болушат. Эң эле чоң массалуу деген жылдыздар, болгону Күндүн массасынан ондогон эсеге чоңдук кылса, эң кичине жылдыздардын массасы Күндүн массасынын 0,07 бөлүгүнүн тегерегинде болот.

Жылдыздардын массасы гана алардын бар экендигин жана асман телолорунун өзгөчө түрү катары жаратылышта болорлугун, алар үчүн ички катмарынын температурасы өтө

жогору (10^7K ден ашык) болорлугун шарттайт. Мындай температурада пайда болуучу ядролук реакциянын негизинде суутегинин гелийге айланышы, көпчүлүк жылдыздар үчүн энергияны нурдантуу булагы болуп эсептелет. Массасы кичине болсо, асман телосунун (жылдыздын) ичиндеги температура термоядролук реакциянын жүрүшү үчүн зарыл болгон мааниге жете албай калат.

Ааламдагы заттардын химиялык курамындагы буга чейин болуп келген жана азыркы кезде болуп жаткан эволюциясы негизинен жылдыздарга гана байланыштуу. Жылдыздардын ичинде гана суутегинен бир кыйла оор химиялык элементтердин синтезинин кайталангыс процесси жүрөт.

Жылдыздардын өлчөмдөрү алардын массаларына караганда бир кыйла айырмалуулукта болгон сыяктуу эле, Жылдыздардын орточо тыгыздыктары да бир-биринен өтө чоң айырмачылыкта болушат. Чоң (гигант) жана өтө чоң (сверхгигант) жылдыздардын тыгыздыктары өтө эле кичине болот. Мисалга, Бетельгейзенин тыгыздыгы 10^{-3} $кг/м^3$ га чамалаш келет. Ошону менен бирге өтө жогорку тыгыздыктагы жылдыздар да кездешет. Мындай жылдыздарга өлчөмдөрү боюнча анча чоң болбогон *ак кодолор* (белые карлики) кирет. Алардын аттары да жогорку температурага туура келүүчү ак түстө болгондугуна байланыштуу аталган. Мисалга, Сириус *B* (Сириустун жандоочусу) ак кодосунун затынын тыгыздыгы суунун тыгыздыгынан 40 000 эсеге чоңдук кылат. Азыркы кезде мындан да чоң тыгыздыктагы ак кодолор бар экендиги белгилүү.

Кадимки жылдыздар сыяктуу эле ак кодолор атомдук ядролордон жана алардан ажырап калган электрондордон турат. Бирок ак кодолордун заттарында атомдордун ядролору бири-бири менен жакын жайланышкан, ар бир сантиметр кубда атомдордун ядролору эң эле көп санда болот. Мына ушуну менен ак кодолордун эбегейсиз чоң тыгыздыкка ээ болуусу түшүндүрүлөт. Азыркы мезгилде тыгыздыктары ак кодолордун тыгыздыктарынан бир кыйла чоң болгон жылдыздардын бар экендиктери белгилүү болду.

?

1. Кандай жылдыздардын массаларын түздөн-түз аныктоого мүмкүн болот?
2. (47.1) барабардыгынан кандай шарттардын негизинде (47.2) барабардыгы келип чыгат?
3. Жылдыздардын ичинде термоядролук реакция жүрүш үчүн кандай шарттардын болушу зарыл?

VI глава

ААЛАМДЫН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ЭВОЛЮЦИЯСЫ

§ 48. Аалам түзүлүшү жана анын эволюциясына кыскача түшүнүк

Аалам жөнүндөгү алгачкы түшүнүк биздин эрага чейин эле грек философу жана илимпозу Аристотель тарабынан башталган. Аалам жөнүндөгү Аристотелдин түшүнүгү II кылымда байыркы грек окумуштуусу К. Птоломей, XVI кылымдын башталышында польша астроному Н. Коперник, XVII кылымда англия окумуштуусу И. Ньютон тарабынан уламдан-улам толукталып олтуруп, бир кыйла кенен, туура маалыматтарга ээ болгон.

Кийинки мезгилде коомдун өнүгүшүнө байланыштуу Ааламдын айрым бир бөлүктөрүнүн түзүлүшү жөнүндөгү түшүнүк кеңейе баштаган. Илимий изилдөө методдорунун жана астрономиялык куралдардын өркүндөшүнө жараша Ааламдын окуп үйрөнүү көлөмү да кеңейүүдө болгон. Ошентип улам барган сайын Ааламды изилдөө иштери тереңдеп, ал жөнүндөгү биздин түшүнүктөрүбүздүн ишенимдүүлүгү арта берүүдө.

XVI кылымдын башталышында Н. Коперник тарабынан жасалган зор илимий ачылыш негизинен Ааламдын Күн системасын толугу менен ичине камтыган. Ошондой эле жылдыздар биздин планеталарга чейинки аралыкка караганда көптөгөн эсе алыс турары белгилүү болгон. Бирок ал мезгилде бизге жакын болгон жылдызга чейинки аралыкты да өлчөөгө мүмкүндүк болгон эмес. XVII–XVIII кылымдын астрономиясы негизинен планеталардын системасынын астрономиясы болгон, б. а. бир гана жылдыз – Күндүн айланасы менен чектелген. Бул системанын диаметри болгону 10 млрд *км* ди түзгөн.

Бизге жакын жылдызга чейинки аралыкты XX кылымдын 30-жылдарында гана өлчөөгө мүмкүндүк болгон. Ошентип Ааламдын толук изилдөөгө алынган чеги жарык нуру жүздөгөн жана миңдеген жылдар бою жүрө турган аралыкка созулган. XX кылымдын биринчи жарымында гана Галактиканын өлчөмүн жана түзүлүшүнүн негизги шарттарын ишенимдүү түрдө айтууга мүмкүндүк болгон. Бирок ошондой болсо да Галактиканын түзүлүшүнүн көптөгөн маанилүү өзгөчөлүктөрү алиге чейин ачылбай калууда. Аларды интенсивдүү изилдөө улантылууда.

XX кылымдын 20-жылдарында биздин Галактикадан башка, ушундай эле системага кирген галактикалардын жаратылышы жөнүндө маалымат белгилүү боло баштаган. Бул болсо Ааламдын жогорку татаал космостук системадагы түзүлүштө экендиги жөнүндө түшүнүк берген. Биздин Галактика жана анын айланасындагы асман телолору, жылдыздар Ааламдын айрым бөлүгү катары гана кирет. Азыркы кездеги астрономиялык куралдар Ааламдын акыркы чегине чейин байкоо жүргүзүү мүмкүндүгүнө ээ боло элек. Ошого байланыштуу Ааламдын чеги бар экендиги жөнүндө маалымат жок. Бирок ошондой болсо да айрым астрономиялык куралдар Ааламдын бизден бир нече миллиард парсек аралыктагы телолоруна байкоо жүргүзүүгө мүмкүндүк берет. Буга мисал катары 1998-жылы америкалык астрономдордун «Хаббл» аттуу космикалык телескоп менен Ааламдын болжол менен 11 млрд *жарык жылы* аралыгына чейинки терендигине дейре байкоо жүргүзө алышкандыгын айтсак жетиштүү.

XX кылымдын 70-жылдарында ар кайсы өлкөлөрдүн астрономдорунун коллективдүү эмгектеринде Ааламдын өзгөчө маанилүү үч касиети белгиленген. Биринчиси, Ааламда галактикалар бирдей жайланышкан эмес алардын басымдуу көпчүлүгү топтошкон жана галактикалардын группалары түрүндө кездешет. Экинчиси, галактикалар өз ара бир-биринен алыстоодо болот. Бул алыстоо ылдамдыгы болжол менен өз ара аралыктарына пропорционалдуу (Хаббл закону). Мисалга, бири-биринен он миллион парсек аралыктагы галактикалар, бир-биринен 600 *км/с* чамалаш ылдамдыкта алысташат, демек кызыл жылышуу пайда болот. Бул болсо, Ааламдын кеңейүүдө болуусун айгинелейт. Үчүнчүсү, Ааламдын бизге белгилүү бөлүгү бир тектүү жайланышкан радио нурдануулар менен толгон. Ал 3К температурадагы кара телонун нурдантуусуна барабар келген тыгыздыкта нурдантат. Бул нурдануу *реликт нурдануусу* деп аталат. Космосту мындан аркы изилдөөлөр аталган гана үч негизги фактылар менен чектелбейт. Аалам мындан да башка өтө маанилүү кубулуштарга ээ экендиги илимий изилдөөлөр менен далилденүүдө.

XX кылымдын биринчи чейреги бүткүл Ааламдын эволюциясы жөнүндөгү негиздүү илимий ачылыштардын башталышы болду. Ошентип Аалам жөнүндөгү теориялык илимий далилдөөлөр А. Эйнштейн тарабынан релятивистик гравитациялык теорияны (салыштырмалуулуктун жалпы теориясын) түзгөндөн башталган.

Бул жаңы релятивистик гравитациялык теорияга негизделген Ааламдын биринчи релятивистик модели А.Эйнштейн тарабынан 1917-жылы түзүлгөн. Эйнштейндин бул модели Аалам убакыттын өтүшү менен өзгөрбөйт деген жыйынтыкка алып келген. Мындай модель астрофизикалык байкоолорго карама-каршы келип, Ааламда эволюция болбойт деген түшүнүк пайда болгон.

Россиялык математик А. Фридман 1922–1924-жылдары гравитациялык талаа үчүн Эйнштейндин теңдемесинин Ааламга колдонулган жалпы чыгарылыштарын алган. Бул чыгарылыштар боюнча Аалам убакыттын өтүшү менен өзгөрүүдө болгон. Аалам мейкиндигиндеги жылдыздар системасынын бир-биринин ортосундагы аралыктар туруктуу болгон эмес. Алар бир-биринен алыстоодо же тескерисинче жакындоодо болушкан. Мындай эволюция тартылуу күчүнүн натыйжасы болуп эсептелет. Космостук масштабда бул күч өтө зор мааниге ээ. Фридмандын алган математикалык чыгарылыштарынын жыйынтыгы боюнча Аалам же кеңейүүдө, же кысылууда болгон. Фридмандын бул жыйынтыгы Ааламдын эволюциясы жөнүндөгү буга чейинки түшүнүктөрдү түп тамырынан бери өзгөрткөн. 1929-жылы америкалык астроном Э. Хаббл астрофизикалык байкоолордун жардамы менен бизди курчап турган галактикалык дүйнөнүн кеңейүүдө экендигин ачкан. Ошентип Фридмандын математикалык чыгарылышынын тууралыгы, Ааламдын кеңейүүдө экендигин далилдеген. Фридмандын моделдери Ааламдын мындан аркы эволюциясынын негизи болуп эсептелет. Фридмандын аталган моделинен кийин Эйнштейндин Аалам жөнүндөгү моделинин туура эместиги биротоло далилге ээ болгон.

Ошондой эле Күндүн жана жылдыздардын эволюциялары жөнүндөгү фактылар да далилденген. Асман телолору энергияларды нурдантышат. Бул энергиялардын булактары болуп алардын түпкүрүндөгү ядролук реакциялары эсептелет. Кандай гана энергиянын булагы болбосун ал түбөлүктүү эмес. Ядролук булактарда да энергиянын запасы чектүү. Демек Күн да, жылдыздар да чектүү эле убакыт мурда пайда болушкан.

Азыркы мезгилде да биз галактикалар сыяктуу гиганттык системалардагы болуп жаткан эбегейсиз зор жарылуу процесстерин жана эволюцияларды байкай алабыз. Галактикалардагы заттар ядролук процесстерде бир түрдөн экинчи түргө өтүшөт. Суутек гелийге айланат, андан кийин бир кыйла оор химиялык элементтерге өтүп кетишет. Ошентип Аалам-

дагы бир дагы астрономиялык система жетишерлик чоң убакыт аралыгы ичиндеги статикалык абалда боло алышпайт.

Ааламдын чоң масштабдуу эволюциясы мына ушундай жолдор менен далилденген. Бул ачылыш Ааламдын эволюциясы жөнүндөгү эбегейсиз зор илимий жетишкендик болгон. Бирок ошондой болсо да Ааламдын кеңейүү законунун ачылышы анын эволюциясын изилдөөнүн башталышы гана болуп эсептелет. Бул мындайча айтканда, Ааламдын механикасын гана билүү дегендик. Эми кеңейүүчү Ааламда болуп өтүүчү конкреттүү физикалык процесстерди изилдеп билүү жатат. Ааламдагы заттардын абалдары бүгүнкү күндөгүдөн өтө айырмалуу болгон бир кыйла убакыт мурдагы болуп өткөн процесстерди билүү, кийинки эле асман телолору, алардын системалары формировкаланган бизге чукул мезгилдеги процесстерди билүү, эң акырында, азыркы мезгилде болуп жаткан жана келечекте болуучу процесстерди билүү зарылдыгы жатат.

? 1. Ааламдын түзүлүшү жөнүндөгү алгачкы түшүнүктөр качан пайда болгон?
2. Ааламдын эволюциясын аныктоодо Фридмандын салымы кандай?
3. Ааламдын түзүлүшү жана эволюциясы жөнүндө алдыда дагы кандай изилдөөлөр жатат?

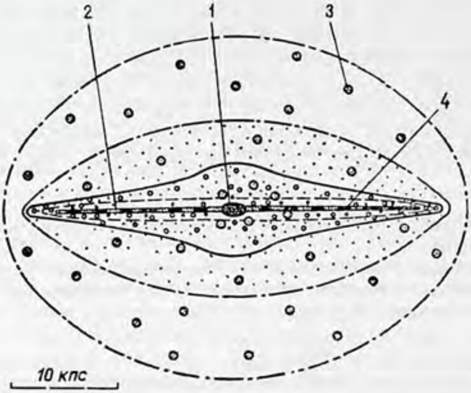
§ 49. Биздин Галактика

Күн жана планеталар системасын толугу менен камтыган өтө чоң жылдыздар системасы башка галактикалардан айырмалоо үчүн «*биздин Галактика*» деп аталып, баш тамга менен жазылат. Ал эми курамына эң көп сандагы жылдыздар кирген системалар *галактикалар* деп аталышат. Акыркы маалымат боюнча (1998-жылкы) ааламдын бизге байкалган бөлүгүндө болжол менен 125 млрд галактикалар бар.

Биздин Галактика түрдүү типтеги көптөгөн жылдыздардан, ошондой эле газдуу жана чаңдуу тумандуулуктардан, жылдыздар аралык мейкиндигиндеги ар кандай жылдыз чогулмаларынан, атомдордон турат. Анын чоң бөлүгүнүн туурасы чамалап алганда 30, калыңдыгы 4 *килопарсек* (1 *парсек* (*пк*) үч жарык жылына чамалаш же $3 \cdot 10^{18}$ *см* барабар, 1 *килопарсек* (*кпк*)=1000 *пк*). Кичине бөлүгүнүн радиусу 15 *килопарсекке* жакын келген сфераны түзөт. Галактикада жылдыздар, чаңдар жана газдар бирдей калыпта жайланышкан эмес (50-сүрөт).

Галактиканын ядросу XX кылымдын орто ченинде сүрөткө тартылып алынган. Ядронун радио нурдантуусу да кылдаттык менен изилденүүдө. Ушундай аракеттер ядронун өлчөмүн билүүгө мүмкүндүк берди, анын диаметри 1300 *пк* ти түзөт.

Күн Галактиканын борборунан 8000–10000 *пк*тен кем эмес аралыкта, дээрлик Галактиканын тегиздигинде жайланышкан. Ошентип Күн Ааламдын борбору эмес Галактиканын



50-сүрөт
Бул сүрөттөгү 1 – ядро; 2 – Күндүн Галактикада ээлеген орду, 3 – жылдыздардын шар түрүндөгү топтолуштары; 4 – галактикалык «тегиздик».

борборунан да жетишерлик алыстыкта турат. Галактика айланууда болот. Күн жана ага жакын жайланышкан жылдыздар Галактиканын борборунун айланасында 250 *км/с*га чамалаш ылдамдыкта кыймылда болушат. Болжол менен 200 млн жылда толук бир айланып чыгат.

Массалары Күндүн массасына жакын болгон жылдыздар Галактикада 150 млрддан кем эмес. Галактикадагы жалпы жылдыздардын саны, массалары өтө эле кичине болгон жылдыздарды кошкондо $2 \cdot 10^{12}$ болушу мүмкүн.

Биздин Галактикада материя негизинен эки түрдө кездешет. Биринчиси жылдыздарды жана жылдыздар аралык газдарды ж. б. түзүүчү заттар; экинчиси, электр-магниттик, гравитациялык жана магниттик талаалар.

Галактиканын жарыктанышы, б. а. бирдик убакыт ичинде андагы болгон бардык жылдыздардын нурданткан толук энергиясы $3 \cdot 10^{37}$ *Вт* түзөт. Бул болсо Күндүн жарыктанышынан ($4 \cdot 10^{26}$ *Вт*) чамалап алганда, жүз млрд эсе чоңдук кылат. Галактикадагы жылдыздардын толук массасы $2 \cdot 10^{44}$ *г* түзөт, б. а. Күндүн массасынан ($2 \cdot 10^{33}$ *г*) жүз млрд эсе чоң.

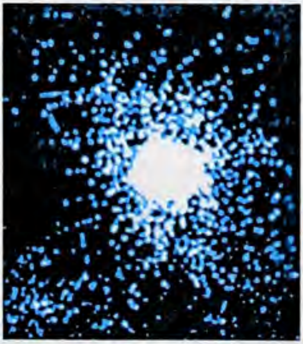
Галактикада жаңы жылдыздардын пайда болуп турарын изилдөөлөр көргөздү. Көп жылдыздардын жерден кийин пайда болгондугун да астрономдор далилдеген.

? 1. Биздин Галактикага кайсыл асман телолору толугу менен кирет?
2. 50-сүрөт боюнча биздин Галактиканын түзүлүшүн айтып бергиле?
3. Биздин Галактика негизинен кандай материялардан турат?

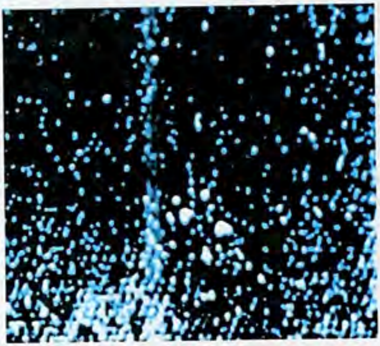
§ 50. Жылдыздык топтолуштар. Саманчынын жолу

Жылдыздык топтолуштар. Тартылуу күчтөрү менен өз ара байланышкан, химиялык курамы боюнча бири-бирине окшош келген, теги бирдей болгон жылдыздар *жылдыздык топтолуштар* деп аталат. Жылдыздык топтолуштардын борбору тыгызыраак, улам четтеген сайын жылдыздар сейректеп жайланышат. Жылдыздык топтолуштардын диаметрлери 150 *парсекке* чейин жетет. *Шар* түрүндөгү жана *чачыранды* болуп эки түрдөгү жылдыздык топтолуштар кездешет. Шар түрүндөгү топтолуштар ондогон жана жүз миңдеген жылдыздардан турса, чачыранды түрүндөгү жылдыздык топтолуштар ондогон жана жүздөгөн жылдыздардан турат.

Мисалга, шар түрүндөгү жылдыздык топтолуштарга Геркулес (51-сүрөт) жана Тайган топ жылдыздары кирсе, чачыранды топтолуштарына Ясли, Үркөр (52-сүрөт) жана Гиада сыяктуу топ жылдыздары кирет.


51-сүрөт

Жылдыздык топтолуштардын тыгыздыктары чоң болгондугуна байланыштуу алардагы ар бир жылдыз, жашоо мезгили ичинде бири-бирине бир нече жолу жакын аралыкка келишип кайра алыстап турушат. Мындай жакындоолордун ортолорун-



52-сүрөт

дагы убакыт жылдыздардын орбита боюнча айлануу убактысынан кем болбойт.

Ал эми жылдыздардын айлануу орбитасы топтолуштардын өлчөмдөрүнө чамалаш келет. Демек, жылдыз бир айлануу мезгили ичинде кандайдыр бир башка жылдызга жакындоо мүмкүндүгүнө ээ боло алат.

Жылдыздык топтолуштун кээ бир жылдызы кокусунан эң чоң ылдамдыкка ээ болуп, мунун негизинде башка жылдыздардын тартылуусунун күчү жетпей системадан чыгып кеткен да учурлары кездешет. Топтолуштагы жылдыздардын мындай жол менен азая бериши топтолушту тыгыздык боюнча бир тектүү эместикке алып келет, анда тыгыз жайланышкан борбордук бөлүгү – ядро пайда болот. Ядронун айланасын сейрек тыгыздыкта жайланышкан жылдыздар курчап турат. 1938-жылы В. А. Амбарцумян (1908) жылдыздык топтолуштардагы жылдыздардын мындай азая бериши кайсыл бир мезгилде анын толук жок болушуна алып келиши мүмкүн деген пикирди сунуштаган.

Жылдыздардын тыгыз топтолушу мындан башка да абалга себепкер болгон. Өтө тез кыймылдагы жылдыздардын эсебинен мындай топтолуштар жалпысынан кысылууга дуушар болушкан. Мунун негизинде эки жылдыздын бири-бирине жакындоолору өтө тездөө менен жүрүп, өтө чукул аралыкка чейин жетишкен. Эволюциянын белгилүү бир учурунда жылдыздардын бири-бири менен түздөн түз кагылышуулары да пайда болот.

Мындай кагылышууларда жылдыздар түздөн-түз тийишүүдө болушуп, алардын ички түзүлүшүндө өтө чоң өзгөрүүлөрдүн болушу мүмкүн: жылдыздар деформацияланышы, бөлүк-бөлүккө бөлүнүп кетиши, же болбосо, бири-бирине биригип калышы мүмкүн. Баарынан мурда жылдыздардын тышкы катмары ажырап кетиши ыктымал. Мындай учурда пайда болгон газ алгач система боюнча чачырап, андан кийин анын борборуна чогулуу менен гравитациялык конденсацияга дуушар болот. Жыйынтыгында жаңы жылдыздын пайда болушу мүмкүн. Газ

өтө жогорку температурада болсо чоң массалуу жылдыз да жаралат.

Эгер баштапкы жылдыздык топтолуштун массасы өтө жетишерлик чоңдукта болуп, мисалы, $10^9–10^{10}$ жылдызды ичине камтыса, анда өтө чоң массалуу жылдыз Күндүн $10^6–10^9$ массасына ээ болушу мүмкүн. Мындай жылдыздын эң башкы өзгөчөлүгү анын өтө интенсивдүү нурданткандыгында. Массасы Күндүн 10^8 массасына барабар болгон жылдыздын жарыктанышы 10^{39} *Вт* ты түзөт.

Жылдыздык топтолуштардагы кагылышуулар мезгилинде дагы бир далай маанилүү процесстер жүрөт. Жылдыздардын кагылышуулары серпилгичтүү эмес мүнөздө болсо, жылдыздардын биригип калуулары мүмкүн. Мына ушундай жол менен пайда болгон чоң массалуу жылдыздар өтө тез эволюцияланышып, 10^6 жыл мезгил ичинде топтолушта көп сандаган жарк этүүлөрдүн болушу күтүлөт. Бул ошондой эле жылдыз топтолушунун жарыктанышынын бир кыйла жогоруланышына алып келет. Жарк эткен жылдыздар кийин нейтрондук жылдыздарга, пульсаларга айланышат, ал эми массалары өтө чоң жылдыздар кара туюкка айланганга дейре коллапсирленишет.

53-сүрөт

Саманчынын жолу. Жылдыздуу асманды чоң тегерек боюнча кесип өткөн, түндүк учу Верониканын Чачы топ жылдызында жайгашкан анча жарык эмес жылдыздар тилкеси *Саманчынын жолу* деп аталат. Ал куралсыз көзгө даана көрүнбөгөн биздин Галактиканын курамына кирген, татаал түзүлүштөгү миллиарддаган жылдыздардын системасын түзөт (53-сүрөт). Саманчынын жолунун курамына кирүүчү жылдыздар тумандуулукту, жылдыз топтолуштарын түзөт.

Саманчынын жолу дискинин радиусу болжол менен 13 *килопарсекке* барабар, ал эми анын калыңдыгы болгону бир нече жүз парсекке эле жетет. Жылдыздардан башка Саманчынын жолунда газдар менен чаңдардан түзүлгөн тумандуулуктар арбындык кылат. Космостук радионурдантуулар аркылуу изилдөөлөрдү жүргүзүү көп сандаган топтолуштагы нейтралдуу суутектеринин бар экендигин билүүгө мүмкүндүк берди. Саманчынын жолунун жаркырактыгы ар кандай, байкоо

жүргүзүлгөн жайга байланыштуу болот. Тилкесинин жазылыгы 5–30°. Галактикада жылдыз тумандуулугу менен топтолуштардын болушу, чаңдуу күңүрт тумандуулук тумандуулуктардын бирдей эмес таралышы Саманчынын жолун булут сымал көргөзөт. Саманчынын жолу, Жаачы, Ак Куу, Лира, Цефей, Чаян, Бүркүт, Букачар, Чоң Арстан, Персей, Көөкөр топ жылдыздары аркылуу өтөт.

? 1. Жылдыздык топтолуштардын кандай түрлөрү бар?
2. Саманчынын жолуна түшүнүк бергиле.

§ 51. Галактика тутуму жана тумандуулуктар

Галактика тутуму. Азыркы мезгилдеги оптикалык жана радиоастрономиялык байкоолордун негизинде Галактиканын бизге жакын аймактарын эле толугураак изилдөөгө жетишпестен, анын бардык галактикалык системасы жөнүндө түшүнүктөрдү алууга мүмкүндүктөр пайда болду. Формасы боюнча Галактиканын өзгөчө ачыгыраак бөлүгү абдан чоң дискти элестетет (50-сүрөттү карагыла).

Галактикалык диск кескин чектелишке ээ эмес. Биздин Галактикага тиешелүү болгон жылдыздарды анын сыртынан деле көрүүгө болот. Галактикалык «тегиздикке» жакындаган сайын жылдыздардын саны жогорулай берет. Ал эми Галактиканын борбордук бөлүгүнө улам жакындаганда жылдыздардын тыгыздыгы жогорулоодо болот.

Галактиканын ядросу Жаачы (Стрелец) топ жылдызы тарапка жайланышкан. Аны телескоп менен көрүүгө болбойт, анткени ал космостук чаңдардан пайда болгон булут менен капталган. Галактиканын ядросу өткөн кылымдын орто ченинде инфракызыл нурлар аркылуу фотосүрөткө тартылып алынган (инфракызыл нурлар чаңдардан пайда болгон булуттар тарабынан начар жутулат). Ядронун радионурдантуусу да кылдаттык менен изилденүүдө. Мына ушунун баарысы ядронун өлчөмүн билүүгө мүмкүндүк берди: анын диаметри 1300 *пк*ти түзөт. Жылдыздар гиганттык системанын негизин түзөрлүгү белгилүү болгон. Ушуга байланыштуу Галактика дагы «биздин жылдыздар системасы» деген аталышка да ээ. Демек, Галактика жылдыз, жылдыздардын топтолуштары, ар кандай талаа, жылдыздар аралык диффузиялык материя, космикалык нурлардан турган татаал түзүлүш болуп эсептелет.

Тумандуулуктар. Жаратылыштары боюнча бири-бирине окшош жана курамы боюнча да бири-бирине жакын келишкен

газ чаңдардан турган булуттар ар кандай болуп көрүнүшөт. Андайлардын жарык үчүн күңүрт болгондору *күңүрт тумандуулук* түрүндө байкалат (53-сүрөт).

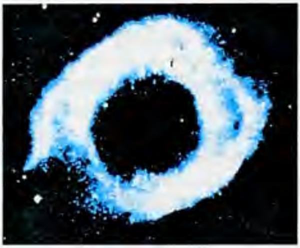
Эгер газ-чаңдардан турган чоң булутка жакын аралыкта жогорку жарыктануудагы ачык жылдыздар жайланышса, анда ал бул булутту жарыктандырат. Анда булут жылдыздын нурдантуусун чагылдыруу менен *ачык тумандуулук* болуп көрүнөт. Мындай тумандуулуктун спектри аны жарыктандыруучу жылдыздын спектри менен дал келет.

Газ-чаңдардан турган булут эң эле ысык жылдыздар (температурасы 20000–30000 К ден кем болбогон) аркылуу жарыктанса, анда жылдыздардын ультрафиолеттик нурдантуусу булуттагы суутекти жана башка газдарды иондоштуруп, аларды жарык чыгарууга аргасыз кылат. Газ ультрафиолеттик нурларды жутуп, ал эми спектрдин кызыл, көк, ж. б. нурларын нурдантат. Ушундай жарык берүүчү, белгилүү формага ээ болбогон булут *диффузиялуу газ тумандуулугу* деп аталат. Эгер ысык жылдыз кокусунан өчүп калса, анда тумандуулук да бат эле жарык бербей калышы мүмкүн. Мындай түрдөгү тумандуулук Орион топ жылдызында болот (54-сүрөт).

54-сүрөт

Газ-чаңдардан турган суютулган диффузиялуу тумандуулуктар көбүрөөк кездешет. Алардын баары бөлүндү сыяктуу болуп, белгилүү формада эмес. Тумандуулуктун спектри суутектин, кычкылтектин жана башка жеңил газдардын ачык сызыктарынан турат. Газ тумандуулуктарынын тыгыздыгы $10^{-18} - 10^{-20}$ *кг/м*^{3} чамалаш.

Тумандуулуктардын өзгөчө түрүнө *планетардык тумандуулук* кирет. Мындай тумандуулуктун формасы сферага окшошураак келет (55-сүрөт).



55-сүрөт

Планетардык тумандуулуктардын жаркыроосунун жаратылышы диффузиялуу тумандуулуктардыкы кандай болсо ошондой эле болот.

Тумандуулуктардын өлчөмдөрү бир канча *парсектен* ондогон *парсекке* дейре жетет. Адатта тумандуулуктарга бир нече жылдыздар камтылат.

? 1. Галактиканын ядросу жөнүндө түшүнүк бергиле.
2. Галактика тутуму кандай?
3. Тумандуулуктардын кандай түрлөрү бар?

§ 52. Космостук нурлар жана магнит талаасы

Жердин жасалма жандоочуларына орнотулган аппаратуралар болжол менен бардык багыттардан бирдей агымда келген электр заряддалган бөлүкчөлөрдү каттап турат. Мындай бөлүкчөлөр Галактика ээлеген баардык мейкиндиктен өтүп келет. Бөлүкчөлөрдүн мындай агымы *космостук нурлар* деп аталат. Бул нурлар орточо эсеп менен 92% протондон, 7% гелий ядросунан, 1% электрондон жана химиялык элементтин ядролорунун бир аз кошулмаларынан турат. Бөлүкчөлөрдүн ылдамдыктары жарык ылдамдыгына жакындап, 200 000 *км/с* ашыгыраак болот.

Космостук нурлардын айырмачылыгы эбегейсиз зор энергияга ээ болгондугунда. Мисалы, космостук нурларда энергиялары 10^{20} *эВ* жеткен бөлүкчөлөр кездешет. Жер шартында бөлүкчөлөр мынчалык чоң энергияга ээ болушу мүмкүн эмес.

Мындан бир канча жыл мурда эле Галактиканын түзүлүшүн кароодо космостук нурлар анча эсепке алынуучу эмес. Ал эми азыр болсо космостук нурлар жылдыздар, планеталар жана диффузиялуу материялар менен бирдикте Галактиканын маанилүү курамдык бөлүгү болуп калды. Астрофизиканын жаңы бөлүгү – «космостук нурлардын астрофизикасы» пайда болду. Бул тармак Россиянын академиги, Нобель сыйлыгынын ээси В. Л. Гинзбургдун эмгектеринде каралган.

Россиялык астрофизиктер Г. А. Шайн (1892–1956) жана В. Ф. Газе (1899–1954) 1945–1954-жылдары фотографияларды пайдалануу менен көптөгөн тумандуулуктарды ачышкан.

Бул болсо жылдыздар аралыгындагы мейкиндикте магнит талаасынын болорлугун далилдеген. Галактикада магнит талаасы биринчи жолу ушундай жол менен ачылган. Кийинчерээк бул ачылыш атайын жүргүзүлгөн байкоолор аркылуу далилденген. Бул талаа анча деле күчтүү эмес. Бирок магниттик күч сызыктарынын узак аралыкка созулгандыгы жана жайланышууларынын чиеленишкен сүрөттөлүштө болгондугу менен айырмаланат. Космостук нурлар адатта Галактикадан сырткары чыгып кете албайт. Анткени Галактикадагы магнит талаалары тарабынан кармалып калат.

Жер бетине чейин космостук нурлар жете алышпайт. Анткени космостук нурлар Жердин атмосферасын түзгөн бөлүкчөлөр менен бир нече жолу өз ара аракеттенүүгө дуушар болушат. Мына ушуга байланыштуу космостук нурларды изилдөөчү аппараттар бийик тоолорго, Жердин жасалма жандоочуларына жана космостук ракеталарга орнотулат.

?

1. Космостук нурлар деген эмне?
2. Космостук нурлардын курамы эмнеден турат?
3. Эмне үчүн Жер бетине чейин космостук нурлар жете алышпайт?

§ 53. Галактикадагы жылдыздар аралык газ жана чаңдар

Биздин Галактикадагы, ошондой эле башка галактикалардагы жылдыздардын аралыгы газдар жана эң эле майда чаң бөлүкчөлөрү менен толгон. Жылдыздар аралык газдар нейтралдуу жана иондоштурулган атом, молекулалардан турат. Газдардын негизги бөлүгүн суутек менен гелийдин атомдору түзүшөт (саны боюнча суутек атомдору ≈90%, ал эми гелийдики ≈10%). Мындан тышкары ар бири болжол менен 0,01% ды түзгөн кычкылтектин, көмүртектин, иондун, азоттун кошулмаларынан турат. Жылдыздар аралык газдар өлчөмдөрү 10^{-4}–$3 \cdot 10^{-6}$ *см* болгон бөлүкчөлөрдөн турган жылдыздар аралык чаңдар менен дээрлик бирдей санда жайланышкан. Эллиптикалык галактикаларда газдар жана чаңдар жокко эсе. Ал эми спиралдык галактикаларда алардын түрлөрүнө жараша, галактикалардын массаларынын 1% ынан 10% ына чейинкисин ээлейт. Туура эмес галактикаларда газ менен чаңдардын массасы орточо эсеп менен алганда 16% ын түзөт.

Жылдыздар аралык газдар жана чаңдар негизинен галактикалардын тегиздигине жайланышып, калыңдыгы болжол менен бир нече жүз парсекти түзгөн дискти пайда кылышат.

Дисктеги газдардын концентрациясы 1 $см^3$ көлөмгө бир же бир нече атомго дейре туура келет (тыгыздыгы 10^{-24} $г/см^3$ чамалаш). Бул болсо өтө эле төмөнкү тыгыздык дегенди билдирет. Мисалга, кадимки жер шартында 1 $см^3$ көлөмдө $2,7 \cdot 10^{19}$ сындай молекула болсо, ал эми азыркы мезгилдеги физикалык лабораториялар менен жабдылган вакуумдук камераларда ар бир 1 $см^3$ көлөмгө 10^9–10^{10} сындай сандагы атомдор туура келет.

Чаңдардан турган материя жылдыздар аралыгындагы мейкиндикте эң эле текши эмес санда жайланышкан. Ошого байланыштуу жылдыздардан келген жарык нурун жутуулары ар башка багыттар боюнча бирдей болбойт. Саманчы жолунун тегиздигине жакын жайланышкан жылдыздардан чыккан жарык нурлары көбүрөөк жутулууга дуушар болушат. Жарык нурунун жутулуу мүнөзүн изилдөө аркылуу космос чаңдарынын физикалык касиеттери жөнүндө, баарыдан мурда чаңдардын өлчөмдөрү жөнүндө маалымат алууга болот, (радиустары 10^{-4}– 10^{-5} *см*). Бул өлчөмдү эсепке алуу менен жүргүзүлгөн болжолдуу эсеп боюнча жылдыздар аралык чаңдардын ар бир бөлүкчөсүнүн массасы $m \approx 10^{-13}$ *г*га барабар болуп чыгат.

1. Жылдыздар аралык газдар негизинен кандай бөлүкчөлөрдөн турат?
2. Газдар жана чаңдар элиптикалык, спиралдык жана туура эмес галактикаларда кандай өлчөмдөрдө жайланышкан?
3. Эмне үчүн жылдыздардан келген жарык нурлары газдар жана чаңдар тарабынан бирдей санда жутулбайт?

§ 54. Галактиканын түзүлүшү жана анын айланышы

Галактиканын түзүлүшү жана Күн системасынын ага карата жайланышы, Галактикадагы жогорку жарыктаныштагы гигант жана физикалык жагынан өзгөрүп туруучу жылдыздардын, жылдыз топтолуштарынын жана андан башка объектилердин, ошондой эле радиотолкундарды нурдантуучу суутектерден турган булуттардын жайланыштары боюнча аныкталган. Галактиканын жалпы өлчөмү 30 000 *пк* (≈100000 ж. *жылы*), ал эми Күн анын борборунан болжол менен 10 000 *пк*ке (≈30000 ж. *жылы*) алыстыкта жайланышкан. Бул болсо Күн Галактиканын борборуна караганда анын чет жагына эки эсе жакын аралыкта дегенди билдирет. Галактиканын борбордук бөлүгүндө көп сандаган жыш жылдыздар орун алган.

Алардын бир бөлүгү Жаачыдагы (Стрелец) жылдыздардын чоң булуту. Ал эми анын экинчи бөлүгү чаңдардын калың катмары менен капталууда калган.

Галактиканын спиралдык тармагындагы объектилер I типке (түргө) кирүүчүлөр деп аталышып, Галактиканын жалпак тегиздик системасын түзүшөт. Буга ачык жылдыздар, өзгөрмөлүү жылдыздар-цефеиддер, жылдыз топтолуштарынын чачырандылары, жылдыз ассоцациялары, газ-чаңдардан турган тумандуулуктар киришет. Тескерисинче, шар түрүндөгү жылдыз топтолуштары, кызыл эң чоң гиганттар, жана башка түрдөгү жылдыздар Галактиканын дээрлик бардык көлөмү боюнча галактикалык тегиздиктен тартып 10 000 *пк* аралыкка дейре жылдыздар системасынын бардык калың бөлүгүн айланта туш тарабынан чачылып жайланышкан. Бул объектилердин бардыгы II типке таандык болушуп, Галактиканын сферикалык системасына киришет. Ошентип, Галактикалык тегиздик боюнча алыстан байкоо жүргүзгөндө Галактика бизге чоюлган эллипс түрүндө болуп көрүнөт.

Эң алгач Казан университетинин профессору М. А. Ковальский (1821–1884) 1859-жылы бир нече жылдыздардын

56-сүрөт

өздүк кыймылдарын изилдөө менен Галактика айлануу кыймылында болот деген жыйынтыкка келген. Галактиканын айланышын далилдөөчү ыкмаларды да иштеп чыккан. Бирок галактикалык айланууну ишенимдүү далилдөө үчүн көптөгөн жылдыздардын нурдук ылдамдыктарын билүү зарылдыктары бар эле. Тилекке каршы ал кезде жылдыздардын нурдук ылдамдыктарын аныктоо мүмкүндүктөрү болгон эмес. Мындай ишенимдүү мүмкүндүктөр өткөн кылымдын биринчи чейрегинде гана мүмкүн болду. Кавольскийдин мындай идеялары 1927-жылы голландиялык астроном Я. Оорт тарабынан өркүндөтүлүп, Галактиканын айланууда болуусу ишенимдүү далилге ээ болгон.

Орттун мындай далилдөөсүнүн ыкмасы анча татаал болгон эмес. Ал Саманчы жолунун эң чоң жылдыз туманы Жаачы топ жылдызында экендигин эске алган. Демек, бул жылдыз туманы Галактиканын борбордук бөлүгүн ээлеген. Ошентип Оорт Саманчынын жолунда Күндөн ар кандай багыттарда жайланышкан жылдыздар тобунун сызыктуу ылдамдыктарын аныктоо жолу менен жогоруда биз белгилеп өткөн Галактиканын айлануусун далилдей алган. 1949-жылы Россиялык астрономдор А. А. Калиняк, В. И. Красовский жана В. Б. Никонов тараптарынан да Галактиканын айлануусу далилденген.

Алар эң алгач электрондук-оптикалык аппарат менен Галактиканын борборундагы бардык калың жайланышкан жылдыздарды фотосүрөткө тартып алышкан. Андан кийин ал фотосүрөттөр радионурдантуулары боюнча изилденилген, жыйынтыгы Галактиканын айлануусунун толук далили болгон.

?
1. Күн Галактиканын борборуна карата кандай абалда жайланышкан?
2. Галактикадагы I жана II типтерге кандай объектилер кирет?
3. Галактиканын айланышы биринчи жолу ким тарабынан далилдөөгө аракет жасалган?

§ 55. Галактика жылдыздарынын кыймылы

Италиялык философ Дж. Бруно (1548–1600) Күн менен жылдыздардын физикалык жаратылыштарын салыштыруу аркылуу алардын бардыгы чексиз мейкиндикте кыймылда болушат деген жыйынтыкка келген. Мындай кыймылдардын негизинде жылдыздардын асмандагы көрүнүшү акырындык менен өзгөрүп турган. Бирок жылдыздардын бизден эбегейсиз алыстыкта болгондугуна байланыштуу мындай өзгөрүүлөр эң эле кичине деңгээлде байкалат. Ал түгүл бизге жакын жайланышкан жылдыздардын өзгөрүүсүн куралданбаган көз менен байкаш үчүн миңдеген жана он миңдеген жылдар талап кылынат. Мындай узак убакыт байкоо жүргүзүүгө бир да адамдын мүмкүндүгү жок экендигин жакшы билебиз. Ошого байланыштуу асмандагы жылдыздардын жылышуусун байкоонун бир гана жолу – бул алардын убакыттын белгилүү чоң аралыгы ичиндеги көрүнгөн абалдарын салыштырып көрүү болуп эсептелет.

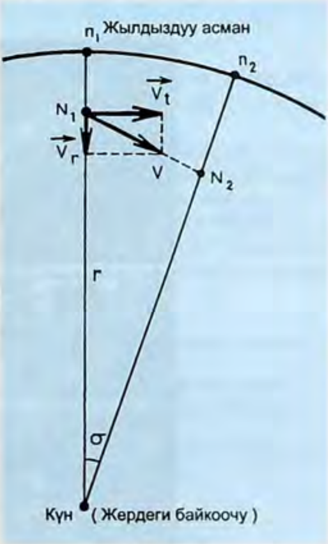
Биринчи жолу мындай салыштыруулар ачык даана көрүнгөн жылдыздар үчүн англиялык астроном Э. Галлей

тарабынан 1718-жылы эки жылдыз каталогдору (жылдыздардын тизмеси) боюнча жүргүзүлгөн. Биринчи каталог б. э. чейинки II кылымдын экинчи жарымында түзүлсө, экинчи каталог 1676 –1710-жылдары түзүлгөн.

Биринчи жана экинчи каталогдордун түзүлүштөрүнүн ортолорунан 2000 жылдай убакыт өткөн. Галлей бул мезгилдин ичинде Чоң Дөбөт топ жылдызындагы Сириус жана Кичи Дөбөт топ жылдызындагы Процион жылдыздары болжол менен 0,7°ка, ал эми Волопас топ жылдызындагы Арктур жылдызы 1°тан ашыгыраак жылышкандыктарын тактай алган. Айдын көрүнүү диаметринен (0,5°) ашыгыраак болгон мындай чоң жылышуулар жылдыздардын мейкиндиктеги кыймылдары жөнүндө күмөн санабоого алып келген.

Азыркы мезгилде жылдыздардын өздүк кыймылдары жылдыздуу асманды ондогон жылдар убакыт ичинде фотосүрөткө тартып алуу жолдору аркылуу изилденүүдө.

Байкоолор Жерден жүргүзүлгөндүктөн жылдыздардын мейкиндиктеги ылдамдыктары Күнгө салыштырмалуу эсептелинет. Кайсыл бир жылдын бир күнүнүн t_1 убактысында N_1 жылдызы асмандын n_1 чекитинде көрүнсүн дейли. Ал жылдыз Күндөн r аралыгында болуп, ага карата мейкиндикте υ ылдамдыгы менен кыймылда болсун (57-сүрөт).

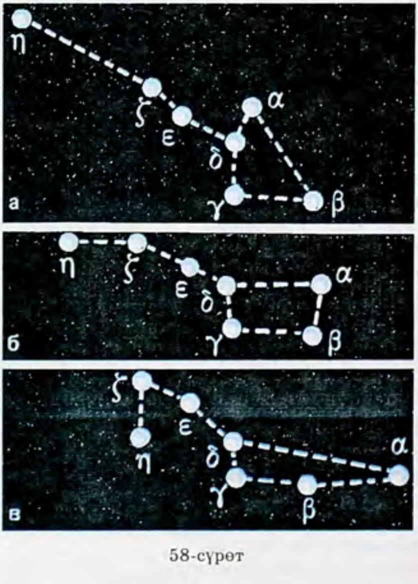


57-сүрөт

Жылдыздын мейкиндиктеги υ ылдамдыгынын жарык нуру r багытына болгон проекциясы жылдыздын нурдук ылдамдыгын υ_r түзсө, ага перпендикулярдуу болгон проекциясы υ_t тангенстик ылдамдык деп аталат. Бир нече ондогон жылдардан кийинки t_2 де жүргүзүлгөн байкоодо жылдыз мейкиндиктин N_2 чекитине жылышып, асмандын n_2 чекитинен көрүнөт. Ошентип, (t_2-t_1) мезгилдин ичинде жылдыз асман боюнча n_1n_2 жаасына жылышат. Бул жаа Жерден σ кичине

бурчу аркылуу көрүнөт. Жылдыздын эбегейсиз алыс аралыкта болушуна байланыштуу жылдыздын Күнгө карата жылышуусу да σ га барабар болот.

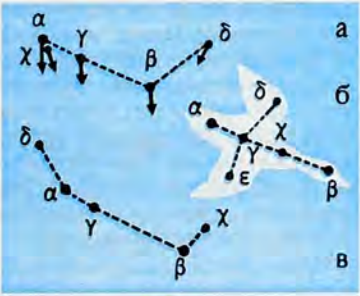
Бир жыл ичиндеги жылдыздын көрүнгөн жылышуусу $\mu = \frac{\sigma}{t_2 - t_1}$, *жылдыздын өздүк кыймылы* деп аталып, жыл ичиндеги секунда (″/*жыл*) менен туюнтулат. Азыркы мезгилде болжол менен 1 млн жылдыздын өздүк кыймылдары аныкталган. Анын ичинен 20 000 ге жакын өлчөөлөр Пулков жана Ташкент обсерваторияларынын астрономдору тарабынан жүргүзүлгөн. Болжол менен 25 000 жылдыздын нурдук ылдамдыктары белгилүү, алардын 8200 Россия астрономдору А. А. Белопольский, Г. А. Шайном ж. б. тарабынан аныкталган.



58-сүрөт

Кандайдыр бир топ жылдыздын ичиндеги жылдыздардын өздүк кыймылдарын изилдеп көрүү аркылуу алардын качандыр бир кездеги көрүнүшү жана кийинки бир мезгилде боло турган көрүнүштөрү жөнүндө маалымат айтууга болот. Буга мисал ката-

ры Чоң Жетиген менен Ак Куунун өзгөрүүлөрүнүн көрүнүштөрү 58- жана 59-сүрөттөрдө көрсөтүлгөн.



59-сүрөт

Ошондой эле жылдыздардын өздүк кыймылдарын изилдөө Күн системасынын мейкиндиктеги кыймылын аныктоого мүмкүндүк берген. Бул маселени чечүүдө биринчи жолу англиялык астроном В. Гершель 1783-жылы чечкен. Ал маселени чечүүдө алгач болгону 7 жылдыздын өздүк кыймылдарын колдонсо, кийинчерээк 13 жылдыздын өздүк кыймылдары пайдаланылган.

Өткөн кылымдын 20-жылдарында жылдыздардын Күнгө карата болгон нурдук ылдамдыгы массалык түрдө эсептелине баштаган. Мындай эсептөөлөр Күн системасынын мейкиндиктеги кыймылынын ылдамдыгын билүүгө мүмкүндүк берди. Бул багыт боюнча чоң салымдуу изилдөөлөр 1923–1936-жылдары бир кыйла өлкөлөрдүн астрономиялык обсерваторияларында жүргүзүлдү.

? 1. Италиялык философ Дж. Бруно Күн менен жылдыздар жөнүндө кандай ойду айткан?
2. Жылдыздардын жылышууларын аныктоодо Галлейдин ролу?
3. Нурдук жана тангенциалдык ылдамдыктарга түшүнүк бергиле.
4. Жылдыздын өздүк кыймылы деген эмне?
5. Жылдыздардын өздүк кыймылдарын билүү аркылуу кандай ачылыштарды алууга болот?

§ 56. Галактикадагы радионурдануулар

§ 52 де Галактикада магнит талааларынын болорлугу жөнүндө айтылган эле. Бул талаанын индукциялык сызыктары негизинен галактикалык тегиздикке жарыш (параллель) жайланышкан. Алар ийилүү менен Галактиканын спиралдык бутактарын бойлото өтөт. Эң чоң жаңы жылдыздардын жарк этүүсүндө космостук нурларды түзүүчү тез кыймылдагы атомдук ядролордон (негизинен протондордон) башка дагы жарык ылдамдыгына жакын ылдамдыкка ээ болуучу көптөгөн электрондор да чыгарылат. Галактиканын магнит

талаасы мындай тез кыймылдагы электрондорго тоскоолдук көрсөтөт. Мунун натыйжасында метрдик жана андан да узундуктагы толкундагы жылуулугу жок (синхротрондук) радионурдануулар пайда болот. Радионурдануулар бизге туш тараптан келет, бирок эң эле күчтүү радионурдануулар Саманчы Жолу тараптан кабыл алынат. Аталган радионурдануулар биздин Галактиканын тегиздигине жакын аймактагы жылдыздар аралык мейкиндикте пайда болот. Мында космостук нурлардын тыгыздыгы жана жылдыздар аралык магнит талаасынын индукциясы эң жогорку мааниге ээ болушат.

Галактикада Саманчы Жолунан башка да радионурдануулардын булактары бар. Алардын бири Жаачы А болуп эсептелет. Бул биздин Галактиканын борборунда жайланышкан.

Россиялык радиофизик И. С. Шкловский (1916–1985) 1952-жылы Галактикадагы байкалуучу радионурдануулар спектрлери боюнча бир-биринен өтө айырмалуулуктагы эки түзүүчүгө ажырарлыгын белгилеген. Алардын бири *жалпак түзүүчүсү* – бул жылдыздар аралык газдар чөйрөсүнөн пайда болгон иондоштурулган булуттардын жылуулук нурдануулары. Мындай нурдануулар 10 000 К тартибиндеги температура менен мүнөздөлөт.

Галактиканын радионурданууларынын *сферикалык түзүүчүсүнүн* интенсивдүүлүгү толкун узундугунун узарышы менен жогорулайт. Мисалга $\lambda=10$ *м* болсо ал 1000 000 К температурага туура келет. Мындай нурдануулар атомдук ядролор талаасындагы электрондордун жылуулук кыймылдары менен байланышта болуусу мүмкүн эмес. 1950-жылы швециялык Н. Герлофсон жана ага байланышы жок германиялык К. Киппенхойер космостогу радионурдануулардын булагы болуп, жылдыздар аралыгындагы магнит талаасында кыймылда болуучу релятивистик электрондор деген жыйынтыкка келишкен. Ошентип Галактикадагы радио нурлардын жылуулугу жок түзүүчүсү релятивистик электрондордун синхротрондук нурдануулары менен түшүндүрүлөт. Ошону менен бирге жылдыздар аралык мейкиндикте чыңалышы 10^{-5} *эрстедге* чамалаш келген магнит талаасынын жана энергиялары 10^{8} *эВ*го чейин жетүүчү релятивистик электрондордун болорлугу далилденген.

? 1. Галактикадагы радионурдануулар кантип пайда болот?
2. Радионурдануунун жалпак түзүүчүсүнө түшүнүк бергиле?

3. Радионурдануунун сферикалык түзүүчүсүнүн айырмачылыгы эмнеде?
4. Н. Герлофсон менен К. Киппенхойер кандай жыйынтыктарга келишкен?

§ 57. Башка галактикалар жана алардын ачылыштары

Азыркы мезгилде башка да көптөгөн галактикалардын бар экендиги белгилүү болду. Алардын ар бири Биздин Галактика сыяктуу эле миллиарддаган жылдыздардын системасынан турат. Бул галактикалардын Күн системасынан эбегейсиз чоң аралыкта болушу куралданбаган көз менен аларды көрүүгө мүмкүндүк бербейт. Ошондой болсо да өтө күчтүү телескоптор Ааламдын түпкүрүнө дейре байкоо жүргүзүүгө мүмкүндүк берди. 1998-жылы АКШ да Хаббл аттуу өтө зор телескоп аркылуу астрономдор Ааламда 125 млрдга чамалаш галактикалардын бар экендигин далилдешкен. Аларды галактикадан тышкаркы астрономия изилдөөдө.

Дүйнөдөгү галактикалар ар түрдүүлүктөрү менен таң калдырат. Галактикалар өлчөмдөрү, аларга кирүүчү жылдыздардын саны, жарыктаныштары, сырткы көрүнүштөрү менен айырмаланышат. Сырткы көрүнүштөрү боюнча галактикалар: *спиралдык, туура эмес* жана *эллиптикалык* болуп үчкө бөлүнөт. Байкалган галактикалардын көпчүлүгү спиралдык болуп эсептелинет. Биздин Галактика жана Андромеда топ жылдызындагы галактика эң чоң өлчөмдөгү спиралдык галактикалардын катарына кирет. Бардык спиралдык галактикалардын айлануу мезгилдери жүздөгөн миллион жылдарды түзөт. Алардын массалары Күндүн массасынын 10–11 эсесине барабар.

Спиралдык галактикалардын бутактары биздин Галактиканыкы сыяктуу эле ысык жылдыздардан, цефеиддерден, өтө чоң гиганттардан, чачылган жылдыз топтолуштарынан жана газдардын тумандуулуктарынан турат. Галактикалар радиотолкундарды нурдантышат. Радионурдануулар нейтралдуу суутектеринен 21 *см* толкун узундугунда чыгат. Анда нейтралдуу суутектер галактиканын массасынын 10% ын түзөт (60-сүрөт).

XVI кылымда Магеллан экспедиция жасаган мезгилде асмандын түштүк жарым шарынан байкалган жылдыздардын эки чоң тумандуулугу Чоң жана Кичине Магелландык Булуттар (Большое и Малое Магеллановы Облака) деп аталган. Бул галактикалар өздөрүнүн формасыз көрүнүштөрү боюнча туура

60-сүрөт

61-сүрөт

эмес галактикалар тибине киришет. Аларда борбордук ядролор жок жана биздин Галактиканын жандоочулары болуп эсептелишет. Аларга чейинки аралык 150 000 жарык жылына чамалаш, жылдыздардын курамы спиралдык галактикалардын бутактарындагыдай эле. Туура эмес галактикалар спиралдууларга караганда бир кыйла аз жана сейрек кездешет (61-сүрөт).

Эллиптикалык галактикалар көп кездешет. Көрүнүштөрү боюнча алар шар түрүндөгү жылдыз топтолуштарына окшош болушат (62-сүрөт), бирок өлчөмдөрү боюнча алардан бир кыйла чоңдук кылышат. Алар эң эле жай айланышат. Эллиптикалык галактикалар эң эле чоң гигант жылдыздарды да, диффузиялуу тумандуулуктарды да өздөрүнө камтыбайт.

Астрофизик В. А. Амбарцумян (1908–1998) биринчилерден болуп, көптөгөн спиралдык жана эллиптикалык галактикалардын бардык бөлүктөрүндө жана алардын ядролорунда жарылуу сыяктуу кубулуштардын болорлугун көргөзгөн. Мунун негизинде эң эле көп сандагы энергиялардын бөлүнүп чыгуусу белгилүү болгон.

Бир катар галактикалык ядролордун кубаттуу рентгендик нурдантуулары алардын жогорку активдүүлүгүнүн маанилүү күбөсү болуп эсептелет. Ошондой эле В. А. Амбарцумян галактикалар кандайдыр бир эң эле жогорку тыгыздыктагы жылдыздарга чейинки заттардан пайда болгон деген болжолдоону да айткан.

Көптөгөн окумуштуулар жылдыздар жана галактикалар суутек гелий чөйрөлөрүнүн айрым булуттарга ажыроолорунан пайда болгон деген бир кыйла толугураак иштелип чыккан гипотезаларды колдошууда. Булуттар өздөрүнүн гравитациялык тартылуу күчтөрү аркылуу кысылууга дуушар болушат. Шар түрүндөгү топтолуштагы жана эллиптикалык галактикалардагы жылдыздардын пайда болуу процесси эчак эле токтогон. Ал эми спиралдык жана туура эмес галактикаларда жылдыздардын пайда болуулары улантылууда.

62-сүрөт

XVIII кылымда эле В. Гершель 2000 ден ашык тумандуулуктарды ачып, алардын көпчүлүгү Андромеда тумандуулугуна окшош экендигин белгилеген. Ал мындай тумандуулуктар биздин Галактикага окшош келген жылдыздардын системасы экендигине ишенимдүү ынанган. Ошентип Гершель азыр биз галактикалар деп атап жүргөн жылдыздар системасын изилдей баштаган.

1923–1924-жылдары Э. Хаббл (АКШ) Андромеда галактикасынын спиралдык бутагы көптөгөн гигант жылдыздардан турарлыгын далилдегенге жеткен. Кийинки жылдары көптөгөн тартылып алынган фотосүрөттөр боюнча Андромеда галактикасында чачылган жана шар түрүндөгү жылдыз топтолуштарынын, гигант ысык жылдыздардын группасы, чандардан жана газдардан турган ар кандай тумандуулуктардын бар экендиги аныкталган.

Астрономдор тарабынан түзүлгөн галактикалардын каталогунда (тизмесинде) он миңдеген жылдыздар системасы катталган. Кийинки мезгилде 32 миң галактиканы ичине камтыган бир кыйла толук каталог белгилүү илимпоз профессор Б. А. Воронцов-Вельяминовдун жетекчилиги менен москвалык астрономдор тарабынан түзүлгөн. Изилденген галактикалардын ичине болжол менен 25% эллиптикалык, 50% спиралдык, 20% линза сыяктуулар, 5% туура эмес болуп чыккан.

1. Хаббл телескобу аркылуу кандай маалымат алынган?
2. Сырткы көрүнүштөрү боюнча галактикалар кандай түрлөргө бөлүнүшөт?
3. Спиралдык галактикаларга түшүнүк бергиле.
4. Туура эмес галактикалар кандай болот?
5. Эллиптикалык галактикалар эмнеси менен айырмаланат?
6. Астрофизик В.А. Амбарцумяндын болжолдоолору кандай болгон?
7. Галактикалардын ачылыштарына түшүнүк бергиле.

§ 58. Галактикалардын аралыктары өлчөмү жана массаларынын аныкталышы

Бардык жылдыздар системалары – галактикалар бизден эң эле алыс аралыктарда. Ушуга байланыштуу алардын тригонометриялык параллакстары өтө эле кичине болуп, алардын чоңдуктарын өлчөөгө мүмкүн эмес. Ошондуктан галактикаларга чейинки аралыктарды аныктоодо башка ыкмалар колдонулат. Алардын тактыктары деле анча жогорку жыйынтыктарды бербейт.

Галактикаларга чейинки аралыктарды аныктоонун бир катар ыкмалары бар (Цефеид жаңы жана өтө жаңы жылдыздар ачык жаркырак жылдыздар ыкмалары ж. б.). Бирок биз алыскы аралыктагы галактикаларга колдонулуучу ыкманы (кызыл жылышуу ыкмасын) карайбыз. Алыскы галактикалардан келген жарык спектрлеринде спектралдык сызыктар кызыл жактагы четине жылышкан болот. Бул кубулуш галактикалардын бизден алыстоолоруна байланыштуу болуп, *кызыл жылышуу* деп аталып келген.

Кызыл жылышуу $z=\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$, формуласы менен туюнтулат. Мында $\Delta\lambda$ – спектралдык сызыктардын жылышуусу, λ – жарыктын толкун узундугу. Эми галактиканын жарык багыты боюнча алыстоо ылдамдыгын

$$\upsilon_r = c\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = cz, \qquad (58.1)$$

формуласы боюнча эсептөөгө болот. $c = 3 \cdot 10^5$ *км/с* – жарык ылдамдыгы.

Башка ыкмаларды колдонуу менен бир нече ондогон галактикаларга чейинки аралыктар аныкталган. Бул алынган жыйынтыктары ошол эле галактикалардын жарык спектрлерине кызыл жылышууну колдонуу боюнча алынган аралыктар менен салыштыруу аркылуу 1929-жылы Э. Хаббл төмөнкү закон ченемдүүлүгүнө келген: галактикалардын жарык багы-

ты боюнча ылдамдыгы аларга чейинки аралыкка пропорционалдуу

$$v_r = Hr \qquad (58.2)$$

(58.2) барабардыгы Хаббл закону деп аталат.

Бул закондогу H пропорционалдуулук коэффициенти Хаббл турактуулугу болуп эсептелет. Мунун сан мааниси ченөө бирдиктеринен көз каранды. (58.2) формуласы боюнча Хаббл турактуулугунун бирдигин оңой эле алууга болот.

$$H = \frac{v}{r} \qquad (58.3)$$

Эгер (58.3) барабардыгында ылдамдык километр · секунда, ал эми аралык мегапарсек менен туюнтулса, анда Хаббл турактуулугу

H=75 *км/(сМпк)* барабар болуп чыгат. Ошентип, алыскы аралыктардагы галактикалардын спектрлериндеги кызыл жылышууну ченөө аркылуу ага чейинки аралыкты

$$r = \frac{c}{H} z \qquad (58.4)$$

барабардыгын колдонуу менен мегапарсек аркылуу оңой эле эсептөөгө болот. Ушул сыяктуу эсептөөлөрдүн негизинде Ак куу А галактикасына чейинки аралык 200 млн *пк* (200 *Мпк*), ал эми Кыздар *А* галактикасына чейинки аралык 20 млн *пк* (20 *Мпк*) чамалаш экендиги аныкталган.

Эгер галактикаларга чейинки аралыктар, алардын бурчтук өлчөмдөрү жана көрүнгөн жаркырактыктары белгилүү болсо, анда алардын сызыктуу өлчөмдөрүн эсептеп чыгуу кыйынчылыкка турбайт. Галактикалар сыяктуу өлчөмдөрү боюнча бир кыйла айырмалуулукта болушары белгилүү болгон. Өзгөчө эллиптикалык галактикалардын ортолорунда кескин айырмалуулуктар көп кездешет. Алардын ичинен өлчөмдөрү 30 *кпк* чейин жеткен чоңдору жана диаметрлери 0,1 *кпк* ке жакын келген кодо (карликовые) галактикалар да болот. Изилденип белгилүү болгон спиралдык галактикалардын ортолорундагы айырмачылыктар анча деле кескин түрүндө кездешпейт. Алардын сызыктуу диаметрлери 8 ден 40 *кпк* ке дейре жетет.

Галактикалардын массасы алардын тышкы бөлүктөрүнүн айлануу ылдамдыктарынын негизинде аныкталат. Массаны болжолдуу аныктоо үчүн аталган айлануу Кеплердин закону боюнча болот деп алабыз. Эгер айлануунун сызыктуу ылдамдыгын v деп белгилесек, анда борборго умтулуу жана грави-

тациялык ылдамдануулардын барабарлоо менен галактиканын массасын аныктоо үчүн төмөнкү барабардыкты алабыз

$$M_{гал.} = \frac{Rv}{G} \tag{58.5}$$

Мында R – галактиканын борборуна чейинки аралык, G – гравитациялык туруктуулук.

Эллиптикалык галактикалардын (кодо галактикалар үчүн) массалары Күндүн массасынын 10^8 даражасынан, чоң галактикалары үчүн 10^{13} даражасына чейинки массаны түзөт. Ал эми спиралдык галактикалардын массалары Күндүн массасынын 10^{10} даражасынан 10^{12} даражасына чейинки аралыкта болот. Бизге белгилүү болгон галактикалардын ичинен эң эле чоңу спиралдык Андромеда тумандуулук галактикасы болуп эсептелет.

?

1. Галактикаларга чейинки аралыктарды аныктоо үчүн кандай ыкмалар колдонулат?
2. Кызыл жылышуу ыкмасына түшүнүк бергиле.
3. Э. Хаббл закону эмненин негизинде пайда болгон?
4. Галактикаларга чейинки аралыктар кайсыл барабардыктын негизинде аныкталат жана айрым галактикаларга чейинки аралыктар эмнеге барабар?
5. Галактикалардын сызыктуу өлчөмдөрүнө түшүнүк бергиле.
6. Галактикалардын массалары кандай аныкталат?

§ 59. Метагалактика жана анын кеңейиши

Азыркы мезгилдеги телескоптор жана радиотелескоптор Ааламдын түзүлүшү жөнүндө белгилүү деңгээлде түшүнүк алууга мүмкүндүктөрдү берди.

Ааламдын чеги жок. *Ааламдын байкоо жүргүзүүгө мүмкүн болгон бөлүгү Метагалактика деп аталат.*

Ааламдагы бардык биз байкай алган асман телолору, галактикалар кеңейүүдө болуучу Метагалактиканын аймагына кирет. Метагалактика ээлеген мейкиндик боштук эмес, жетишээрлик даражада суюлтулган газдарга толгон, алар аркылуу космостук нурлар өтөт, гравитациялык жана электр-магниттик талаалар да бар. Эң эле алыс аралыктагы метагалактикалык объектилерден чыккан жарык бизге миллиарддаган жылдардан кийин жетет.

Астрономиялык байкоолор метагалактика жетишээрлик чоң масштаб боюнча бир тектүү деген теориялык божомолду чындыкка айландырды. Жердин бардык багыттары боюнча

метагалактиканын белгилүү көлөмүндөгү алыскы галактикалардын саны бирдей. Ошондой эле галактикалардын алыстоо ылдамдыктары да мейкиндиктин ар кандай багыттары боюнча бирдей чоңдукта. Мына ушулардын негизинде Жердеги байкоочунун көз карашы боюнча метагалактиканын чоң масштабдуу түзүлүшү $\approx 10^{28}$ *см* изотроптуу деген жыйынтык чыгат.

1929-жылы америкалык астроном Эдвин Хаббл өтө маанилүү закон ченемдүүлүктү ачкан. Ал боюнча галактикалардан чыккан жарыктын спектралдык сызыктары кызыл жагына жылышкан. Бул жылышуу галактика канча алыс болсо ошончолук чоң болгон. Бул кубулуш *«кызыл жылышуу»* деп аталган.

Ошентип, биз кеңейүүдөгү Метагалактикада жашайбыз. Мындай жыйынтык байкоолордун (оптикалык жана радиоастрономиялык) негизинде эле алынган эмес, теория жүзүндө да алдын ала айтылган. Хаббл тарабынан метагалактиканын кеңейүүдө болору далилденгенге чейин эле, 1922-жылы Россиялык улуу окумуштуу А. А. Фридман (1888–1925) Эйнштейндин салыштырмалуулук теориясынын негизинде, Ааламдын геометриялык касиети өзгөрүүдө болорлугун, б. а. галактикалардын ортолорундагы аралыктар туруктуу болбостугун көргөзгөн. Метагалактиканын кеңейүүдө болуусунун бул теориялык ачылышы илимий алдын ала айтуунун эбегейсиз зор далили болуп эсептелинет. Фридмандын мындай жыйынтыгына Эйнштейндин өзү да алгач каршы болгон. Бирок кийинки эле жылы (1923) Эйнштейн өзүнүн метагалактика кеңейүүдө болбойт деген ой пикиринен баш тартып, илимий журналга макала жарыялоо менен Фридмандын чыгарылышынын тууралыгын мойнуна алган.

Метагалактиканын азыркы мезгилдеги кеңейүү темпи белгилүү. Эгер Метагалактиканын башынан берки кеңейүүсү ушундай эле темпте болгон деп кабыл алсак, анда Хаббл туруктуулугунун чоңдугун билүү менен кенейүү качан башталгандыгын эсептеп билүүгө болот. Чындыгында эле убакыт бирдигине ээ болгон Хабблдын туруктуулугунун тескери мааниси Метагалактиканын кеңейе баштаганынан берки убакытты билдирет. Эсептөөлөр боюнча болжол менен 13 млрд жылга барабар болуп чыгат.

Метагалактиканын кеңейүүсү бүгүнкү күнгө чейинки жаратылыштагы кубулуштардын ичинен эң эле маанилүүсү болуп эсептелет. Метагалактика эң алгач кичине көлөмдө, андагы массанын тыгыздыгы эң эле чоң болгондугу талашсыз. Ички ядролук реакциянын күчү тышкы гравитациялык кы-

суу күчүнөн чоң болгон моментте Чоң жарылуу болуп, ошондон бери Метагалактика кенейүүдө болууда.

?
1. Метагалактика деп эмнени айтабыз?
2. Аалам менен Метагалактиканын айырмасы эмнеде?
3. Хаббл кандай закон ченемдүүлүктү ачкан?
4. Метагалактиканын кеңейүүдө болуусунун теориялык ачылышы кандай болгон?
3. Метагалактиканын жашоо убактысы кандай аныкталган?

§ 60. «Ысык Аалам» жөнүндөгү илимий болжолдоолор

Аалам болжол менен он үч миллиард жылдар мурда өтө чоң тыгыздыкта кысылган абалында болгон. Алгач Аалам «муздак» болгон деген бир божомол болсо, «ысык» болгон деген экинчи дагы божомолдоолор келип чыккан. Эгер ысык болсо жогорку температура кезинде термоядролук реакция пайда болушу мүмкүн эле. Ушуга байланыштуу ысык Ааламдын химиялык курамы да муздакка караганда өтө эле айырмалуу болмок. Ошентип, бир нече жылдар бою илимий чөйрөдө Аалам жөнүндөгү эки модель тен («муздак Аалам» жана «ысык Аалам») бирдей деңгээлдеги ой пикирде болуп келген. Ар бир тараптын ишеним туудурган жактары да, ошондой эле күмөн санай турган жетишсиздиктери да, жактоочулары, аларга карама-каршы турган сынчылары да болгон. Бул проблеманы бир жактуу чечүүдө ишенимдүү астрономиялык байкоолор аркылуу далилдөө гана жетишсиздик кылып келген.

1946–1948-жылдары америкалык физик-теоретик Г. А. Гамов (1904–1968) А. А. Фридмандын космологиялык кеңейүү теориясына жана физиканын жалпы закондоруна таянып, Ааламдагы масса эң алгач өтө тыкыз гана болбостон, ошондой эле өтө ысык да болгон деген божомолду сунуш кылган. Бул теориялык идея 1965-жылы америкалык физик-экспериментаторлор Р. В. Вильсон (1936) жана А. А. Пензиас (1933) тарабынан р е л и к т радионурдануусу алынгандан кийин гана астрономиялык байкоо катары толук далилдөөгө ээ болгон. Ошентип, бүткүл Аалам бардык тарабы боюнча бирдей тараган миллиметрлүү диапазондуу радиотолкундардан турарлыгы далилденген.

Вильсон менен Пензиастын бул ачылышы Аалам алгачкы мезгилде өтө эле ысык абалда болгондугунун толук далили болуу менен азыркы кездеги космологияга өтө зор салым ко-

шуп, Нобель сыйлыгына татыктуу болгон. Кийинчерээк толкун узундуктары 75 *см* ден 1 *мм* ге чейинки реликт нурдануусунун интенсивдүүлүгүнө ченөөлөр жүргүзүлгөн. Бул ченөөлөрдүн жыйынтыктары теория жүзүндө эсептелип алынган температурасы 3 К ге чамалаш абсолюттук кара телонун (нерсенин) спектри менен толук дал келген. Ошентип Ааламдын алгачкы ысык модели азыркы кездеги Аалам жөнүндөгү түшүнүктүн толук теориясы болуп калды. Мунун чечүүчү аргументи болуп, реликт нурдануусунун болушу жана анын касиеттери эсептелет.

Бул радионурданууну «реликт нурдануусу» деп атоону эң алгач Россиялык астрофизик И. С. Шкловский сунуштаган. Чынында эле «реликт» байыркы доордон – Ааламдын эң алгачкы башталышынан бери калган «калдык» дегенди билдирет.

Эгер бизге ар кайсы тараптан келген бирдей эле толкун узундуктарындагы реликт нурдануусунун интенсивдүүлүктөрүн өлчөсөк, ал жыйынтыктар бирдей болуп чыгат. Бул жыйынтык Ааламдын кеңейүүсү бүгүнкү күндө эле изотроптуу (бардык багыт боюнча бирдей) болбостон, тээ эң эле алгачкы, тыгыздыгы эбегейсиз чоң болгон мезгилден бери изотроптуу кеңейүүдө дегендин далили болуп эсептелет. Реликт нурдануусу бизге өтө эле алыс аралыктан келет.

Изилдөөлөр реликт нурдануусу жылдыздар пайда болгондон кийин, же болбосо, радиогалактикалардан чыккан радиотолкундар сыяктуу кандайдыр бир кийинки булактардан пайда болбогондугун көргөзгөн. Реликт нурдануусу Ааламдын эң алгачкы кеңейе баштаганынан бери тарап келе жатат. Бул нурдануунун булагы сингулярдуулуктан баштап (массасынын тыгыздыгы чексиз болгон учурдан) кеңейген Ааламдын ысык заттарында болгон.

Бүгүнкү күндө Ааламдагы массалардын орточо тыгыздыгы 10^{-31} $г/см^3$ түзөт. Эгер ушул массаны Ааламдын мейкиндигине бирдей кылып жайланыштырсак, анда бир куб метр көлөмгө бир атомдон туура келген болор эле (суутек атомунун массасы 10^{-24} *г* га чамалаш). Ал эми бир метр куб (1 $м^3$) көлөмдө реликт нурдануусунун миллиардга жакын фотону камтылган болот.

Реликт нурдануусунун ачылышы бүгүнкү күндөгү илимдин эбегейсиз зор жетишкендиги болуп эсептелет. Ал Ааламдын алгачкы кеңейүү мезгилинде өтө ысык экендигин далилдейт. Реликт нурдануусунун болушу Ааламдын кеңейүү теориясынын негизинде алдын ала айтылган. Ушуга байланыштуу реликт нурдануусунун ачылышы дагы бир жолу

Фридман Александр Александрович (1888–1925) орус физиги, негизги илимий эмгектери атмосферанын физикасына, релятивистик космологияга арналган. 1922–1924-ж. А. Эйнштейндин гравитациялык теңдемелеринин стационардык эмес чыгарылышын алган. Бул теориялык чыгарылыш боюнча Аалам убакыттын өтүшү менен кеңейүүдө болгон. 1929-жылы америкалык астроном Э.Хабблдын астрономиялык байкоолордун негизинде алган Ааламдын кеңейүү законунан кийин Фридмандын модели толук далилдөөгө ээ болгон. Бүгүнкү күндөгү космологиянын эволюциясы Фридмандын моделине туура келет.

А. А. Фридмандын теориясынын тууралыгын ишенимдүү далилдөө менен космологияга зор салымдарды кошту десек жаңылышпайбыз.

1. Аалам жөнүндө алгач кандай ой-пикирлер болгон?
2. Теория жүзүндө «Ысык Аалам» ким тарабынан сунушталган?
3. «Ысык Аалам» астрономиялык байкоо катары качан далилденген?
4. Реликт нурдануусунун ачылышы кандай мааниге ээ болгон?

§ 61. Ааламдын космологиялык модели

Космология айрым асман телолорун жана алардын системасын эмес, жалпы Ааламдын түзүлүшүн жана андагы болуп өтүүчү процесстерди изилдеп окутат. Мындай процесстердин бири § 59 да каралгандай Метагалактиканын кеңейүүсү болуп эсептелет. Ааламдын убакыттын өтүшү менен кеңейүүдө болуусу теория жүзүндө 1922–1924-жылдары азыркы кездеги космологиянын негиздөөчүсү Россиялык физик, математик А. А. Фридман тарабынан алдын ала айтылган. Фридман А. Эйнштейндин салыштырмалуулуктун жалпы теориясын пайдалануу менен бир тектүү, изотропиялуу Ааламдын моделин иштеп чыккан. Ал модел боюнча Аалам убакыттын өтүшү менен өзгөрүүдө болгон.

Э. Хаббл 1929-жылы алыс аралыктагы галактикалар чыгарган жарыкты байкоо менен бул нурдануунун спектралдык сызыктары спектрдин кызыл тарабына жылышарын аныктоо аркылуу Фридмандын моделинин тууралыгын далилдеген.

Ошентип, Ааламдын кеңейүүдө экендигинде азыркы мезгилде талаш жок. Бирок келечекте кандай болот? Түбөлүккө кеңейүүдө болобу, же жокпу? Мүмкүн кеңейүү качандыр бир мезгилде кайрадан кысылууга дуушар болоор? Мындай суроолорго азырынча так жооп берүүгө илимий далилдер жетишсиздик кылат. Айрым гана теориялык божомолдоолор бар. Алардын бири катары Фридмандын теориясын алсак болот. Ал боюнча Ааламдын эволюциясы Ааламдагы массанын орточо тыгыздыгына көз каранды. Эгер Ааламдагы массанын орточо тыгыздыгы ($\rho_{орт}=3\cdot10^{-31}$ $г/см^3$) критикалык тыгыздыктан ($\rho_{кр}=10^{-29}$ $г/см^3$) чоң болсо, анда $\rho_{орт}$ кирген массанын тартылуу күчү Ааламдын кеңейүүсүн токтотуп, галактикаларды бири-бири менен жакындоого мажбур кылат. Демек Ааламдын кеңейүүсү кысылуу менен алмашышат. Ал эми тескерисинче $\rho_{орт}<\rho_{кр}$ болсо, анда материянын тартылуу күчү Ааламдын кеңейүүсүн токтотууга жетишсиздик кылып, Аалам дайыма кеңейүүдө боло берет.

Ааламдын эволюциясы жөнүндөгү экинчи теориялык божомолдоолор нейтриного байланыштуу. Нейтрино зарядсыз элементардык бөлүкчө. Кыймылсыз абалдагы массасы нөлгө барабар же барабар эмес экендиги азырынча толук далилдене элек. (1980-жылы Россиялык экспериментатор физиктер тарабынан нейтринонун кыймылсыз массасы $5\cdot10^{-32}$ $г$ барабар экендиги билдирилген. Бирок мунун чындыгына күмөн саноолор болуп, кайрадан такталууда).

Эмне себептен мындай өтө кичине массалуу элементардык бөлүкчө нейтрино (Эгер кыймылсыз абалдагы массасы нөлгө барабар болбосо), Ааламдын эволюциясына чоң таасир этет? Анткени нейтрино Ааламда эбегейсиз көп санда. Бир сантиметр куб көлөмдө эле протондорго караганда орточо эсеп менен миллиард эсе көптүк кылат. Демек, жалпы суммалап келгенде массасынын кичинелигине карабай Ааламдагы массанын негизги бөлүгүн түзөт. Ошентип, нейтринолордун түзгөн тартылуу күчү Ааламдын кеңейүү кинематикасындагы негизги мааниге ээ болот.

Бирок ошондой болсо да айрым божомолдоолор бар. Айрым астрофизиктер (алардын ичинде Россиялык Л. И. Озерной да бар) горизонттон (байкоолор жеткен чектен) сырткары, азырынча оптикалык приборлор сезе албаган, өтө эле начар жарык чыгарган, муздак чоң тыгыздыктагы асман телолору («көрүнбөгөн массалар») бар, ошолордун эсебинен Ааламдын тыгыздыгы сакталууда деген пикирде. Эгерде көрүнбөгөн массанын эсебинен Ааламдагы массанын тыгыз-

63-сүрөт

64-сүрөт

дыгы критикалык тыгыздыктан чоң болуп кетсе ($\rho_б < \rho_к$), анда Ааламдын кеңейүүсү токтоп кайрадан кысылууга дуушар болот. Ошентип теория жүзүндө Аалам эки түрдөгү моделге ээ: ачык модели (дайыма кеңейе берүүчү, 63-сүрөт) жана жабык модели (кайра кысылуу менен баштапкы абалга келүүчү, 64-сүрөт).

Ааламдын кеңейүү законунан кийин Фридмандын теориясы толук далилдөөгө ээ болгон. Бүгүнкү күндөгү космология Фридмандын теориясынын негизинде түзүлгөн.

? 1. Ааламдын убакыттын өтүшү менен кеңейүүдө болушу качан, ким тарабынан ачылган?
2. А. Фридмандын теориясы ким тарабынан кандай жол менен далилденген?
3. Кандай шартта Аалам дайыма кеңейүүдө болот?
4. Ааламдын кайра кысылуусу кандай учурда болушу мүмкүн?
5. Ааламдын эволюциясында нейтрино кандай ролго ээ?
6. Эмне себептен орточо тыгыздык бир калыпта сакталууда?

§ 62. Жердин жана Күн системасындагы башка телолордун жашы

Жердин кыртышынын жашын аныктоо радиоактивдүү элементтерди (уран, торий ж. б.), ошондой эле калий, аргон, строний, рубидий ж. б. сыяктуу радиоактивдүү изотопторду изилдөөлөргө негизделген. Радиоактивдүү элементтер үзгүлтүксүз ажыроодо болушат, бирок ажыроо процесси тышкы чөйрөнүн таасиринен көз карандыда болбостугу бизге белгилүү. Радиоактивдүү ажыроо кезинде Менделеевдин мезгилдүү таблицасындагы катарлаш элементтердин изотоптору пайда болот. Бул изотоптордун өздөрү да, көпчүлүк учурларда, радиоактивдүү болуп калышат, демек, алар да ажыроого дуушар болушат. Ажыроо качан гана радиоактивдүү элемент-

тердин атомдору химиялык элементтердин жана алардын изотопторунун радиоактивдүү эмес атомдоруна айланган мезгилде токтойт. Мисалга, урандын ^{238}U ажыроосу коргошундун радиоактивдүү эмес изотобун ^{206}Pb пайда кылуу менен токтойт.

- *Радиоактивдүү атомдордун баштапкы санынын жарымы кала турганга чейинки өткөн убакыт аралыгы (Т) ажыроонун ылдамдыгын туюнтуп, жарым ажыроонун мезгили деп аталат.*

Жер кыртышынын жашын аныктоо үчүн жай ажыроочу изотоптор, мисалга, $^{238}U(T=4,5\cdot 10^9$ *жыл*), калийдин радиоактивдүү изотобу $^{40}K(T=1,3\cdot 10^9$ *жыл*) ж. б. колдонулат. Бул максатта бир нече жолу анализге алынган радиоактивдүү элементтердин өлчөмүн, алардын ажыроодон кийинки өлчөмү менен салыштыруу ыкмасы пайдаланылат. Мына ушундай салыштыруулар жер кыртышынын жашы 4,5 млрд жылга чамалаш экендигин көргөзгөн. Болжол менен Жердин планета катары пайда болуу жашы да ушундай болуу керек. Ошондой эле лабораториялык шарттар боюнча аныктоолор да ай тектери менен метеорлордун жаштары да 3,5–4,5 млрд жылга жакын экендигин көргөзгөн. Күн сөзсүз Жер менен Айдан жаштык кылбайт. Күн жана сары жылдыздардын жаштары 5 млрд жылдын тегерегинде болуу керек.

?

1. Жарым ажыроонун мезгили деген эмне?
2. Жердин кыртышынын жашын аныктоодо кандай ыкма пайдаланылат?
3. Күн мурун пайда болгонбу же Жерби?

§ 63. Планеталардын пайда болушу жөнүндөгү азыркы түшүнүктөр

Галактикалардын, жылдыздардын жана Күн системасынын пайда болушун жана өнүгүүсүн (эволюциясын) окуп үйрөтүүчү астрономиянын бөлүгү *космогония* деп аталат. Планеталардын пайда болуу процесси да космогонияга кирет. Үч жүз жылдан ашык мезгилден бери Күн системасынын баштапкы тарыхы жөнүндө ар кандай гипотезалар айтылып келүүдө. Планеталык системанын пайда болуусун изилдөөчү теория негизинен төмөнкү суроолорду ичине камтуусу зарыл:

– эмне үчүн бардык планеталардын орбиталары күндүн экваторунун тегиздигинде жатат?

– эмне үчүн планеталар Күндүн айланасында тегерекке жакын орбита боюнча кыймылда болушат?
– эмне үчүн бардык планеталардын Күндү айлануу багыттары бирдей?
– эмне үчүн Күн системасынын массасынын 99,8% Күнгө таандык?
– эмне үчүн планеталар эки группага (жер тибиндеги жана гиганттар) бөлүнүшөт?

Планеталардын пайда болушу жөнүндөгү алгачкы гипотеза француз окумуштуусу Р. Декарт (1596–1650) тарабынан (1644) айтылган. Ал гипотеза дүйнөлүк мейкиндиктин баары суюктукка толгон, алардын бөлүкчөлөрү куюн сыяктуу кыймылда болуу менен планеталар пайда болгон. Мындан бир кылым өткөндөн кийин 1745-ж. Француз окумуштуусу Бюффон (1707–1788) планеталар Күндөн бөлүнүп чыккан заттардын кометалар менен кагылышуусунан пайда болгон деген божомолдоону айткан.

Немец философу И. Кант (1724–1804) да өз эмгегинде алгач аалам мейкиндиги баш аламан абалдагы материяга толгон, тартылуу жана түртүлүү күчтөрүнүн таасирлери аркылуу убакыттын өтүшү менен материя белгилүү формага айланган. Ошентип, Күн жана аны айланууда болушкан планеталар пайда болгон деген гипотезаны сунуштаган. Француз илимпозу П. Лаплас (1749–1827) планеталардын пайда болуусу жөнүндө таптакыр башкача ойдо болгон. Лаплас боюнча Күн эң алгач өтө ысык, жай айлануудагы эбегейсиз чоң тумандуулуктан турган. Жаңы пайда болуучу күн тартылуу күчүнүн таасири менен кысылып, анын айлануу ылдамдыгы жогорулай берет. Ошонун негизинде ал жалпак формага ээ болот. Качан гана экватордо тартылуу күчү борбордон четтөөчү күч менен тең салмактуу абалга келген кезде, андан эбегейсиз чоң өлчөмдөгү тумандуулук бөлүнүп чыгып, муздай баштайт да, айрым-айрым уюган бөлүктөргө ажырайт. Мына ушулардан планеталар пайда болот.

Планеталардын пайда болуулары жөнүндөгү мындан башка бир катар гипотезалар америкалык окумуштуу Г. Рассел (1877–1957), Россиялык окумуштуу О. Ю. Шмидт (1891–1956) ж. б. тарабынан да сунушталган. Ошондой болсо да азыркы мезгилдеги планеталар космогониясы бир кыйла кыйынчылыктарга дуушар болууда. Сөзсүз, жогоруда каралган гипотезалар айрым толуктоолорго жана тактоолорго муктаж. Бирок ошого карабай планеталардын пайда болуулары жөнүндө, илимий изилдөөлөрдүн негизинде азырынча ишенимдүү түрдө төмөндөгү жыйынтыкка келүүгө болот:

Планеталар Күндү айланууда болгон газ чаңдардан турган тумандуулуктардагы катуу телолор менен бөлүкчөлөрдүн биригүүлөрүнүн негизинде пайда болгон. Эң алгач баардык планеталар салыштырмалуу муздак (алардын температуралары 1000 К ден ашык эмес) болуп, эч качан өтө ысык суюк абалында болгон эмес. Планеталар пайда боло баштаганынан гравитациялык өз ара аракеттенүүлөрдүн негизинде азыркы мезгилдеги планеталар жаралганга дейре белгилүү убакыт талап кылынган. Мисалы, Жер азыркы өлчөмүнө дейре жетилүү үчүн 100 млн жыл өткөн.

?

1. Космогония деген эмне?
2. Планеталык системанын пайда болуусун изилдөөчү теория кандай суроолорду өзүнө камтуусу керек?
3. Планеталардын пайда болуулары жөнүндө кандай гипотезалар сунушталган?
4. Күн жана планеталардын пайда болуулары жөнүндөгү акыркы пикир кандай болгон?

VII глава

ААЛАМДЫН МОДЕЛДЕРИНЕ КЫСКАЧА ТҮШҮНҮК

2011-жылы физика боюнча берилүүчү Нобель сыйлыгы астраномиянын космология бөлүмү багытында алынган илимий зор ачылышка ыйгарылды. Акыркы мезгилге дейре (1929-жылдан бери) Аалам Хабллл закону ($\upsilon=Hl$, H – Хаблл туруктуулугу, l – галактикаларга чейинки аралык) боюнча υ ылдамдыгы менен кеңейүүдө экендиги жөнүндө маалыматтар айтылып келген. Бирок 1998-жылдан бери теория жүзүндө Аалам ылдамдануу менен кеңейүүдө экендиги жөнүндө маалыматтар айтыла баштаган. Анын эксперименталдык далилдөөлөрү америкалык астрономдор Сол Перлмуттер менен Адам Рисс жана австралиялык астраном Брайан Шмидт тарабынан эң алыскы галактикаларга өтө так жана тыкандык менен жүгүзүлгөн байкоолору аркылуу алынган. Ошентип 2011-жылы берилүүчү физика боюнча Нобель сыйлыгы «Аалам ылдамдануу менен кеңейүүдө» деген илимий далилдери үчүн жогоруда аталган астраномдорго берилди. Бул астраномиядагы чоң ачылыш. Ушундан кийин Ааламдын моделдерине кыскача түшүнүк берип кетүү зарылдыгы пайда болду. Анткени азыркыга дейре Ааламдын ар кандай моделдери сунушталып келинген.

Ааламдын ар кандай моделдери Альберт Эйнштейндин салыштырмалуулуктун жалпы теориясынын негизинде алынган. Ошого байланыштуу бул жерде аталган теория жөнүндө кыскача маалымат бере кетүүбүз максатка ылайыктуу болот.

§ 64. А. Эйнштейндин салыштырмалуулук теориясы

А. Эйнштейн 1905-жылы салыштырмалуулуктун атайын теорисын түзгөн. Бул теория кыймыл ылдамдыгы жарык ылдамдыгына салштырмалуу нөл болбогон ($^{\upsilon}/_{c}\neq0$) механиканын толук теориясын ачып, релятивдик механиканы түзгөнү менен бир катар чектелүүлөргө ээ. Биринчиден, салыштырмалуулуктун атайын теориясы инерциялдык эсептөө системаларында (бир калыпта жана түз сызыктуу кыймылдагы) гана закон ченемдүүлүккө ээ болот. Экинчиден, мейкиндиктин – убакыт менен байланышы каралбайт. Ал эми А. Эйнштейн 1915-жылы түзгөн салыштырмалуулуктун жалпы теориясын-

да физикалык кубулуштар инерциялдык эмес (ылдамданууга ээ болгон, же болбосо багыты өзгөргөн) эсептөө системаларында каралуу менен мейкиндик – убакыттын материя менен байланышы негизги орунду ээлейт. Ошентип салыштырмалуулуктун жалпы теориясы (салыштырмалуулуктун атайын теориясы жалпыланып алынгандыктан ушундай аталып калган) азыркы мезгилдеги релятивдик тартылуу теориясы болуп эсептелет.

Ньютондун тартылуу теориясында күч көз ачып жумганча (мгновенно) таасир этет деп кабыл алынат. Бул болсо сигнал, же болбосо энергия мгновенно берилиши мүмкүн дегенди билдирет. Мындай жыйынтык салыштырмалуулуктун негизги принциптерине карама каршы келет: энергия да, сигнал да жарыктан тез тарашы мүмкүн эмес. Мына ушуга байланыштуу Эйнштейндин релятивдик тартылуу теориясынын жаралыш зарылдыгы пайда болгон. Ал өзүнүн жаңы теориясы салыштырмалуулук принцибин канагаттандырышы, ошол эле убакта, гравитациялык (бүткүл дүйнөлүк тартылуу законуна кирген) жана инерттик (Ньютондун законуна кирген) массалар теңдеш болуулары керек деп эсептеген. Бул шарт Эйнштейнди эквиваленттүүлүк принцибин формулировкалоого алып келген. Аталган принцип, тартылуу күчүнүн талаасы, ылдамданууга ээ болгон эсептөө системасына эквиваленттүү дегенди билдирет.

Ар кандай масса өзүнүн айланасындагы мейкиндикке гравитациялык талааны пайда кылат. Бул талаада эркин кыймылда болгон баардык нерсенин траекториялары, ал массага карай багытталган ийриликте болот. Эйнштейндин теңдемеси (гравитациялык талаанын теңдемеси) ийриликти талаанын булагынын күчү (масса) менен байланыштырат. Классикалык физиканын теориясы боюнча нерсе ийри сызыктуу траектория боюнча кыймылда болсо, ал ылдамданууга ээ болот, демек ага кандайдыр бир күч таасир этет. Салыштырмалуулуктун жалпы теориясында да ушул сыяктуу нерсеге гравитациялык талаанын таасир этүүсүнөн ийри траекториялуу кыймыл пайда болот. Демек, мындан эквиваленттүүлүк принциби орун алгандыгын көрө алабыз.

Эйнштейндин салыштырмалуулуктун жалпы траекториясынын негизинде Ааламдын эволюциясын мүнөздөөчү ар кандай моделдер алынган. Аларга негизинен А. Эйнштейндин, де Ситтердин, ошондой эле А. Фридмандын моделдери кирет. Төмөндө аталган моделдерге кыскача токтолуп кетебиз.

§ 65. А. Эйнштейндин модели

Биринчи космологиялык модел 1917-жылы А. Эйнштейн тарабынан алынган. Ошентип, салыштырмалуулуктун жалпы теориясы ачылгандан кийинки Эйнштейн тарабынан каралган проблемалардын бири Ааламдын моделине арналган. Анын жазган эмгеги «Космологиянын салыштырмалуулуктун жалпы теориясындагы маселелери» деп аталган.

Аталган эмгегинде массанын мейкиндикте жайланышы бир тектүү болуп, байкоолор жүргүзүлүүчү чекиттер бири-бирине эквиваленттүү болгон. Бирок, Ааламдын моделинин негизин стационардык принциби – убакыттын өтүшү менен Ааламдын өзгөрбөөсү түзгөн. Чоң масштабда Ааламдын түбөлүккө өзгөрбөөдө болуу түшүнүгү, адамдардын алыстагы жылдыздарга байкоо жүргүзүүлөрүндө алардын билинер билинбес гана өзгөрүүдө болуулары себеп болгон болуу керек. Байыркы замандагы кол жазмаларда алыстагы жылдыздардын жаркыроосу күтүүсүздөн эле жогорулап кеткени жөнүндө айтылган. Бирок, бул жазылгандар Ааламдын түбөлүктүүлүгү жана стационардуулугу жөнүндөгү пикирди өзгөртө алган эмес.

Мейкиндикте галактикалар бүткүл дүйнөлүк тартылууга ылайык бири-бирине тартылышып, кыймылда болушат. Мындай күчтөр эч нерсе менен компенсацияланбайт. Ошентип, Ааламдын стационардуулугу иш жүзүнө ашпай калат. Мындай абалдан кутулуу үчүн Эйнштейн теңдемесине түртүлүү күчүн берүүчү кошумча мүчөсүн киргизген. Бул күч чындыгында гравитациялык тартылуу күчүнө карама-каршы күч болуп эсептелет. Ошентип, Эйнштейн өзү каалагандай чыгарылыш алган. Бирок бул чыгарылыш (Эйнштейндин Ааламдын эволюциясы жөнүндөгү модели) чындыкка туура келбей калган. Кийин качан гана Ааламдын эволюцияда болуусу жөнүндө туура (астраномиялык байкоолорго туура келген) чыгарылыш табылганда Эйнштейн теңдемесин түртүлүү күчүн туюнтуучу мүчөнү киргизүүсү туура эмес экендигин мойнуна алган.

Эйнштейндин моделинин эң эле жетишсиз жагы алыстагы жылдыздардан чыккан жарыктын спектриндеги кызыл жылышуунун жоктугу болгон. Ал эми реалдуу Ааламда Хаблдын астрономиялык байкоолоруна ылайык кызыл жылышуу орун алып, жарык чыгаруучу объектке чейинки аралык жогорулоодо болот. Негизинен алганда так ушул жетишсиздик космологиялык теорияны тургузууда стационардуу моделден баш тартууга алып келип, стационардуу эмес моделдерге кайрылууга муктаждайт.

1965-жылы Эйнштейндин модели толугу менен четке кагылды, анткени ушул жылы реликт нурдануусу ачылды. Бул болсо, Ааламдын алгачкы мезгилде ысык болгондугунун четке каккыс далили болуп эсептелет. Бүгүнкү күндө стационардуу Аалам теориясы космологиянын өнүгүү тарыхын баяндоодо гана кызыкчылыкка ээ.

Баштапкы мезгилинде Аалам эң ысык, өтө жогорку тыгыздыкта жана мүмкүн эң эле башаламан абалында болгон. Изотропиялуулукта эместиги акырындык менен жоголууда болгон. Кеңейүүдө болуу менен Аалам акырындап, кеңейүүдөгү газ муздаган сыяктуу сууй баштаган.

§ 66. Де Ситтер модели

Гравитация теориясы иштелип чыккандан кийинки Эйнштейн тарабынан түзүлгөн Ааламдын биринчи моделин жогоруда карап өттүк. Бул модел Ааламдын стационардуулук принцибинин негизинде алынган. Космологиянын башка модели ошол эле 1917-жылы голландиялык физик де Ситтер (1872 – 1935) тарабынан сунушталган.

Де Ситтердин модели – салыштырмалуулуктун жалпы теориясынын теңдемелеринин боштуктагы Аалам үчүн бир тектүү жана изотропиялуу чыгарылышы болуп эсептелет. Бул моделди алууда да гравитациялык талаанын теңдемеси түртүлүү күчү эсепке алынуу менен колдонулат. Де Ситтердин модели боюнча Аалам төмөндөгүдөй өзгөчөлүккө ээ: алыскы жылдыздардан чыккан жарык нурларынын спектрлери кызыл жак четине жылышууда болот. Кийин америкалык космолог Робертсон 1928-жылы анча татаал эмес, бирок өтө акылдуулук менен жүргүзүлгөн математикалык өзгөртүүлөр аркылуу, де Ситтердин Аалам жөнүндөгү модели кеңейүүчү Ааламга өзгөртүлүшү мүмкүн экендигин көргөзгөн. Тилекке каршы Робертсон өзгөртүүсүнөн алынган жыйынтык ичинде масса жок бош Ааламды берген. Робертсондун чыгарылышынын мындай өзгөчөлүгү анын моделин реалдуу Аалам үчүн колдонууга мүмкүндүк берген эмес. Чындыгында Ааламды абсолюттуу боштукта деп айтууга болбойт. Анткени Ааламдын байкоо жүргүзүлүүгө мүмкүн болгон чегине (10^{28} *см*) чейинки аймакта эле башка асман телолорун эсепке албаганда деле, 125 млн галактика бар экендиги америкалык обсерваториядан аныкталган (1998-ж.). Кийинки жылдардагы эсептөөлөр боюнча Ааламдагы массанын орточо тыгыздыгы $3 \cdot 10^{-31}$ *г/см*^{3} барабар. Ошентип, де Ситтердин моделинин өзгөчө жетишсиздиги анын реалдуу космологияга туура келбегенинде.

§ 67. А. Фридмандын модели

А. Эйнштейн менен де Ситтердин стационардык моделдери бир катар маанилерге ээ. Анткени бул моделдердин мисалында салыштырмалуулуктун жалпы теориясынын көлөмүндө космологиялык моделдерди тургузууга болоорлугу аныкталат. Андан тышкары аталган моделдер реалдуу Аааламга анын баштапкы жана акыркы эволюциясына туура келет. Бирок ошондой болсо да реалдуу Ааламдын акыркы мезгилдеги эволюция этабын Эйнштейндин да, де Ситтердин да моделдери менен түшүндүрүүгө болбойт. Анткени Эйнштейн моделинде алыскы жылдыздырдан келген жарыктын кызыл жылышуусу жок, ал эми де Ситтердин модели боюнча мейкиндикте эч кандай масса да нурдануу да болушу мүмкүн эмес.

Ушуга байланыштуу биз реладуу Ааламды туюнта турган жалпы моделге өтүшүбүз зарыл. Биздин галактиканын ичиндеги гана жылдыздарга байкоолорду жүргүзүүгө мүмкүндүктөр болгон мурдакы түшүнүктүн деңгээлиндеги илимпоздор Ааламды стационардуу мүнөздө кароого муктаж болушкан. Эми галактикалардан тышкаркы тумандуулуктардан келген жарыктын кызыл жылышуусу аныкталган мезгилде, Аалам стационардуу эмес деген жыйынтыкка келүүгө толук негиз бар. Кызыл жылышуунун болушу галактикалардан тышкаркы тумандуулуктар бири бирине карата кыймылдуу абалдан, б. а. бири биринен алыстоодо болушарынын күбөсү болуп эсептелет. Андан тышкары жылдыздын нурдануусу, балким, алардын массаларынын өзгөрүүлөрүнүн эсебинен болорлугун, ал эми массалардын өзгөрүүсү гравитациялык талаанын убакыт боюнча өзгөрүүсүнө алып келерлигин, булардын негизинде Аалам сөзсүз стационардуу эмес абалда болорлугун далилдейт.

Стационардуулуктан баш тартуу менен, бир тектүү стационардуу эмес бир катар моделдерге ээ болобуз, алардын теориялык негизин А. Фридман түзгөн. Ошентип, биринчи жолу СЖТ теңдемелеринин стационардуу эмес чыгарылышын Фридман алган. Бул теориялык ачылыш релятивдик космологиянын өнүгүшүндөгү маанилүү этаб болуп эсептелет.

Космологиянын азыркы мезгилдеги өнүгүү этабынын башталышы болуп, орус окумуштуусу Фридмандын 1922–1924-жылдары аткарган илимий эмгектери эсептелет. Тартылуу теориясынын негизинде ал тартылуу күчүнүн таасири менен бүткүл Ааламдагы заттардын кыймылынын математикалык моделдерин түзгөн. Ал Ааламдагы заттар кыймылсыз абалда болушу мүмкүн эместигин – Аалам стационардуу абалда болбостугун, ал же кеңейүүдө, же кысылууда болорлугун, демек

Ааламдагы заттардын тыкыздыгы же азаюуда, же көбөйүүдө болорлугун далилдеген. Ошентип, Ааламдын эволюциясынын зарылдыгы теориялык жол менен Фридман тарабынан ачылган.

Ааламдын кеңейүүдө болуусу азыркы күндө эч кандай күмөн саноону туудурбайт. Бул процесс Эйнштейндин теңдемесинин чыгарылышы аркылуу туюнтулат. Бирок жаратылышта так ушул чыгарылыш космологиянын көлөмүндө колдонулууга ээ болуп калгандыгынын физикалык себептери түшүнүксүз бойдон калууда. Фридмандын стандарттуу модели гравитациялык талаанын күчтүү тартылуусуна карабай, алгачкы чоң жарылуунун пайда болушун, анын негизинде галактикалардын бири-биринен алыстоодо болорлугун түшүндүрө алган эмес. Бул суроолорго болжолдуу жоопту кийинки жылдарда гана элементардык бөлүкчөлөрдүн физикасынын жыйынтыктары аркылуу алууга мүмкүн болду. Элементардык бөлүкчөлөрдүн теориясы терс маанилүү басымды туюнткан абал теңдемесинин колдонулуш мүмкүндүгүн алдын ала айта алат.

§ 68. Кеңейүүдөгү Аалам

Спектроскопиянын өнүгүшү таң каларлык ачылыштарга алып келди. Анын негизинде Ааламдын стационардуу эместиги, убакыттын өтүшү менен кеңейүүдө болорлугу далилденди. Бул ачылыштын маанилүүлүгүн баалоо кыйындыкка турат. Ал түгүл Эйнштейндин өзү да гравитация боюнча алгачкы эмгектеринде Ааламдын кеңейүүдө болуусун четке каккан.

Ааламдын акыркы мезгилдеги сүрөттөлүшү 1929-жылдан башталган. Ал жылы америкалык астроном Эвдин Хаббл биздин Галактика жаңгыз эместигин аныктаган. Чындыгында бири-биринен эбегейсиз чоң бош аралыктарда жайланышкан башка көптөгөн галактикалардын болорлугу далилденген. Эми биздин Галактика бир нече миллиард галактикалардын бирөө экендиги белгилүү болду (акыркы 1998-жылкы космостук телескоп «Хаббалдын» жардамы менен аныктоо боюнча Ааламдын байкоолор жеткен чегине чейинки аймакта болжол менен 125 миллиард галактика бар экендиги такталган). Ал эми ар бир галактика ошондон кем эмес сандагы жылдыздардан турат. Мына ушундан эле Аалам жөнүндөгү түшүнүгүбүз Жерди Ааламдын борбору деп эсептеген Аристотел жана Птоломейден бери канча алга жылгандыгын көрүүгө болот.

Хабблдын 1929-жылы жарыялаган эмгеги таң каларлык ачылыш болгон. Анда кызыл жылышуу галактикаларга че-

йинки аралыкка пропорционалдуу экендиги көргөзүлгөн. Башкача сөз менен айтканда галактика канча алыс болсо, ал ошончо тез бизден алыстоодо болот. Бул болсо, мурда ойлогондой Ааламдын стационардуу эместигин, чындыгында ал үзгүлтүксүз кейүүдө болушун, галактикалардын ортолорундагы аралык дайыма чоңоё тургандыгын көргөзөт.

Хабблдын телескобу аркылуу жүргүзүлгөн байкоолордун негизинде, азыркы кезде Аалам ылдамдануу менен кеңейүүдө болорлугу айкындалган. Бирок, мурда кызыл жылышуу $z>0{,}5$ кезинде кеңейүүнүн ылдамдыгы азаюуда болгон. Хаббл телескобу менен изилденип табылган өтө эле жаңы галактикалардын ичинен 170 мурда башка телескоптор аркылуу табылгандар, ал эми 16сы биринчи жолу табылган, анын ичинен 6 эң эле алыскы галактикалардын катарына кирет.

Кеңейүүдөгү Ааламдын ачылышы жыйырманчы кылымдагы бирден бир илимдеги зор төнкөрүш болуп эсептелет. Бул идея мурда бир да адамдын оюна келбегендигине таң калууга гана болот. Ааламдагы массанын орточо тыкыздыгы критикалык тыкыздыктагы массадан төмөн болгондо гравитациялык талаанын таасири кеңейүүнү токтотууга күчү жетпей, кенейүү түбөлүккө улана берет. Мына ушунун баарысы Жердин бетинен ракетаны асманга учургандагы ситуацияны элестетет. Эгер ракетанын ылдамдыгы анча чоң болбосо, анда гравитациянын таасири менен ылдамдык акырындап токтоп кайра түшө баштайт. Ал эми ракетанын ылдамдыгы кандайдыр бир критикалыктан (11 *км/с* чамалаш) чоң болсо, гравитациялык күч аны токтото албай ракета дайыма Жерден алыстоодо болот.

Ааламдын кенейүүдө болуусу Ньютондун гравитациялык теориясынын да негизинде XVIII, XIX кылымдарда, ал түгүл XVII кылымда деле алдын ала айтууга болор эле. Бирок Ааламдын убакыт боюнча турактуу болуусу жөнүндөгү ишеним өтө күчтүү болгон, мындай түшүнүк XX кылымдын башталышына чейин сакталып келген. Жада калса 1917-жылы салыштырмалуулуктун жалпы теориясын түзгөн А. Эйнштейн да Ааламдын стационардуулугунан шек санаган эмес. Бул оюн сактап калыш үчүн ал өзүнүн теориясын космологиялык турактуулукту кошуу менен модификациялаган. Мунун негизинде гравитациялык тартылуу күчүнө ички түртүлүү күчү тең келип, Аалам стационардуу абалда сакталат деген. Бир гана орус физиги жана математиги А. А. Фридман салыштырмалуулуктун жалпы теориясына толук ишенимде болуу менен, аны космологияга колдонууга бел байлаган.

Фридман эки эң жөнөкөй баштапкы болжолдоону кабыл алган: биринчиси, кайсыл багытта байкоо жүргүзсөк да Аалам

бирдей болуп көрүнөт, экинчиси, мындай көрүнүш байкоону кандайдыр бир башка жерден жүргүзгөн учурда сакталышы керек. Мындан башка эч кандай болжолдоолорго өтпөй туруп, Фридман Ааламдын стационардуу эмес экендигин көргөзө алган. Фридман 1922-жылы Хабблдын ачылышына чейин 7 жыл мурда эле анын жыйынтыгын алдын ала айтып койгон.

Чындыгында Аалам бардык багыттар боюнча бирдей деген болжолдоо туура келбейт. Биздин Галактиканы карасак деле таптакыр андай эмес. Саманчынын жолун эле алалычы, ал өзүнчө эле бөлүнүп агарган тилкени көргөзөт. Бирок эң алыскы галактикаларды карасак, анда алардын бардык багыттар боюнча сандары болжол менен бирдей. Демек, Аалам чоң масштабда чындыгында болжол менен бардык багыттар боюнча бирдей болот.

Астрономиялык маалыматтар боюнча чоң масштабда, жок дегенде Ааламга байкоолор жүргүзүлгөн бөлүгүндө $R \sim 10^{28}$ *см*, орточо эсеп менен алганда бир тектүү эместик $\frac{\delta\rho}{\rho}$ болжолдуу түрдө 10^{-4} ашпайт. Ушуга байланыштуу Ааламды изилдөөдө бир тектүү космологиялык моделди кароого мүмкүндүк пайда болгон.

Фридмандын чыгарылыштарынын ичинен биздин Ааламга кайсынысы туура келет? Аалам акыры кеңейүүсүн токтотуп, кайра кысылууга дуушар болобу, же түбөлүккө кеңейеби? Мындай суроолорго жооп бериш үчүн Ааламдын азыркы учурдагы кеңейүү ылдамдыгын анан анын орточо тыкыздыгын билүү керек. Эгер тыкыздык кеңейүү ылдамдыгынан көз карандыда болгон критикалык тыкыздыктан кичине болсо, анда гравитациялык тартылуу өтө эле кичине болуп, кеңейүүнү токтотууга мүмкүн болбой калат. Ал эми тыкыздык критикалыктан чоң болуп калса, анда келечекте кандайдыр бир моментте гравитациянын таасири менен Ааламдын кеңейүүсү токтоп, кайра кысылуу башталат.

Азырынча алынган маалыматтар боюнча Аалам түбөлүккө кеңейүүдө болушу мүмкүн. Эгер Аалам кайрадан кысылууда болуп кала турган болсо, анда ал кысылуу эч бир убакта он миллиард жылдан эрте болбойт, жок дегенде канча мезгил кеңейүүдө болуп келсе, ошончо убакыттан кийин болот.

Ааламдын кеңейүүдө болуусу жөнүндө азыр эч кандай шек саноого болбойт. Теориялык жагынан да Эйнштейндин теңдемелеринин бирден бир чыгарылышы аны далилдеп турат. Бирок, Фридмандын стандарттуу модели алгачкы Чоң жарылуунун механизмин түшүндүрө алган эмес. Бул суроого жооп, акыркы жылдарда, элементардык бөлүкчөлөрдүн физикасы-

нан, ошондой эле Ааламдын алгачкы теориясынан алынган жыйынтыктарды колдонуу аркылуу болжолдуу түрдө алынды. Элементардык бөлүкчөлөрдүн теориясы терс маанилүү басымдагы абал теңдемесинин болушун алдын ала айта алат. Тартылуунун релятивдик теориясында мындай абал теңдемесине ээ болгон материя антигравитацияны пайда кылат, мына ушунун өзү Ааламды кеңейүүгө алып келет.

§ 69. Көрүнбөгөн масса

Көрүнбөгөн масса – бул анын бар экендигин динамикалык өзгөрүүлөр аркылуу гана билүүгө бирок аны оптикалык байкоолор аркылуу аныктоого мүмкүн болбогон масса. Азыркы кезде Ааламдагы массанын негизги бөлүгүн, ушул сыяктуу кадимкидей болбогон, барион түрүндө эмес (протондордон жана нейтрондордон турган) формадагы масса деп эсептөөгө болот. Мындай формадагы материяларды түздөн-түз байкоого мүмкүн эмес, алар көрүнбөйт, бирок аларды гравитациялык таасирлер аркылуу гана аныктоого мүмкүндүк бар. Ушул сыяктуу формалардагы материялар Ааламдагы көрүнбөгөн массаларга кирет. Ар кандай түрдөгү көрүнбөгөн массалар болушу мүмкүн. Бир түрү галактикалардын жана алардын топтолуштарынын айланасында пайда болот. Алардын мейкиндикте жайланыштары көрүнгөн массалардын аркы бетинде болуп да калышы мүмкүн.

Көрүнбөгөн масса жогорку жарыктанышка ээ болушу мүмкүн эмес, антпегенде астрономдор аны түздөн-түз байкоолор аркылуу аныкташмак. Мындан тышкары дагы эки гипотеза сунуш кылынган. Алардын бири боюнча көрүнбөгөн масса, жарыктанышы өтө начар, ошого байланыштуу аларды көрүүгө мүмкүн болбой турган эң эле массалары кичине жылдыздардан турат. Экинчи гипотезага ылайык көрүнбөгөн массаны көптөгөн коллапсирленген телолор, мүмкүн эң алгачкы мезгилде пайда болгон массивдүү жылдыздардан пайда болгон кара туюктар түзөт. Азырынча бул эки гипотезанын кайсынысы туура экендиги толук аныктала элек. Бирок, ошондой болсо да, көрүнбөгөн масса кандай формада болоруна карабай – бул астрофизикалык баалуу проблема экендигинде талаш жок. Жалпысынан алганда көрүнбөгөн массанын проблемасы, анын жаратылышы астрономияда маанилүү орунду ээлейт.

Ааламдагы көрүнгөн массалардын орточо тыкыздыгы $\rho_{орт} \approx 3 \cdot 10^{-31}$ $г/см^3$. Бул чоңдук критикалык тыкыздыктан

$\rho_{кр} \approx 10^{-29}$ *г/см*^{3} бир кыйла эле кичинелик кылат. Экөөнүн катышы төмөнкүгө барабар:

$$\Omega = \frac{\rho_{орт}}{\rho_{кр}} \approx 0{,}03.$$

Эгер Ааламда байкаларлык сандагы башка масса болбосо, анда $\rho_{кр}$ орточо тыкыздыктан $\rho_{орт}$ көп эле чоң, демек, Аалам дайыма кеңейүүдө болот.

Маселелер

1. 7 *саат* 12 *минута* 13 *секунданы* градустук өлчөм аркылуу туюнткула.

Чыгарылышы : § 7 де сутка ичиндеги 24 саттын 360°тук өлчөм аркылуу туюнтулушу берилген. Ал боюнча 1 *саат* – 15°, 1 *минута* – 15′, 1 *секунда* – 15″ туура келет. Демек, 7 *саат* $\rightarrow 15° \cdot 7 = 105°$, 12 *минута* $\rightarrow 15' \cdot 12 = 180' = 3°$, 13 *секунда* $\rightarrow 15'' \cdot 13 = 195'' = 3' + 15''$. Ошентип 7 *саат* 12 *минута* 13 *секунда* градустук өлчөмдө 108° 3′ 15″ түзөт.

2. Чоң Дөбөт топ жылдызынын α жылдызы Сириус 10° бийиктигинде жогорку кульминацияда болот. Байкоо жүргүзүлгөн орундун кендиги эмнеге барабар. Сириустун эңкейүүсү $\delta=-16°$ барабар.

Берилди: $h=10°$, $\delta=-16°$.

Табуу керек: φ –?

Чыгарылышы : Байкоо жүргүзүлгөн орундун эңкейүүсүн табуу үчүн (5.1) формуласын пайдаланабыз. Андан $\varphi=90°-h+\delta$ болот. Мындан $\varphi=90°-10°-16°=64°$, демек $\varphi=64°$.

3. Эгер Марстын Күндү айлануу жылдыздык мезгили 1,9 жылга барабар болсо, анда Марстын каршы туруусу (тогошуусу, синодикалык айлануу мезгили) канча убакыт аралыгында кайталанат (Жердин сидерикалык айлануу мезгили $T_{\oplus}=1$ *жыл*) .

Берилди: $T=1,9$ *жыл*, $T_{\oplus}=1$ *жыл;*

Табуу керек: S – ?

Чыгарылышы: Бул үч мезгилдердин ортолорундагы математикалык көз карандылык (19.2) барабардыгы менен берилген (тышкы планеталар үчүн): $\frac{1}{S}=\frac{T}{T_{\oplus}}-\frac{1}{T}$ мындан $S=\frac{T\cdot T_{\oplus}}{T-T_{\oplus}}$ Демек

$$S=\frac{1{,}9\cdot 1}{1{,}9-1}=2{,}1\ (ж.).$$

4. Эгер Чолпон планетасынын Күн менен жогорку кошулуусу 1,6 жылда кайталанып турса, анда Чолпондун Күндү айлануу жылдыздык мезгили эмнеге барабар?

Берилди: $S=1,6$ *жыл*, $T_{\oplus}=1$ *жыл*

Табуу керек: T – ?

Чыгарылышы: Чолпон планетасы ички планетага кирет. Демек (19.1) барабардыгын пайдаланабыз:

$\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{T_{\oplus}}$, мындан $T=\frac{S\cdot T_{\oplus}}{T_{\oplus}+S}$, демек $T=\frac{1{,}6\cdot 1}{1{,}6+1}=\frac{1{,}6}{2{,}6}$=0,61 *ж.*

5. Юпитердин Күндү айлануудагы жылдыздык мезгили 12 жылды түзөт. Юпитерден Күнгө чейинки орточо аралык эмнеге барабар?

Берилди: T_1=12 *ж.*

Табуу керек: a_1–?

Чыгарылышы: Юпитерден Күнгө чейинки аралыкты табуу үчүн Кеплердин III законун (20.1) формуласын пайдаланабыз: $\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{a_1^3}{a_2^3}$ Мындагы T_2 Жердин Күндү айлануу мезгили, a_2– Жерден күнгө чейинки аралык. Эгер T_2=1 *ж*, a_2=1 *а. б.* *(астрономиялык бирдик)* деп алсак, анда $a_1=\sqrt[3]{T_1^2}$ *а. б*-ке барабар болот. Сан маанисин койсок $a_1=\sqrt[3]{12^2}$ *а. б.*≈5 *а. б.*

6. Сатурндун горизонталдык параллаксы 0,9″ барабар болсо, ал Жерден канча аралыкта болот?

Берилди: P=0,9″

Табуу керек: *Д* – ?

Чыгарылышы: Бул аралыкты аныктоо үчүн (21.2) формуласын $\frac{Д}{Д_{\odot}}=\frac{p_{\odot}}{p}$ колдонобуз. Күнгө чейинки аралык *Д*=1 *а. б.*, ал эми Күндүн параллаксы $P_{\odot}$=8,8″ барабар экендиги бизге белгилүү. Демек, $Д=\frac{1\,а.\,б.\cdot 8{,}8''}{0{,}9''}\approx 9{,}8$ *а. б.*

7. Марстын сызыктуу радиусу 3400 *км*, ал эми горизонталдык параллаксы 18″ болсо, анын каршы туруусундагы (в противостояний) бурчтук радиусу кандай болот? Жердин радиусу 6400 *км* ге барабар деп кабыл алынат.

Берилди: *r*=3400 *км*, *P*=18″, *R*=6400 *км*;

Табуу керек: ρ –?

Чыгарылышы: Бул маселени чыгарууда (21.4) формуласын $\left(r=\frac{\rho}{p}R\right)$ колдонобуз. Мындан $\rho=p\frac{r}{R}$, $\rho=\frac{18''\cdot 3400\,км}{6400\,км}$≈9,56″.

8. Вега (α Лира) жылдызынын жылдык параллаксы $0{,}12''$ га барабар. Вега жылдызына чейинки аралыкты аныктагыла (*парсек* жана *жарык жылы* аркылуу туюнткула).

Берилди: $\pi=0{,}12''$;
Табуу керек: $Д_{пк}-?$ $Д_{ж.жыл}-?$
Чыгарылышы: Жылдызга чейинки аралыкты *парсек* аркылуу (41.5) формуласы $Д_{пк}=\frac{1}{\pi}$ аркылуу эсептөөгө болот. Демек, $Д_{пс}=\frac{1}{\pi}=\frac{1}{0{,}12}$ *пк*=8,33 *пк*. Бир парсек 3,26 *жарык жылына* барабар (1*пк* =3,26 *ж. жылы*). Ошентип, $Д_{ж.жыл}=$ $=8{,}33\cdot3{,}26\approx27{,}16$ *жарык жылы.*

9. Капелланын (Возничий топ жылдызынын α – жылдызы) көрүнүүчү жылдыз чоңдугу $m_1=+0{,}2$, ал эми Денеб (Ак-Куу топ жылдызынын α – жылдызы) жылдызыныкы $m_2=+1{,}3$ барабар. Бул эки жылдыздын салыштырмалуу жаркыроолору кандай?

Берилди: $m_1=+0{,}2$, $m_2=+1{,}3$;

Табуу керек: $\frac{I_1}{I_2}-?$

Чыгарылышы: Эки жылдыздын жаркыроолорунун катышы $\frac{I_1}{I_2}$ (42.1) барабардыгы ($\frac{I_1}{I_2}=2{,}512^{m_2-m_1}$) аркылуу аныкталат.

Муну лагорифмаласак $lg\frac{I_1}{I_2}=(m_2-m_1)\lg2{,}512=1{,}1\cdot\lg2{,}512$. Ал

эми $\lg2{,}512=0{,}4$, демек $lg\frac{I_1}{I_2}=1{,}1\cdot0{,}4=0{,}44$. Мындан $\frac{I_1}{I_2}=2{,}75$ алабыз.

10. Сириус (Чоң Дөбөт топ жылдызынын α – жылдызы) жылдызынын көрүнүү жылдыз чоңдугу – 1,6 барабар. Жарык андан Жерге 8,7 жылда жетет. Сириус жылдызынын жарыктанышын аныктагыла.

Берилди: $m=-1{,}6$, $Д=8{,}7/3{,}26\approx2{,}7пк$, $M_{\odot}=4{,}8$
Табуу керек: L – ?
Чыгарылышы: Алгач (42.3) формуласын ($M=5-5IgД+m$) пайдаланып, абсолюттук жылдыз чоңдугун табабыз: $M=5-5\ Ig\ 2{,}7+(-1{,}6)=3{,}4-5\cdot04=1{,}4$. Эми (42.6) барабардыгынан

$lgL=0,4\cdot(M_{\odot}-M)=0,4\cdot(4,8-1,4)\approx1,4$ алабыз, мындан $L=25$. Күндүн жарыктанышын бирге барабар деп алганга байланыштуу $L=25\cdot L_{\odot}$ болот.

11. Жарыктанышы Күндүкүнө салыштырганда 100 эсеге жогору болгон жылдыздын температурасы Күндүн температурасы менен бирдей.

Бул жылдыздын радиусу Күндүкүнө караганда канча эсе узундук кылат?

Берилди: $\frac{L}{L_{\odot}}=100$, $T=T_{\odot}$ же $\frac{T}{T_{\odot}}=1$;

Табуу керек: $\frac{r}{r_{\odot}}-?$

Чыгарылышы: Бул маселени чыгаруу үчүн (42.7) формуласын $\frac{L}{L_{\odot}}=\left(\frac{r}{r_{\odot}}\right)^2\left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4$ пайдаланабыз. Маселенин шарты боюнча $\frac{L}{L_{\odot}}=100$, $\frac{T}{T_{\odot}}=1$, демек $\frac{r}{r_{\odot}}=100$, же $\frac{r^2}{r_{\odot}^2}=100$, же $\frac{r}{r_{\odot}}=10$. Жылдыздын радиусу Күндүн радиусуна салыштырганда 10 эсе узун экен.

12. Кош жылдыздардын айлануу мезгили 100 жыл. Көрүнгөн орбитанын чоң жарым огу $a=2,0''$, ал эми параллаксы $p=0,05''$. Жылдыздар массалык борбордон $^1/_4$ катышына туура келген аралыкта турган учурдагы жылдыздардын массаларынын суммасын жана ар бир жылдыздын массасын өзүнчө аныктагыла.

Берилди: $T=100$ *жыл*, $a=2,0''$, $p=0,05''$, $\frac{A_1}{A_2}=\frac{1}{4}$;

Табуу керек: $m_1-?$ $m_2-?$, $m=m_1+m_2?$

Чыгарылышы: (47.3) барабардыгы $\frac{A_1}{A_2}=\frac{m_2}{m_1}$ боюнча $\frac{m_2}{m_1}=\frac{1}{4}$, мындан $m_1=4m_2$. Эми (47.2) барабардыгынан $\left(m_1+m_2=\frac{A^3}{T^2}\right)$ дин маанисин коюп, $m_2=\frac{A^3}{T^2\cdot5}$ алабыз. Эгер a менен p жаанын секундасы аркылуу туюнтулса, анда A *а. б.*$=\frac{a}{p}$ болорлугун эске

алып, A $а. б.=\frac{2{,}0''}{0{,}05''}=40$ *а. б.* экендигин таба алабыз. Анда

$m_2=\frac{40^3}{100^2\cdot 5}=1{,}28$ болот, демек $m_1=4\cdot 1{,}28=5{,}12$. Кош жылдыздардын массаларынын суммасы $m=m_1+m_2=1{,}28+5{,}12=6{,}4$ барабар. Ошентип $m_1=1{,}28$ Күндүн массасына, $m_2=5{,}12$ Күндүн массасына, ал эми кош жылдыздардын массаларынын суммасы $m=6{,}4$ Күндүн массасына барабар болот.

13. Галактика $1{,}5\cdot 10^4$ *км/с* ылдамдыгы менен алыстайт. Байкоочудан болгон аралыгын аныктагыла.

Берилди: $\upsilon=1{,}5\cdot 10^4$ *км/с*, $H=75\frac{км}{с\cdot Мпк}$ – *Хаббл турактуулугу (Мпк-мега-парсек)*

Табуу керек: R –?

Чыгарылышы: Хаббл закону боюнча $\upsilon=HR$, (R – галактикага чейинки аралык) мындан $R=\frac{\upsilon}{H}$. Маанилерин койсок

$R=\frac{1{,}5\cdot 10^4\ км/с}{75\ км/сМпк}=200$ *Мпк.*

14. Метагалактикадагы массалардын орточо тыгыздыгы эмнеге барабар? Ал кандай эсептелет?

Берилди: $H=75\frac{км}{с\cdot Мпк}$ – Хаббл турактуулугу, $c=3\cdot 10^5$ *км/с*

Табуу керек: $\mu_{орт.}$–?

Чыгарылышы: § 60 та орточо тыгыздыктын сан мааниси гана көрсөтүлгөн. Ааламдын кеңейүүсү Хаббл закону $\upsilon=HR$ боюнча аныкталат. Мында υ – Ааламдын кеңейүү ылдамдыгы, H – Хаббл турактуулугу, R – Метагалактиканын радиусу (Ааламдын байкалууга мүмкүн болгон бөлүгү Метагалактика деп аталат). Хаббл законунан $R=\frac{\upsilon}{H}$ алабыз. 1 *Мпк* = $3{,}08\cdot 10^{19}$ *км* экендигин эске алсак,

$H=2{,}4\cdot 10^{-18}\ c^{-1}$ болот. R дин максималдуу маанисинде кеңейүү ылдамдыгы υ жарык ылдамдыгына c жакындайт, демек $\upsilon\approx c=3\cdot 10^{-5}$ *км/с* деп ала алабыз. Анда Метагалактиканын радиусун $R=\frac{3\cdot 10^5\ км/с}{2{,}4\cdot 10^{-18}\ c^{-1}}=1{,}25\cdot 10^{23}$ *км* $=1{,}25\cdot 10^{26}$ *м* таба алабыз.

АКШ дагы «Хаббл» обсерваториясынан 1998-жылы алынган маалымат боюнча Метагалактикада болжол менен 100 млрд галактика ($N=10^{11}$), ал эми ар бир галактикада $n=10^{11}$ жылдыз бар деп болжолдонулган. Эгер ар бир жылдыздын массасы Күндүн массасына барабар ($M_{\odot}=25\cdot10^{30}$) деп алсак (гигант жылдыздар канча көп болсо, карлик жылдыздар да ошончо арбын). Метагалактиканын $V=\frac{4}{3}\pi R^3$ көлөмүндө $M=N\cdot n\cdot M_{\odot}$ масса болот.

Демек Метагалактикадагы массалардын орточо тыгыздыгы $\mu_{орт}=\frac{M}{V}$ аныкталат. Жыйынтыгында

$$\mu_{орт}=\frac{M}{V}=\frac{N\cdot n\cdot M_{\odot}}{\frac{3}{4}\pi R^3}=\frac{10^{11}\cdot10^{11}\cdot2\cdot10^{30}\ кг}{\frac{3}{4}\cdot3{,}14(1{,}25\cdot10^{26}\ м)^3}=3\cdot10^{-27}\ кг/м^3$$

же $\mu_{орт}=3\cdot10^{-30}\ г/см^3$болот.

Көнүгүүлөр:

1. 12 *саат* 15 *минутада* 18 *секунданы* градустук өлчөм аркылуу туюнткула.

Жообу: 183° 49′ 30″.

2. Энкейүүсү 12° болгон жарык чыгаруучуга 60° кеңдигинде байкоо жүргүзүлсө ал кандай бийиктикте жогорку кульминацияда болот?

Жообу: 42°

3. Меркурийдин Күндү айлануудагы жылдыздык мезгили 0,24 *жылга* барабар болгон учур үчүн Меркурийдин синодикалык айлануу мезгилин аныктагыла.

Жообу: S=0,32 ж.

4. Күндүн горизонталдык параллаксы 8,8″ барабар. Юпитердин горизонталдык параллаксы 1,5″ барабар болсо, ал Жерден канча аралыкта болот?

Жообу: Д=5,9 *а. б.*

5. Жылдык параллаксы 0,123″ болгон асман телосуна чейинки аралыкты тапкыла

Жообу: Д≈1677000 *а. б.*

6. Чаян (Скорпион) жылдызынын көрүнүүчү жылдыздык чоңдугу 3, ага чейинки аралык 7500 *жарык жылына* барабар болсо, анын жарыктануучулугу кандай? (Күндүн жарыктануусу 1 деп алынат).

Жообу: $L=3{,}3\cdot10^5$.

7. Абсолюттук жылдыз чоңдугу 1 ге барабар болгон жылдыз байкоочудан 1000 *пк* аралыкта жайланышкан. Бул жылдыздын көрүнүүчү жылдыз чоңдугу кандай болот?

Жообу: m=11.

8. Байкоочу жылдыз тобунун ичинен 100 *пк* аралыкта жайланышкан 10-жылдыз чоңдугундагы жылдызды көргөн. Ал жылдыздын абсолюттук жылдыз чоңдугу канчага барабар болгон?

Жообу: M=5.

9. Көрүнүүчү жылдыз чоңдугу 19, ал эми абсолюттук жылдыз чоңдугу – 1 болгон жылдыз байкоочудан канчалык аралыкта болот?

Жообу: $r=10^5$*пк*

10. Алыскы галактиканын спектралдык сызыктары бизден 15000 *км/с* ылдамдык менен алыстоого туура келгендей чоңдукка жылышат. Ага чейинки аралыкты аныктагыла (H=100 *км/с·Мпк*)?

Жообу: r=150 *Мпк*

11. Бизден алыстап жаткан галактикада көрүнүүчү жылдыз чоңдугу +18, абсолюттук жылдыз чоңдугу −7 болгон жаңы жылдыз пайда болсо, ал галактикага чейинки аралык эмнеге барабар жана кандай ылдамдык менен галактикага бизден алыстоодо болот?

Жообу: $r = 10^6$ *пк*; υ =100 *км/с*;

12. Эгер Арктур жылдызынын жарыктанышы 100, ал эми температурасы 4500 К болсо, Арктур Күндөн канча эсе чоң болот?

Жообу: $r / r_{\square} = 18$ эсе чоң

13. Бир жылдыз экинчисинен 16 эсе жаркырактык кылат. Алардын жылдыздык чоңдуктарынын айырмасы эмнеге барабар?

Жообу: $m_2 - m_1 \approx 3$.

ТИРКЕМЕЛЕР

Өзгөчө жарык жылдыздар

Жылдыздар	Жылдыз чоңдуктары *m*	Түз чыгыш α (*саат, мин.*)	Эңкейүү δ°	Аралык (*парсек* менен)
Альдебаран (торпок топ жылдызынын α жылдызы)	1,06	$4^{с}\,33^{м}$	+16 25	20,8
Орион топ жылдызынын β жылдызы	0,34	$5^{с}\,12{,}1^{м}$	−8 15	330
Возничий топ жылдызынын α жылдызы	0,21	$5^{с}\,13^{м}$	+45 57	13,7
Орион топ жылдызынын α жылдызы	0,92	$5^{с}\,52{,}5^{м}$	+7 24	200
Чоң Дөбөт (Большой Пес) топ жылдызынын α жылдызы	−1,58	$6^{с}\,42{,}9^{м}$	−16 39	2,7
Эгиздер (Близнецы) топ жылдызынын α жылдызы	1,99	$7^{с}\,31{,}4^{м}$	+32 00	13
Кичине Дөбөт (Малый Пес) топ жылдызынын α жылдызы	0,48	$7^{с}\,36{,}7^{м}$	+5 21	3,5
Эгиздер (Близнецы) топ жылдызынын β жылдызы	1,21	$7^{с}\,42{,}3^{м}$	+28 09	10,7
Арстан (Лев) топ жылдызынын α жылдызы	1,34	$10^{с}\,05{,}7^{м}$	+12 13	25,6
Бийкеч (Дева) топ жылдызынын α жылдызы	1,21	$13^{с}\,22{,}6^{м}$	−10 54	47,7
Волопас топ жылдызынын α жылдызы	0,24	$14^{с}\,13{,}4^{м}$	+19 27	11,1
Чаян (Скорпион) топ жылдызынын α жылдызы	1,22	$16^{с}\,26{,}3^{м}$	−26 19	52,5
Лира топ жылдызынын α жылдызы	0,14	$18^{с}\,35{,}2^{м}$	+38 41	8,1
Бүркүт (Орел) топ жылдызынын α жылдызы	0,89	$19^{с}\,48{,}3^{м}$	+8 44	5,0
Ак-Куу (Лебедь) топ жылдызынын α жылдызы	1,33	$20^{с}\,39{,}7^{м}$	+45 06	290
Түштүк Балык (Южная Рыба) топ жылдызынын α жылдызы	1,28	$22^{с}\,54{,}9^{м}$	−29 53	7,0

Жер жөнүндөгү негизги маалыматтар

Экватордук радиус	6378,16 *км*
Уюлдук радиус	6356,78 *км*
Масса	$5{,}9\cdot10^{27}$ *г* ($5{,}9\cdot10^{24}$ *кг*)
Орточо тыгыздыгы	$5{,}5\cdot10^{3}$ *кг/м*^{3} (5,5 *г/см*^{3})
Орточо орбиталдык ылдамдыгы	29,8 *км/с*
Оордук күчүнүн ылдамдануусу	9,8 *м/с*^{2}
Көлөмү	$1{,}1\cdot10^{27}$ *см*^{3}
Бетинин аянты	510 069 000 *км*^{2}
Жер бетинин кургактык бөлүгү	29,1%
Жер бетинин суу курчаган бөлүгү	70,8%
Жер бетинин дайыма муз жана кар жаткан бөлүгү	0,1%

Ай жөнүндөгү негизги маалыматтар

Жерден орточо аралыгы	384 440 *км*
Диаметри	3477 *км*
Көлөмү	$2195{,}3\cdot10^{7}$ *км*^{3}
Массасы (Жердин массасын 1,0 десек)	0,01
Орточо тыгыздыгы	$3{,}3\cdot10^{3}$ *кг/м*^{3} (3,3 *г/см*^{3})
Сидерикалык мезгили	$27{,}3^{к}$
Синодикалык мезгили	$29{,}5^{к}$
Орбитасынын эксцентриситети	$e = 0{,}0549$
Оордук күчүнүн ылдамдануусу	1,6 *м/с*^{2}

Күн жөнүндөгү негизги маалыматтар

Жерге чейинки орточо аралык	$1{,}496\cdot10^{8}$ *км* = 1*а. б.*
Диаметри	$1{,}99\cdot10^{6}$ *км*
Массасы	$2\cdot10^{30}$ *кг*
Орточо тыгыздыгы	$1{,}4\cdot10^{3}$ *кг/м*^{3} (1,4 *г/см*^{3})
Күндүн борборунун тыгыздыгы	98 *г/см*^{3}
Оордук күчүнүн ылдамдануусу	274 *м/с*^{2}
Күндүн бетинин аянты	$608{,}7\cdot10^{10}$ *км*^{2}

Күндүн көлөмү	$1,4 \cdot 10^{18}$ *км*^{3}
Көрүнгөн жылдыз чоңдугу	$-26,8^m$
Абсолюттук жылдыз чоңдугу	$+\,4,8^m$
Фотосферадагы температура	$6 \cdot 10^3$ *К*
Күн таажысындагы температура	$1,5 \cdot 10^6$ *К*
Галактиканын борборун айлануудагы Күндүн кыймылынын ылдамдыгы	250 *км/с*
Күндүн галактика борборуна чейинки аралыгы	10^4 *пк*
Күндүн галактиканын борборун айланып чыгуу мезгили	$2 \cdot 10^8$ *жыл*

АСТРОНОМИЯНЫН КЫСКАЧА ХРОНОЛОГИЯСЫ

(акыркы 6 миң жыл ичиндеги)

Астрономиянын алгачкы башталышы: жылдыздуу асмандын кайталанып өзгөрүп турушуна жана андагы адаттагыдай эмес кубулуштарга байкоолор жүргүзүлө баштаган. — б. э. ч. IV к.

Айрым топ жылдыздарды ар кайсы элдер тарабынан ажырата билүүлөрү (зодиакалык топ жылдыздарды да), байыркы замандагы күн тутулууларына жана кометаларга байкоолор жүргүзүлө баштаган (Кытай), меридиандын багытын аныктоочу курал – гномендин жана бурчту өлчөөчү алгачкы куралдын ойлоп табылышы (Вавилон, Байыркы Египет), календарь пайда боло баштаган (365 күнгө, Байыркы Египет). — б. э. ч. III к.

Алгачкы жылдыз карталары түзүлгөн (Англия), астрология пайда болгон (Кытай, Байыркы Египет). — б. э. ч. II к.

Олимпиадалар боюнча жыл эсептөөлөр башталган (Байыркы Греция). — б. э. ч. 776-ж.

«Римдин негизделгенинен берки» римдик жыл эсептөө киргизилген. — б. э. ч. 753-ж.

Күн тутулуулары Кытайда системалуу регистрациялана баштаган. — б. э. ч. 720-ж.

Асмандан Саманчы Жолу аныкталган (Кытай), планеталык аталыштардагы жети күндүк жума киргизилген (Индия, Байыркы Грециядан бир кыйла мурда), асмандан Уюлдук жылдыз менен кошо Кичи Аюу (Малой Медведицы) топ жылдызы аныкталган (Фалес, Байыркы Греция), жылдыздуу асмандын фонунда беш планетанын кыймылдары байкалган. Жердин шар сыяктуу экендиги жөнүндөгү божомол пайда болгон (Фалес, Пифагор), анын өз огунун айланасында айлануусу аныкталган (Экфант жана Хикетас, бир кыйла кийинчерээк – Геркалит Пантийский). — б. э. ч. VI к.

Саманчы Жолу – жылдыздар топтолушу экендиги жөнүндөгү биринчи болжолдоолор пайда болгон (Демокрит, Байыркы Греция).	б. э. ч. V к. аягы – IV к. башталышы.
Дүйнөнүн биринчи математикалык геоцентрикалык моделинин – жылдыздар каталогдорунун алгачкыларынын пайда болушу (Эвдокс Книдский, Байыркы Греция)	б. э. ч. 60-жылдар
Дүйнөнүн биринчи гелиоцентрикалык системасы пайда болгон жана Күнгө, Айга чейинки аралыктар болжолдонуп аныкталган (Аристарх Самосский).	б. э. ч. 265-ж.
Компастын пайда болгон (Кытай), Күндүн бурчтук диаметринин биринчи жолу жетишерлик так өлчөнгөнү жана асман глобусу пайда болгон (Архимед).	б. э. ч. III к. орто чени
Жердин өлчөмү биринчи жолу аныкталган (Эратосфен, Александрия).	б. э. ч. 150-ж. чамасы
Юлий календары киргизилген.	б. э. ч. 45-ж.
Асмандан 124 топ жылдыз аныкталган (Кытай).	I к. аягы – II к. башталышы
Клавдия Птоломей тарабынан дүйнөнүн геоцентрикалык системасы киргизилген (Александрия)	140-ж. тегерегинде
Телецтен (Букачар топ жылдызынан) өтө чоң жаңы жылдыз байкалган.	1054-ж.
Календардык жаңы жылдын башталышы 25-марттан 1-сентябрга жылдырылган.	1492-ж.
К. Коперник дүйнөнүн гелиоцентрикалык системасын толугу менен басмадан чыгарган.	1543-ж.
Тито Браге обсерваториясы курулган (Дания).	1576-ж.
Григорий календары киргизилген.	1582-ж.
Жылдыздарды грек алфавити менен белгилөө киргизилген (И. Байер, Германия).	1603-ж.
Астрономияга телескоп колдонула баштаган (Галилей, Италия).	1610-ж.
Күндүн айланышы ачылган.	1612-ж.

И. Кеплер тарабынан планеталардын кыймылынын үч закону ачылган.	1618–1619-ж.
Ян Гевелия обсерваториясы курулган (Гаданьск, Польша)	1641-ж.
Х. Гюйгенс тарабынан Сатурндун шакекчеси ачылган.	1656-ж.
Юпитердин кызыл тагы ачылган (Р. Гук, Англия; Дж. Д. Кассини, Франция).	1665-ж.
Париж обсерваториясы тургузулган.	1667–1672-ж.
И. Ньютон тарабынан телескоп – рефлектор ойлоп табылган	1668-ж.
Гринвич обсерваториясы негизделген.	1677-ж.
И. Ньютондун «Математические начала натуральной философии» деген эмгеги жарык көргөн.	1687-ж.
Россияда жаңы жыл эсептөө киргизилген жана жыл 1-январдан башталган (Петр I).	1699-ж.
Россияда астрономия окутула баштаган.	1701-ж.
В. Гершель тарабынан Уран ачылган.	1781-ж.
«Кара туюктардын» (черных дыр) болушунун мүмкүндүгү жөнүндө гипотезалар айтылган (Дж. Миччел, П. Лаплас).	1783-ж.
Галактиканын өлчөмү жана формасы жөнүндө алгачкы түшүнүк пайда болгон (В. Гершель, Англия).	1785-ж.
Эң алгачкы астероид Церера ачылган (Дж. Пиацци, Италия).	1801-ж.
Күн нурунун спектрлеринен фраунгофердик нурлар табылган.	1815-ж.
Университеттин алдында Москва обсерваториясы курула баштаган.	1831-ж.
Биринчи жолу жылдызга чейинки аралык аныкталган (В. Я. Струве, Россия).	1837-ж.
Пулков обсерваториясы негизделе баштаган (В. А. Струве).	1839-ж.

Допплер эффектиси ачылган. 1842-ж.

Нептун ачылган (Дж. К. Адаме, Англия; У. Ж. Леверье, Франция). 1846-ж.

Астрофизикада спектралдык анализ колдонула баштаган (Г. Кирхгоф, Р. Бунзен, Германия). 1859-ж.

Күндө гелийдин бар экендиги ачылган (Жансен, Локье, Франция). 1868–1871-ж.

Марстын жандоочулары (спутниктери) ачылган (А. Холл, АКШ). 1877-ж.

АКШда объективинин диаметри 1,02 *м* болгон дүйнөдөгү эң ири телескоп-рефрактор жасалган. 1897-ж.

К. Э. Циалковскийдин космоско учууга мүмкүн экендиги теориялык жактан негизделген эмгеги жарык көргөн. 1903-ж.

Маунс Вильсон обсерваториясы негизделген (Дж. Хейл, АКШ). 1904-ж.

Тунгусс метеорити түшкөн. 1908-ж. 30-июнь

Космостун нурлары ачылган. 1912-ж.

Маунс Вильсон обсерваториясында объективи 2,5 метрлүү телескоптун курулушу башталган. 1917-ж.

Ааламдын стационардуу эмес релятивистик модели алынган (А. А. Фридман, СССР). 1922-ж.

Галактиканын айланууда болуусу ачылган (Б. Линдбланд, Швеция; Я Оорт, Голландия). 1926–1927-ж.

Хаббл закону ачылган. 1929-ж.

Плутон ачылган (К. Томбо, АКШ). 1930-ж.

Космостук радионурдануулар ачылган (К. Янский, АКШ). 1931-ж.

Ааламда көрүнбөгөн массанын («темное» вещество) болушу жөнүндө ой-пикир пайда боло баштаган. 1933-ж.

Нейтрондук жылдыздардын болуусу жөнүндө гипотеза айтылган. 1934-ж.

Күндүн жана башка жылдыздардын түпкүрүндө

термоядролук реакциялардын болушу тууралуу теория пайда болгон. 1937-ж.

Эйнштейндин салыштырмалуулуктун жалпы теориясынын негизинде «кара туюктардын» болушу алдын ала айтылган. 1939-ж.

Жылдыз аралык чөйрөдө молекуланын болушу биринчи жолу ачылган. 1940-ж.

«Ысык Ааламдын» («Горячая Вселенная») теориясы ачылган (Дж. Гамов, АКШ). 1946-ж.

Маунт Паломар обсерваториясы негизделген (АКШ). 1947-ж.

Маунт Паломар обсерваториясында 5 *м* объективдүү телескоп-рефлектор курула баштаган. 1948-ж.

Дүйнөдө биринчи жолу СССРде Жердин жасалма жандоочусу учурулган. 1957-ж. 4-октябрь

Квазарлар ачылган (М. Шмит, АКШ). 1963-ж.

Реликтик радионурдануу ачылган. 1965-ж.

Түндүк Кавказда СССР Илимдер Академиясынын Атайын астрофизикалык обсерваториясы (ААО) негизделген. 1966-ж.

Пульсарлар ачылган (Дж. Белл, Э. Хьюиш, Англия). 1967-ж.

«Кара туюктун» «буулануу» мүмкүндүгүнө ээ экендиги далилденген (С. Хокинг, Англия). 1974-ж.

Европада объективи 6 метрлүү ири телескоп-рефлектор курула баштаган (СССР ИАнын Атайын астрофизикалык обсерваториясы). 1976-ж.

РАТАН - 600 радиотелескобу курула баштаган (СССР ИАсынын Атайын астрофизикалык обсерваториясы). 1977-ж.

Ааламдын «инфляциялык» кеңейүү теориясы иштелип чыга баштаган (СССР, АКШ). 1970–1980-ж.

Эң эле чоң гигант телескоптор-рефлекторлор курула баштаган (мисалга, диаметрлери 8,2 метрлик төрт күзгүдөн турган эң чоң телескоп (Чили)). 1990–2000-ж.

2008-жылга карата дүйнөдөгү эң чоң экспери-

менталдык ылдамдаткыч болуп эсептелген «Адрондук чоң коллайдер (АЧК)» ишке киргизилген. Ал Женевадан анча алыс эмес, Швейцария менен Франциянын чек арасындагы ядролук изилдөөлөрдүн Европалык кеңешинин илимий изилдөө борборунда түзүлгөн. Анын эксперименталдык тактоо маселелерине: «кара туюкчадагы» (черная дыра) физикалык процесстердин жүрүшүн аныктоо, ошондой эле Ааламдагы «Чон жарылуу», «физикалык сингулярдуулук» сыяктуу теориялык божомолдоолорду эксперименталдык жол менен текшерүү иштери кирет (Тилекке каршы айрым толуктоолордун зарылдыгына байланыштуу АЧК 2008-жылдын 19-сентябрына чейин гана иштеген. Анын кайрадан ишке киргизилиши, 2009-жылдын 15-ноябрынан иш жүзүнө ашырылган). 2008-ж. 10-сентябрь

Космос мейкиндигин өздөштүрүүдөгү маанилүү даталар

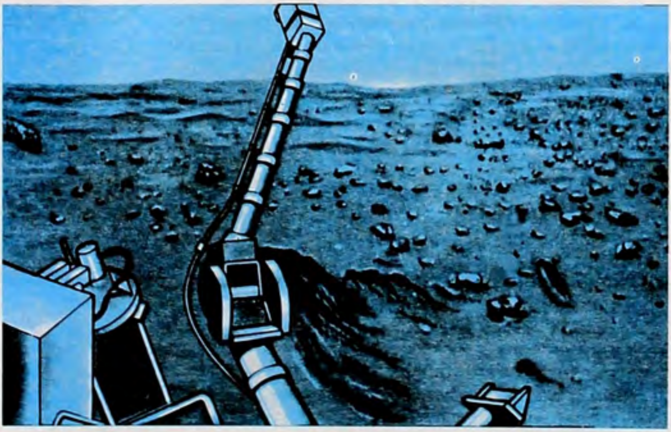
Дүйнөдө биринчи жолу СССРде Жердин жасалма жандоочусу учурулган.	1957-ж. 4-октябрь
Айдын бетине СССРдин Гербинин сүрөттөлүшү түшүрүлгөн вымпел жеткирилген («Луна-2»).	1959-ж. 14-сентябрь
Айдын аркы бети фотосүрөткө тартылып алынган («Луна-3»). (63-сүрөттү карагыла)	1959-ж. 7-октябрь
Ю. А. Гагарин башкарган «Восток» космос корабли Жерди толук бир айланып чыккан.	1961-ж. 12-апрель
Космоско аял биринчи жолу учкан (В. В. Терешкова, корабль «Восток-6»).	1963-ж. (16–19)-июнь
Адам баласы биринчи жолу Кораблден ачык космоско чыккан (А. А. Леонов, корабль «Восход-2», СССР)	1965-ж. 18-март
Жакын аралыктан Марс фотосүрөткө тартылып алынган («Маринер-4» автоматтык планеталар аралык станциясы, 64-сүрөттү карагыла.)	1965-ж. 15-июль
Айдын бетине биринчи жолу жумшак конуу иш жүзүнө ашырылган («Луна-9»).	1966-ж. 3-февраль
Биринчи жолу планеталар ортосундагы аралыкка учуу ийгиликтүү аткарылган (Жер – Чолпон, «Венера-3» автоматтык планеталар аралык станция).	1966-ж. 16-ноябрь – 1966-ж. 1-март

63-сүрөт.

64-сүрөт.

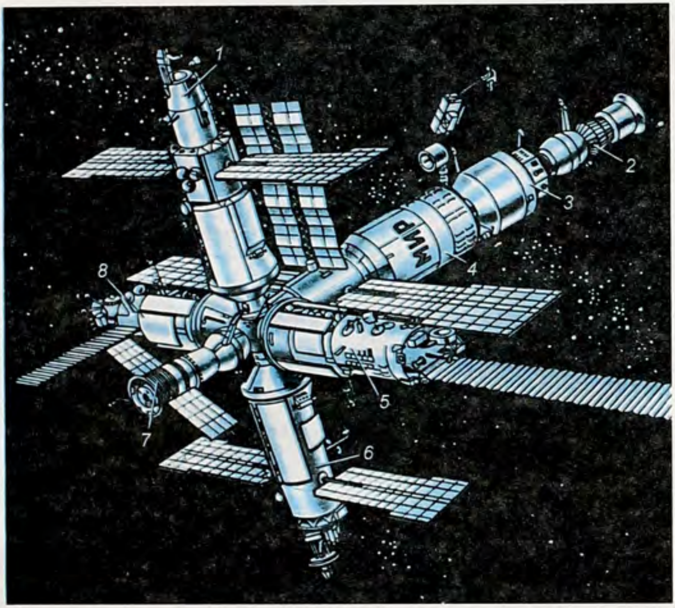
Айдын биринчи жасалма жандоочусу учурулган («Луна-10»).	1966-ж. 31-март
Автоматтык планеталар аралык станция биринчи жолу Айды айланып учуп Жерге конгон («Зонд-5»).	1968-ж. (15–21) – сентябрь
Айга биринчи жолу экспедиция иш жүзүнө ашырылган («Аполлон-11» корабли; Н. Армсторнг, Э. Олдрин, М. Коллинз).	1969-ж. (16–24)-июль
Автоматтык аппараттын жардамы менен айдын топурагы биринчи жолу Жерге жеткирилген («Луна-16»).	1970-ж. (12–24) – сентябрь
Өзү жүрүүчү «Луноход-1» лабораториясы Айга биринчи жолу жеткирилген («Луна-17»).	1970-ж. 17-ноябрь
Чолпон (Венера) планетасында биринчи жолу космостук аппарат жумшак кондурулган («Венера-7»).	1970-ж. 15-декабрь
Узак убакытка космосто болуучу орбиталдык станция учууда болгон («Салют»).	1971-ж. 19-апрель – 12-октябрь
Марс планетасына биринчи жолу жумшак конуу иш жүзүнө ашырылган («Марс-3»).	1971-ж. 2-декабрь
Жакын аралыктан Юпитер фотосүрөткө тартылып алынган («Пионер-10» автоматтык планеталар аралык станциясы, АКШ).	1973-ж. 3-декабрь
Жакын аралыктан Меркурий фотосүрөткө тартылып алынган («Маринер-10» автоматтык планеталар аралык станциясы, АКШ, 65-сүрөттү карагыла).	1974-ж. 30-март
«Союз»-«Аполлон» программасы боюнча биринчи жолу Эл аралык космостук эксперимент жүргүзүлгөн.	1975-ж. (15–20)-июль
«Викинг-1» жана «Викинг-2» (АКШ) автоматтык планеталар аралык станциялары Марска учурулуп, алар Марстын бетин анын понарамасын, топурагынын изилдөөлөрүнүн жыйынтыгын (андан эч кандай биологиялык активдүүлүктүн белгилери табылган эмес) Жерге жиберген (66-сүрөттү карагыла).	1975-ж. 20-август, 9-сентябрь

65-сүрөт.

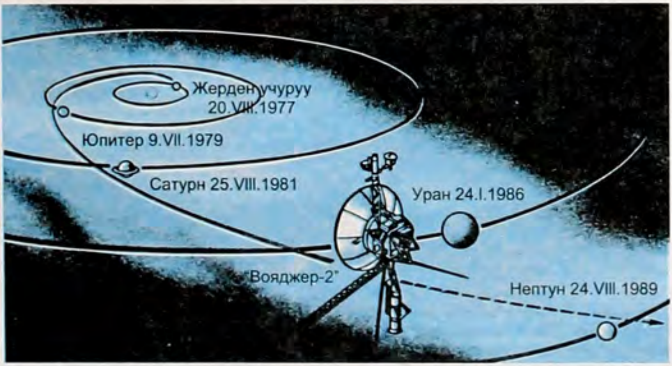


66-сүрөт.

Чолпон (Венера) планетасынын бетинин көрүнүшүнүн телевизиондук берилиши биринчи жолу ишке ашкан («Венера-9» жана «Венера-10» автоматтык планеталар аралык станциялары).	1975-ж. 22-октябрь, 25-октябрь
«Салют-6» – «Союз» орбиталдык биринчи илимий- изилдөө комплекси курулган.	1978-ж. январь
Космостук аппараттар «Вега-1» жана «Вега-2» Галлея кометасына жакындаган.	1986-ж. (6–9)-март
Орбиталдык жаңы илимий «Мир» станциясы учурулган (үчүнчү муундагы советтик станция). Ал 2001-жылдын 30-мартына дейре 15 жыл бою ийгиликтүү иштеген. Советтик уникалдуу бул станцияда ар кайсы мезгилдерде жүздөн ашуун космонавттар кызмат өтөшкөн (В. В. Поляков мында узак убакыт бою орбиталдык учуу боюнча дүйнөлүк рекордду коюп (438 сутка), негизги үч экспедицияга катышкан, 67-сүрөттү карагыла).	1986-ж. 20-февраль – 2001-ж. 16-март
Кометанын ядросунун фотографиясы биринчи жолу алынган (Галлея кометасы, «Вега-1»).	1986-ж. 9-март
Юпитер планетасына 1977-жылдын 20-августунда учурулган «Вояджер-2» автоматтык планеталар аралык станциясы Юпитерге 1979-жылдын июль айында, Сатурнга 1981-жылдын август айында, Уранга 1986-жылдын январь айында, Нептунга 1989-жылдын август айында жакындаган; «Вояджер-2» аркылуу аталган планеталар, алардын жандоочулары жана шакекчелери фотосүрөткө тартылып алынган. «Вояджер-2» нин кыймыл траекториясы 68-сүрөттө көргөзүлгөн.	1979–1989-ж.
Хаббл атындагы космостук телескоп (АКШ) Жердин айланасындагы орбитага чыгарылган. (69-сүрөт)	1990-ж. 25-апрель
Астероиддин бетинин фотографиясы биринчи жолу алынган (Гаспра, «Галилео» автоматтык планеталар аралык станциясы АКШ).	1991-ж. 29-октябрь
Венера (Чолпон) планетасынын бетин радиолокациялык жол менен тартып алуу ишке ашкан («Магеллан» автоматтык планеталар аралык станциясы 1989-жылдын 4-майында учурулган, АКШ).	1990–1994-жж.
Россиянын алып жүрүү – ракетасы «Протон-К»	



67-сүрөт.

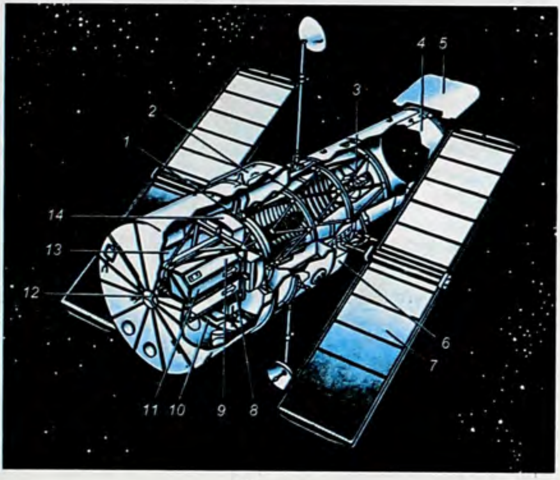


68-сүрөт.

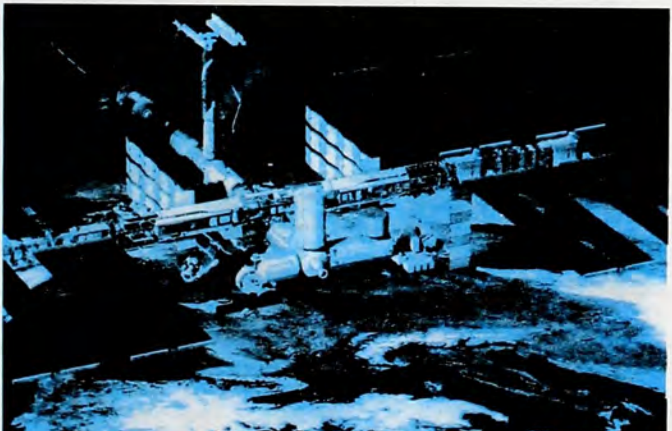
аркылуу жүк ташуучу блок «Заря» жерге жакын орбитага чыгарылган (70-сүрөттө 16 өлкөнүн катышуусу менен курулуудагы кылымдын орбиталдык станциясынын – Эл аралык космостук станциянын көрүнүшү).	1998-ж. 28-ноябрь
Америкалык корабль «Шумейкер» Эрос астероидинин бетине биринчи жолу конгон.	2001-ж. 12-февраль
«Новые горизонты» планеталар аралык станциясы Плутонго карай учурулган. Ал Плутонго 2015-жылы жакындашы керек.	2006-ж. 19-январь
Күндүн жаратылышын изилдөөнү толуктоо максатында «Дельта-2» ракета – алып жүрүүчү учурулган (АКШ), (Ушундай эле максат менен 2006-жылдын 22-сентябрында Япония тарабынан да «M-V» корабли орбитага чыгарылган).	2006-ж. 26-октябрь
Россиянын «Союз-V» жана АКШнын «Спейс Шаттл» ракета – алып жүрүүчүлөрү Эл аралык космостук станцияга (ЭКС)[1] жүк жеткирүү максатында учурулган.	2007-ж. 18-январь, 2007-ж. 8-июнь

---

[1] 1998–1998-жылдын ноябрь айында жерге жакын орбитага Эл аралык космостук станция (ЭКС) чыгарылган. Анын толук жасалып бүтүшүнө 16 мамлекеттин окумуштуулары тартылган. ЭКС нын жалпы массасы (салмагы) 470 *т*, комплекстин туурасы 88,4 *м*, узундугу 109 *м*, учуп жүрүү орбитасынын Жер бетинин аралыгы 460–500 *км*. Ал жок дегенде 2014-жылга дейре иштөөгө пландаштырылган.



69-сүрөт.



70-сүрөт.

Космосту өздөштүрүүдө Кыргызстандын атуулу Шарипов Салижан Шакировичтин да салымы зор!

Шарипов Салижан Шакирович Ош шаарында 1964-жылы туулган. 1982-жылы армияга чакырылып, Приморский крайындагы авиациялык полкто кызмат өтөйт. Андан Харьковдогу учкучтардын авиациялык училищасына кирип, аны 1987-жылы аяктайт. Учкуч катары ар кандай түрдөгү самолёттордо 950 саат учкан.

1990-жылы советтик космонавттардын катарына тандалып алынат. С. Ш. Шарипов Союз ТМ жана «Мир» орбиталдык станцияларынын командири катары толук даярдыктан өтөт. 2005-жылдын октябрь айынан 2006-жылдын май айына дейре Ю. А. Гагарин атындагы космонавттарды даярдоо борборунун АКШ нын Хьюстондогу Джонсон атындагы Космостук борбордогу өкүлү болуп иштеген.

Космоско учууларындагы зор ийгиликтери үчүн С. Ш. Шарипов Россия Федерациясы, Кыргызстан, Өзбекстан жана Таджикстандын өкмөттүк жогорку сыйлыктарына ээ болгон.

Астрономия боюнча берилген Нобель сыйлыктары

Нобель сыйлыгы Швециялык инженер-химик Альфред Нобелдин наамында ыйгарылуучу Эл аралык сыйлык. Ал сыйлык А. Нобелдин 1895-жылдын 27-ноябрында жазган мурас кагазынын негизинде уюштурулган. Бул сыйлык бүткүл дүйнөлүк өтө жогорку деңгээлдеги илимий ачылыштарга (физика, химия, физиология же медицина боюнча) идеалисттик багыттагы адабий чыгармаларга, ошондой эле улут аралык тынчтыкты сактоочуларга ыйгарылат.

Эң алгачкы Нобель сыйлыгы 1901-жылы немец экспериментатор-физиги Вильгельм Рентгенге анын атынан аталган нурларды ачкандыгы үчүн ыйгарылган. Ошондон бери 2011-жылга чейин физика боюнча 110 сыйлык ыйгарылган, анын 4 жолкусу астрономияга таандык. Төмөндө ошол Нобель сыйлыктары астрономияга кандай ачылыштарды жасагандыктары үчүн берилгендигине токтололу.

- 1974-жылы Нобель сыйлыгы британиялык Мартин Райл менен Энтони Хьюишге ыйгарылган. М. Райл илимий байкоолорду жүргүзүүдөгү ойлоп табуулары үчүн, атап айтканда, апертурдук синтез ыкмаларын киргизгендиги үчүн татыктуу болсо, Э.Хьюиши пульсарларды ачуудагы зор салымы үчүн алган.

Мартин Райл 1918-жылы Англияда туулуп, 1984-жылы дүйнөдөн кайткан.

Энтони Хьюиш Англияда туулган. 1971-жылдан бери Кембридж университетинин профессору.

• 1978-жылы америкалык Арно Аллан Пензиас менен Роберт Вудро Вильсонго микротолкундуу реликт радионурлануулары ачкандыктары үчүн ыйгарылган.

Пензиас Арно Аллан
1933-жылы АКШ да туулган.
АКШнын улуттук илимдер
академиясынын мүчөсү.

Роберт Вильсон 1936-жылы
АКШ да туулган.
Радиоастраномия боюнча
адис.

• 2006-жылы америкалык Джон Мазер менен Джордж Смутка космостук фондук нурлануулардын энергетикалык спектринин изотропиялуу эместигин жана кара телолук түзүлүштө экендигин ачкандыктары үчүн берилген.

Мазер Джон 1945-жылы АКШ
да туулган. Мериленд
штабындагы космоско учуу-
лар боюнча борбордун улуу
астрофизиги.

Смут Джордж 1945-жылы
АКШда туулган. Берклидеги
Калифорния университетинин
профессору.

• 2011-жылкы Нобель сыйлыгы да астраномиянын негизги бөлүгү болгон космология боюнча эң маанилүү ачылышка: Ааламдын ылдамдануу менен кеңейүүдө экендигинин аныкталышына таандык болду. Бул ачылыштын авторлору америкалыктар Сол Перлмуттер менен Адам Рисс, ошондой эле австриялык Брайан Шмидт болушкан. Авторлордун убакыттын өтүшү менен Ааламдын ыл-

Сол Перлмуттер 1959-жылы АКШда туулган. Берклидеги Калифорния университетинин профессору.

Адам Рисс 1969-жылы АКШда туулган. Джонс Хопкинс университетинин профессору.

Брайан Шмидт 1947-жылы АКШ да туулган. Австралиядагы улуттук университетинин алдындагы Маунт-Стромло обсерваториясынын илимий кызматкери.

дамданууда кеңейүүдө болуусунун ачылышы, алардын эң алыскы галактикадагы жылдыздарга кылдат жана тыкандык менен жүргүзүлгөн байкоолорунун натыйжасында пайда болгон. Ааламдын ылдамданууда кеңейүүсү андагы алигиче белгисиз энергиянын болушуна байланыштуу деп эсептелет. Бирок бул энергиянын пайда болушу жана жаратылышы мурдагыдай эле алигиче табышмактуу боюнча калууда. Байкоолор бир нече телескоптор аркылуу жүргүзүлгөн, алардын ичинде оптикалык линзалары 3,6 метрлүү жана 8,2-метрлүү телескоптор да колдонулган.

Жогоруда космоско учурулган ракеталар, ал ракеталар менен космоско учкан космонавттар жөнүндө айтып кеттик. Ошол космостук ракеталардын айрым тетиктери ушул биздин Бишкек шаарыбызда жайланышкан космостук бюродон да жасалып турган. Бир катар жылдары ал бюродо 1-категориядагы конструктор, жетектөөчү жана башкы конструктор болуп биздин жердешибиз Бургеев Жолдошбай Асангазиевич иштеген.

РФтин алгачкы президенти Б. Н. Ельциндин
Ж. А. Бургеевге сыйлык тапшыруу учуру.
Москва, 1986-ж.

Анын колунан космоско учурулуучу ракеталарга (Восток, Восход, Венера ж. б.) орнотулуучу «Лима-Д» аттуу тетик (прибор) жана «ИСАВ-СЕ» аттуу спектр – фотометр жасалган. Ошондой эле космосту изилдөөгө зарыл болгон башка приборлорду даярдоого да катышкан. Ж. А. Бургеевдин жетекчилиги менен жасалган космосту изилдөөдө колдонулуучу приборлор тиешелүү окумуштуулар тарабынан жогору бааланган. 1986-жылы СССР Жогорку Советинин Указы менен Ж. А. Бургеев космосту изилдөөдөгү баалуу салымы үчүн «Эмгектеги артыкчылыгы медалы» менен сыйланган. Ошондой эле Эл аралык көргөзмөлөрдүн медалдарына жана башка сыйлыктарга татыктуу болгон.

Планеталар жөнүндө кыскача маалыматтар

Планеталардын аталышы	Күнгө карата орто аралыгы (*астрономиялык бирдик менен*)	Жылдардын сидерикалык мезгили	Орбитанын эксцентритети	Орбиталык ылдамдык *км/с*	Орточо радиустары, *км*	Октордун орбитанын тегиздигине карата кыйшаюусу ^{0}	Айлануу мезгилдери	Орточо тыгыздыктары, $10^3 кг/м^3$	———	Массалары, Жер массасына карата ($M_⊕=6\cdot10^{24} кг$)	Эркин түшүү ылдамдануулары, $м/с^2$	Спутниктеринин саны	Атмосфералары
Меркурий	0,39	0,24	0,206	47,9	2440	89	$58{,}7^{к}$	5,5		0,06		–	Сейрек
Чолпон	0,72	0,61	0,007	35,0	6050	–86,6	$243{,}1^{к}$	5,2		0,82	9,8	–	Эң эле тыгыз
Жер	1,00	1,00	0,017	29,8	6371	66,5	$23^{с}56^{м}4^{с}$	5,5		1,0	3,7	1	Тыгыз
Марс	1,52	1,88	0,093	24,1	3397	65,5	$24^{с}37^{м}22^{с}$	3,9		0,11	.25,8	2	Суюк
Юпитер	5,20	11,86	0,048	13,1	69900	87	$9^{с}50^{м}$	1,3		3,18	11,3	63	Эң эле тыгыз
Сатурн	9,54	29,46	0,054	9,6	58000	63,5	$10^{с}14^{м}$	0,7		95,2	9,0	47	>>
Уран	19,19	84,02	0,046	6,8	25400	–8	$10^{с}49^{м}$	1,4		14,6	11,6	27	>>
Нептун	30,07	164,78	0,008	5,4	24300	61	$15^{с}48^{м}$	1,6		17,2		13	>>
Плутон	39,52	247,7	0,253	4,7	1140	≈15	$6{,}4^{к}$	2,0		0,002		3	>>

МАЗМУНУ

Баш сөз.. 3
Астрономияга колдонулган негизги кыскартуулар.......... 4
Астрономия предмети.. 5

I глава. АСТРОНОМИЯНЫН ПРАКТИКАЛЫК НЕГИЗИ

§ 1. Жылдыздуу асман. Топ жылдыздар. Негизги топ жылдыздар.. 11
§ 2. Жылдыздар картасы.. 13
§ 3. Жарык чыгаруучулардын көрүнгөн кыймылы. Бир суткадагы жылдыздуу асмандын көрүнүшүнүн өзгөрүшү.. 15
§ 4. Асман сферасы жана анын айланышы................ 17
§ 5. Асман координатасы. Жарык чыгаруучулардын кульминациясы.. 19
§ 6. Күндүн бир жылдагы көрүнгөн кыймылы жана жылдыздуу асмандын көрүнүшүнүн өзгөрүшү.......... 22
§ 7. Убакытты эсептөө. Убакыттын географиялык узундук менен байланышы........................ 24
§ 8. Календарлар. Жылдарды эсептөөдөгү түшүнүктөр.. 27
Күн, ай жана жылдардын кыргызча аталыштары 29

II глава. АСТРОНОМИЯЛЫК БАЙКООЛОР

§ 9. Астрономиялык байкоолор 31
§ 10. Астрономиялык байкоолордун практикалык мааниси.. 32
§ 11. Астрономиялык байкоолордун өзгөчөлүктөрү...... 33
§ 12. Байкоо жүргүзүүгө көрсөтмөлөр.................. 35
§ 13. Асман телосуна жана кубулушуна куралданбаган көз менен байкоо жүргүзүү........................ 36
§ 14. Телескоптор.. 39

III глава. КҮН СИСТЕМАСЫ

§ 15. Күн системасына жалпы түшүнүк.................. 42
§ 16. Алгачкы астрономия. Дүйнөнүн геоборбордук системасы.. 45
§ 17. Дүйнөнүн гелиоборбордук системасы жана анын калыптанышы.. 47
§ 18. Планеталардын кыймылы жана конфигурациясы.. 49
§ 19. Планеталардын жылдыздык (сидерикалык) жана синодикалык мезгилдери........................ 51
§ 20. Кеплердин закондору.. 53
§ 21. Күн системасындагы асман телолорунун аралыктарын жана өлчөмдөрүн аныктоо.............. 56

IV глава. КҮН СИСТЕМАСЫНДАГЫ ТЕЛОЛОРДУН ФИЗИКАЛЫК ЖАРАТЫЛЫШЫ
§ 22. Жердин кыймылы жана формасы........................ 60
§ 23. Ай жөнүндө түшүнүк (физикалык шарттары, Айдын бети)........................ 63
§ 24. Ай фазалары........................ 65
§ 25. Күн жана Айдын тутулуулары........................ 68
§ 26. Ай топурагы........................ 70
§ 27. Жер тибиндеги планеталардын жалпы мүнөздөмөсү. Атмосфералары........................ 71
§ 28. Жер тибиндеги планеталардын беттери........................ 76
§ 29. Гигант планеталардын жалпы мүнөздөмөсү жана өзгөчөлүктөрү........................ 79
§ 30. Планеталардын жандоочулары жана шакектери.. 80
§ 31. Астероиддер (майда планеталар), метеориттер жана кометалар........................ 83

V глава. КҮН ЖАНА ЖЫЛДЫЗДАР
§ 32. Күн жөнүндө жалпы түшүнүк........................ 89
§ 33. Күн бетинин телескоптон көрүнүшү........................ 91
§ 34. Күндүн өлчөмү, массасы жана жарыктыгы........................ 93
§ 35. Күн турактуулугу........................ 95
§,36. Күндүн химиялык курамы жана температурасы........................ 96
§ 37. Күн атмосферасы (фотосфера, хромосфера, күн таажысы жана күн активдүүлүгү)........................ 97
§ 38. Күн энергиясы жана ички түзүлүшү........................ 103
§ 39. Күн жана Жер шарындагы тиричилик........................ 107
§ 40. Жылдыздарга жалпы түшүнүк........................ 109
§ 41. Жылдык параллакс. Жылдыздарга чейинки аралыкты аныктоо........................ 112
§ 42. Көрүнгөн жана абсолюттук жылдыз чоңдуктары. 116
§ 43. Жылдыздардын физикалык жаратылышы........................ 118
§ 44. Ак карлик, нейтрондук жылдызы жана кара туюктар........................ 119
§ 45. Жылдыздардын ички түзүлүшү жана энергия булактары........................ 124
§ 46. Жылдыздардын түсү жана температурасы........................ 126
§ 47. Жылдыздардын массасы жана орточо тыгыздыгы........................ 127

VI глава. ААЛАМДЫН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ЭВОЛЮЦИЯСЫ
§ 48. Аалам түзүлүшү жана анын эволюциясына кыскача түшүнүк........................ 130

§ 49. Биздин Галактика.. 133
§ 50. Жылдыздык топтолуштар. Саманчынын жолу.... 135
§ 51. Галактика тутуму жана тумандуулуктар............ 138
§ 52. Космостук нурлар жана магнит талаасы............ 140
§ 53. Галактикадагы жылдыздар аралык газ жана чаңдар 141
§ 54. Галактиканын түзүлүшү жана айланышы.......... 142
§ 55. Галактика жылдыздарынын кыймылы.............. 144
§ 56. Галактикадагы радионурдануулар.................... 147
§ 57. Башка галактикалар жана алардын ачылыштары 149
§ 58. Галактикалардын аралыктары өлчөм жана массаларынын аныкталышы.............................. 152
§ 59. Метагалактика жана анын кыймылы................ 154
§ 60. Ысык Аалам жөнүндөгү илимий болжолдоолор.... 156
§ 61. Ааламдын космологиялык модели..................... 158
§ 62. Жердин жана күн системасындагы башка телолордун жашы... 160
§ 63. Планеталардын пайда болушу жөнүндөгү азыркы түшүнүктөр.. 161
VII глава. ААЛАМДЫН МОДЕЛДЕРИНЕ КЫСКАЧА ТҮШҮНҮК
§ 64. А. Эйнштейндин салыштырмалуулук теориясы 164
§ 65. А. Эйнштейндин модели 166
§ 66. Де Ситтер модели 167
§ 67. А. Фридмандын модели 168
§ 68. Кеңейтүүдөгү Аалам 169
§ 69. Көрүнбөгөн масса 172
Маселелер.. 174
Көнүгүүлөр.. 180
Тиркемелер.. 182

Окуу куралы

Шаршекеев Өзгөрүш

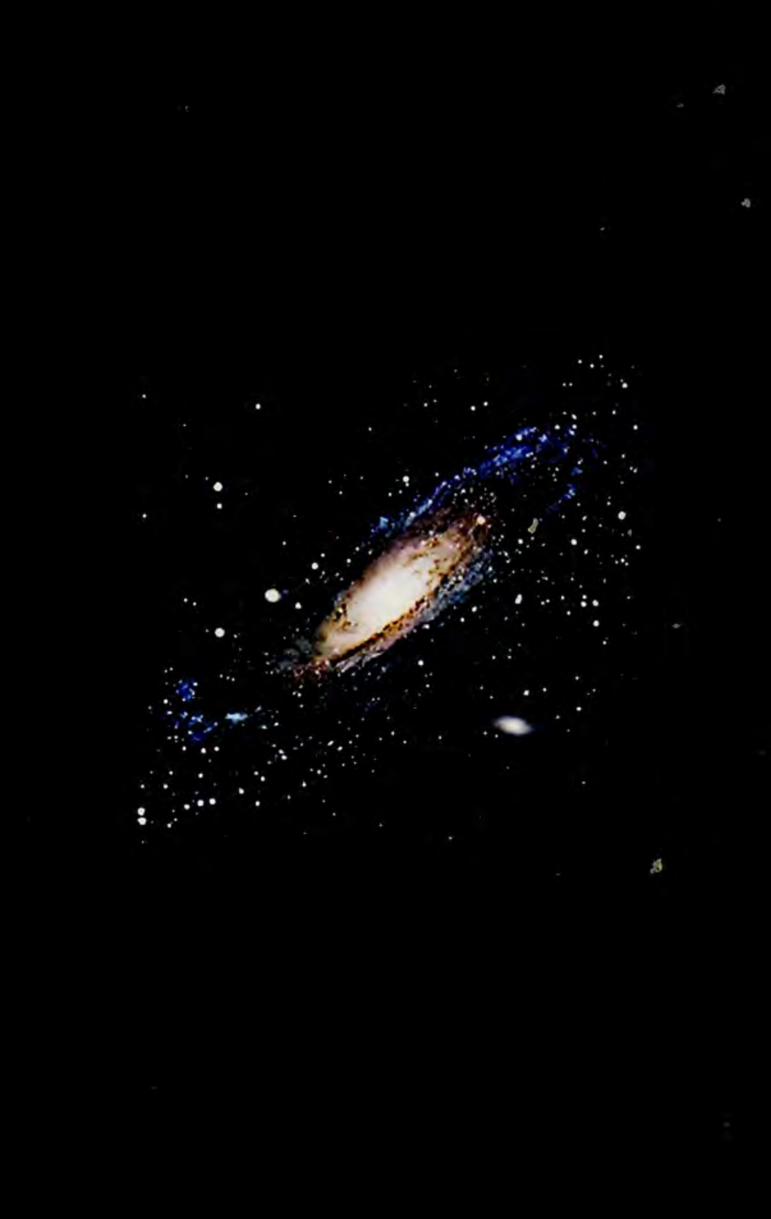
АСТРОНОМИЯ

Орто мектептин 11-класстары үчүн окуу китеби

Жооптуу редактор *Д. Андашев*
Редактору *Ж. Асанова*
Сүрөт редактор-дизайнер *А. Касымалиев*
Техн. редактору *Ж. Жолдошева*
Компьютердик калыпка салган *Т. Сандыбаева*

ИБ № 277

Терүүгө 1.07.11 берилди. Басууга 21.12.11 кол коюлду. Офсет кагазы.
Кагаздын форматы $60 \times 90^{1}/_{16}$ Мектеп ариби. Түстүү ыкма менен басылды.
13,0 накта басма табак. Нускасы 53000. Заказ № 35.

«Кыргыз энциклопедиясы» башкы редакциясы
720040, Бишкек ш., Эркиндик проспектиси, 56

«Учкун» ААКда басылды.
720031, Бишкек ш., С.Ибраимов, көч., 24.