

М. Мамадазимов

АСТРОНОМИЯ

*Орта білім беру мекемелерінің II-сынып оқушыларына
арналған оқулық*

1-басылымы

*Өзбекстан Республикасы Халыққа білім беру
министрлігі бекіткен*

«DAVR NASHRIYOTI»

Ташкент – 2018

UO‘K 52(075.3)
KBK 22.6ya72
M 23

Аталмыш оқулық, оған қойылған талаптар бойынша, орта білім беретін мектептердің 11-сыныбы, орта арнаулы, кәсіптік-мамандық мекемелері және Өзбекстан Республикасы Ғылым академиясы Астрономия институты қасында ашылатын астрономиядан мамандандырылған мектепке арналған, екі бөлімнен құралған. Оқулықта оқу материалдарының қиындық дәрежесіне қарай, кейбір тақырыптар бір (*) немесе екі (**) жұлдызшамен берілген, мұнда бір (*) жұлдызшалы оқу материал, жай және мамандандырылған мектептерге арналған болса да, бірақ жай мектеп оқушыларына оның мазмұны бойынша түсініктер берумен шектеліп, мамандандырылған мектепте оның математикалық аппараттар арқылы ашып берілген толық мазмұнын меңгеру талап етіледі, ал оқу материалдары екі жұлдызшамен (**) берілген параграфтар, тек мамандандырылған мектеп оқушыларына арналған, оларда астрономияның тереңдетілген және кеңейтілген мазмұны ашып берілген. Сондай-ақ оқулықтан орын алған «Космонавтика элементтері» де мамандандырылған мектептер үшін арналған болып, онда оқушыларға аэроавтикаға тиісті элементтер бойынша ұғымдар беріледі.

Пікір білдірушілер:

Ш.А. Эгамбердиев – УзР ҒА Астрономия институты директоры, физика-математика ғылымдарының докторы, академик;

С.П. Ильясов – УзР ҒА Астрономия институты ғылыми жұмыстар бойынша директор орынбасары, физика-математика ғылымдарының докторы;

Ч. Шерданов – УзР ҒА Астрономия институты қызметкері, физика-математика ғылымдары кандидаты;

Б. Саттарова – Низами атындағы ТМПУ-дің доценті, педагогика ғылымдарының кандидаты;

У. Алимухаммедова – Ташкент қаласы, Юнусабад ауданы, 9-жалпы орта білім беретін мектептің мұғалімі;

Е. Жұманиязов – Ташкент қаласы, Сіргелі ауданы, 8-жалпы орта білім беретін мектептің мұғалімі.

Астрономия [Мәтін]: Білім беру қазақ тілінде жүргізілетін орта білім беретін мекемелердің 11-сынып оқушыларына арналған оқулық/ М.Мамадазимов. – Ташкент: DAVR NASHRIYOTI, 2018. – 176 б.

M 23

UO‘K 52(075.3)

KBK 22.6ya72

Республикалық мақсатты кітап қоры қаражаттары есебінен басылды.

© М. Мамадазимов, 2018

ISBN 978-9943-5024-5-1

© «DAVR NASHRIYOTI», ЖШҚ, 2018

КІРІСПЕ

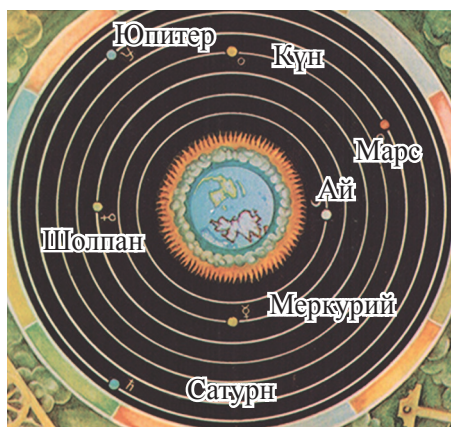
1-ТАҚЫРЫП. 1-§. Астрономия нені зерттейді? Оның даму тарихы және басқа пәндермен байланысы

Ғарыштың бізге ең жақын және ұзақ объекттерін, жүйелерінің қозғалыстары мен физикалық табиғаттарын зерттейтін ғылым астрономия деп аталады. Астрономия – грекше «*astron*» – жұлдыз, «*nomos*» – заң деген сөздерден құралған болып, ол аспан денелері, олардың жасалуы және түзілісі, қозғалыстары, физикалық табиғаттары және эволюцияларын зерттейтін пән.

Астрономия дамуының қысқаша тарихы. Астрономия да басқа барлық пәндер сияқты қоғамның қолданбалы қажеттіліктері негізінде жүзеге келген. Астрономияның бүршіктері Бабыл, Мысыр, Орталық Азия, Қытай, Үндістан сияқты мемлекеттерде бұдан бірнеше мың жыл бұрын пайда болған.

Ертеде грек астрономдары, бақыланған астрономиялық құбылыстардың пайда болу себептерін түсіндіруге әрекет еткен. Атап айтқанда, Пифагор Жердің шар тәрізді пішінде екендігі туралы пікір білдірген, ал Аристотель Әлемнің ортасында қозғалыссыз Жер жайғасқан деген геоцентрлік жүйеге негіз салған.

Александриялық Эратосфен б.э.дейін III ғасырда бірінші болып, Жер меридианы 1° -ды доға ұзындығын және кейін келе сол негізде, ғаламшарымыздың радиусын өлшеді. Атақты грек ғалымы және философы Гиппарх жүздеген жұлдыздардың координаттарын өзінде көрсеткен бірінші жұлдыздар тізімін (кестесін) түзді. Эрамызға дейін II ғасырда әйгілі грек астрономы Клавдий Птолемей «Мегале синтаксис» (Ұлы түзіліс) атты туындысында грек астрономиясы жетістіктерін жалпыландырып, ғаламшарлардың көріну-ілмек тәрізді қоз-



1-сурет. Аристотель (б.э.д IV ғасыр) Әлем түзілісін осылайша болжамдаған.

ғалыстарын түсіндіретін және негізінде Аристотель-Гиппархтардың геоцентрлік, яғни орталықта Жер жайғасқан деген теориясы жатқан, Әлем түзілісі туралы жаңа ғылым жасады (*1-сурет*).

Бұл теория бойынша, сол кезде белгілі болған бес ғаламшар (Меркурий, Шолпан, Марс, Юпитер және Сатурн) Жер айналасында *эпицикл* деп аталатын шеңберлер бойымен, ал сол эпициклдердің орталықтары, *деферент* деп аталатын үлкен шеңберлер бойымен айналады. Негізінен бұл геоцентрлік теория Әлем түзілісінің шынайы көрінісін көрсетпеген болса да, ол дерлік он бес ғасыр барысында тән алынып келінді.

IX–XV ғасырларда Таяу және Орта Шығыс пен Орталық Азия мемлекеттерінде ірі астрономиялық обсерваториялар құрылды. Оларда Әл-Баттони, Әл-Хорезми, Әл-Ферғани, Әбу Махмұд Хожанди, Әбу әл-Вафо Бужжони, Абдурахмон ас-Софи және Ибн-Юнус сияқты әйгілі ата-бабаларымыз қызмет етті. Әсіресе, Әл-Баттони грек астрономиясы қол жеткізген жетістіктерді жалпыландырып, Ай қозғалысына тиісті кейбір мәліметтерді анықтады. Әл-Ферғанидің «Астрономия негіздері» атты туындысы сол дәуір үшін астрономиядан өзіне тән энциклопедия міндетін өтеді. Араб ғалымдары Ай және оның қозғалыстары туралы жаңалықтары, Жер меридианы ұзындығын өлшеу бойынша істерімен әлемге танылды. Өзбек ғалымы Берунидің астрономияға тиісті 40-тан астам туындысы белгілі болып, оларда Күн, Ай және ғаламшарлар қозғалысы, олардың тұтылуы, күнтізбелерге тиісті көптеген мәліметтер келтірілген.

Астрономияның кейінгі дамуы Еуропада көптеген ғалымдардың астрономия саласындағы маңызды жаңалықтарымен байланысты. Бұл тұрғыда польшалық астроном Николай Коперник, италиялық ғалымдар Жордано Бруно және Галилео Галилей, неміс математигі Иоганн Кеплер және ағылшын физигі Исаак Ньютондардың шығармашылық қызметтері өте берекелі болды. XVI ғасырдан XX ғасырдың бастарына дейін табиғаттану бағытында жасалған негізгі жаңалықтар мен заңдылықтардың көпшілігі жоғарыдағы ғалымдардың есімдерімен байланысты.

XX ғасыр орталарында спектрлік талдаудың табылуы мен астрономияда фотографияның қолданылуы нәтижесінде астрономияның жаңа көкжиектері ашылды. Бұл, аспан денелерінің физикалық табиғаттарын зерттеу саласында үлкен мүмкіндіктер туғызды. Нәтижеде, аспан денелері мен олардың жү-

йелерінің физикалық табиғаттарын зерттеумен айналысатын жаңа пән – *астрофизикаға* негіз салды.

Астрономияның басқа ғылыммен байланысы. Астрономия ғылымы басқа барлық ғылымдармен тығыз байланысқан. Астрономияның дамуында, әсіресе, *физика* мен *математика ғылымдарының* маңызы үлкен болған. Астрономия да, сондай-ақ, бұл он жылдықтарда жеткен жетістіктерімен физика және математика ғылымдары дамуына өзінің айтарлықтай үлесін қосып келеді. Физика мен математика ғылымдарының көптеген идея, теория және әдістері астрономиялық зерттеулерде сынақтан өтіп келеді. Механика заңдары, салыстырмалылық теориясының негізгі идеялары, квант физикасы, атом түзілісі, ядролық реакциялар, зат пен сәулеленудің өзара әсерлесуіне байланысты теориялар соларға жатады.

Аспан денелерінің химиялық құрамы, атмосфераларды құраған молекуляр қоспалар, Жерде тіршіліктің пайда болуы жөніндегі мәселелер астрономияның *химия* және *биология ғылымдарымен* байланыстылығын білдіретін мәселелердің бірі болып саналады.

Ал астрономияның *әдіскерлік, танымдық және экологиялық* жақтарындағы біраз мәселелері, оны *әлеуметтік және гуманитарлық* ғылымдармен байланысын көрсетеді. Астрономиялық құбылыстар жазылған көне қолжазбалар негізінде, тарихи құбылыстар мен үдерістердің анық уақыттары белгіленген жағдайлар тарихта мейлінше көп болған. Соңғы жылдарда астрономиялық зерттеу құралдарының жетілдірілуі және басқарылуында *техника мен радиоэлектроника* ерекше мәнге ие. Бұлардың барлығы, астрономияның қалыптасуы және өркендеуінде оның басқа ғылымдармен қаншалықты тығыз ынтымақтастықта болғанына маңызды дәлел болады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Жердің шар тәрізді аспан денесі екендігін бірінші болып кім анықтаған?
2. Жер радиусын ертеде кімдер бірінші болып өлшеген?
3. Орта ғасырларда астрономия дамуына үлкен үлес қосқан орталық азиялық және еуропалық ғалымдардан кімдерді білесің?
4. Өзбекстан аумағындағы астрономиялық орталық орта ғасырларда қай жерде орналасқан еді?
5. Астрономияның басқа ғылымдармен байланысы туралы нелерді білесің?

І БӨЛІМ

І ТАРАУ. ҚОЛДАНБАЛЫ АСТРОНОМИЯ НЕГІЗДЕРІ

2-ТАҚЫРЫП. 2-§. Шырақтардың тәуліктік көріну қозғалыстары. Жұлдыз шоғырлары

Жұлдыздардың тәуліктік көріну қозғалыстары. Бұлтсыз түнде аспанда шоқ-шоқ жұлдыздарды көріп, одан сүйсінбеген адам болмаса керек. Әйтсе де бір қарағанда жұлдыздардың сан-санағы жоқтай болып түйілсе де, асылында жай көзбен қаралғанда, аспанның белгілі жарты сферасында олардың көрінетін саны 3000-нан аспайды. Егер түнде белгілі бір жерден тұрып жұлдыздар бірнеше сағат барысында үздіксіз бақыланса, бүкіл аспан сферасының жұлдыздары, бақылаушыдан өтуші жорамал білік (ол дүние білігі деп қолданылады) айналасында айналатынын көруге болады. Мұндай айналу барысында кез келген шырақ өз жағдайын көкжиек жақтарына қатысты өзгертіп барады. Жұлдыздар аспанының бұлайша көрініп айналатын дәуірі бір тәулікті құрайды. Оңтүстік жаққа қарап тұрған бақылаушыға шырақтар солдан оңға, яғни сағат тілі бағытында қозғалатындай көрінеді.



2-сурет. Темірқазық жұлдызы айналасында жұлдыздардың көріну айналымы (бірнеше сағат барысында полюске бағытталып орнатылған фотоаппарат көмегімен алынған).

Егер бақылаушы белгілі уақыт барысында фотоаппарат көмегімен аспанның солтүстік бөлігін суретке алса, белгілі бөліктегі жұлдыздар шығыстан шығып, батысқа батқан күйде, батпайтындары – белгілі қозғалмас нүкте айналасында концентрлік шеңберлер (орталығы бір нүктеде болған шеңберлер) сызатынын көреді. Негізінде мұндай құбылыс Жердің өз білігі айналасында айналуынан болады (2-сурет).

Ежелгі Шығыста адамдар шырақтарға қарап бағыт алу үшін аспанның белгілі бөлігінде орналасқан жарық жұлдыздарды бөлек шоғырларға бөліп, оларға *жұлдыз шоғырлары* деп ат қойған. Жұлдыз шоғырларын хайуандар немесе жануарлар (Үлкен Аю, Акқұс, Арыстан, Аждаһар, Кит), грек аңыздарының қаһармандары (Кассиопея, Андромеда, Пегас және басқалар) және кейбір

оның жарық жұлдыздар бірге қаралғанда еске салатын геометриялық кескін немесе бұйымдардың аттарымен (Үшбұрыш, Таразы, Шөміш) атаған.

Бүгінгі күнде аспан сферасы 88 бөлікке, яғни жұлдыз шоғырына бөлінген. Белгілі жұлдыз шоғырына кіретін бірнеше жарық жұлдыздар сол шоғырға немесе кейбір көрші жұлдыз шоғырына кіретін көмескі жұлдыздарды табуда жақсы бағыт болып қызмет етеді. Аспанда белгілі жұлдыз шоғырын немесе жұлдызды табу үшін, алдын жұлдыз карталары және атластарымен жақсы танысу, содан соң олардың көмегімен біраз машықтану керек болады.

Күн, Ай және ғаламшарлардың тәуліктік көріну қозғалыстары да шығыстан батысқа қарай бақыланып, жұлдыздардан өзгешелігі, олардың шығу және бату нүктелері мен максимал биіктіктері күн сайын өзгеріп барады.

Атап өтсек, Күн Наурызда (21 наурызда) анық Шығыс нүктесінен көтеріліп, анық батыста батқан күйінде, кейін оның шығу және бату нүктелері солтүстік жаққа жылжып отырады. Мұндай қалып 22 маусымға дейін жалғасып, содан соң шығу және бату нүктелері, керісінше, көкжиектің оңтүстік жағына жылжиды. Бұл дәуірде Күннің талтүстік биіктігі төмендей түсіп, күндіз қысқарады, ал түн, керісінше, ұзарады.

Ғаламшарымыздың серігі Ай да тәуліктік көріну қозғалыста қатысып, шығыстан батысқа, жұлдыздармен бірге жылжи береді. Бірақ бірнеше түнгі бақылаулардан-ақ, Айдың жұлдыздарға қарағанда Жер айналасында шын қозғалуын да сезу мүмкін. Мұндай қозғалыстан Ай, жұлдыздар фонында батыстан шығысқа қарай әр тәулікте шамамен 13° -тан жылжып отырып, Жер айналасында 27,32 тәулікте бір рет толық айналып шығады.

Күннің бірнеше ай барысында жүйелі бақылануы, оның да Ай сияқты жұлдыздарға қарағанда батыстан шығысқа жылжи түсуін белгілейді. Күннің мұндай *көріну қозғалысынан* тәуліктік жылжу Айдікіне қарағанда өте кіші болып, небары бір градусқа жақын жайды құрайды да бір жылда бір рет толық айналып шығады. Күннің мұндай көріну қозғалысы *Жердің Күн айналасында шын жылдық қозғалысынан* болады.

3-§. Жердің өз білігі айналасында айналуына дәлелдер *. Фуко маятнігі

Түнде аспанға зер сала қарап, қарапайым есептеу көмегімен жұлдыздардың, әр сағатта шығыстан батысқа қарай 15° -қа жылжуы оңай табылады. 360° -ты 15° -қа бөлсек, 24 сағат шығады. Демек, барлық жұлдыздар 24 са-



3-сурет. Жердің өз білігі шеңберінде айналуын көрсететін Фуко маятнигі.

ғатта, яғни бір тәулікте Жер айналасында бір рет толық айналып шығуы белгілі болады. Жұлдыздардың Жер айналасында мұндай тәуліктік көріну айналысы, негізінен, бір тәулікте Жердің өз білігі айналасында батыстан шығысқа қарай бір толық айналуынан болады. Жердің өз білігі айналасында айналуы төмендегі тәжірибелерде дәлелденген.

Жер полюстерінен бірінің төбесіне математикалық маятник асып (мұнда маятник шарының орнына түбінде кішкене тесігі бар шелек алынып, ол құмға толтырылсын), ол тербелтіп жіберілсе (мұндай маятник *Фуко маятнигі* дейі-

леді), шелектен төгілген құм оның астында тербеліс жазықтығын бойлай, бір түзу сызық бағытында (тербеліс жазықтығында жататын) себілмей және құм себілетін сызық (яғни тербеліс жазықтығы), уақыт өтуімен, маятник тыныш тұрғанда бағытталған Жердегі нүкте айналасында сағат тілі қозғалысы бағытында бұрылатынын көреміз.

Бұл Жердің өз білігі айналасында айналуын білдіреді. Өйткені, асылған нүкте қанша бұрылса да, маятник өз тербеліс жазықтығын өзгертпейтіні анық. Оның астында себілген құмның ізі, уақыт өтісімен тік бұрыштар секторлары бетін қаптап баруы тек Жер айналатынын білдіреді. Париждегі 60 метрлі Фуко маятнигі көмегімен Жердің өз білігі айналасында айналуы осы жолмен көрсетіледі (3-сурет). Сондай-ақ, белгілі биіктіктен тасталған тас та жерде оның радиусы бойлап түспей шығысқа қарай жылжи түседі. Бұл тәжірибе де Жердің өз білігі айналасында айналуына дәлел болады.

4-§. Аспан сферасы, оның негізгі нүкте, шеңбер және сызықтары

Аспан шырақтарының көріну жағдайлары және қозғалыстарын зерттеу үшін, бақылау кезінде, олардың орындарын анықтау қажет болады. Бұл үшін шырақтардың аспандағы жағдайларын белгілі бағыттарға қатысты зерттеу жеткілікті, көптеген жағдайларда, оларға дейінгі аралықтарды анықтауға

Сфераның бұл нүктелерін ұштастыратын түзу сызық *тік сызық* дейіледі. Аспан сферасының оның орталығынан тік сызыққа перпендикуляр етіп жүргізілген жазықтықпен қиылысуынан жасалған үлкен шеңбері *математикалық көкжиек* деп аталады. Ал сфераның тік білік арқылы өтетін жазықтықтармен қиылысуынан пайда болған үлкен шеңберлер *тік шеңберлер* деп аталады. Жоғарыда ескерілген нүкте мен сызықтар бақылаушының Жер сыртындағы өз орнын өзгертуіне байланысты түрде өзгеріп тұрады. Аспан сферасының, Жер шарының негізгі сызық және нүктелерімен байланысты болған нүкте және сызықтары да бар, олар Жердің кез келген жайынан бақылانғанда да өз қалыптарын өзгертпейді. Дүние полюстері, дүние білігі, аспан экваторы міне сондай нүкте, сызық және шеңберлер болып есептеледі.

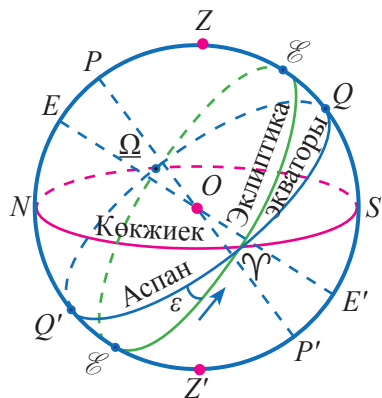
9

да болған шеңберлер *тәуліктік параллельдер* деп аталады. Ал дүние білігі арқылы өтетін жазықтықтар мен аспан сферасы қиылысуынан пайда болған үлкен шеңберлер *ауытқу шеңберлері* деп аталады.

Дүние полюстері, зенит пен надир нүктелерінен өтетін үлкен шеңбер *аспан меридианы* дейіледі. Оның математикалық көкжиекпен қиылысқан нүктелері көкжиектің *Солтүстік* (N , дүниенің солтүстік полюсіне жақыны) және *Оңтүстік* (S , дүниенің оңтүстік полюсіне жақыны) нүктелері деп аталады. Аспан экваторының математикалық көкжиекпен қиылысқан нүктелері *Шығыс* (E) және *Батыс* (W) нүктелері дейіледі. Солтүстік және Оңтүстік нүктелерін ұштастырушы түзу сызық кесіндісі *талтүстік сызық* деп айтылады.

5-§. Күннің жылдық көріну қозғалысы. Эклиптика

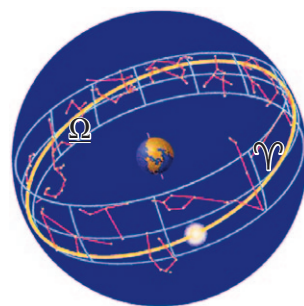
Күннің жұлдыздар аралап батыстан шығысқа қарай көріну (талтүстік емес) жылжуы өте ертеден белгілі. Бұл жылжу әр тәулікте дерлік 1° -қа тең. Күннің бұл жылдық *көріну* жолы үлкен шеңбер болып, ол *эклиптика* деп аталады. Жыл барысында, жүйелі түрде, түс кезінде, белгілі бір жерде тұрып Күннің зениттен шалғайлығын өлшеу, оның аспан экваторынан ауытқуы $+23^\circ 26'$ -дан $-23^\circ 26'$ -қа дейін өзгеруін көрсетеді. Бұдан эклиптика жазықтығының аспан экваторына ауытқуы $\varepsilon = 23^\circ 26'$ -қа тең екендігі белгілі болады (5-сурет). Эклиптиканың өзіне тән төрт негізгі нүктесі болып, олардан екеуі оның аспан экваторымен қиылысқан нүктелерін, ал



5-сурет. Күннің жылдық көріну қозғалысы. Эклиптика (ε – эклиптика мен аспан экваторы жасаған бұрышы).

қалған екеуі аспан экваторынан ең үлкен ауытқуға ие болған нүктелерін өрнектейді. Оның экватормен қиылысқан нүктелерінің бірі (Күн аспанының Оңтүстік жартышарынан солтүстік жартышарына кесіп өткенде пайда болғаны) *көктемгі күн теңесу нүктесі* (Υ) деп аталып, Күн одан 21 наурыз күні өтеді. Ал екіншісі *күзгі күн теңесу нүктесі* (Ω) делініп, Күн ол нүктеден 23 қыркүйек күні өтеді. Эклиптиканың, аспанның солтүстік жартышарында ең үлкен ауытқуға ($+23^\circ 26'$) ие болған нүктесі ($\mathcal{E}$) *жазғы күн тоқырауы* деп аталып, бұл нүктеден Күн 22 маусымда өтеді. Ал оңтүстік жартышарда эклипतिकаның ең үлкен

ауытқуға ($-23^{\circ}26'$) ие болған нүктесі қысқы күн тоқырау ($\mathcal{E}$) нүктесі дейіліп, Күн одан әрдайым 22 желтоқсанда өтеді. Күннің жылдық көріну қозғалыс жолы бойымен орналасқан жұлдыз шоғырларының саласы *зодиак сала* дейіледі. Бұл салада орналасқан 12 жұлдыз шоғыры – *Балық, Тоқты, Торпақ, Егіздер, Шаян, Арыстан, Бикеш, Таразы, Сарышаян, Мерген, Тау теке, Суқұйғыш аттарымен аталады (6-сурет)*. Күннің жұлдыздар фонында жылдық көріну қозғалысы негізінде Жердің Күн айналасында жылдық *талтүстік* қозғалысы себебінен болады. Соның үшін Күннің жылдық көріну қозғалысы жазықтығы Жердің орбита жазықтығымен бетпестік түседі. Себебі, эклиптиканың аспан экваторына ауытқымауы да Жер экваторының өз орбита жазықтығына ауытқымауымен бірдей ($23^{\circ}26'$) болады.



6-сурет. Эклиптика жазықтығы бойымен орналасқан жұлдыз шоғырлары – зодиак сала.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Жұлдыздар аспанының шығыстан батысқа айналуының себебі неде?
2. Күн мен Айдың Жер айналасында шығыстан батысқа қарай қозғалыстары шын қозғалыс па?
3. Жердің өз білігі айналасында айналуы қалай дәлелденеді?
4. Аспан сферасының нүкте, сызық және шеңберлерін аспан сферасының моделінде көрсет.
5. Эклиптика жазықтығы аспан экваторына қандай бұрыш астында ауытқыған?
6. Эклиптиканың негізгі нүктелері (көктемгі және күзгі күн теңесу нүктелері, қысқы және жазғы күн тоқырау нүктелері)н сипатта.

3-ТАҚЫРЫП. 6-§. Аспан координаттары

Аспан координаттарын зерттеуде, география курсынан бізге таныс болған, Жер сыртында халық пункттерінің координаттары үшін есеп басы етіп Ұлы Британияның Гринвич қаласынан өткен Жер меридианының экватормен қиылысқан нүктесі алынғанын еске алайық (7-сурет). Онда Ташкент қаласының координаттары – географиялық бойлығы – λ_T және φ_T ендігін белгілеуде баршамызға белгілі болған географиялық координаттарды еске

түсіреміз. Аспанның экваторлық координаттар жүйесінде де Жердегі сияқты шырақтардың орны екеу – *тура шығу* α (альфа) және *ауытқу* δ (дельта) деп аталатын координаттармен белгіленеді.

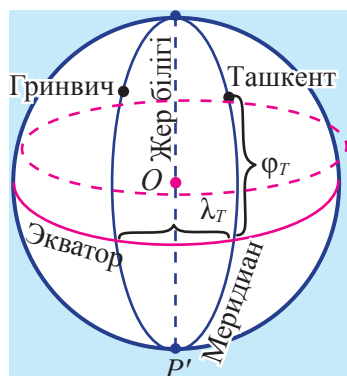
Мұнда, шартты түрде, есеп басы етіп эклиптика мен аспан экваторының қиылысқан – көктемгі күн теңесу нүктесі – Υ алынады (8-а, ә суреттер).

Кез келген M шырақтың дұрыс шығуын табу үшін одан жарты ауытқу шеңбері жүргізіліп, оның аспан экваторымен қиылысқан нүктесі K табылады. K нүктенің көктемгі теңелген күн нүктесінен доға ұзақтығы M шырақтың дұрыс шығуын сипаттайды, яғни: $\alpha = \Upsilon\overset{\frown}{K}$. Бұл доға, сфера орталығы (O) ндағы бақылаушы үшін орталық $\angle \Upsilon OK$ бұрышпен өлшенеді.

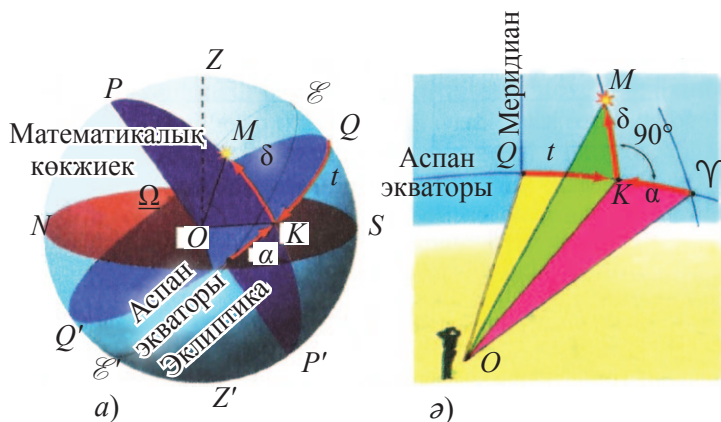
Ал M шырақтың екінші координаты, яғни ауытқуы (δ), K нүктеден ауытқу шеңбері бойымен шыраққа дейінгі доға ($K\overset{\frown}{M}$) мен өлшенеді (8-а, ә суреттер). Орталықтағы бақылаушы үшін бұл доға оған тірелген орталық бұрыш, яғни $\delta = \angle KOM$ жазық бұрышпен табылады.

Шырақтың дұрыс шығуы, әдетте, аспанның тәуліктік көріну айналуына қарама-қарсы бағытта өлшеніп, сағат, минут, секундтарда өрнектеледі. Өлшену шекарасы 0 сағаттан 24 сағатқа дейін болады. Ал шырақтардың ауытқуы доға градустары, минуттары оңтүстік жартышардағы шырақтар үшін) өлшенеді. Жұлдыз карталарын түзуде тап сол координаттар негіз етілген.

Экваторлық координаттар жүйесінде шырақтардың координаттарының тағы бірі *сағат бұрышы* (t) деп аталып, аспан меридианының оңтүстік бөлі-



7-сурет. Географиялық координаттар жүйесі.



8-сурет. Экваториалдық координаттар жүйесі.

гімен аспан экваторының қиылысқан нүктесі Q-дан шырақтан өткен ауытқу шеңберінің экватормен қиылысқан нүктесі K-ға дейінгі доға $\overline{QK}$ немесе орталық бұрыш $\angle QOK$ -пен өлшенеді. Шырақтың сағат бұрышы t да сағат, минут және секундтарда өлшенеді (8-а, а суреттер). Өлшену шекарасы 0 сағаттан ± 12 сағатқа дейін (минус белгісі – аспанның тәуліктік айналуына қарама-қарсы бағытта өлшенгенде) немесе кейде 0 сағаттан 24 сағатқа дейін болады. Уақыт бойынша сағаттар, минут пен секундтарда өрнектелген белгілі бұрышты (немесе доғаны) доға градустары, минуттары мен секундтарына (немесе керісінше) өткізгенде мына 1-кестеден пайдаланылады.

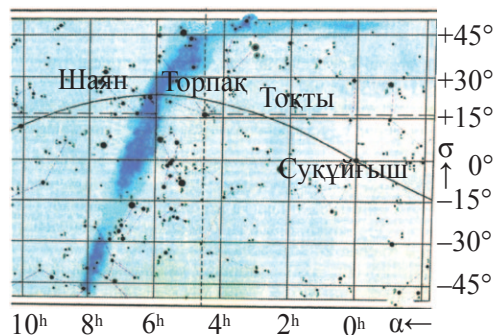
1-кесте

Доға өлшемінде	360°	15°	1°	15′	1′	15″
Уақыт өлшемінде	24 ^h	1 ^h	4 ^m	1 ^m	4 ^s	1 ^s

7-§. Жұлдыздардың карталары

Жұлдыздардың карталары да географиялық карталар сияқты көбінесе жұлдыздардың жазықтықтағы кескіні көрінісінде жасалады. Мұндай карталардан бірі 9-суретте көрсетілген.

Онда жұлдыздардың α – түзу шығу және δ – ауытқу доғалары өзара перпендикуляр координата біліктерінде көрсетілген. Картада көрсетілген M жұлдыздың координаттарын табу үшін бұл жұлдыздан аспан экваторын өрнектеуші сызыққа (абсцисса білігі) перпендикуляр етіп жүргізілген ауытқу шеңбері доғасын өрнектеуші сызықтың (сызбада тік сызық) α білігімен қиылысқан нүктесінен осы жұлдыздың тура шығуы алынады. M жұлдыздың δ ауытқуы одан өткен тәуліктік параллель доғаны өрнектеуші сызықтың (сызбада көлденең сызық) δ білігі (оң жақта дәрежеленген білік) мен қиылысқан нүктесінен алынады. Онда картадағы



9-сурет. Жұлдыз картасы.

M жұлдыздың сондай жолмен табылған координаттары: $\alpha \approx 4^{\text{h}}35^{\text{m}}$, $\delta \approx +16^\circ$ екендігі көрініп тұр.

8-§. Жұлдыздардың көріну жұлдыздық шамалары *

Жұлдыздар Ғарыштың біршама кең таралған объектілерінен болып саналады. Сондықтан, олардың физикалық табиғатын зерттеу астрономияда маңызды мәселелерден болып саналады. Жұлдыздардың көріну анықтықтарын (жалтырағыш дәрежесін) бір-бірлерінен айыру үшін астрономияда *жұлдыздық шамалар* деген ұғым қабылданған. Шырақтың жарықтанғаны одан Жерге дейін жетіп келген жарығы болып, ол шырақтың жалпы сәулеленуінің шамалы бөлігін ғана құрайды.

Белгілі, шырақтардың көріну сәулелену интенсивтіктері, олардың сәулеленуін белгілейтін құрылғыларда (көз, фотопластинка, фотоэлемент және басқалар) жасаған *жарықтануларына* қарай анықталады. Астрономияда шырақтардың жарқырауықтығы физикадағы сияқты жарықтану бірліктерінде (лукстарда) емес, сондай-ақ *жұлдыздық шамалар* деп аталатын салыстырмалы бірліктерде өрнектеледі және *m* әрпімен белгіленеді.

Айта кету керек, жұлдыздық шамалардың шкаласы *m*: ...-5^m, -4^m, -3^m, -2^m, -1^m, 0^m, 1^m, 2^m, 3^m, 4^m, 5^m, ... кезектілік көрінісінде өрнектеліп, ол артқан сайын жұлдыздан Жерге дейін келген интенсивтік (жарықтандыру) кеми түседі.

Жұлдыздардың жарқырауықтығын жұлдыздық шамаларда белгілеуді бізге дейінгі II ғасырда адам көзінің сәулеге сезгіштігіне сүйеніп грек астрономы Гиппарх бастап берген. Ол қабылдаған шкала бойынша, бір-бірінен 1 жұлдыз шамада айырмасы болған жұлдыздар анықтықтарының айырмасы шамамен 2,5 есеге тура келген.

Сондай-ақ жұлдыздық шамаларды белгілеу ғылыми негізде, яғни адам көзі сезгіштігінің психологиялық заңдарын сақтаған күйде қабылданған. Бұл үшін анықтықтары бір-бірінен 100 есеге айырмасы болатын екі жұлдыздың жұлдыздық шамаларының айырмасы, шартты түрде, бес жұлдыз шамасына тең деп қабылданған. Жұлдыздық шамалардың бұл айырмасы бес жұлдыздық шамасы интервалы үшін қабылданғанынан, бір жұлдыздық шамасына тура келген екі жұлдыз анықтықтары немесе жарқырауықтықтарының айырмасы $\sqrt[5]{100} = 2,512$ -ге тең болады. Егер аталған бұл екі жұлдыздың көріну жұлдыздық шамалары, сәйкес түрде, m_1 және m_2 , олар-

дың көріну жарқырауықтықтарын өрнектеуші жарықтанғандары E_1 және E_2 болса, онда $E_1 = 100E_2$ болғанынан $m_2 - m_1 = 5$ болады. Себебі, бұл екі жұлдыз жарықтанғанының қатынасы, олардың көріну жұлдыздық шамалары айырмасымен төмендегіше байланысады:

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

немесе бұл теңдеудің екі жағын да логарифмдеп:

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

өрнекке ие боламыз. Бұл өрнек *Погсон формуласы* деп аталады.

Қорыта айтқанда, жұлдыздық шамалардың шкаласы деп, бақыланатын шырақтар жарықтануын салыстыратын логарифдік шкаланы айтады.

Адамның қалыпты көзі 6-шамаға дейінгі жұлдыздарды көреді. Анық жұлдыздардан Веганың (Лира жұлдыз шоғырының ең жарық жұлдызы) жұлдыздық шамасы $+0,04^m$ -ді, Шолпандікі $-4,4^m$ (ең анық кезінде)ді, толған Айдікі $-12,5^m$ -ді, ал Күндікі $-26,7^m$ -ді құрайды. Қазіргі заман телескоптары көзіміз көретін күнгірт жұлдыздардан 100 млн. есеге дейін көмескі болған (жұлдыздық шамасы $+24^m, +25^m$) жұлдыздарды көре алады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Берілген жұлдыздар картасында тік сызықтар аспан сферасындағы қандай шеңберлерінің доғаларын өрнектейді? Көкжиектік сызықтар ше?
2. Аспанның экваторлық координаттары бойынша шырақтардың түзу шығуы (α) және ауытқуы (δ) қалай өлшенетінін сызбадан түсіндір.
3. Шырактың сағат бұрышы (t) қандай координата және ол қалай өлшенеді?
4. Жұлдыздардың көріну шамалары мен олардың жарықтанғандары арасындағы қатынас қандай атпен аталады?
5. Погсон формуласын түсіндір.

4-ТАҚЫРЫП. 9-§. Дүние полюсінің биіктігі және орынның географиялық ендігі арасындағы байланыс

Жер шарының кез келген нүктесінен бақыланғанда дүние полюсінің математикалық көкжиектен биіктігі h_p , сол орынның географиялық ендігі φ -ға тең.

Бұдан белгілі, экватордағы бақылаушы үшін аспанның солтүстік және оңтүстік жартышарлардағы барлық шырақтардың көкжиек үстінде және астында болу уақыттары өзара тең болады. Олардың меридиандағы биіктіктері $h=90^\circ-|\delta|$ өрнектен табылады. Экватордағы бақылаушы үшін барлық шырақтар шығады және батады. Егер шырақ экватор бойымен тәуліктік көріну қозғалып жатқан болса (яғни $\delta=0$ болса), ол зенит арқылы өтеді.

Ал күннің белгілі күнге тиісті тәуліктік қозғалысын анықтау үшін алдын берілген күн үшін Күннің эклиптикадағы орны табылады және табылған нүктеден дүние экваторы жазықтығына параллель жазықтықта жатушы тәуліктік параллель шеңбері жүргізіледі. Күннің берілген күндегі көріну қозғалысы сол шеңбер бойымен бақыланады.

Кейбір сипатты күндерде экватордағы бақылаушы үшін Күннің көкжиекке қатысты тәуліктік көріну қозғалысы қалай өтетінін көрейік. 22 желтоқсан күні қысқы күн тоқырау нүктесі арқылы жүргізілген тәуліктік параллельден көрінуі бойынша, бұл күні Күн аспанның оңтүстік жартышарында Шығыс нүктесінен $23^\circ 26'$ -қа тең доға аралықта математикалық көкжиекке тік шығады. Күннің меридиандағы биіктігі $h=90^\circ-23^\circ 26'=66^\circ 34'$ -ді құрайды. Ал Күннің 21 наурыз және 23 қыркүйек күндеріндегі тәуліктік жолы экватор бойымен бақыланады. Бұл күндері талтүсте Күн зениттен өтеді. 22 маусымда Күннің тәуліктік жолы солтүстік жартышарда дүние экваторынан $23^\circ 26'$ доға аралықтан өтетін тәуліктік параллель бойымен бақыланады. Талтүсте Күн, 22 желтоқсандағы сияқты, математикалық тік көкжиектен $66^\circ 34'$ биікте болады (*12-сурет*). Сөйтіп, экваторда төрт мезгіл орнына негізінен екі мезгіл – бізде күз және көктем кездері болғанда – ең ыстық дәуір, жаз және қыс кездерінде қоңыржай, салқын дәуір бақыланады. Бұл Жерде жыл бойы күндіз бен түн тең болады.

2-жағдай. $\varphi=\pm 90^\circ$, яғни бақылаушы Жер полюстерінде болсын. Егер бақылаушы Жердің солтүстік полюсінде болса, дүние солтүстік полюсінің биіктігі $h_p=\varphi=90^\circ$ болып, ол зенитпен қабаттасып түседі (*11-ә сурет*). Ондай жағдайда дүние білігі тік білікпен, ал дүние экваторы математикалық көкжиекпен қабаттасып түседі. Мұнда аспанның солтүстік жарты шарындағы барлық жұлдыздар математикалық көкжиекке параллель күйде айналады және батпайды. Олардың айналу биіктіктері жыл бойы өзгермейтін болып, сол шырақтардың ауытқу бұрыштарына (δ) тең болады. Ал аспанның оңтүстік жартышардағы шырақтары, керісінше, мүлдем шықпай көкжиек астында оған параллель қозғалады.



11-сурет. Түрлі ендіктерде жұлдыздар аспанының тәуліктік көріну айналуы:
а) Жер экваторында; б) Жердің полюсінде; в) орта географиялық ендіктерде.

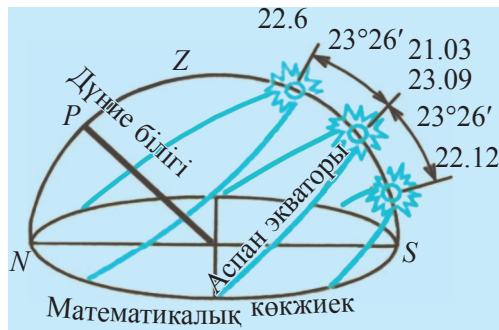
Күннің тәуліктік қозғалысы Жер полюсінде өте қызық көрініске ие болып, әр тәулікте шығып батпайды. Эклиптика бұл Жерде математикалық көкжиекпен тең екіге бөлінгенінен Күн, полюстегі бақылаушы үшін 21 наурыз күні шығады және спираль бойымен айналып, әр күні дерлік ширек градустан көтеріліп отырады. 22 маусымда Күннің биіктігі максимумға жетіп, $h_0 = \delta_0 = 23^\circ 26'$ -ға жетеді. Содан соң Күн, батпаған күйде, спираль бойымен биіктігін төмендетіп отырады және ақыры 23 қыркүйек күні ол батады да келесі жылдың 21 наурызына дейін шықпайды. Егер бақылаушы Жердің оңтүстік полюсінде болса, Күн 6 айға дейін – 21 наурыздан 23 қыркүйекке дейін шықпайды (*12-сурет*).

3-жағдай. $0 < \varphi < 90^\circ$, яғни бақылаушы Жер экваторы мен полюсінен басқа нүктелерде (орта ендіктерде) болсын (*11-б сурет*). Бұл орындарда тәуліктік параллель шеңберлері математикалық көкжиекпен қиылыспауы немесе қиылысқан соң, тең екіге бөлінбеуі мүмкін. Аспан экваторы бұдан тыс. Солтүстік жартышарда қозғалатын шырақтар тәуліктік параллель шеңберлерінің көкжиек үстіндегі бөлігі көкжиек астындағы бөлігінен үлкен болады. Бұл айырма шырақтың ауытқу бұрышы δ -ға байланысты, ол қанша үлкен болса, айырмашылығы да сонша көп болады.

Ал оңтүстік жартышардағы шырақтар тәуліктік шеңберлерінің көкжиек астындағы бөліктері, керісінше, үстіндегісінен үлкен, яғни шырақтар көкжиек астында оның үстіндегіге қарағанда көбірек уақыт болады. Сондай-ақ, бұл орындарда, яғни аспанның екі – солтүстік және оңтүстік жартышарларында да тәуліктік жолдары математикалық көкжиекпен қиылыспайтын шырақтар бар, олар сәйкес түрде, тәуліктік қозғалыстары барысында мүлдем батпайды немесе, керісінше, шықпайды. Олар аспанның қаншалық үлкен немесе кіші өрісіне ие болуы, бақылаушы тұрған орынның география-

лық ендігіне байланысты. Суретке қарап шықпайтын және батпайтын шырақтардың ауытқуы үшін төмендегі қатынасты туғызу мүмкін: $\delta > 90^\circ - \varphi$, солтүстік жартышардағы батпайтын шырақтар үшін; $|\delta| > 90^\circ - \varphi$, оңтүстік жартышардағы шықпайтын шырақтар үшін.

Ал мұндай ендіктерде Күннің тәуліктік жолы, ол солтүстік жартышарда болғанда (яғни 21 наурыздан 23 қыркүйекке дейін), күндіз түннен ұзын, оңтүстік жартышарда болғанда (яғни 23 қыркүйектен келесі жылдың 21 наурызына дейін) түні күндізінен ұзын екені бақыланады. Егер орынның географиялық ендігі полюс шеңберінен солтүстікте (яғни $66^\circ 34'$ -ден үлкен) болса, мұндай орындарда 22 маусымға жақын бірнеше күн немесе бірнеше ай барысында Күннің батпайтынын, ал 22 желтоқсан айналасындағы күндерде шықпайтынын бақылау мүмкін (12-сурет).



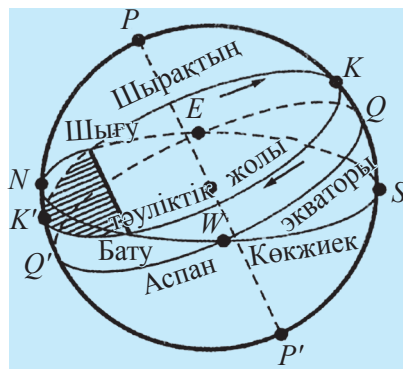
12-сурет. Жыл барысында, талтүсте Күн биіктігінің өзгеруі.

11-§. Шырақтардың кульминациясы және кульминация биіктіктері

Шырақтардың тәуліктік көріну қозғалыстары кезінде аспан меридианын кесіп өту құбылысы олардың *кульминациялары* дейіледі. Кез келген шырақ мұндай қозғалыстың арқасында әр тәулікте аспан меридианын екі рет кесіп өтеді, олай болса, екі рет кульминацияда болады. Бұл екі кульминациядан зенитке жақыны (K) жоғары кульминация, ал екіншісі (K') төмен кульминация деп аталады (13-сурет).

Кульминация кезінде шырақтың биіктігі бақылау орнының географиялық ендігі (φ) мен шырақтың ауытқуына (δ) байланысты болады.

K шырақтың жоғары кульминация кезіндегі биіктігі SK доғамен өлшеніп, ол $h_{\text{ж}} = \overline{SK} = \overline{SQ} + \overline{QK}$ болады. $\overline{SQ}$ – аспан экваторы жазықтығының көкжиек жазықтығына



13-сурет. Шырақтардың кульминация құбылысы.

ауытқуына тең болып, ол $\widetilde{SQ} = 90^\circ - \varphi$ өрнек арқылы есептеледі. Ал QK доға шырақтың ауытқуына (δ) тең екендіктен шырақтың жоғары кульминациясы: $h_{ж} = 90^\circ - \varphi + \delta$ тендеуінен табылады. Шырақтың төмен кульминациясы да сондай жолмен есептеліп, ол $h_{т} = \varphi + \delta - 90^\circ$ -қа тең екендігі оңай табылады. Күннің жоғары кульминация қалпы талтүс деп аталып, төмен кульминация қалпы түн жарымға тура келеді.

12-§. Астрономиялық бақылаулар негізінде орынның географиялық ендігін шамамен анықтау **

1-әдіс. Полюс жұлдызы (Кіші Аю жұлдыз шоғырының ең жарық жұлдызы – альфасы) Дүние полюсінен 1° -тан да кіші доға аралықта орналасқан. Алдын анықталғанындай, белгілі бір орынның географиялық ендігі φ , сол орында Дүние полюсінің көкжиектен биіктігіне (h_p) тең болады, яғни $\varphi = h_p$. Олай болса, Ташкентте Дүние полюсінің биіктігі шамамен $41^\circ 20'$ -қа тең екендігінен, Ташкенттің географиялық ендігі $41^\circ 20'$ -қа тең болады, деп қорытынды жасау мүмкін.

Басқаша айтқанда, Жер шарының белгілі бір орнында тұрып, бұл орынның географиялық ендігін шамамен анықтау қажет болса, сол орында Дүние полюсінің көкжиектен биіктігін өлшеу жеткілікті.

2-әдіс. Белгілі бір халық жасайтын пунктте Күннің талтүстегі h_0 биіктігін тікелей өлшеп әрі дәл сол күн үшін Күннің δ_0 ауытқуына қарай, бұл орынның географиялық ендігін төмендегідей табу мүмкін:

$$h_0 = 90^\circ - \varphi + \delta_0, \text{ бұл жерден } \varphi = 90^\circ - h_0 + \delta_0 \text{-қа тең болады.}$$

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Дүние полюсінің биіктігі және орынның географиялық ендігі арасында қандай байланыс бар екендігін түсіндір.
2. Бақылаушы Жердің кез келген нүктесі болғанда жұлдыздар аспанының көкжиекке қарағанда тәуліктік көріну айналуы, қандай болуын түсіндір. Экваторда болса ше?
3. Түрлі ендіктерде жыл барысында Күннің тәуліктік көріну айналуы қалай өтеді?
4. Бақылаушы тұрған орынның ендігін шамамен анықтаудың қандай қарапайым әдістері бар?

5. Термізде ($\varphi = 35^\circ$) Дүниенің солтүстік полюсі қандай биіктікке ие болады?
6. Шырақтардың кульминациясы деп қандай құбылыс айтылады және ол неше түрлі болады?
7. Шырақтың кульминациясы оның ауытқуы және бақылаушының ендігі арқылы қалай өрнектеледі?

5-ТАҚЫРЫП. 13-§. Уақытты өлшеу негіздері *

Адамдар уақытты өлшеуге өте ертеден қажеттілік сезген. Күн сәулелі күндерде кез келген дененің көлеңкесі түрлі уақытта түрлі қалыптарда болуы және ұзындығын өзгертіп тұруын білген адамдар көлеңкенің бұл ерекшеліктерінен пайдаланып, одан уақытты өлшеу үшін пайдаланған. Ертеде үнділер пайдаланған сондай сағаттардан бірі *14-суретте* көрсетілген. Уақыттың өтуімен адамдар уақытты өлшеудің анық әдістерін ойлап тапты. Олардың ішінде Жердің өз білігі айналасында толық айналу дәуіріне сүйеніп уақытты өлшеу әдісі ең қолайлы болып, адамдар уақытты өлшеудің бұл әдісінен қазірге дейін пайдаланып келеді.

Жердің аспандағы белгілі бір жұлдызға қатысты толық айналу дәуірі *жұлдыз тәулігі* дейіледі. Бірақ күнделікті тұрмысымыз Күннің шығу және бату уақыттарымен белгіленгендіктен, біз Күн тәулігімен іс жүргіземіз. Сондықтан, іс жүзінде біз қолданатын уақытты өлшеуде Жердің өз білігі айналасында Күнге қатысты бір толық айналып шығу уақыты – *Күн тәулігі* негіз етіп алынған. Күн тәулігі деп, Күнді екі рет кезегімен жоғары кульминациядан (яғни, талтүстен) өтуі үшін кеткен уақыт айтылады.

Күн уақыты деп, Күннің тәуліктік көріну қозғалысында орталығының төмен кульминациядан кетіп, аспанның белгілі нүктесіне барғанша кеткен уақыттың Күн тәулігі үлестерінде өрнектелгені айтылады.

Бұл уақыт аралығы, негізінде, әрқашан бірдей болмай, біраз өзгеріп тұрады. Мұның себебі Күннің эклиптика бойымен көріну қозғалысының жазық еместігінде болып табылады. Сол себептен іс жүзінде тәуліктің



14-сурет. Ертеде үнділер пайдаланған Күн сағаты.

ұзындығы үшін жыл барысында өзгеріп тұрушы Күн тәулігінің орташа мәні алынады және ол 24 сағат етіп белгіленеді.

Күн уақытын анықтау және сағаттарды тексеру үшін Күннің кульминациялық кезін (яғни талтүс мезгілін) белгілеу маңызды. Бірақ Күннің диаметрі недәуір үлкен бұрыш ($\sim 30'$) астында көрінгені үшін, оның орталығының кульминацияда болу уақытын анық белгілеу қиын. Сондықтан астрономдар Күн орнына жұлдыздардан кез келген бірінің кульминациясын белгілеп алып, кейін оған сүйенген күйде, Күннің анық кульминация уақытын табады. Бұл үшін таңдалған жұлдыз және Күннің кульминацияда болу уақыттарының айырмашылығын кез келген уақыт үшін астрономдар алдын ала есептеп, кесте көрінісінде түзіп қояды. Сол кесте негізінде, онда көрсетілген белгілі бір жұлдыз кульминацияда болғанда, ол бойынша Күннің кульминация уақыты (талтүс кезі) анықталады. Кейін бұл мәліметке сүйеніп, Күн уақыты оңай табылады.

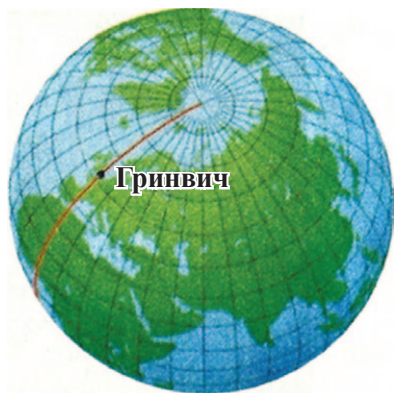
Белгілі орынның анық *жергілікті уақытын білу*, бұл орынның географиялық бойлығын анықтау үшін де қажет.

Кез келген λ_1 және λ_2 бойлықтарға ие болған пункттердің жергілікті уақыттары T_1 және T_2 арасында төмендегідей байланыс бар:

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

Дүние уақыты. Бойлығы нөлге тең болған меридианның (яғни Гринвич меридианының) жергілікті уақыты шартты түрде дүние уақыты T_0 етіп алынған (*15-сурет*). Кез келген λ бойлыққа ие болған пункттің жергілікті уақыты T_λ , дүние уақыты T_0 арқылы төмендегідей табылады (себебі $\lambda_0 = 0$):

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



15-сурет. Уақыт есебі Гринвич меридиан уақытынан басталады.

Белдеу уақыты. Жер шарында шексіз көп меридиан жүргізу мүмкін, оларға тиісті жергілікті уақыттар да шексіз көп болады. Сондықтан іс жүзінде жергілікті уақыттан пайдаланып болмайды. Сол үшін, Халықаралық келісімге сәйкес, Жер шары 24 белдеуге бөлінген (*16-сурет*). Әрбір белдеу үшін арнайы уақыт белгіленеді.

Олар бір-бірінен бойлықтары орташа 15° айырмасы бар меридиандармен шекараланады және тәртіппен 0-ден 23-ке дейін (0, 1, 2, 3, ..., 23) нөмірленеді. Сондай-ақ, әрбір белдеу шекарасында жатқан біреуден меридиан *негізгі меридиан* етіп таңдалады. Негізгі меридиандардың ұзындықтары ($l_{\text{нег}}$) сәйкес түрде 0^h , 1^h , 2^h , 3^h , 4^h , ..., 23^h етіп қабылданған. Мұнда ұзындығы 0° болған меридиан 0-белдеу ортасынан, ал 1^h болған меридиан 1-белдеу ортасынан жүргізілетін және с.с. етіп алынады.

Мұнда кез келген N нөмірлі белдеудің белдеу уақыты етіп, сол белдеу ортасынан өткен негізгі меридианның жергілікті уақыты алынады. Кез келген $\lambda_{\text{ж}}$ бойлықты орынның жергілікті және ол орналасқан белдеудің уақыттары арасында төмендегідей байланыс бар:

$$\lambda_{\text{ж}} - \lambda_{\text{нег}} = T_{\text{ж}} - T_6,$$

бұл жерде $\lambda_{\text{нег}}$ – осы белдеудің негізгі меридианының бойлығын, T_6 – оның уақытын, ал $T_{\text{ж}}$ $\lambda_{\text{ж}}$ – бойлық меридианына тиісті жергілікті уақытты өрнектейді.

Негізінде $\lambda_{\text{нег}} = N^h$ болғанынан, бұл өрнек көбінесе $\lambda_{\text{ж}} - N^h = T_{\text{ж}} - T_6$ көрінісінде жазылады. Сол үшін, белдеу уақыты (T_6) берілген болса, жергілікті уақытты ($T_{\text{ж}}$) немесе, керісінше белдеу уақытын табу төмендегі теңдеулер көмегімен орындалады:

$$T_6 = T_{\text{ж}} - \lambda_{\text{ж}} + N^h \quad \text{немесе} \quad T_{\text{ж}} = T_6 - N^h + \lambda_{\text{ж}}.$$

14-§. Күнтізбелер

Күн күнтізбесі. Ұзақ мерзімді уақыттың өлшемдері (тәулік – күн, апта, ай және жылдар) бойынша жүйеге салу *күнтізбе* дейіледі. Күнтізбе түзгенде Ай фазаларының алмасу дәуірі немесе жыл мезгілдерінің алмасу дәуірі (тропик жылы) негіз етіп алынады. Ай фазаларының алмасу дәуірі (29,53 тәулік)



16-сурет. Жер шары белдеулері.

негіз етіп алынған күнтізбелер *ай күнтізбелері*, ал жыл мезгілдерінің алмасу дәуірі негіз етіп алынғандары *күн күнтізбелері* деп қолданылады.

Күн күнтізбе, Ертедегі Мысырда, бізге дейінгі 3000 жылдар бұрын тұңғыш рет пайда болған. Ол дәуірде жыл мезгілдерінің алмасу дәуірі 360 күнге тең деп, 12 Ай 30 күннен етіп алынған. Кейін келе жыл ұзындығы 365 күн деп табылып, оның барлық айлары 30 күннен, ал 12-айы 35 күн деп белгіленген. Ақыр-соңында, бізге дейінгі III ғасырда Мысырда астрономдар жыл ұзындығының 365,25 күнге тең екендігін анықтады. Содан соң, бізге дейінгі I ғасырда рим қолбасшысы Юлий Цезарь жылдың ұзындығы 365,25 күнге тең күнтізбені астрономдар көмегімен түзіп, оны іс жүзіне енгізді. Кейінірек бұл күнтізбе Юлий Цезарь құрметіне *юлиан күнтізбесі* деп аталды. Бұл күнтізбе бойынша, үш жыл қатар келетін жылдардың ұзындығы 365 күннен, төртінші жылы 366 күн етіп алынады, өйткені төрт жылда 0,25 күндік (жылдық) қалдық жиналып, 1 күнге тең болады. Бұл қосымша күнді ақпан айына қосып беруге (яғни оны 29 күн етуге) келісіп алынды.

Бірақ жүз жылдықтар өткен соң, бұл күнтізбе жылының ұзындығында әлі де қателік бар екені белгілі болды. Оны түзету үшін 1582 жылы ақпанда рим папасы Григорий XIII қайта қалыптастырып, жыл ұзындығының анық алынған мәнін (365,242 күн) жаңа күнтізбе үшін негіз етіп алды. Қайта қалыптастырылған бұл күнтізбе рим папасы құрметіне *григориан күнтізбесі* деп аталатын болды. Қазіргі кезде біз қолданып жүрген күнтізбеміз григориан күнтізбесі, оның дәуірі Иса пайғамбарлардың туылған жылынан басталған.

Бұл күнтізбенің 12 айынан алтауы көне римдіктердің аңыздық құдайларының аттарымен (Янус, Фебруус, Афрoфита, Марс, Майя, Юнона), шілде және тамыз айлары рим императоры Юлий Цезарь және Август атымен, ал қалғандары өздерінің тәртіп сандарымен (қыркүйек – жетінші, қазан – сегізінші, қараша – тоғызыншы, желтоқсан – оныншы) аталды, өйткені ежелгі жыл басы 1 наурызда кірген. Сәуір айы – «aperire» – «ашылу» («ояну») деген сөзден алынған, көктемде табиғаттың оянуын білдіреді. Бұл күнтізбе бойынша жыл басы бұрын наурызда болып, содан соң 1 қаңтарға көшірілген. Ресейде жыл басы ежелде жылына екі рет – 1 наурызда және 1 қыркүйекте мерекеленетін. 1342 жылдан Мәскеу митрополиті (әкімі) Жаңа жыл мерекесі бұдан былай тек 1 қыркүйекте өткізілуі туралы бұйрық берді. XVII ғасырдың соңында патша Петр I бұйрығымен 1700 жылы күнтізбе

жылының басы 1 қаңтарға көшірілді. Содан бері бұл күнтізбе бойынша Жаңа жыл мерекесі 1 қаңтарда атап өтілетін болды.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Уақытты өлшеуде қайсы аспан денесінің дәуірі негіз етіп алынады?
2. Жұлдыз және күн тәуліктері қалай табылады? Олар өзара тең бе?
3. Жергілікті және дүние уақыттары деп қандай уақыттар айтылады?
4. Белдеу уақыты қалай табылады? Бұл уақыттар арасында қандай байланыс бар?
5. Күнтізбелерді түзуде қайсы аспан денелерінің дәуірлері негіз етіп алынды?
6. Айдың синодтық дәуірі (Ай фазаларының қайтарылу дәуірі) негіз етіп алынған күнтізбелер қандай күнтізбе дейіледі? Тропик жыл негіз етіп алынғандары ше?
7. Юлиан және григориан күнтізбелері туралы нелерді білесің?

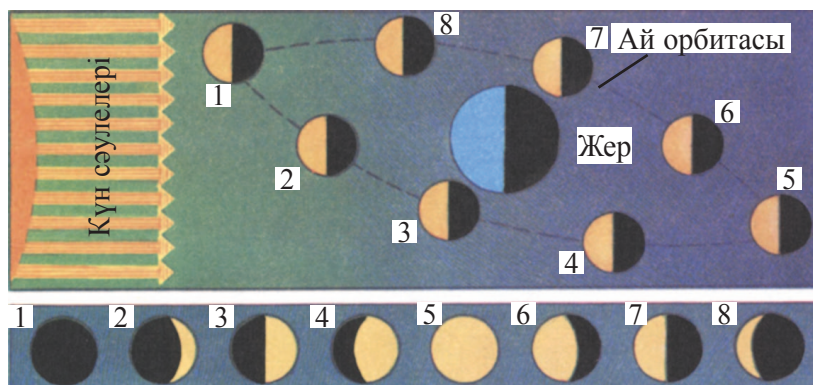
6-ТАҚЫРЫП. 15-§. Айдың қозғалысы, фазалары мен дәуірлері

Ай ғаламшарымыз Жердің табиғи серігі, оның айналасында 27,32 тәуліктік дәуірмен айналады. Бұл дәуір Айдың *сидерлік дәуірі* немесе *жұлдыз дәуірі* деп аталады. Айдың Жер айналасында айналу бағыты, жұлдыздардың Жер айналасындағы көріну айналуына қарама-қарсы болып, ол батыстан шығысқа (яғни Жердің өз білігі айналасында айналу бағытымен бірдей бағытта) қозғалады. Айдың өз орбитасы бойымен қозғалу жылдамдығы секундына 1 километрді құрап, жұлдыздарға қатысты әр тәулікте шамамен 13° жылжып отырады.

Ай орбитасының жазықтығы, Жердің Күн айналасында айналу жазықтығы (эклиптика) мен 5°9'-лы бұрыш жасайды. Қызығы сонда, Ай өз білігі айналасында және Жер айналасында бірдей – 27,32 тәуліктік дәуірмен айналады. Айдың өз білігі айналасында және Жер айналасында айналу дәуірлері өзара тең болғанынан Ай Жерден қарағанда әрдайым бір жағымен көрінеді.

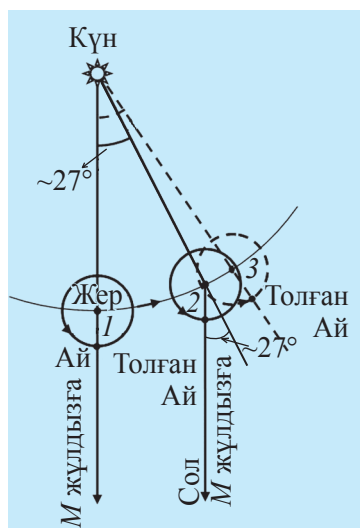
Белгілі, Ай Жер айналасында айналғанда, Күн сәулелерін қайтарғандықтан бізге көрінеді. Бұл көрініс дәл сол кезде, Айдың Күнге қатысты қалай орналасуына қарай түрліше болады. Жерден қарағанда Айдың түрлі формаларда (жаңа Ай, жарты Ай, толған Ай) көрінісі оның *фазалары* дейіледі.

Күн батқан соң, Айдың жіңішке орақ пішінінде батыс жақта бірінші көрінуі халық тілінде *жаңа Ай* (немесе *жаңа туған ай*) деп аталып, ол



17-сурет.
Ай фазаларының алмасуы (1. Астрономиялық жаңа Ай. 3. Бірінші ширек фазасы. 5. Толған Ай. 7. Ақырғы ширек фазасы).

әдетте, Ай басынан кейін екінші күні көрінеді. Мұндай жағдайда Айдың Күнмен жарықтанбаған бөлігі де күңгірт күлрең пішінде көзге түседі. Айдың Күнмен жарықтанбаған бөлігінің мұндай күңгірт көрінісі Жерден қайтқан Күн сәулелерімен оның жарықтанғанынан жасалады. Ай фазаларының алмасуы оның Жер және Күнге қатысты ұстаған жағдайына байланыстылығы *17-суретте* көрсетілген.



18-сурет. Айдың Жер айналасында айналу сидерлік және синодтық дәуірлерін түсіндіру.

Айдың белгілі фазасынан (мысалы, толған Айдан) екі рет кезектесіп өтуі арасындағы уақыт 29,53 тәулікті қамтып, ол Айдың *синодтық дәуірі* дейіледі.

18-суретте Айдың синодтық дәуірі қалайша сидерлік дәуірінен үлкен болуы түсіндірілген. Бұнда Ай Жердің айналасында айналғанда 1-калыпта болғанда, ол *М* жұлдыздың турасында толған Ай фазасында болуы сызбадан анық көрініп тұр. 27,32 күннен соң, яғни Айдың Жер айналасында бір рет толық айналып шыққаннан кейін, ол 2-калыпта болып, қайта *М* жұлдыздың турасында тұрады, бірақ әлі толған Ай фазасына дейін жетпеген болады. Жер орбитасы бойымен әр күні дерлік бір градусқа жақын ығысуын ескерсек, бұл дәуірде ол 1-ден 2-калыпқа дейін шамамен 27 градусқа ығысқаны белгілі болады (*18-суретке* қара). Олай болса, Айдың 2-калыпта, одан *М* жұлдызға қарай бағытпен Күнге қарай бағыттың жалғасында да осындай бұрыш

пайда болғанын түсіну қиын емес. Ондай жағдайда, Айдың өз орбита-сы бойымен күніне шамамен 13 градусқа ығысуына қарай, ол 27 градусты доғадан өтуі үшін 2 күннен көп уақыт керек болады.

Нәтижеде Айдың толған Ай фазасынан кетіп тағы да толған Ай фазасы-на келгенше (*18-суретте 3-қалып*) 29 тәуліктен көбірек уақыт талап етілуі анықталады.

16-§. Мұсылмандардың ай және күн жыл санау күнтізбелері *

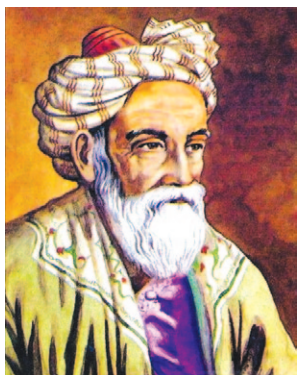
Ай-жыл санау күнтізбесі. Синодтық Ай 29,53 тәулікке, ал жыл мезгілде-рінің алмасу дәуірі – тропик жыл 365,2422 тәулікке тең болып, олар бүтін тәуліктерде (күндерде) көріне алмауы күнтізбелер түзуді қиындатады. Өйт-кені күнтізбе Айы да, жылы да іс жүзінде бүтін тәуліктерде көрінуін талап етеді.

Алғашқы ай күнтізбесі жыл санаудан алдыңғы 2500 жылдарда Ежелгі Ба-былда пайда болған. Жеті күндік апта да сол кездерде, жұлдыздар фонында қозғалатын жеті аспан денесі (Күн, Ай және 5 ғаламшар) санына тең етіп енгізілді. Бұл арқылы Аспан денелері құдайландырып, аптаның бір-бір күні оларға арналды .

Кейін келе мұсылмандар күнтізбесі деп аталатын *ай күнтізбесі* қалып-тасты. Көптеген Азия мемлекеттерінде қолданылатын бұл күнтізбе жылы-ның ұзындығы 354 күн болып, ол 12 айға бөлінген. Онда айлар 29 және 30 күннен алмасып, орташа Ай фазаларының алмасу дәуірі – 29,5 күнге тең болады. Оның айлары аспанда жаңа Ай (жаңа туған) көрінісімен бас-талады. Күнтізбе айлары Ай фазаларына сәйкес келуі үшін мұсылмандар күнтізбесінде шамалап әр 3 жылда жылдар 355 күн етіп алынады.

Бұл күнтізбе жылының ұзындығы біз қолданатын күнтізбе (бізге дейінгі) жылынан орташа 11 күнге қысқалығынан, әр жылы оның жаңа жылы ша-малап 11 күн алдын келеді және нәтижеде 33 жылда бір жылға ілгерілеп келеді. Яғни Ай күнтізбесі бойынша 34 жыл өтеді.

Бұл күнтізбе эрасы Мұхамед пайғамбардың Меккеден Мәдинеге көшкен жылының басынан басталып, ол бізге дейінгі күнтізбе бойынша 622 жыл-дың 16 шілдесіне тура келеді. Мұсылмандардың бұл күнтізбелері мұсыл-манша жыл санаудың басы, толық айтқанда, *ай жылы санау басы* немесе



19-сурет.
Омар Хаям.

қамари жылы санау басы күнтізбесі деп аталады («hijratun» – арабша «көшіп өту» деген маңынаны білдіреді). Бұл күнтізбенің 12 айы төмендегі аттармен қолданылады: *Мухаррам, Сафар, Раби ул-аввал, Раби ус-сони, Жумад ул-аввал, Жумад ус-сони, Ражаб, Шабон, Рамадон, Шаввол, Зулқада және Зулхижжа*.

Осы күнтізбе бойынша жаңа – 1440 қарапайым жылдың 1-мухаррамы 2018 жылдың 13 қыркүйек күні енеді.

Күн-жыл санау күнтізбесі. Омар Хаямның күн-жыл санау күнтізбесі. XI ғасырда Нишапурда (Қорасан) жасап, математика, астрономия саласында шығармашылық еткен атақты ақын Омар Хаямды (1048–1131) (19-сурет) 1070 жылы салжұқ сұлтаны Маликшаһ және оның уәзірі Низам ул-Мулк сарайға шақырады. Оның өтініші бойынша шаһ Хаям және оның шәкірттеріне 1076 жылы Исфаһанда (Иран) обсерватория құрып береді. Маликшаһ қазасына дейін (1092 ж.) істеген бұл обсерваториядағы астрономиялық зерттеулер нәтижесінде жүзден астам жарық жұлдыздардың координаттарын және Ай, Күн мен ғаламшарлардың қозғалыстарын көрсеткен кестелерді өз ішіне қамтыған «зиж» түзілді. Бұл астрономиялық еңбек кейін келе «Маликшаһ зижі» деген атпен дүние жүзі астрономия тарихынан орын алды.

Әбу Райхан Беруний өзінің «Ежелгі халықтардан қалған естеліктер» туындысында Иранда күнтізбе жылының ұзындығы 365 күн болып, 12 айдың бірінші 11-і 30 күннен, ал 12-сі 35 күннен болғанын мәлімдейді. Бұл күнтізбенің жыл басы әрдайым көктемгі күн теңесуімен (21 наурыз) сәйкес келеді. Тропикалық жылдың ұзындығы түбінде 365 күн болмай, одан 6 сағатша ұзын болғандығынан, жылдар өтісімен күнтізбе жылының басы күннің теңелуінен ығысып кетуіне (әр төрт жылда шамалап 1 күн) себеп болған. Күнтізбедегі мұндай кемшілікті жою үшін Маликшаһ астроном және математиктерден құралған кеңес түзіп, оған жетекшілік етуді Омар Хаямға тапсырады. Кеңестің басты міндеті күнтізбе жылдарының басы («Наурыз») көктемгі күннің теңелуінен ығыспайтын етіп түзуден құралған еді. Бұл үшін кеңес 366 күндік кәбиса жылын енгізіп, оның келу тәртібін, римдіктердің юлиан күнтізбесінен өзгешелеу түрін ұсынды.

Кейін келе *Омар Хаям күнтізбесі* деп аталған бұл күнтізбеде кәбиса жылы, 33 жылда 8 рет келіп (римдіктер күнтізбесінде 32 жылы), бастапқы 7-еуі әр төртінші жылы, ал ақырғы 8-і 5-жылы келетін етіп қабылданды. Яғни 33 жылдық дәуірдің 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 және 33 жылдар кәбиса жылдары саналып, 366 күннен етілді, қалған 25 жылы 365 күннен еді.

Омар Хаям күнтізбесінде жылдың орташа ұзындығы $365\frac{8}{33}=365,24242$ күнге тең болып, тропик жылдың шын ұзындығынан (365,24220 күн) небары 0,00022 тәулікке, яғни тек 19,5 секундқа ғана ұзын еді. Бұл қателіктің кішілігі соншалық, ол жиналып-жиналып 4500 жыл өткен соң ғана 1 күнге жететін. Ал біз қолданатын григориан күнтізбесінің қатесі бір күнге жетуі үшін 3300 жыл (яғни Хаям күнтізбесінен 1200 жыл кем уақыт) керек болады.

Омар Хаямның бұл күнтізбесі қазіргі кезде Иранда қолданылатын Жалали (Маликшахтың лақабы) күнтізбесінің негізін құрайды.

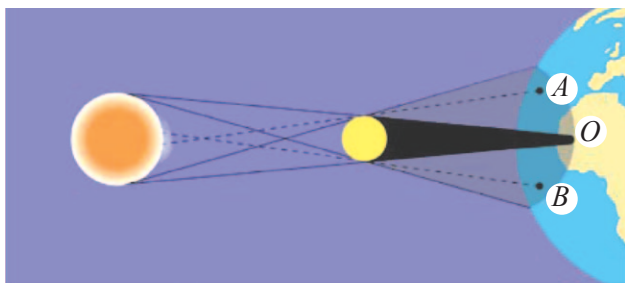
Осы күнтізбе дәуірінің басы да кейін келе мұсылмандардың жыл санау-ай күнтізбесі эрасындағы сияқты 622 жылдың 16 шілдесіне көшіріліп, ол *Күн-жыл санау күнтізбесі* деген атпен аталатын болды. Бұл күнтізбедегі айлар бізде Күннің жылдық көріну қозғалысы барысында кесіп өтетін жұлдыз шоғырларының аттарымен *Тоқты, Торпақ, Егіздер, Шаян, Арыстан, Бикеш, Таразы, Сарышаян, Мерген, Тау теке, Суқұйғыш, Балық* деп қолданылады.

Күн-жыл санау күнтізбесі бойынша жаңа – 1397 жыл 2018 жылы 21 наурызда кірді.

17-§. Күн және Ай тұтылулары

1. *Күн тұтылуы.* Ай Жердің айналасында айналғанда, кейде Күнді бізден тосып өтеді (*20-сурет*). Мұндай жағдай *Күн тұтылуы* дейіледі. Бұл құбылыс әрдайым Айдың жаңа ай жағдайында жүзеге келеді. Бұнда Күнмен жарықтанатын Айдың көлеңкесі және жарты тәріздес Жер сыртына түседі.

Егер мұнда Жердегі бақылаушы Айдың көлеңкесі ішінде (*О*) қалса, ол Күнді қысқа уақытқа (бірнеше минут) мүлдем көрмейді, яғни оның үшін Күн толық тұтылады. Жердегі бақылаушы Айдың жарты көлеңкесі ішінде (*А* немесе *В* нүктесінде) қалса, онда ол Күннің бір бөлігін тосылған жағдайда көреді, яғни Күн *жартылай тұтылған* болады. Кейде Күннің тұтылуы *дөңгелек тәріздес* болады.

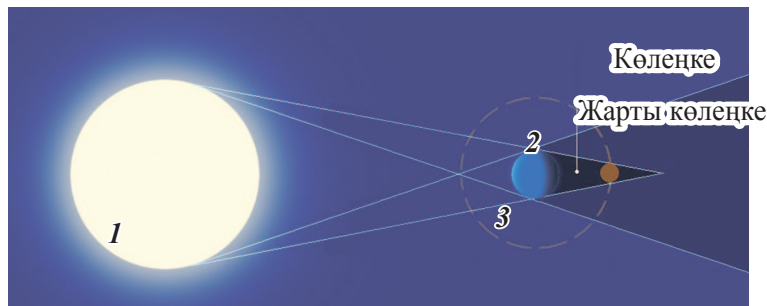


20-сурет. Күн тұтылу құбылысы (астыңғы суреттерде Жер сыртының А, О, В нүктелерінде Күн тұтылуының көріністері).

2. *Ай тұтылуы.* Ай Жер айналасында айналғанда, кейде Жердің көлеңкесі арқылы өтеді. Мұндай құбылыс *Ай тұтылуы* деп аталады (21-сурет). Егер мұнда Ай Жердің көлеңкесі ішінен өтсе, оны толық тұтылу, егер жартылай көлеңке ішінен өтсе, онда оны *жарты көлеңкелі тұтылу* деп аталады. Ай тұтылғанда, ол әрдайым толған Ай фазасында болады.

Жердің белгілі бір орнында Күн тұтылуына карағанда Ай тұтылулары көбірек байқалады. Өйткені Күн тұтылулары Жердің Ай көлеңкесі түскен және онша үлкен емес өрісінде ғана байқалады. Ал Ай тұтылуы, Жердің Күнге қарама-қарсы жартышарының барлық бөлігінде бір уақытта көрінеді.

Айдың толық тұтылуы кезінде (яғни ол Жер көлеңкесіне мүлдем кіргенде) Ай көзден мүлдем ғайып болмай, білік қызыл ренде жылтырайды. Мұның себебі, бұл кезде Жер атмосферасында шашылған және сынған Күн сәулелерімен Айдың жарықтануы болып табылады. Мұнда Жер атмосфера-сы көк және аспан көк сәулелерді күшті жұтып және кескін шашып жіберіп,



21-сурет. Ай тұтылу құбылысы (1 – Күн; 2 – Жер; 3 – Ай орбитасы. Жер көлеңкесі ішінде Ай тұр).

Ай жаққа негізінен қызыл сәулелерді сындырып өткізеді. Нәтижеде Ай сол сәулелермен жарықтанады және қызарып көрінеді. Ай орбитасының эклиптика жазықтығына ауытқуынан, Ай мен Күн тұтылулары жаңа Ай және толған Ай кездерінде әрқашан да байқала бермейді.

Күн мен Ай тұтылуларының шарттары бойынша, Күн тұтылғанда, Ай астрономиялық жаңа Ай фазасында болып, Күн орталығы Ай түйіндерінің кез келген біреуінен $16,5^\circ$ -тен кіші; ал Ай тұтылғанда, Ай толған Ай фазасында болып, Күн орталығы Ай түйіндерінің кез келген біреуінен $10,6^\circ$ -тен кіші доға аралықта болуы тиіс. Мұндай жағдай Күн тұтылуы үшін әр жылы кемінде 2 рет, ал көп дегенде 5 ретке дейін; ал Ай тұтылуы үшін, бір рет те болмауы немесе көп дегенде 3 ретке дейін болады. Олай болса бір жылда көп дегенде жалпы тұтылулар 7-еу, кемінде 2-еу (тек Күн) болуы мүмкін.

Ертеде Күн мен Ай тұтылғанда, олардың жоғарыда баяндалған көріністері адамдарға қорқыныш және үрей оятқан. Ал енді Күн мен Ай тұтылуларының сыры толық ашылған болып, ол ешкімге үрей туғызбайды.

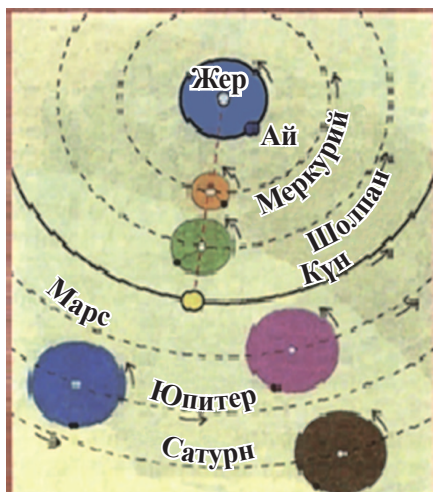
Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Ай өз білігі айналасында қандай дәуірмен айналады? Жер айналасында-ше?
2. Айдың әрдайым Жерге бір жағымен көрінуінің себебі неде?
3. Айдың негізгі фазалары қандай аттармен аталады?
4. Айдың синодтық дәуірі деп нені айтады?
5. Омар Хаям күнтізбесінің анықтығын григориан күнтізбесі анықтығымен салыстыр.
6. Ай мен Күн тұтылу құбылысын түсіндір.
7. Күн неге әр жаңа Айда, ал Ай неге әр толған Айда тұтылмауының себептерін айт.

II ТАРАУ. КҮН ЖҮЙЕСІНІҢ ТҮЗІЛІСІ ЖӘНЕ АСПАН ДЕНЕЛЕРІНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

7-ТАҚЫРЫП. 18-§. Күн жүйесінің түзілісі

1. *Күн жүйесінің түзілісі туралы ұғымдардың дамуы.* Әлемнің қандай түзілгендігі туралы ұғымдардың даму тарихы өте ертеден басталған. Ертеде ата-бабаларымыз табиғат пен оның құбылыстарын түсіндіруге дәрменсіз болып, Әлем денелерінің қозғалыстарын басқарушы ғажап күш бар деп сенетін еді. Олар Әлемді де сол күш жаратқан деген пікірде болған.



22-сурет. Птолемейдің
геоцентрлік жүйесі.

Жыл санаудан алдыңғы IV ғасырда әйгілі грек философы Аристотель Жердің шар пішінде екендігін дәлелдеген соң, адамдар санасында Ғарыштың орталығында қатты Жер шары орналасып, оның айналасында қатты аспан жұлдыздарымен орналасады және айналады, деген ұғым орнаған. Жыл санаудың II ғасырында астроном Птолемей Әлем түзілісінің *геоцентрлік (яғни орталығында Жер тұратын) жүйесін жақтап*, Ғарыштың орталығында Жер тұрып, басқа ғаламшарлар, оның ішінде, Күн оның айналасында 22-суретте көрсетілген тәртіппен айналуын айтқан. Сондай-ақ, бұл теорияда, ең

соңғы сферада жұлдыздар Жерден бірдей арақашықта орналасып, оның айналасында айналады, деген қорытынды жасалды.

Бірақ уақыт өтісімен ғаламшарлар қозғалысын жете зерттеу, ғаламшарлардың жұлдыздар фонында бақыланатын күрделі қозғалыстарын бұл теория бойынша түсіндіруді қиындастырып жіберді. Нәтижеде, бұл теория Әлем түзілісін дұрыс көрсете алмағандығы анық болған соң, оны бақылау нәтижелеріне сай, жаңа теориямен алмастыру қажеттілігі туылды.

2. *Коперниктің әлем түзілісінің гелиоцентрлік теориясы.* XVI ғасырда атақты поляк астрономы Николай Коперник (1473–1543) көп жылдық астрономиялық зерттеулер негізінде Әлем түзілісінің гелиоцентрлік теориясын жасады.

Бұл теория бойынша, Әлемнің орталығында Күн тұрып, барлық ғаламшарлар, оның ішінде, Жер оның айналасында тәртіппен айналады (23-сурет). Ал жұлдыздар, Птолемей теориясындағы сияқты ең соңғы сферада орналасып, Күннің айналасында, бір-біріне қатысты қозғалмаған күйде айналады.

Коперник бірінші болып, ғаламшарлардың жұлдыздар фонындағы тұзақ тәрізді қозғалуының себебі, Жердің Күн айналасында басқа барлық ғаламшарлар қатары айналғандығынан жүзеге келуін анықтады (24-сурет). Копер-

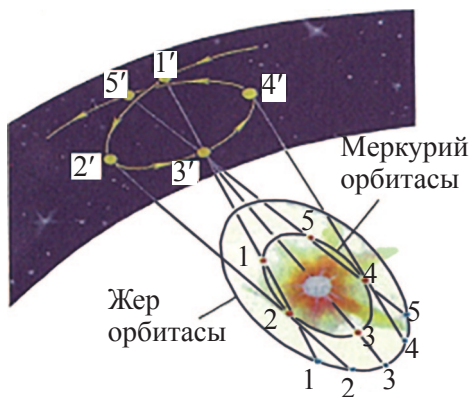
никтің Әлем түзілісі жайындағы бұл теориясы *гелиоцентрлік теория* деп аталды.

Әлем түзілісінің гелиоцентрлік теориясын әйгілі италиялық ғалым, философ Жордано Бруно (1548–1600) дамытты. Ол өз теориясында, Әлем қозғалмайтын жұлдыздар сферасымен шектелмейтіндігін, жұлдыздар Күннен түрлі аралықтарда жататын оған ұқсас объектілер екендігін, олардың айналасында да Күн айналасындағы сияқты өз ғаламшарлары болуы мүмкіндігін ұқтырды. Кейінгі жүз жылдықтар ішінде өткізілген астрономиялық зерттеулер оның рас екенін көрсетті.

Әлем түзілісі туралы ұғымдардың қалыптасуына отандасымыз Әбу Райхан Берунидің (973–1048) үлкен қызметі бар. Ол көп жылдық астрономиялық бақылауларына сүйеніп, ғаламшарлардан Меркурий мен Шолпан Күннен ұзап кете алмайтындығын (доға өлшемімен есептелгенде) анықтады



23-сурет. Әлем түзілісінің гелиоцентрлік жүйесі (орталықта Күн).



24-сурет. Ғаламшарлардың көріну тұзақ тәрізді қозғалысын түсіндіру.



25-сурет. Берунидің Әлем түзілісі туралы танымдары бойынша, Күн өз айналасында айналатын серіктері – Меркурий және Шолпанмен бірге Жер айналасында айналады.

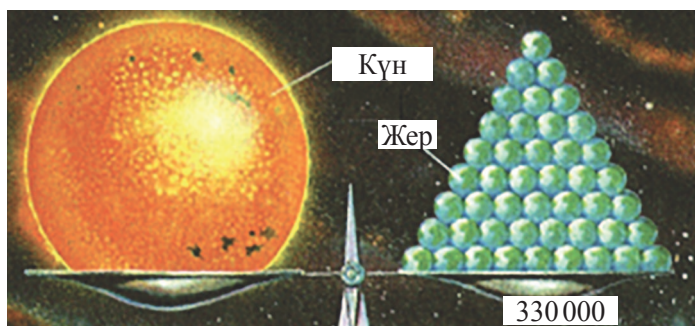
және сол негізде, бұл екі ғаламшар Күннің айналасында айналса керек деген дұрыс қорытындыға келді (25-сурет). Түбінде Беруни геоцентрлік жүйенің жақтаушысы болып қалған болса да, оның ішкі ғаламшарлар (Меркурий және Шолпан)ға тиісті бұл қорытындысы ХІ ғасырда Әлем түзілісінің гелиоцентрлік жүйесі үшін қойылған тұңғыш адым еді.

19-§. Күн жүйесінің масштабы және мүшелері

Күн жүйесіне кіретін денелермен біз бастапқыда «Табиғаттану» сабақтарында танысқан едік. Белгілі, бұл жүйенің ең ірі денесі Күн болып, оның диаметрі Жердікінен 109 есе үлкен, ал массасы 330 000 Жер массасына тең (26-сурет). Оның айналасында 8 ірі ғаламшар бір-біріне жақын жазықтықтарда, түрлі дәуірлермен айналады. Күннен ұзақтығына қарай, бұл ғаламшарлар оның айналасында төмендегі тәртіппен орналасқан: *Меркурий, Шолпан, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун*.

Күн жүйесін шартты түрде шекаралайтын Нептун Күннен Жерге қарағанда дерлік 30 есе ұзақтықта орналасқан. Жердің Күннен орташа ұзақтығы 149,6 миллион километр, олай болса, Нептунның Күннен ұзақтығы орташа 4554,4 миллион километрді құрайды. Күннен Жерге дейін оның сәулелері 8 минуттан сәл көбірек уақытта жетіп келген жағдайда, Күннен Нептунға дейін 4,5 сағат айналасында барады (27-сурет).

Күн жүйесінде ірі ғаламшарлармен бірге мыңдаған ұсақ ғаламшарлар (шамалары бірнеше жүз метрден бірнеше жүз километрге дейін келетін)



26-сурет. Жер массасын Күн массасымен салыстыру.



27-сурет. Күн жүйесінің масштабы (а.б. – астрономиялық бірлік).

да айналып, олардың көпшілігінің орбиталары Марс пен Юпитердің аралығында жатады.

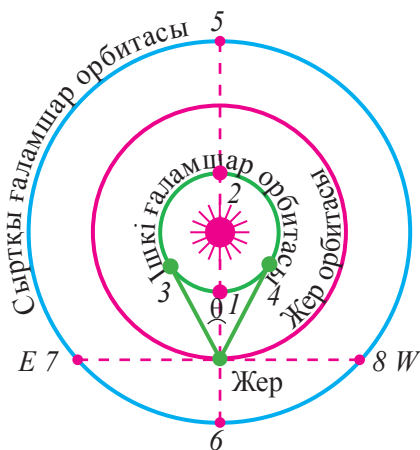
Сондай-ақ, Күн жүйесінде өте созылыңқы эллиптік орбиталар бойымен қозғалатын және қатты ядросы газ қабығымен оралып, Күн жанында «құйрық» жасап өтетін кометалар деп аталатын денелер де бар.

Бұлардан тыс, Күн жүйесі шекарасында, Күн айналасында сансыз, өлшемдері құм түйірлері шамасындағы денелер де эллиптік орбиталармен айналады. Олар *метеор денелер* деп аталады.

Күн жүйесінде қозғалатын ірі ғаламшарлар қанша үлкен болғанына қарамай, Күнмен салыстырғанда, оған қарағанда өте кіші аспан денелері есептеледі. Ғаламшарлар мен барлық ұсақ денелердің массасы қосылып Күн жүйесі денелері жалпы массасының 0,15%-ын, ал Күннің массасы шамамен 99,85%-ын құрайды. Соның үшін де Күн өз жүйесіне кіретін барлық денелердің қозғалыстарын басқарады.

20-§. Ғаламшарлардың конфигурациялары және көріну шарттары *

Күн айналасында қозғалатын ғаламшарлардың жұлдыздар фонындағы жағдайлары қозғалып жатқан Жерден бақыланғандығынан, күрделі көрініс-ніске ие болады. Ғаламшарлардың Жерден қарағанда Күнге қатысты ие болған



28-сурет. Ғаламшарлардың конфигурациялары мен көрініс шарттары.

жағдайлары олардың *конфигурациялары* деп аталады. Ғаламшарлардан екеуінің конфигурацияларымен танысайық. 28-суретте олардан бірінің орбитасы ішкі ғаламшарға (орбитасы Жер орбитасының ішінде орналасқан – Меркурий немесе Шолпанға), ал екіншісі сыртқы ғаламшарларға (орбитасы Жер орбитасынан тыста жатқанына) тиісті болып табылады.

Жердің суреттегі жағдайында ішкі ғаламшар меңгерген 1 және 2-жағдайлар ғаламшардың Күнмен қосылу жағдайлары деп аталып, бұл жағдайларда ғаламшар Күн шапағына көміліп көрінбейді, яғни мұнда оның көрінбейтін дәуірі болады.

Ішкі ғаламшардың Күннен шығыс және батыс жаққа максимал ұзатқан (доға есебінде) күйде көріністері (*элонгациялары*) оның 3 және 4-жағдайларына тура келеді. Егер ішкі ғаламшар 3 жағдайда болса, ол Күннен шығыс жақта болғандығынан, кешке Күн батқан соң, аспанның батыс жағында көкжиектен едәуір биікте жақсы көрінеді. Егер ол 4-жағдайда, яғни Күннен батыс жақта болса, таң сәріде, Күн шығудан алдын шығыс жақта көрінеді.

Сыртқы ғаламшарға тиісті 5-жағдай қосылу (яғни Күнмен қосылу), 6-жағдай қарама-қарсы тұру (яғни Күнге қатысты қарама-қарсы тұру) деп аталады. 6-жағдайында ғаламшар Күннен 180° -ты бұрыш аралықта орналасады.

Сыртқы ғаламшар 5-жағдайда Күнмен қосылып, Жердегі бақылаушы үшін өзінің көрінбейтін дәуірін өтейтін болады. Ал 6-жағдайда Күнге қарама-қарсы тұрғанынан, Күн батуымен ғаламшар шығыс жақта көкжиектен көтеріледі де бүкіл түн бойы оны бақылау мүмкін болады. Ғаламшардың 7 және 8-жағдайлары, сәйкес түрде, оның *шығыстық* және *батыстық квадратура жағдайлары* деп аталады. Ғаламшар 7-жағдайда болғанда, оны Күн батқаннан түннің жартысына дейін, ал 8-жағдайда болғанда оны түннің жартысынан таң сәріге дейін көкжиек үстінде көру мүмкін болады.

21-§. Ғаламшарлардың Күн айналасында айналу дәуірлері *

Барлық ғаламшарлар Күн айналасында бір жаққа қарай, яғни батыстан шығысқа қарай қозғалып айналады. Күннен ұзақтықтарына қарай, олардың айналу дәуірлері әр түрлі болып, Күнге жақындары кіші, ал ұзактағылары үлкен дәуірлермен айналады. Мысалы, Күнге ең жақын Меркурий оның айналасында 88 күнде айналып шыққан жағдайда, Нептун Күн айналасында дерлік 165 жылдық дәуірмен айналады. Олардың қозғалыс жылдамдықтары да әр түрлі болып, Күннен ұзақ аралықта айналатын ғаламшарлар жақын арақашықтағыларға қарағанда біраз кіші жылдамдықпен қозғалады.

Оқулықтың соңында берілген қосымшадағы кестеде ғаламшарлардың Күн айналасында айналуларына тиісті мәліметтер көрсетілген. Атап айтқанда, онда ғаламшарлардың орбиталдық жылдамдықтары, Күн айналасында айналу дәуірлері ғаламшарлар үшін 2-ғарыштық жылдамдықтар мен біліктері айналасында айналу дәуірлері берілген. Барлық ғаламшарлар эклиптика жазықтығына жақын орналасқан орбиталар бойымен қозғалады.

Ғаламшарлардың Күн айналасында шын айналу дәуірлері олардың *сидерлік* немесе *жұлдыз дәуірі* деп аталады. Ғаламшардың *сидерлік дәуірі* ($T_{\text{ғал}}$) деп, Күннен қарағанда оның белгілі бір жұлдызға қатысты толық айналып шығуы үшін кеткен уақыты айтылады. Ал ғаламшардың *синодтық дәуірі* ($S_{\text{ғал}}$) деп, Жердің конфигурациялық жағдайларының кез келген біреуінен екі рет кезектесіп өтуі үшін қажет болған уақыт аралығы айтылады.

Ғаламшардың синодтық дәуірі $S_{\text{ғал}}$ Жердің қозғалысымен байланысты, болып Жердің сидерлік дәуірі $T_{\oplus}$ және ғаламшардың сидерлік дәуірі $T_{\text{ғал}}$ -мен төмендегідей байланысқан.

Ішкі ғаламшарлар үшін Жер және ғаламшардың тәуліктік ығысулары айырмашылығы бойынша:

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

бұл жерден ғаламшардың сидерлік дәуірі: $T_{\text{ғал}} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{\text{ғал}}}{T_{\oplus} + S_{\text{ғал}}}$ болады.

Осы жолмен табылған сыртқы ғаламшарлар үшін: $\frac{1}{S_{\text{ғал}}} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{ғал}}}$,

бұл жерден $T_{\text{ғал}} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{\text{ғал}}}{S_{\text{ғал}} - T_{\oplus}}$ болады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Әлем түзілісінің геоцентрлік және гелиоцентрлік теорияларының айырмашылығын түсіндір?
2. Ғаламшарлардың жұлдыздар фонындағы тұзақ тәрізді қозғалыстары гелиоцентрлік теория негізінде қалай түсіндіріледі?
3. Ж.Бруно Әлем түзілісіне тиісті қандай жаңа пікірлерді ортаға тастады?
4. Берунидің Әлем түзілісі туралы моделін сызып көрсет.
5. Күн диаметрі мен массасы бойынша Жерден неше есе үлкен?
6. Ішкі және сыртқы ғаламшарлар Күн айналасында қозғалып, қандай конфигурациялық жағдайларда болады?
7. Ғаламшарлардың синодтық дәуірлері деп нені айтады?
8. Ғаламшарлардың сидерлік дәуірлері олардың синодтық дәуірлері бойынша қалай табылады?

8-ТАҚЫРЫП. 22-§. Тәуліктік және тәуліктік-көкжиекті параллакс. Күн жүйесі денелеріне дейінгі аралықтарды анықтау

1. Күн жүйесіне кіретін денелерге дейінгі (ғаламшарлар, Ай, ұсақ ғаламшарлар және басқалар) болған аралықтар тригонометриялық жолмен тәуліктік параллакс деп аталатын әдіс көмегімен табылады.

Аспан денесінен (M), бақылаушы (K) дан өткен Жер радиусы ұштарына жүргізілген түзу сызықтар арасындағы бұрыш, осы аспан денесінің (шырақтың) *тәуліктік параллакс бұрышы* (ол өте кіші болып, доға секундтарымен өлшенеді) деп аталады (29-сурет).

Бір ғаламшардың тәуліктік параллакс бұрышын табу үшін бір уақытта Жерді белгілі меридианның екі нүктесінен (K және C) бақылау керек болады. Мұнда ғаламшар шалғайдағы жұлдыздардың фонында параллактикалық ығысқан күйде екі (M_1 және M_2) нүктеде көрінеді. Егер шырақ бақылаушыға қатысты көкжиекте орналасқан (M_0 нүктеде) болса (суретке қара), оның параллакссы *тәуліктік көкжиекті параллакс* (p_0) деп аталады. Ғаламшардың

параллактикалық ығысуы негізінде оның тәуліктік көкжиекті параллаксы – p_0'' бұрыш табылып, оған сүйеніп, ғаламшарға дейінгі L аралық M_0OK тік бұрышты үшбұрыштан төмендегідей табылады:

$$\sin p_0'' = \frac{R_{\oplus}}{L},$$

бұдан $L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0''} = \frac{206265}{p_0} \cdot R_{\oplus}$, себебі

p_0 – секундты доғаларда өлшенгенінен:

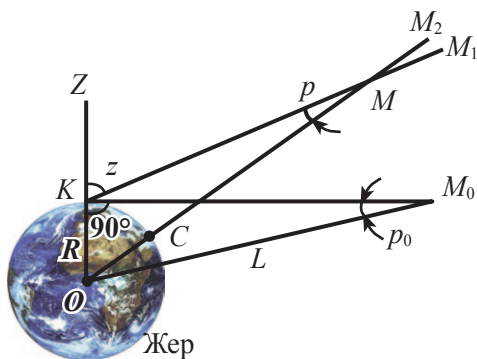
$$\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1'', \sin 1'' = \frac{1}{206265} \text{ деп жазу мүмкін, бұл Жерде } R_{\oplus} \text{ – Жер радиусын өрнектейді.}$$

2. Сондай-ақ Күн жүйесі денелеріне дейінгі арақашықтарды радиолокациялық әдіс көмегімен де өте үлкен анықтықта табу мүмкін.

Бұнда Жерден бір ғаламшарға дейін жіберілген радиосигналдың (электромагниттік толқын) оған барып қайтып келуі үшін кеткен уақыт t болса, онда оның өткен жолы $2L$ екенін және радиотолқынның таралу жылдамдығы жарықтану жылдамдығы c -мен бірдейлігін ескеріп, $c = \frac{2L}{t}$ деп жазу мүмкін. Бұнда аспан денесіне дейінгі аралық

$$L = \frac{ct}{2} \text{ екендігі белгілі болады.}$$

Осы әдіспен Жерден Күн жүйесінің басқа денелерге дейінгі аралықтар, оның ішінде, Күнге дейінгі аралық (1 астрономиялық бірлік = 149 598 500 км) өте үлкен анықтықпен табылған.

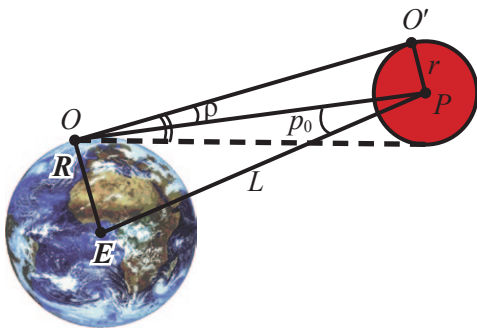


29-сурет. Шырақтардың тәуліктік (p) және тәуліктік көкжиекті (p_0) параллаксы

23-§. Күн жүйесі денелерінің радиустарын анықтау **

Суретте көрсетілген ғаламшардың r радиусын анықтау үшін бұл ғаламшардың тәуліктік параллаксы p_0 тік бұрышты үшбұрыш OEP -ден (30-сурет):

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



30-сурет. Күн жүйесі денелерінің радиустарын есептеу әдістері.

болады. Тік бұрышты үшбұрыш OPO' -тан ғаламшардың көріну радиусы ρ :

$$\sin \rho = \frac{O'P}{OP} = \frac{r}{L} \quad \text{болады, бұл жерден } r\text{-ні тапсақ, ол: } r = L \sin \rho.$$

Енді L -ның алдыңғы параграфта табылған мәнін осы теңдеуге қойып, ғаламшар радиусын (r)-ні төмендегідей анықтау мүмкін:

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

бұл жерде p_0 және ρ бұрыштар секундты доғаларда өлшенгенінен, ғаламшардың радиусы, Жер радиусы $R_{\oplus}$ бірлігінде төмендегі

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

өрнектен табуымыз мүмкін, өйткені $\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin \rho'' = \rho \cdot \sin 1''$.

Егер аспан денесінің көріну радиусы мейлінше үлкен болса (мысалы, Ай үшін), оған шейінгі аралық:

$$r = \frac{R_{\oplus} \cdot 206265}{p_0} \cdot \sin \rho \text{-дан табылады.}$$

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Күн жүйесіндегі бір дененің параллакс бұрышы деп қандай бұрыш айтылады?
2. Күн жүйесіндегі денелерге дейінгі аралықтар қалай табылады?
3. Радиолокациялық әдіс көмегімен аспан денелеріне дейінгі аралықтар қалай табылады?
4. Күн жүйесіне кіретін денелердің өлшемдері (радиустары) қалай табылады? Бұл үшін бастапқыда олардың қандай көрсеткіштерін анықтау қажет?
5. Ғаламшарлардың тәуліктік көкжиекті параллакс (p_0) және көріну радиустары (ρ) бойынша олардың радиустарын (r) есептеу формуласын жаз.

9-ТАҚЫРЫП. 24-§. Астрономияда ұзындық өлшем бірліктері

Астрономияда ұзындықты Халықаралық жүйеде қабылданған бірлікте (метрлерде) өрнектеу әрқашан да қолайлы бола бермейді. Соның үшін де астрономияда ұзындық, оның бар бірліктерінен тыс төмендегі арнаулы бірліктермен де өлшенеді:

1. **Астрономиялық бірлік (а.б.)** – Күннен Жерге дейінгі орташа арақашықтық шамамен 149,6 миллион километрге тең. Бұл бірліктен, негізінен, Күн жүйесіндегі аспан денелеріне дейінгі (ғаламшарлар, кометалар, Ай және басқалар) арақашықтарды өрнектеуде пайдаланылады.

2. **Жарық жылы (ж.ж.)** – жарықтың бір жылда өткен жолымен сипатталады. Бұл үшін 1 жылды секундтарда өрнектеп, одан соң жарық жылдамдығына көбейтуіміз тиіс. Онда 1 жарық жылы (1 ж.ж.) $9,46 \cdot 10^{15}$ км-ға тең екендігін анықтаймыз. Табылған нәтижені 149,6 млн. км-ге бөлсек, 1 ж.ж.-ның астрономиялық бірліктердегі мәнін табамыз. У 63240 а.б.-ке тең шығады.

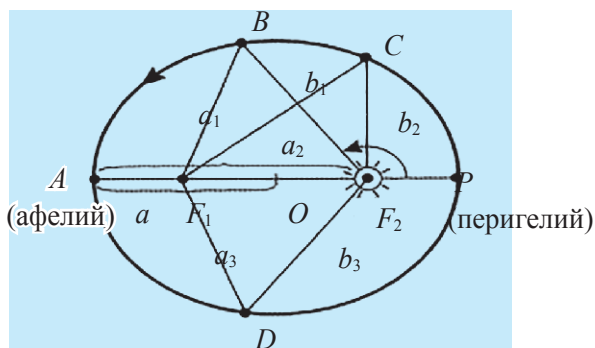
3. **Парсек (пк)** – «параллакс» және «секунд» сөздерінен алынған, жылдық параллаксы $1''$ -ге тең болған шыраққа дейінгі аралықты өрнектейді:

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

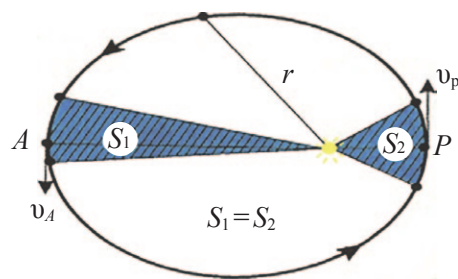
Әдетте, ұзындықтың жарық жылы, парсек, килопарсек (1000 пак) және мегапарсек ($\text{Мпк} = 10^6 \text{ пак}$) бірліктері, Күн жүйесінен сырттағы аспан денелеріне дейінгі (жұлдыздар, жұлдыз шоғырлары, тұмандықтар және басқалар) арақашықтықтарды, сондай-ақ, сыртқы галактикалар, галактикалық шоғырлардың өлшемдері мен олардың арасындағы аралықтарды өлшеуде қолданылады.

25-§. Кеплер заңдары

XVI ғасырда ғаламшарлардың қозғалыстарын бақылап, олардың орындарын анық белгілеуде даниялық ғалым Тихо Браге (1546–1601) үлкен жетістіктерді қолға енгізді. Ол өзінің астрономиялық бақылау құралдары көмегімен шырақтардың аспандағы орындарын орасан үлкен анықтықта белгіледі. Бұл анықтық $2'$ -ні құрады. Өмірінің соңғы жылдарын Прагада өткізген Браге шәкірттікке неміс астрономы Кеплерді шақырды. Кеплер шақыруды қабылдап, Прагаға көшіп келді. Бірақ көп өтпей ұстазы Браге қаза табады да оның құнды зерттеу мәліметтері шәкірті Кеплерге қалды.



31-сурет. Ғаламшардың эллипс бойымен қозғалысы.



32-сурет. Ғаламшар радиус-векторларының тең уақыттарда сызған тең аудандары.

Кеплер көп жылдық есептеулер нәтижесінде Жердің Күннен ұзақтығы және Марс пен Күн арасындағы аралықтарды анықтап, Марстың Күн айналасындағы орбитасының эллипс деп аталатын жабық қисық сызық екендігін тапты. Эллипстің ерекше орны сол, оның кез келген нүктелерінің (B, C, D) эллипс фокустары деп аталатын екі нүктесінен ұзақтықтарының (31-сурет) қосындысы өзгермейтін шама:

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

болып, ондағы F_1 және F_2 нүктелер *эллипстің фокустары* деп аталады. Ал эллипстегі бір-бірінен ең ұзақ нүктелерін ұштастырушы және фокустар арқылы өтуші кесіндісі, оның *үлкен білігі* ($2a$) деп аталып, Күн мен ғаламшар арасындағы орташа аралық сол біліктің жартысына тең болады және *үлкен жарты білік* (a) деп аталады. Дерлік 24 жылдық зерттеу нәтижелерін жалпыландырып, Кеплер ғаламшарлар қозғалысына тиісті төмендегі үш заңды ашты:

1. Әрбір ғаламшар Күн айналасында эллипс бойымен айналады да сол эллипс фокустарының бірінде Күн жатады.

2. Ғаламшарлардың радиус-векторлары (ғаламшарды Күнмен ұштастырушы кесінді) тең уақыттар ішінде тең аудандар сызады (32-сурет).

3. Кез келген екі ғаламшардың Күн айналасында айналу сидерлік (шын) дәуірлері квадраттарының қатынасы, олардың орбиталары үлкен жарты біліктерінің кубтары қатынасына тең болады, яғни

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

бұл жерде: a_1 , T_1 – 1- ғаламшардың үлкен жарты білігі мен дәуірі; a_2 , T_2 – 2-ғаламшардың үлкен жарты білігі мен дәуірі. Бұл өрнек зерттеуден анықталған кез келген ғаламшардың дәуірі (T) бойынша, Күннен оған дейінгі орташа аралықты (a) табуда астрономдарға өте қолайлылық туғызды, яғни (бұл жерде $T_2 = T_{\oplus} = 1$ жыл, $a_2 = a_{\oplus} = 1$ а.б.):

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

26-§. Аспан денелерінің массаларын есептеу *

Жердің массасы және тығыздығы. Ньютонның бүкіл әлем тартылыс заңы барлық аспан денелері үшін маңызды сипаттық шама – массаларын есептеуге мүмкіндік береді. Атап өтсек, бұл заң негізінде Жердің массасын есептейтін болсақ, онда *Жердің еркін түсу жылдамдығы мен массасы арасындағы төмендегі байланыстан пайдаланып*, мынаны жаза аламыз:

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

бұл жерде: M – Жердің массасын; R – оның радиусын; G – гравитациялық тұрақтылықты сипаттауын есепке алып, олардың мәндері ($g = 9,8$ м/с², $R = 6370$ км, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг²) бойынша табылған Жер массасы; $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг-ды құрайды.

Енді тікелей аспан денелерінің массаларын есептеуге тоқталсақ, оны анықтауда Кеплер Ньютон жалпыландырған (немесе анықтаған) мына III заңынан пайдаланады:

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

бұл жерде: T_1 және T_2 – Күн айналасында айналушы кез келген екі ғаламшардың сидерлік дәуірлерін (яғни Күн айналасында шын айналу дәуірлерін); M – Күн массасын; m_1 және m_2 – ескерілген екі ғаламшардың массаларын; ал a_1 және a_2 -лар сәйкес түрде, олардың орбиталары үлкен жарты біліктерін өрнектейді.

Бұл заңның әмбебаптығынан пайдаланып, сол негізде басқа бір ғаламшардың массасын анықтау үшін Кеплердің анықтаған III заңынан пайдаланылады. Мұнда массасы табылуы көзделген ғаламшардың серігі мен Жер серігінің қозғалысы (дәуірлері және орбиталарының үлкен жарты біліктері) салыстырылады, яғни

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

бұл жерде: $T_{\text{ғал}}$ және $T_{\oplus}$ – ғаламшар мен Жер серіктерінің айналу дәуірлерін $m_{\text{ғал}}$ және $m_{\oplus}$ – ғаламшар мен Жердің массаларын, m_1 және m_2 – сәйкес түрде, олардың серіктерінің массаларын; ал a_1 және a_2 ғаламшар мен Жер серіктері (табиғи немесе жасанды) орбиталарының үлкен жарты біліктерін өрнектейді.

Әдетте, ғаламшарлардың массаларына қатысты олардың серіктерінің массалары өте кіші болғанынан (Жер және оның табиғи серігі – Ай бұдан тыс), m_2 орнына Жер серігінің массасын алсақ, онда $m \gg m_1$, $m_{\oplus} \gg m_2$ деп жазу мүмкін. Онда жоғарыдағы формула (m_1 және m_2 есепке алынбағанда);

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

көріністі алады, бұл жерде $T_{\oplus}$ мен $T_{\text{ғал}}$ және a_1 мен a_2 көрсеткіштер, сәйкес түрде, ғаламшар мен Жер серігіне тиісті.

Күн массасын да Жер массасы бірліктерінде сол жолмен оңай есептеу мүмкін:

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

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

өрнектен пайдаланылады, бұл жерде: $M_{\odot}$ және $m_{\oplus}$ – Күн мен Жер массаларын; $T_{\oplus}$ және $a_{\oplus}$ – Жердің Күн айналасында айналу дәуірі мен орбитасының үлкен жарты білігін; ал $T_{\text{ж.с.}}$ және $a_{\text{ж.с.}}$ -лар Жер жасанды серігінің дәуірін және орбитасының үлкен жарты білігін өрнектейді.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

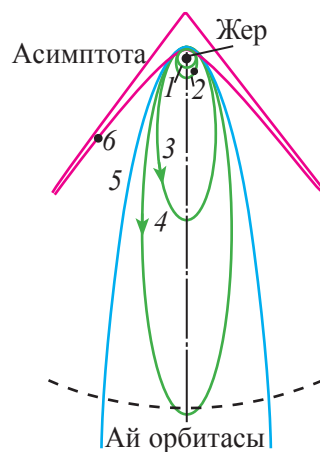
1. Эллипс деп қандай жабық қисық сызық айтылады?
2. Кеплердің бірінші және екінші заңдарына сипаттама жаса.
3. Кеплердің үшінші заңында ғаламшардың дәуірі оның орбитасының үлкен жарты білігімен қалай байланысқан?
4. Кеплердің жалпыландырылған III заңының математикалық өрнегін жазып түсіндір. Күн жүйесі денелерінің массалары бұл заң негізінде қалай есептеледі?
5. Күн массасы Жер массасы бірліктерінде қалай табылады?

Ньютон, табиғатта бүкіл әлем тартылыс заңы бар екендігінен ғаламшарлар Кеплер заңдары бойынша Күн айналасында айналатындығын дәлелдеген. Бұл заңдарды Ньютон анығырақ көрініске келтіре түсті. Белгілі жағдайларда бір дене басқа дененің тартылыс өрісінде Кеплер атап өткеніндей, тек эллипс бойымен ғана емес, сондайақ шеңбер, парабола және гиперболо сияқты конус кесінділерін беретін қисық сызықтар бойынша да қозғалуын дәлелдеді.

Атап өтсек, ол массасы Жердікіндей болған бір жынысты, идеалды сфералық пішіндегі дененің сыртынан белгілі бастауыш жылдамдықпен көлденең бағытта лақтырылған дене (33-сурет) Жердің тартылыс өрісі әсерімен оның айналасында Жер радиусына тең аралықтағы шеңбер орбитаға шығарылуы мүмкіндігін ұқтырды. Мұнда бастауыш жылдамдықтың шамасы Жердің радиусы және массасына байланысты болып, мына

$$v_0 = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

формуладан табылады. Бұл жерде G – гравитациялық тұрақтылық болып, оның мәні $6,67 \cdot 10^{11} \frac{\text{Нм}^2}{\text{кг}^2}$ мен сипатталады. Жердің $R_{\oplus}$ – орташа радиусын 6370 км, $M_{\oplus}$ – массасын $6 \cdot 10^{24}$ кг-ға тең. Бұл шамаларды формулаға қойып есептегенде v_0 бастауыш жылдамдық $7,91 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ -ге тең болып, ол Жер үшін *бірінші ғарыштық жылдамдық* деп қолданылады. Бұл атмосферасы жоқ, массасы Жердей бір жынысты, идеалды сфералық пішіндегі дене сыртынан көлденең бағытта бірінші ғарыштық жылдамдықпен көтерілген ракета, оның айналасындағы шеңбер орбитаға шыға алуын білдіреді. Негізінде Жерде атмосферасы бар болғандығынан, одан $h=150$ км-ден кем емес биіктікке көлденең бағытта шыққан



33-сурет. Жер тартылыс өрісінде денелердің қозғалыс траекториялары.

дененің жылдамдығы $v = \sqrt{\frac{GM}{R_{\oplus} + h}}$ -ға тең болғанда ғана ол Жердің жасанды серігі шеңбер бойымен қозғалады (33-суретте 1 мен көрсетілген).

Егер Жер сыртынан көтерілген жасанды серіктің бастауыш жылдамдығы бірінші ғарыштық жылдамдықтан үлкен болса, жасанды серік орбитасының пішіні эллипс көрінісінде болады (33-суретте – 2, 3, 4). Яғни, бастауыш

жылдамдықтың мәні $v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R_{\oplus}}}$ -не қол жеткізген соң ғана, жасанды серік

Жер айналасында оған қатысты параболик траектория бойымен қозғалады (33-суретте 5). Мұндай жылдамдықтың шамасы $11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ яғни $(7,91 \times 1,41) \frac{\text{км}}{\text{с}}$ болып, ол *екінші ғарыштық жылдамдық* деп аталады.

Жасанды серіктің бастауыш жылдамдығы $11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ -ден артқан соң, ол Жерге қатысты *гиперболикалық траектория* бойымен қозғала бастайды (33-суретте – 6). Мұндай жасанды серік Жерден шексіздікке қозғалып жатып, оның траекториясы гиперболаның асимптотасына жақындаса түседі. Ендеше, оның шексіздіктегі траекториясын түзу сызықты траектория деп ұғуға болады.

Мұнда мәселе екі дене (Жер және айналасында геоцентрлік траектория бойымен қозғалатын серігі) жайында болып, Күн жүйесінің басқа ғаламшарлары, тіпті Күннің де, Жер маңында қозғалып жатқан денеге (оның ішінде жасанды серікке) әсерінен жасанды серіктің алатын шеттететін жылдамдануы Жер әсерімен алынатын жылдамдануынан өте кіші болады. Мұнда тартылыс өрісінде қозғалатын дене траекториясының фокусында орналасқан идеалды сфералық пішіндегі бір жынысты дененің гравитация өрісі ерекше қасиетке ие *тартылыстың орталық өрісі* атымен аталады. Тартылыстың орталық өрісін беретін дененің массасы оның орталығының нүктесінде жүзеге келген деп ұғынылады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Тартылыс өрісінде қозғалатын дененің траекториялары қандай көріністе болады?
2. Тартылыс өрісінде қозғалатын дененің бірінші және екінші ғарыштық жылдамдықтары қандай формулалардан табылады?
3. Тартылыстың орталық өрісі болып қандай дененің өрісі қабылданған?

ІІІ ТАРАУ. АСТРОФИЗИКА ЖӘНЕ ОНЫҢ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

11-ТАҚЫРЫП. 28-§. Аспанды электрмагниттік толқынды сәулелерде зерттеу – кең толқынды астрономияның негізі

Аспан денелерінің физикалық табиғаттарына тиісті қол жеткізген білімдеріміз, олардан келе жатқан оптикалық және басқа диапазондарға тиісті электрмагнит сәулелер көмегімен болған. Олардан келе жатқан сәулелер, бір жағынан, үздіксіз шығарылмай арнайы кванттар, ерекше энергияға ие түйіршіктер көрінісінде шығарылады. Көзге көрінетін сәулелердің кванттары 2–3 еВ энергияға ие болып, астрофизикада қолданылатын сәулелердің кіші бір саласын меңгереді. Екінші жағынан, олар электрмагнит толқын көрінісінде белгіленеді. Вакуумда сәулеленудің барлық түрлеріне тиісті бұл электрмагнит толқындар бірдей – $3 \cdot 10^8$ м/с жылдамдықпен таралады. Сәулеленудің толқын ретінде таралуында, оның интерференция және дифракция құбылыстарында көрінгендіктен, оны да кез келген толқын сияқты сипаттап, ν жиілігі мен λ толқын ұзындығы көбейтіндісін толқынның таралу жылдамдығына тең көріністе, яғни:

$$\nu\lambda = c$$

деп жазу мүмкін, бұл жерде c – жарық жылдамдығын сипаттайды.

Арнаулы құрал көмегімен электрмагниттік тербелістерді түрлі толқын ұзындықты спектрге айыру мүмкін. Жарық сәулесі мөлдір үшбұрышты призма арқылы өткізілгенде, ол дәл сондай құралышыларға бөлініп, онда тәртіппен кезектілікте орналасқан сәулелер жарқырайды. Мұндай ақ сәуледен құралған сәуленің реңдері олардың толқын ұзындықтарымен анықталады. Адамның қалыпты көзі шамалап 0,4 мкм-ден (күлрең сәуле) 0,7 мкм-ға дейін (қызыл сәуле) жақсы көреді. Оптикалық сәулелер деп аталатын бұл сәулелер электрмагниттік сәулеленудің бір ғана түрі болып, олардың барлығының жиынтығы бірге электрмагниттік толқындар шкаласын құрайды. Бұл шкаладағы ең қысқа толқын ұзындықты сәулеленулер гамма сәулелер болып, ал ең ұзыны радиотолқындар деп аталады.

Белгілі, Жер атмосферасы, көзге көрінетін электромагниттік (оптикалық) сәулелер, сондай-ақ, көзге жартылай көрінетін ультракүлгін мен инфрақызыл және радиодиапазонның миллиметрлі саласынан 10–20 метрлі бөлігіне дейінгі диапазондағы сәулелер үшін мөлдір есептеледі. Электромагнит толқындардың қалған барлық бөліктері, Жер атмосферасының түрлі қыртыстарында күшті жұтылып Жер сыртына дейін жетіп келе алмайды.

Фотосурет ойлап табылғанға дейін, тек зерттеушінің көзі шырақтардың сәулеленуін белгілеуші бірегей табиғи құрылғы болған еді. Сәулеленулерді белгілеуші фотографиялық әдіс іске қосылған соң, арнаулы фотографиялық және фотоэлектрлік құрылғылар көмегімен Жер атмосферасында жұтылатын ультракүлгін және инфрақызыл диапазонға тиісті бір бөлік сәулеленулерді де белгілеудің мүмкіндігі туылды.

Өткен ғасырдың 30–40 жылдарында радиотехниканың дамығандығынан ғарыштық радиосәулелену көздері ашылды. Нәтижеде біздің Ғарыш жайлы білімдерімізді кеңейтетін астрономияның радиоастрономия бөлімі іске қосылды. Ал XX ғасырдың екінші жартысында, ғарышкерліктің «туылуы» жасанды серіктерді Жер айналасы орбитасына шығарылуына және оларға орнатылған құрылғылар көмегімен қысқа толқында (*рентген және гамма*) сәулеленуші объектілердің табылуына себеп болды. Сондықтан соңғы он жылдықтарда, ғарыштық станцияларға орнатылған арнаулы *рентген және гамма телескоптар* көмегімен табылған көптеген құнды деректерді зерттеу мүмкіндігі жүзеге келді.

Астрофизикада ұзақ ультракүлгін және инфрақызыл диапазондардағы сияқты, рентген және гамма диапазондарда да аспан объектілерін жүйелі зерттеу басталды. Нәтижеде, бүгінгі астрономия *кең толқынды астрономияға* айналды.

29-§. Оптикалық телескоптар

Астрономдардың ең маңызды зерттеу құралы телескоптар болып табылады. Телескоптар аспан денелерінің көріну бұрыштарын үлкейтіп және оларды бірнеше есе айқындатып көрсетеді. Сондықтан да телескоптар көмегімен аспанға қаралғанда, Жерге жақын орналасқан аспан денелерінің (Күн, ғаламшарлар және Айдың) сыртында көзге ілікпейтін бөлшектерді және күңгірттігінен көзге көрінбейтін көптеген жұлдыздарды көру мүмкін болды.

Телескоптардың негізгі бөлігі *объектив* деп аталып, ол дөңес мөлдір линза немесе ойық сфералық айнадан жасалады (34 және 35-суреттер). Объектив зерттеп жатқан аспан денесінен келе жатқан сәулені жинап, сол дененің суретін жасайды. Аспан денесінің объектив жасаған бейнесі *окуляр* деп аталатын линза арқылы бақыланады. Қазіргі заман телескоптарында объективті жасаған сурет көбінесе фотопластинкаларда немесе цифрлы (SSD) жазып алу құрылғыларда амалға асырылады.

Егер телескоптың объективі линзадан немесе линзалар жүйесінен түзілген болса, мұндай телескоп *рефрактор* деп аталады. Рефракторда сәуленің жолы 34-суретте көрсетілген. Ал объективі ойық сфералық айнадан құралған болған телескоп *рефлектор* деп аталады. Түрлі рефлекторда көзден келе жатқан сәуленің жолы 35-суретте көрсетілген.

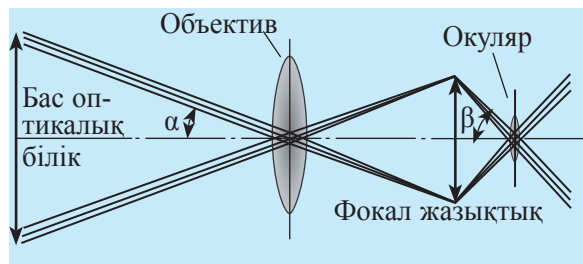
Телескоптардың негізгі міндеттерін төмендегідей белгілеу мүмкін:

1. Шырақтан келе жатқан сәулеленуді белгілеу (көз, фотографиялық пластинка, фотоэлектрик белгілеуші, спектрграф және басқалар көмегімен).

2. Объективтің фокал жазықтығында, бақыланып жатқан шырақтың немесе кез келген аспан денесінің айқындалатын суретін жасау.

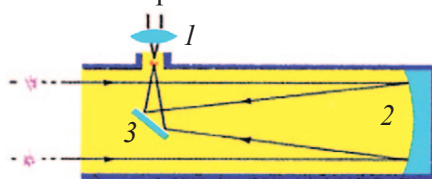
3. Қаруланбаған көзбен қаралғанда, айырып көріп болмайтын, өзара өте кіші доға аралықта орналасқан объектілерді бөліп көрсету.

Енді қарапайым рефрактордың істеу принципімен танысайық. Мұнда телескоп объективі шырақтан келе жатқан сәу-

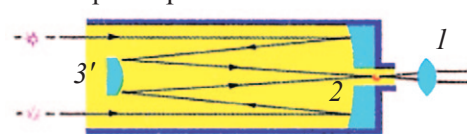


34-сурет. Линза телескоп (рефрактор)дың түзілісі (сәуленің жолы).

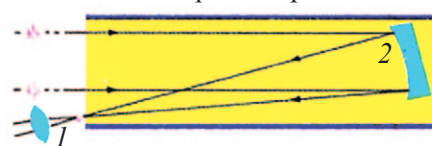
Ньютон жүйесі



Кассегрен жүйесі



Ломоносов-Гершел жүйесі



35-сурет. Айналы телескоп (рефлектор)лардың түзілісі:

1— окуляр; 2 — объектив; 3 — жазық айна; 3'— дөңес айна.



36-сурет. Галилей жасаған бірінші телескоп-рефрактор.



37-сурет. Солтүстік Кавказдағы айнаның диаметрі 6 метрлі телескоп-рефректор мұнарасының көрінісі.

лені оның фокусы F -да жинайды және сол нүктеден бас оптикалық білікке тік өтуші жазықтықта (фокал жазықтығында) шырақтың суретін жасайды. Жасалған суретке лупа рөлін өтейтін ойық линза (окуляр) көмегімен қарап, бақыланып жатқан аспан денесі (ғаламшар, Ай немесе Күн) бұрыш өлшемін үлкейткенін көреміз. Олай болса, телескоп бізге қарастырылатын аспан денесін әрі айқындастырып, әрі үлкейтіп беріп жатқанына куә боламыз. Жасалған суреттің анықталуы, телескоп объективінің диаметріне және фокус арақашықтығына, анығы, олардың қатынасына

$\left(\frac{D}{F}\right)^2$ байланысты болған жағдайда, оның үлкейтілуі объектив және окулярдың фокус аралықтарының қатынасы $\frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha}$ -на байланысты болады. Телескоп суреттің айыра алу ерекшелігі λ/D -мен сипатталады. Бұл жерде λ сәуленің толқын ұзындығын, ал D телескоп объективінің диаметрін сипаттайды.

Бейнені фотопластинка немесе фотоэлектрлік жолмен белгілеуге болжамданған болса, онда окуляр керек болмай,



38-сурет. Диаметрі 8 метрлі телескоп айнасын цехта өндеу үдерісі.

фотопластинка немесе электрофотометрдің енгізу диафрагмасы тікелей телескоптың фокал жазықтығында орналастырылады.

Бірінші рефракторды әйгілі итальян ғалымы Г. Галилей 1610 жылы іске қосқан (36-сурет). Ал бірінші рефракторды 1648 жылы атақты ағылшын ғалымы И.Ньютон жасады.

Дүниедегі ең ірі рефрактор объективінің диаметрі 1 метрден құралып, ол АҚШ-та құрылған. Айтарлықтай ірі рефракторлардан бірі-айнасының диаметрі 6 метр болып, Солтүстік Кавказда орнатылған (37-сурет). Өзбекстанда ең ірі рефрактор телескопы (қос астрограф) Китаб қаласы маңындағы бұрынғы Халықаралық ендік станциясында орналасқан. Оның объективінің диаметрі 40 см. Қашқадария облысының Қамашы ауданы аумағында шамамен 3000 метр биіктіктегі Майданак тауларында ірі астрономиялық обсерватория құрылған, ол Жерде орнатылған рефрактордың диаметрі 1,5 метр келеді.

30-§. Телескоптардың негізгі сипаттамалық шамалары **

Телескоптың ерекшелігін сипаттайтын негізгі көрсеткіштер, оның объективінің диаметрі D және фокус аралығы F болып, объектив жинайтын жарық ағымы:

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

болады, бұл жерде: E – объективтің жарықтанғандығын; S – ауданын; ал R оның радиусын сипаттайды.

Телескопты басқа бір сипаттайтын көрсеткіші *салыстырмалы саңылау* немесе *жарық күші* деп аталып, ол $A = \frac{D}{F}$ өрнекпен белгіленеді. Объектив жасаған нүктелік болмаған объект көрінісінің жарықтанғаны

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

болып, салыстырмалы саңылаудың квадратына пропорционал болады. Бірақ телескоптың салыстырмалы саңылауын қалағанша үлкендетуге басты оптикалық біліктен тыс абберрацияның жүзеге келуі кедергі жасайды. Сондықтан да рефракторда салыстырмалы саңылауды 0,33-ке дейін, ал айналы-линзалы телескоптарда 1-ге дейін ғана алу мүмкін.

Визуал телескоптардың басқа бір негізгі сипаттамасы телескоптың *үлкейтуі* болып ол, объективтің F фокус аралығының f окулярдың фокус аралығына қатынасымен табылады:

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

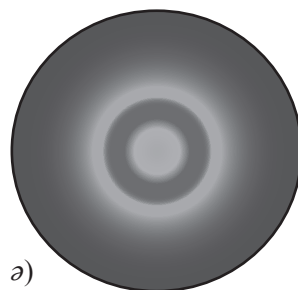
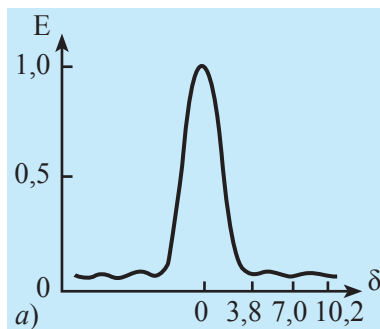
бұл жерде: α – шырақтың қарапайым көзбен қаралғандағы көрініс бұрышын β –телескоп арқылы қаралғанда оның көрініс бұрышын сипаттайды (34-суретке қара). Белгілі объективті телескопта оның *үлкейтуі* таңдалған окулярдың фокус аралығына байланысты болып, ол аралық қанша кіші болса сонша үлкен *үлкейте* алады. Бірақ бұл белгілі объектив үшін қалағанша кіші фокус аралықты окулярды қолданып, телескопта қалағанша *үлкейте* алуы мүмкін дегені емес. Себебі *үлкейту* артқан сайын, телескопта көру өрісі онда жасалған көрініс үшін тарлық етеді. Мысалы, 30 есе *үлкейтуші* телескопта, диаметрінің доға өлшемі $32'$ болған Ай толық көрінсе, 300 есе *үлкейтетін* телескопта оның көру өрісі Ай сыртының тек бір бөлігін ғана (жай ұсақ тетіктерімен, әрине) сыйғыза алады. Сол арқылы белгілі телескопта, максимал пайдалы *үлкейте* алу үшін, фокус аралықтары анық мәнмен шекараланған окулярдан пайдаланылады. Қалыпты телескоптардың максимал пайдалы *үлкейтірілуі* миллиметрлерде есептелген объектив диаметрінен шамамен екі есе үлкен болады.

Телескопты сипаттайтын тағы бір маңызды көрсеткіш *оның бұрышы ажырата алу күші* деп аталып, көріністің сапасын сипаттайды. Тіптен бір қарағанда, бейне бір телескоп қанша көп *үлкейтсе*, көріністе тексеріліп жатқан объекттің сонша майда тетіктерін көру мүмкіндей түйілсе де, негізінде дифракция құбылысы арқылы, ең сапалы объектив те нүктелік объекттің көрінісін нүкте көрінісінде жасай алмайды. Телескоптың фокал жазықтығында нүктелік көрініс орнына дифракциялық шеңберлермен оралған домалақ дақтар жүзеге келіп (39-сурет: a – көріністің контуры; δ – объекттің көрінісі), бұл домалақ дақтың бұрыш диаметрі

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

өрнекпен радианда өлшенеді; бұл жерде: D объективтің диаметрі; ал λ – жарықтың толқын ұзындығын сипаттайды. Егер телескопта сәулеленуді белгілеуші (қабылдағыш) міндетін көз орындайтын болса, оның *ажырата алу күшін* табу үшін λ орнына көздің спектрлік сезгіштігінің максимумына

тура келген сәулеленудің толқын ұзындығы ($\lambda=5500 \text{ \AA}$) алынады. Егер сәулелену фотографиялық немесе фотоэлектрлік жолмен белгіленетін болса, λ үшін, сәйкес түрде, фотографиялық эмульцияның немесе фотокушейткіш катодтың спектрлік сезгіштіктері максимумына тура келген сәулеленулердің толқын ұзындықтарынан пайдаланылады. Бірақ айта кету керек, жоғарыдағы өрнектен табылған δ -ның мәні телескоптың *теориялық ажырата алу күші* деп аталып, ал іс жүзінде телескоптың *ажырата алу күшін* объектіден келе жатқан сәуле бағытындағы Жер атмосферасы қыртыстарының толқындануы жүзеге келтіретін көрініс тербелісінің дірілдеу дәрежесі белгілейді. Дірілдеу дәрежесі орынның астроклимат жағдайлары, телескоп мұнарасының үлкендігі мен құрылысы және басқа шараларға байланысты болады. Бұл шамалар (λ және D) см-лерде өлшенгенде δ радиандарда шығады. 1 радиан $\sim 0,2'' \cdot 10^6$ доға секундына тең болғаннан табылған нәтиже бұл санға көбейтілсе, нәтиже де доға секундтарында шығады.



39-сурет. Телескоп көрінісінде нүктелік көз айқындылығының бөлінуі.

31-§. Радиотелескоптар туралы түсінік

Астрономияда радиосәулеленулерді белгілеу үшін радиотелескоптан пайдаланылады. Әдетте, радиотелескоптар өте үлкен антенналарға (олардың ұзын толқындарда істеуі бұған мүмкіндік береді) ие болып, олар өте сезгіш қабылдағыштарға қосылған болады. Қабылданған радиосигналдар оларда күшейтіліп, содан соң арнаулы электрондық есептеу машиналарымен байланысқан сигналдарды белгілеу аппаратураларына жіберіледі де оларда жазып алынады. Радиотелескоптардың антеннасы жай радиобайланыс антенналарынан айырықшаланып, жоғары бағыттаушылық қабілетіне ие. Сол үшін оларда аспанның өте кіші бөлігіндегі радиосәулелену көздерін ажыратып алу мүмкіндігі бар. Радиосәулелену үшін маңызды көрсеткіш есептелген телескоптың *ажырата алу қабілеті* радиотелескоптарда да

оптикалық телескоптардағы сияқты анықталып, λ/D (бұл жерде λ радиотолқын ұзындығын, ал D радиотелескоп айнасының диаметрін сипаттайды) өрнекпен табылады. Мұнда радиотолқынның ұзындығы, оптикалық сәулелердің толқын ұзындығынан миллиондаған есе үлкен болады.

Солтүстік Кавказда орнатылған радиотелескоптың диаметрі 600 метр болған өзгергіш профильді антеннасы (RATAN-600) Еуропадағы ең ірі телескоп болып саналады. Сондай-ақ, қазіргі кезде жоғары ажырата алу қабілетіне ие болған радиотелескоптар, бір-бірінен өте үлкен аралықта жататын антенналар жүйесі көмегімен де амалға асырылады. Радиоантенналардың мұндай жүйесі негізінде істейтін *радиотелескоптар* радиоинтерферометрлер деп аталады. Мұндай радиоантенналар жүйесі бір-бірінен өте үлкен аралықта (кейде түрлі Жер құрлықтарында) жатып, олар белгілі радиообъектті бір уақытта бақылау мүмкіндігіне ие. Радиотелескоптардың фокустарында жиналған радиотолқындардың интерференция үдерісі негізінде белгіленгенінен үлкен ажырата алу қабілетіне ие болады.

Қазіргі кезде ғаламшарымызда өте сезгіш радиотелескоптар істейді. Айнасының диаметрі 65 м (Австралия), 76 м (Англия), 100 м (Германия), 300 м (АҚШ) және 600 м (Ресей) келетін радиотелескоптар Ғарыштың табиғи радиостанцияларынан астрономдарға «акпарат» береді. Дүниедегі ең қуатты радиотелескоп АҚШ-тың Пуэрто-Рико аралында орнатылған (*40-сурет*).

Өзбекстан аумағында Жызақ облысының Замин ауданы, тау етегінің Супа деген орнында металл айнасының диаметрі 70 метр келетін ірі радиотелес-



40-сурет. АҚШ-тың Пуэрто-Рико аралында орнатылған дүниенің қуатты радиотелескобы.



41-сурет. Жызақ облысы Замин таулары етегінде құрылған, металл айнасының диаметрі 70 метрлі радиотелескоп.

коп құрылып жатыр (41-сурет). Бұл телескоп Ғарыштың «радиусын» ұсақ тетіктерімен көруге мүмкіндік береді.

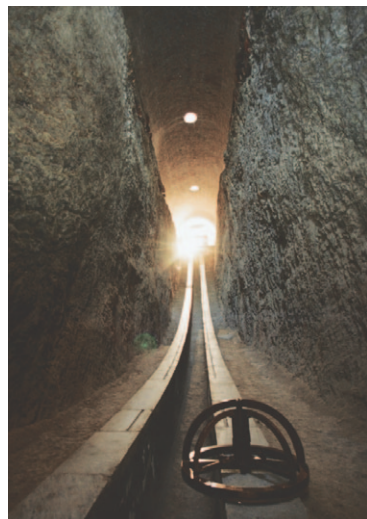
32-§. Ұлықбек обсерваториясының «басты телескобы»

Ұлықбек обсерваториясы. Аспан денелерін зерттеуде ұлы отандастарымыздың да қызметтері үлкен болған. Олардан бірі – Әмір Темірдің немересі Мырза Ұлықбек (1394–1449). XV ғасырда Ұлықбек Мауароуннахрдың әйгілі астрономдарынан Қазизада Руми, Жәмшид Кошилерді Самарқантқа шақырып, олармен аспан денелерін тексеретін астрономиялық обсерватория, атап айтқанда ең ірі бақылау құралы – *сексантты* құру бойынша кеңес жасады. Ғалымдар бір ауыздан бұл пікірді қолдаған соң, 1420 жылдардың басында Самарқанттың Кушак деген төбелігі үстінде радиусы 40,2 метрге тең астрономиялық бақылау құралын құруды бастады (42-сурет). Бұл құрал көмегімен ғалымдар Күн, Ай және ғаламшарлардың жұлдыздар арасындағы қозғалыстарын, мыңнан астам жұлдыздардың координаттарын анықтады да солардың негізінде Мауароуннахрдағы жүздеген қалалардың координаттарын тапты. Осы құрал доғасының шеңбері ұзындығының $1/6$ бөлігін, анығы 70° -ызын құрап, дерлік 50 метрге тең еді.

Бұл астрономиялық құрал Жер сыртында 11 метрге жуық тереңдіктен басталып, ал сол сырттан көтерілген биіктігі дерлік 30 метр келеді. Құралдың 1° -ге тең доғасының ұзындығы 70,2 см-ге тура келіп, өлшем анықтығы $10''$ -ті доғаға тең еді. Бұл үлкен бақылау құралы жүз жылдар барысында Самарқант «басынан кешірген» соғыстар салдарынан бұзылып қирады және кейін келе ізсіз жоғалды.



Мырза Ұлықбек.



42-сурет. Ұлықбек «телескобы»ның қалдық бөлігі.

1908 жылы археолог В.Л.Вяткин оның орнын анықтап, топырақтан тазалаған соң, оның қалдықтары есептелген жер асты бөлігі ашылды. Самарқантта орнатылған бұл ірі «телескоп» мұнарасының сыртқы көрінісі негізінде қандай болғаны анық болмай, ғалымдар арасында тартыс әліге дейін жалғасып келеді.

Ұлықбек обсерваториясы орта ғасырларда дүниедегі бар обсерваториялар ішінде ең ірісі болып, өлшем анықтығы және сәулеттілігімен ерекшеленген. Самарқант обсерваториясында Ұлықбектен басқа Жәмшид Коши, Қазизада Руми, Муйниддин Коши, Әли Құшылар қызмет атқарған. Аталмыш мектеп ғалымдары мұрасы арнаулы «Зиж»де ашып берілген.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Телескоптар аспан денесін қалай үлкейтеді және жақындатады?
2. Телескоптардың қандай сипаттама шамаларын білесің?
3. Ұлықбек обсерваториясының негізгі бақылау құралы қалай аталады?
4. Ұлықбек обсерваториясында астрономдар орындаған негізгі істер туралы нелерді білесің?

12-ТАҚЫРЫП. 33-§. Сәулелену заңдары және аспан денелерінің физикалық табиғаттарын спектрлік әдістер көмегімен зерттеу

Көптеген аспан шырақтарының сәулеленулері олар жөніндегі физикалық мәліметтердің көзі болып есептеледі. Олардың сәулелену спектрін зерттеу арқылы шырақ көзінің мөлшерлік құрамы, температурасы, магниттік өрісі, қарау сызығы бағытында қозғалыс жылдамдығы (сәулелік жылдамдық) және олардың басқа физикалық сипаттарына тиісті мәліметтерді алу мүмкін. Мұндай әдіс *спектрлік талдау* деп қолданып, ол жарықтың дисперция құбылысына негізделген. Атап өтсек, қыздырылған дене сыртынан шығатын сәулелену энергиясы оның абсолюттік температурасының 4-дәрежесіне пропорционал. Оның 1 м^2 ауданынан шығатын энергиясы Степан Больцман заңы бойынша $\varepsilon = \sigma T^4$ -тен басталады, мұнда σ тұрақтылық $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ж} (\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с})$ -ға тең.

Жарық сәулелері электрмагнит толқындар түрінде таралады. Мұнда әрбір реңіне бұл толқындардың белгілі ұзындықтағысы тура келеді. Жарық

сәулесінің спектрінде көзге көрінетін толқын ұзындықтары қызыл сәулелерден күлгін сәулелер жаққа шамамен 0,7 мкм-ден 0,4 мкм-ге дейін кеміп отырады. Спектрде күлгін сәулелерден кейін тұратын және көзге көрінбейтін ультракүлгін сәулелер, сезгіштігі бұл сәулелерде жоғары болған фотопластинкаларда белгіленеді. Шырақтардан келетін одан да қысқа толқынды сәулелер *рентген сәулелер* деп аталып, Жер атмосферасынан өте алмайтындығынан оларды Жер атмосферасынан тыста, ғарыштық станцияларға орнатылған арнаулы телескоптарда ғана бақылау мүмкін. Қазіргі кезде спектрдің қызыл учаскесінде жатқан инфрақызыл және радиосәулелерді де арнаулы белгілеу құрылғылар көмегімен бақылау мүмкін.

Күн мен жұлдыздар атмосферасы ыстық газбен қапталғандықтан олардың үздіксіз спектрі сәулеленуі жұлдыздар атмосферасынан өтуде оны Жердегі атомдар жұтқандығынан, қара сызықтармен кесілген жұтылу спектрі көрінісін алады. Сол үшін Күн мен жұлдыздардың спектрі жұтылу спектрлері болып табылады (43-сурет).

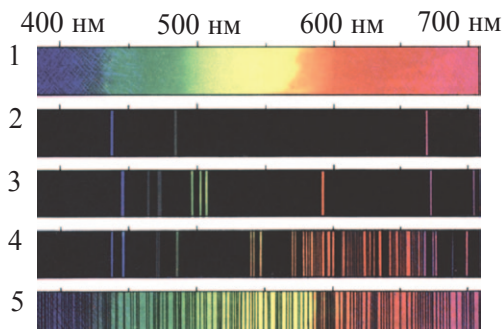
Аспан денесінің Жерге қатысты қарау сызығы бағытындағы сәулелену жылдамдығы, оның спектрін талдау негізінде табылады. Егер жарық көзі Жерге жақындасып жатқан болса, олардың спектріндегі сызықтардың толқын ұзындығы спектрдің қысқа толқынды жағына кемиді, егер ол ұзақтап бара жатқан болса, онда сызықтар спектрдің ұзын толқынды жағына (қызыл жағына) ығысады.

Мұндай құбылысты төмендегі формула көрінісінде жазу мүмкін:

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

бұл жерде көздің v – сәулелену жылдамдығын; λ_0 – қозғалмас көзден келе жатқан сәуленің толқын ұзындығы, λ – қозғалыстағы көздің толқын ұзындығы және c – жарық жылдамдығы арқылы анықтау мүмкін.

Спектр бойынша шырақтың температурасын да анықтау мүмкін. Дене қып-қызыл реңге кіргенше қыздырыл-



43-сурет. Шырақтың тұтану (1), салыстыру (2, 3, 4), Күннің сызықты (5) спектрлері.

са, оның тұтану спектрінің қызыл бөлігі қалған бөліктеріне қарағанда анық көрінеді. Ол қыздырыла түссе, оның спектріндегі айқын саласы тәртіппен сары, жасыл, кейін көгілдір бөліктерге ығысып барады. Бұл құбылыс, шырақ спектріндегі сәулелену энергиясы максимумына сай толқын ұзындығының көз температурасына байланыстылығын Виннің мына формуласы

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

көмегімен анықтауға болады.

Сәулеленетін плазма атомдары Күн дағының магниттік өрісінде болғанда, арнаулы спектрлі сызықтың бөлектерге бөлінуі бақыланады (әсіресе, Күн дағының ядросына тиісті бөлігінде). Бұл құбылыс *Зееман эффекті* деп қолданылады. Зееман эффекті бойынша, бақыланатын дақ саласында магниттік өріс күштенуі векторының қарау сызығы бағытына қатысты орналасқандығына қарап, спектрлік сызық екі немесе үш құралушыға бөлінеді.

Мұнда магниттік өріс күштенуінің шамасы H , пайда болған спектрлі сызықтардың шеткі сыңарлар толқын ұзындықтарының айырмасына $\Delta\lambda$ пропорционал болып, төмендегідей табылады:

$$H = k \Delta\lambda_n ,$$

бұл жерде k – пропорционалдық коэффициенті болып, ол спектрлі сызықтың магниттік сезгіштігіне байланысты болады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Оптикалық сәулелер электромагниттік толқындар шкаласында қандай интервалда жатады?
2. Шкалада көзге көрінетін және көрінбейтін сәулелер қандай салаларға ие болады?
3. Қазіргі кезде оптикалық астрономияда шырақтар электромагниттік толқындары шкаласының қандай толқын ұзындықтарында зерттеледі?
4. Шырақ спектріндегі сәулелену энергиясы максимумы толқын ұзындығы негізінде оның температурасы қалай анықталады?
5. Спектрде көздің магниттік өрісі болса, оның күштенуі қалай табылады?

IV ТАРАУ. КҮН ЖҮЙЕСІ ДЕНЕЛЕРІНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ ТАБИҒАТЫ

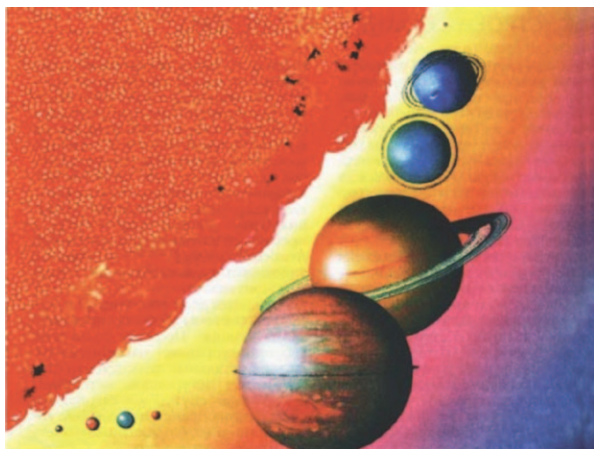
13-ТАҚЫРЫП. 34-§. Күн ең жақын жұлдыз. Күн туралы жалпы мәлімет

Егер Күн сөнсе, Жерді қараңғылық қаптап алады, өйткені Күннің жарығын қайтару есебіне көрінетін Ай және ғаламшарлар да аспанда көрінбей қалып, тек жұлдыздар ғана күнгірт сәулелерімен Жерді жарық етеді. Сондай-ақ, бүкіл Жер жүзін ызғырық суық өз «қоршауына» алады. Бір апта болмай тропиктер қармен қапталып, өзендер ағысын тоқтатып, теңіз бен мұхиттар бірте-бірте түбіне дейін мұздап, жел де есуден тоқтайды.

Сол үшін тіршілігіміздің көзі болған Күн барлық жақтан назар аударылатын аспан денесі есептеледі. Күн миллиардтаған жұлдыздардың бір уәкілі болып, шамасы мен температурасы бойынша орташа жұлдыз болып табылады. Бірақ ғаламшарымыз Жер оның серігі ретінде басқа жұлдыздарға қатысты Күнге миллион есе жақын болғандықтан, жұлдыздардан айырмасы болып, Күн бізге үлкен бұрыш (32') астында көрінеді.

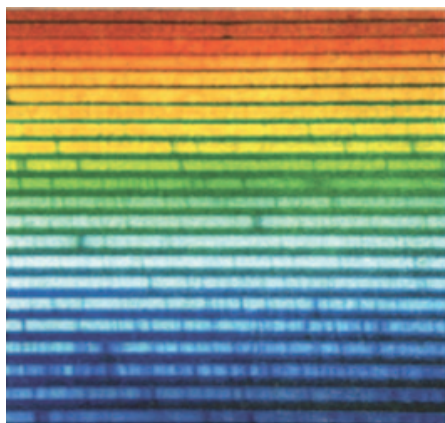
Жер де басқа ғаламшарлар қатарында Күн айналасында шеңбер қозғалысын жасайды. Жерден Күнге дейінгі аралық анық өлшеніп (149,6 миллион километр), бір астрономиялық бірлік (1 а.б.) деп қолданылады. Сәуле бұл аралықты дерлік 8,5 минутта басып өтеді. Күннің диаметрі 1 миллион 391 мың километр болып, Жер диаметрінен шамамен 110 есе үлкен. Басқаша айтқанда, Күн көлеміне 1 миллион 300 мыңнан астам Жер көлеміндегі дене сияды. Массасы Жердікінен 330 мың есе ауыр. 44-суретте Күннің өлшемі оның серіктері – ғаламшарлар көлемдерімен салыстырылған. Күн сыртының температурасы Цельсий шкаласында 5800 градус айналасында болып, бұл температура орталыққа қарай артып барады да оның ядросында шамамен 15 миллион градусқа жетеді. Күннің 1 секунд барысында шығаратын энергиясы $4 \cdot 10^{26}$ ж, 12 мың триллион тонна көмірді жаққанда бөлініп шығатын энергия мөлшеріне тең. Тіптен оның Жерге түсетін энергиясының мөлшері де кем болмаса да, бірақ ол Күннен бөлінетін бүкіл энергияның небары 2 миллиардтан бір бөлігін ғана құрайды.

Күннің ортасында қысым 200 млрд. атмосфераға жетеді. Оның орташа тығыздығы $1,410 \text{ г/см}^3$. Күн үлкен температуралы жалын шардан құралған,



44-сурет. Күннің ғаламшарлармен салыстырылған өлшемі.

45-сурет. Күн спектрі. Жоғарыда: қолайлылық үшін бөліктерге бөлінген; төменде: оның түрлі химиялық элементтерге сәйкестігі.



Күн

Сутегі

Натрий

Кальций

Магний

Темір

оны құраған газдың жай газдардан айырмасы болады және *плазма* деп қолданылады. Плазма қалпында зат негізінен иондасқан атомдар және бос электрондардан құралады. Мұндай жоғары температуралы тығыз плазма тұтану спектрді береді. Бірақ бұнда сәулелену Күннің атмосфера қабаттарынан өтуде, түрлі атомдардың сәйкес толқын ұзындықтарындағы сәулелерінің жұтылуынан Күн спектрі сызықты жұтылу спектріне айналады (45-сурет). Күн де барлық басқа аспан денелері сияқты өз білігі айналасында айналады. Бірақ оның айналуы дифференциалдық болып, экватор саласы орташа 25 тәуліктік дәуірмен, ал полюстерінің саласы 28–29 күндік дәуірмен айналады.

Күн тұрақтысы мен Күн жарықтығы. Күннен Жерге дейінгі орташа аралықта Жер атмосферасының сыртында Күннен келе жатқан сәулелерге перпендикуляр болған 1 см^2 ауданға 1 минут барысында түсетін энергияның мөлшері *Күн тұрақтысы* деп аталады. Күннен ауданға келе жатқан оның энергиясы мөлшерін ғалымдар мұқият зерттегенде оның мәні $2 \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$ немесе халықаралық бірлікте ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$) екендігі белгілі болды.

Бұл негізде табылған Күннің толық сәулелену энергиясы, яғни оның жарықтығын төмендегідей табу мүмкін, ол $L_0 = 4 \cdot 10^{26}$ Вт-ға тең шығады.

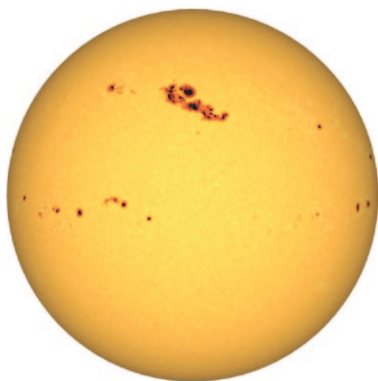
Бұл үшін күн тұрақтылығын $(1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2})$, радиусы 1 а.б. сфераның ауданына көбейтілуі тиіс болады. Мұнда Күн энергиясы үлкен қуатты Красноярск ГЭС-інің энергиясынан ($6 \cdot 10^6$ кВт) $6,67 \cdot 10^{16}$ есе көп екендігі белгілі болады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

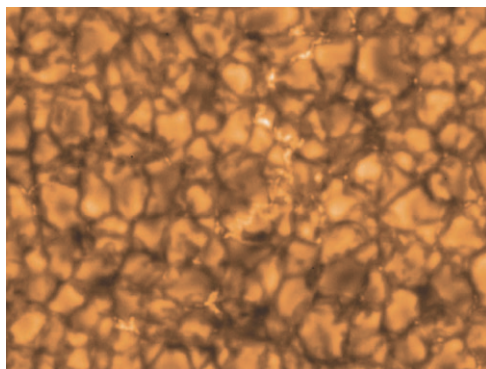
1. Күн қандай аспан денесі есептеледі?
2. Күннің өлшемдерін Жердің өлшемдерімен салыстыр.
3. Күннің фотосферасы қандай спектрге ие?
4. Ол қандай зат және элементтерден құралған?
5. Күн тұрақтысы дегенді қалай түсінуге болады?

35-§. Күн фотосферасы мен оның түзілістері. Күн дақтары

Негізінен көздің көру шекарасында жататын толқын ұзындығындағы сәулелерді шығаратын Күн атмосферасының астыңғы қабаты *фотосфера* деп аталады (46-сурет). Фотосфера телескоптар көмегімен зерттелгенде, ол жай көзбен бақыланатын біртегіс айқындыққа ие маңғалдан үлкен



46-сурет. Күн фотосферасы (дақтарымен).

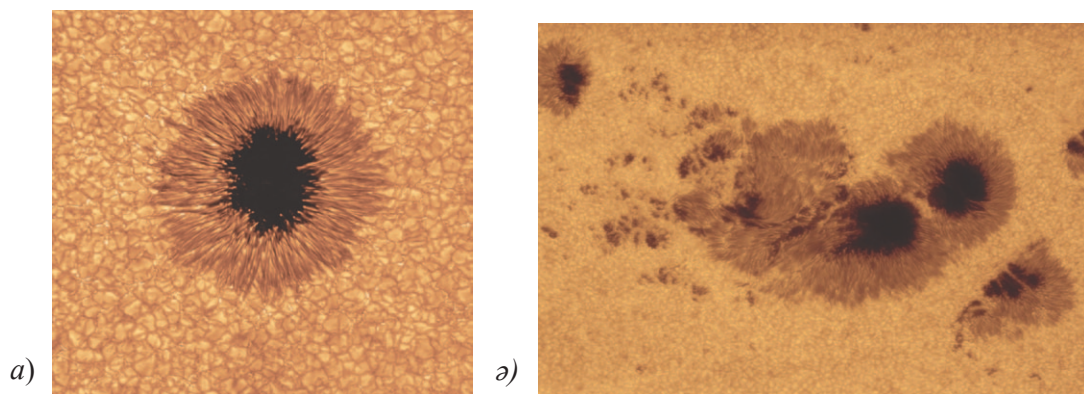


47-сурет. Күн сыртының шынайы структурасы – түйіршіктік (грануляциясы).

айырмашылық жасайды. Стратосферада арнаулы телескоп көмегімен алынған Күн көрінісінде көзге анық көрінетін нәрсе оның сыртындағы бал арасы ұясын еске салатын түйіршіктер болып табылады. Мұндай түйіршіктік структурасы ғылымда *грануляция* деп аталады («гранула» – майда түйір дегені). Кейінгі жылдарда түйіршіктіктің анық суреттері арнаулы гелий газымен толтырылған баллондарда стратосфераға ұшырылған Күн телескоптары көмегімен алынды. Бұл суреттер көмегімен гранулалардың айқындылығы, «жасау» дәуірі және олардың физикалық табиғатын спектрлі зерттеуге тиісті көп жаңа мәліметтер алынды. Атап айтқанда, бұл түйіршік структура, фотосферада өтіп жатқан конвективтік үдерісті өзінде көрсетуі белгілі болды. Гранулалардың орташа үлкендігі 500 километрге жуық болып, негізінде 200 километрден 700–800 км-ге дейінгі шамадағылары кең таралған. (47-сурет).

Фотосферада гранулалардан тыс шынжыр тәрізді отты салалар да телескоптарда жасалынған Күн суретінде көзге түседі. Мұндай салалар *шырақтар* деп аталады. Шырақтар көбінесе Күн дақтарымен бірге ұшырайды.

*Күн дақтары – магнит аралдары.** Күн фотосферасында бақыланатын, физикалық табиғаты жағынан жұмбақтарға бай объекттер оның *дақтары* болып табылады (48-сурет). Күн дақтарының шамасы түрліше, болып, олардың өлшемі бірнеше мың километрден бірнеше жүз мың километрге дейінге жетеді. Бірінші болып 1610 жылы Галилей дақтар Күннің тікелей сыртқы қабатына тиісті екендігін өзі жасаған телескоп көмегімен зерттеп анықтады.



48-сурет. Күн дақтары: а) түзу дақ; ә) дақ тобы.

Содан бері өткен 4 ғасыр уақыт барысында ғалымдар Күн дақтарына тиісті көп ділгірліктерді, оның ішінде, олардың пайда болуы мен дамуы және физикалық табиғатына тиісті бірталай мәселелерді шешті. Күн дақтарында күшті магнит өрісі жүзеге келген. Әдетте, Күнде дақтар жеке күйде өте кем кездеседі (*48-а сурет*). Олар топ-топ күйінде көбірек байқалады (*48-ә сурет*). Белгілі дақ тобында бір немесе екі ірі қарама-қарсы магнит полюсіне ие болған дақтан тыс тағы бірнеше майда дақтар болады. Күн дақтарының температурасы фотосферанікінен орташа 1500 °С-қа төмендігінен олар фотосферада қарайып көрінеді. Күн дақтарының «жасау» дәуірі түрліше, бірнеше күннен бір-екі айға дейінге жалғасады. Бір-екі ай барысында «жасай алатын» дақтар көп ұшырамайды. Дақтар Күн сыртының барлық бөліктерінде пайда бола бермей, оның $\pm 5^\circ$ -тан $\pm 35\text{--}40^\circ$ ендіктері арасындағы салада пайда болады. Күн физикасына тиісті маңызды ділгірліктерден бірі – ондағы дақтар санының жылдар ішінде жүйелі өзгеріп тұруы. Күн дақтары санына тиісті дерлік 100 жылдық материалды жинап және бірнеше он жыл барысында әуесқой астрономдар арасында Күн дақтарын жүйелі бақылауды жолға қойған швециялық ғалым Рудольф Вольф Күн дақтары саны өзгерісінің орташа дәуірін 11,1 жылға тең деп тапты. Күн дақтары Күндегі ең белсенді үдерістерден екендігі және Күн атмосферасы қабаттарында ұшырайтын барлық басқа белсенді құбылыстармен тікелей байланыста болғандығынан, Күн дақтары санының 11,1 жылдық дәуірі *Күн белсенділігінің дәуірі* ретінде қабылданған.

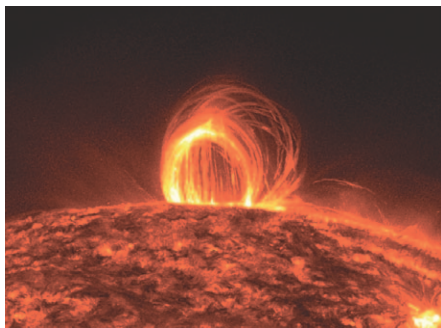
Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Күн фотосферасы дегенде оның қайсы қабатын түсінесің?
2. Күн фотосферасында жақсы бақылау жағдайында қандай объекттер зерттеледі?
3. Грануляция (түйіршіктік) қандай көріністі структура?
4. Күн дақтарының ашылу тарихы туралы айтып бер.
5. Дақтар фотосферада не үшін қарайып көрінеді?
6. Ерекше дақ және дақ топтарының магниттік өрісі ерекшеліктері қандай?
7. Күнде дақтар саны орташа қандай дәуірмен өзгереді?

14-ТАҚЫРЫП. 36-§. Күн хромосферасы мен тажы

Протуберанецтер – жалын «тіл»дері. Күннің фотосферадан жоғары қабаты хромосфера деп аталып (грекше «*хромос*» – рең), биіктігі 14000 км-ге дейінге барады (49-сурет). Бұл қабатта ұшырайтын үлкен объекттерден бірі – протуберанецтер. Күндегі бұл объекттер сыртқы көрінісімен от жалынының «тілін» еске салады. Жалын «тіл»дерінің спектрі оларда газ қысымы, температурасы мен қозғалыс жылдамдығы сияқты физикалық шамаларды анықтау мүмкін.

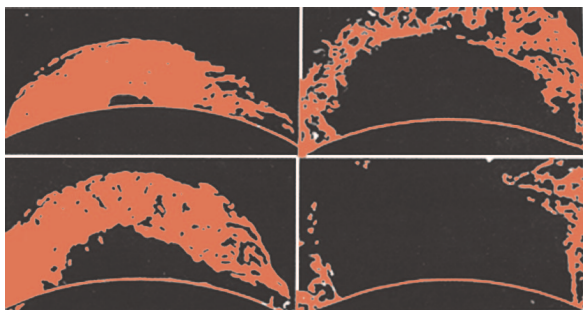
Әсіресе, 1920 жылы француз ғалымы Й. Петит ұсынған және осы кезде қолданылатын әдіс хромосфера спектрінің арнаулы сызықтарында оларды үлкен жылдамдықпен киноға алуға (секундына 16 кадр) мүмкіндік беріп, тез өзгереді протуберанецтердің эволюциясын зерттеу үшін өте тиімді болды. Протуберанецтер де хромосфераның сәулеленуі сияқты кальцийдің иондасқан сызықтары (H және K) мен сутегінің қызыл (H α – толқын ұзындығы 6562Å, 1 Å=10⁻⁸ см) сызығында күшті сәулеленеді. Сол үшін де ол көптеген обсерваторияларда (оның ішінде, Ташкент обсерваториясында да) сол сызықтың толқын ұзындығына тура келген сәулені өткізетін монохроматикалық сүзгілермен қаруланған телескоптарда зерттеледі. Бұл сәуледе (6562 Å) алынған хромосфераның көрінісінде протуберанецтер Күн маңғалында кескінделіп, созыңқы иілген қара талшықтар көрінісінде болады. Күн диаметрін білген күйде бұл талшық (протуберанец)тардың өлшемі анықталғанда, олардың ені 6000–10000 км, ал ұзындығы бірнеше жүз мың



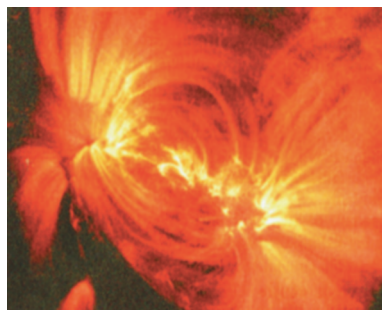
49-сурет. Хромосфера үлкен объектілерден бірі – протуберанецтер.

километрге дейін баруы белгілі болды. Жалын тілі көрінісінде Күн шетінен көтерілген протуберанецтердің биіктігі де бірнеше жүз мың километрден кем болмауы, олар Күнде қаншалықты үлкен үдерістерден бірі екендігін білдіреді.

Протуберанецтердің дамуында магниттік өрісінің рөлі үлкен. Оларға тиісті магниттік өрісінің күштенуін өлшеу мұндай тәжірибенің біраз күрделілігінен тек өткен ғасырдың 60 жылдарында ғана жолға қойылды.



50-сурет. Күн дақтарымен байланысты белсенді протуберанецтің дамуы.



51-сурет. Хромосфераның ең қуатты объекті – жарқылдар.

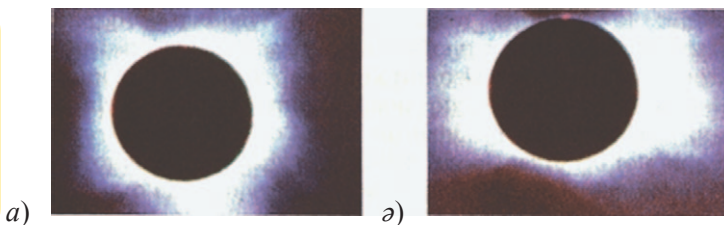
Протуберанецтер айнала хромосфераға қатысты едәуір тығыз плазма бұлттан (температурасы 5000–10000 °С, тығыздығы – 1 куб сантиметрде 10^{10} – 10^{12} бөлшекке тура келеді) құралған болып, дерлік жүз есе ыстығырақ Күн тажымен оралған. Протуберанецтер Күн дөңгелегі шетінде төбелік, пішен үйімі, ілмек тәрізді және май құйғыш сияқты түрлі көріністерде болады. Олар белсенділіктері бойынша бір-бірінен өзгешеленетін бәсең, белсенді және эруптивтік топтарға бөлініп зерттеледі. Белсенді және эруптивтік протуберанецтер Күн дақтарымен тікелей байланыста болады (50-сурет).

Хромосфера жарқылдары. Күнде байқалатын ең күшті үдерістерден бірі *хромосфера жарқылдары* болып табылады (51-сурет). Бірнеше минутқа жалғасқан жарқылдан бөлінетін энергияның мөлшері сағатына 100 триллионнан мың квадриллион киловатқа (10^{14} – 10^{18} кВт) дейін жетеді. Бұл бір күшті Күн жарқылы барысында бөлінетін энергия Жердегі бүкіл отын қорларының жануынан бөлінетін энергия мөлшеріне тең дегені.

Хромосфера жарқылдары Күн дақтарымен тығыз байланысты болып, негізінен, Күннің дақты салалары жақынында ұшырайды.

Жарқылдау саласындағы газ қозғалысын атомдардың спектрлі сызықтарының жағдайы бойынша зерттеу, түйіршіктер ағымының Күннен тыста атылу жылдамдығы секундына 500-ден 1000 километрге дейінге жетуін белгілейді. Күннен көтерілген сирек корпускуляр бөлшектердің ағымы «Күн желі» деп аталады. Мұндай «жел» 1,5–2 күнде Жер орбитасына дейін жетіп келеді. Күн желі Жерге жетіп келген соң, түрлі геофизикалық құбылыстарда өз көрінісіне ие болады және Жердің биосферасына да айтарлықтай дәрежеде әсер етеді.

52-сурет. Күн тажының оның белсенділігінің дәрежесіне байланыстылығы: а) белсенділігінің максимумында; ә) фаоклигінің төмендегенінде.



Күн тажы. Күн толық тұтылғанда, яғни Ай шарасы оны бізден бүтіндей тосқанда, Күн айналасында аспанның қара фонында, 1–2 Күн радиусы (кейде одан көп) аралыққа дейінге созылған көмескі күміс тәрізді сәуле байқалады (52-сурет). Күн тажы деп аталатын бұл құбылысты адамдар өте ертеден Күн толық тұтылған шақтарында бақылаған.

Таждың жалпы пішіні Күннің белсенділік дәрежесімен тікелей байланысты болып, ол дақтар санының *максимумға* қол жеткізген дәуірінде Күн айналасын, Күннің белсенді салаларының орналасуы бойынша, әр түрлі биіктікте орайды (52-а сурет), ал *минимум* дәуірінде күміс рең сәуле экватор жазықтығында ғана үлкенірек биіктікке көтеріледі (52-ә сурет).

Таждағы бақыланатын өзгерістер, оның ішінде, таж структурасының ерекшеліктері, Күн атмосферасының таж асты қабаттарында болатын белсенді құбылыстармен байланысты екендігін көрсетеді. Күн тажында зерттелетін ең жарық және радиус бойынша созылған ағымдары, негізінен, фотосферадағы дақты салалардың үстінде ұшырайды.

Күннің радиодиапазонда күшті сәулеленетін бөлігі оның атмосфера-сының таж қабатына тура келеді.

37-§. Күн энергиясының көзі *

Табиғаттың энергия үшін әмбебап заңынан белгілі, энергия сақталу ерекшелігіне ие: ол бардан жоқ болмайды және керісінше, жоқтан жүзеге де келмейді. Солай екен, түнде жарқырап тұрған мыңдаған жұлдыздар мен Күніміздің энергия көзі неде, деген табиғи сұрақ туылады. Күннің анықталған «жасы» дерлік 4,8 миллиард жылға тең. Мұндай үлкен дәуір барысында үздіксіз сәулеленіп жатқан Күн, оның ішінде, жұлдыздардың жоғалтып жатқан энергиясы қандай физикалық үдеріс есебіне толтырылып тұрылу ділгірлігін шешу, астрономдардың ғасырлық армандары болып есептелетін еді. 1938–1939 жылдары астрофизиктерден А.Эдингтон,

К.Вейсзеккер және Г. Вьётелер жұлдыздардың энергия көзі бола алатын ядролық реакциялардың теориялық есебін жасады.

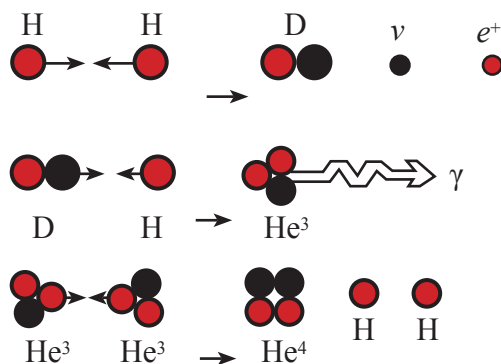
Белгілі, атом ядросын құрайтын протон мен нейтрондар өзара өте үлкен тартылыс күші (бұл күш ядролық күш деп қолданылады) мен байланысқан болады да соған сәйкес түрде байланыс энергиясы да өте үлкен болады. Егер сондай байланыстағы атом ядросына сырттан тағы бір протон немесе нейтрон кіре алса, ол жаңа ядро жасайды және ядродан айтарлықтай энергияның бөлініп шығуына себеп болады. Өйткені ядро түйірлеріне қосылған жаңа түйір ядро күштері арқылы олармен байланысады. Нәтижеде пайда болған артықша энергия ядродан протон немесе нейтронмен немесе электрон немесе позитронмен алып шығып кетіледі. Мұндай құбылыс *ядролық реакция* деп аталады. Бірақ жаңа протон немесе нейтронның ядроға кіруі оңай болмайды. Бұл үшін келіп қосылатын түйір атом ядросына ядро күштері әсеріне берілетін дәрежеде жақын аралыққа келуі (ал протон үшін ядроның итеру күшін де жеңген күйде) қажет болады. Демек, қосылатын протон немесе нейтрон ядро жаққа өте үлкен жылдамдықпен (яғни энергиямен) жақындасуы тиіс болады.

Теориялық есептеулер, жұлдыздар (оның ішінде, Күн) орталығындағы бірнеше миллион градусты температура, протондарға дәл сондай жылдамдықты бере алуын, ол жерде *термоядро реакциясы* үшін қолайлы жағдай бар екендігін мәлімдеді. Ал нейтрондар мұндай жоғары температурада тұрақтылығын жоғалтып, жарым сағатқа жетер-жетпей протон, электрон, нейтронға ыдырап кетуі және ядролық реакцияларда дерлік қатынаспауын көрсетті.

Жұлдыздар орталығындағы реакция (төрт протонның бірігіп бір гелий атомы ядросын жасауы)ның үздіксіз қайталануы, жұлдыздың сәулеленуінің арқасында ғарыштық кеңістікке таралып жатқан энергиясын толтырып тұрады. Әрбір протонның массасы атом бірліктерінде 1,00813-ті құрап, төрт протондікі 4,03252 болады. Гелий атомы ядросының массасы 4,00389 екендігін есепке алсақ, онда сол ядроны жасаушы протондар атом салмағының 0,02863 бірлігіне ($4,03252 - 4,00389 = 0,02863$) тең бұл массасы бөлінетін байланыс энергиясына эквиваленттік масса болып, ол *масса дефекті* деп қолданылады. Бір гелий ядросы жасалуында бөлінген энергия әйгілі Эйнштейн формуласы бойынша:

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

53-сурет. Күннің ядросында өтетін протон-протон циклды ядролық реакцияның іске асу үдерісі (H – сутегі, D – дейтерий, ν – нейтрино, e^+ – позитрон, He^3 – гелий изотобы, He^4 – гелий, γ – гамма квант).



ға тең болады. Бұл жерде: $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с – жарық жылдамдығы, m – масса деффекті. Есептеулер: Күн орталығында сол жолмен, әр секундта бөлініп жатқан энергия $4 \cdot 10^{26}$ Вт-ні, яғни оның әр секундта жоғалып жатқан энергиясына тең энергияны құрайтынын белгілейді. Қазіргі кезде төрт протоннан гелий ядросы жасалуы туралы екі кезектесу реакциясы белгілі болып, олардан біріншісі *протон-протон циклды* (53-сурет) (дәл Күн орталығында жүзеге келетін), ал екіншісі *көміртектен-азот циклды* (көбінесе жоғары сырт температуралы жұлдыздар орталығында өтетін) деп қолданылады.

38-§. Күн белсенділігі және оның Жерге әсері *

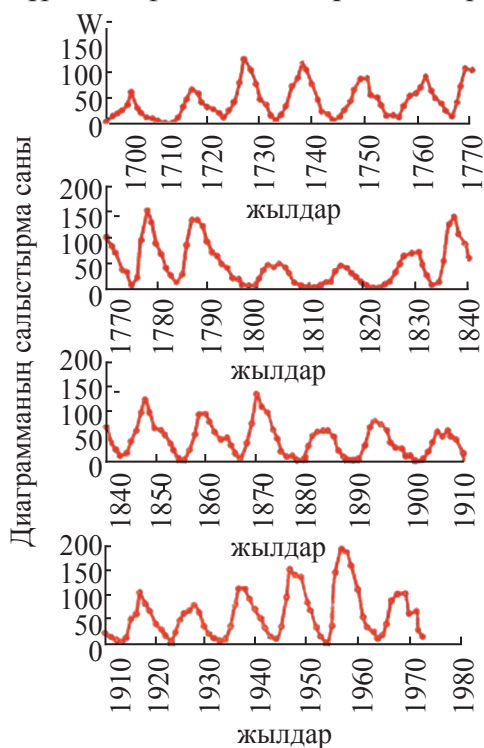
Жерде зерттелетін көптеген физикалық және биологиялық құбылыс-тардың өтуі, атап өтсек, ауа райының өзгеруі, әр түрлі аурулардың кезеңдік түрде қайталануы, ионосферадағы құбылыстар, Жердің магниттік өрісі «борандары» және ғарышкерлер үшін сәулелену қаупінің туылуы – бұлардың бәріне Күнде жүзеге келетін түрлі белсенді үдерістер себепші екендігі ғылымға көптен бері белгілі. Тіптен, бұл ділгірлік толық шешілмеген болса да, Күн белсенділігінің Жерде зерттелетін, ескерілген құбылыстармен байланыстылығын зерттеу саласында көп жетістіктерге қол жеткізілді.

Бір-бірінен дерлік 150 миллион километр шалғайда орналасқан бұл екі аспан денесі (анығы, Күн мен оның серігі Жер) арасындағы өтетін тығыз мұндай байланыс қалай түсіндіріледі? Бұл үлкен аралықта делдалдық рөлін не ойнайды? деген сұрақ туылады.

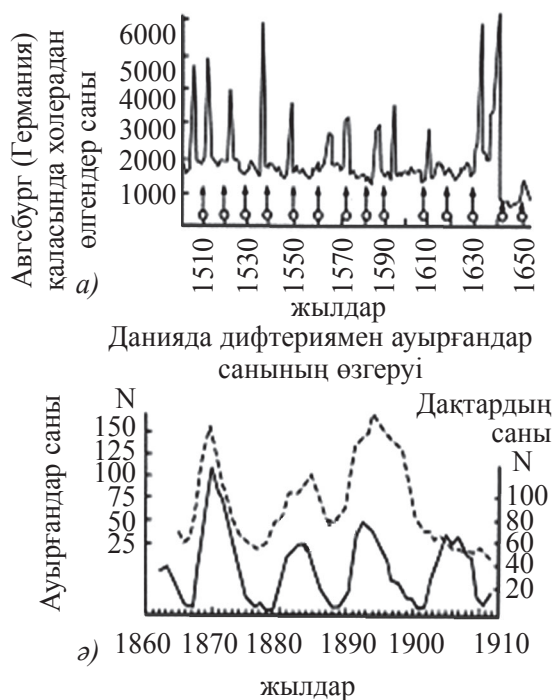
Жерде тіршілік көзі Күн екендігі және мұнда Күн сәулелері жарық беруші және жылулық таратушы негізгі құралы екендігі ежелден белгілі. Бірақ сонымен бірге, Күннің электромагниттік толқындарының көзге көрінбейтін

қысқа толқынды диапазондарында да жеткілікті интенсивтік сәулелену анықталған. Бұл сәулелер ультракүлгін, рентген және гамма-сәулелері болып, Күндегі белсенді құбылыстар бұл сәулелер интенсивтілігінің артуында негізгі дереккөз болып қызмет етеді. Күн жарқылдары мен эруптивтік протуберанецтердегі жарылыстар арқасында бұл сәулелер ағымына үлкен энергиялы элементарлық түйірлер ағымы да қосылады. «Күн желі» деп аталатын бұл ағымның интенсивтілігі Күн белсенділігінің фазасына сәйкес түрде өзгеріп отырады.

Күннен келе жатқан корпускуляр түйірлер, радиациялық сәулелер интенсивтілігінің бұл түрде өзгеріп тұруы Күндегі дақтар санының өзгеріп тұруымен бірдей жүреді. 54-суретте Күн белсенділігінің соңғы бірнеше он жылдағы өзгерісі көрсетілген. Сөз жоқ, Күн желі Жерге жетіп келген соң, түрлі геофизикалық құбылыстардың, оның ішінде, магнит борандарының



54-сурет. Күн белсенділігінің (дақтары санының жылдар бойы) өзгерісінің графигі.



55-сурет. Күн белсенділігі фазаларымен холера (а) – шеңберлер және белсенділігінің максимум жылдары); дифтерия (ә) ауруларының бірден жайылуы фазалары арасындағы байланыс.

пайда болуына себеп болады. Күн белсенділігі, бірінші кезекте, Жер атмосферасының жоғары қабаттарында «жаңғырық үн» беріп, әдемі полюс сәулелерін жүзеге келтіреді. Күн сәулеленуі сондай-ақ, ионосфераның иондану дәрежесін шұғыл арттырады. Ал бұл, сондай-ақ, атмосфераның сол қабаттарының электр өткізгіштігі электромагнит сәулелерді қайтара алу қабілетіне кері әсерін тигізеді.

Кейде Күннен келе жатқан күшті корпускуляр ағым, жоғары концентрациялы ионосферада қысқа толқынды радиосәулелердің жұтылу дәрежесін арттыратыны соншалық, нәтижеде ұзақ аралыққа қысқа толқынды радиосигналдардың берілуінде бірнеше минутты үзілу жүзеге келеді.

Күн белсенділігі және Жерде жүзеге келетін эпидемиялық аурулар арасындағы байланысты зерттеуде орыс ғалымы профессор А.Л.Чижевскийдің үлесі үлкен. Ол кең таралатын індет, оба, күл ауру, қайтарма сүзек, көмей ауруы сияқты эпидемиялық ауруларды зерттеп, олардың басталуы, дамуы және жойылуы Күн белсенділігінің түрлі фазаларына сай келуін анықтады (55-сурет).

Ал Р.П.Богачева және В.М. Байко сияқты ғалымдар соңғы бірнеше он жылдық дәуірде полиомиелит (жұқпалы ми салқындауы) аурулары динамикасын Рига мен Өзбекстанда зерттеп, бұл аурулардың өрбуі Күн белсенділігі дәуірлік өтуіне сай келуін анықтады. Ғалымдар Күн жарқылының жүйке және жүреқтамыр ауруларына әсерін зерттеп, оның жүйке және жүрек дерті мен Күн жарқылы арасында күшті байланыс бар екендігін тапты. Біз Күн белсенділігінің Жер ауа райы жағдайы, өсімдіктер биологиясы мен басқа үдерістерге ықпалы ділгірліктеріне тоқталмадық. Бірақ тексерулердің көбісінде Күн белсенділігі бұл үдерістерде де өз көрінісін табуын көрсетеді.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Күн атмосферасының қайсы қабаты хромосфера деп аталады?
2. Протуберанестердің Күн дақтарымен байланыстылығы бар ма?
3. Хромосфера жарқылдарының қуатын қалай ұғынасын?
4. Күннің радиосәулеленуі, негізінен, атмосферасының қайсы қабатында жүзеге асады?
5. Күн энергиясының қайнар көзі неде?
6. Күн белсенділігі ондағы қайсы объекттердің санына қатысты белгіленеді?
7. Күн белсенділігі Жер атмосферасындағы қандай құбылыстарда және қандай аурумен ауырған ауруларға кері әсерін тигізеді?

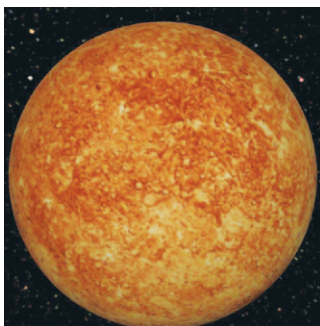
15-ТАҚЫРЫП. 39-§. Жер тобындағы ғаламшарлар.

Меркурий және Шолпан

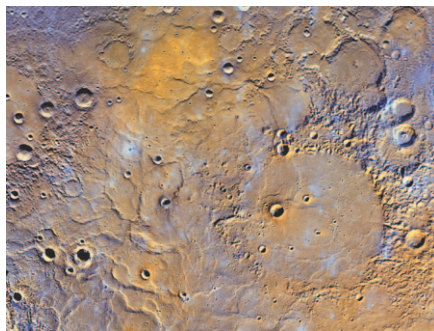
Меркурий. Күн жүйесіндегі сегіз ғаламшар ішінде Күнге ең жақыны Меркурий болып, ежелде оны арабтар Уторуд деп атаған. Уторудтың орбитасы басқа ғаламшарлардікінен ерекшеленіп, созылыңқы эллипс пішінде болып табылады. Сол үшін де бұл ғаламшардың Күннен ұзақтығы 0,31-ден 0,47-ге астрономиялық бірлікке дейін өзгеріп тұрады. Ғаламшардың Күннен орташа ұзақтығы 57,91 миллион километрді құрайды. Меркурийдің диаметрі 4879 километр болып, оның сыртында тартылыс күші Жердікінен 2,6 есе кем. Басқаша айтқанда, салмағы Жерде 80 кг болған адам Меркурийде небары 30 кг шығады. Бұл ғаламшар өз орбитасы бойымен секундына орташа 48 километр жылдамдықпен қозғалып, Күн айналасын 87,97 күнде толық айналып шығады.

Меркурий сыртының күндізгі орташа температурасы +345 градусқа дейін (Күн тік келген жайларда +480°-қа дейін – Цельсий шкаласында) көтерілген жағдайында, түнде –180 градусқа дейін төмендейді.

Ғаламшарлараралық автоматтық станция 1974 жылы Меркурийден 47 мың 981 километрлік арақашықтан өтіп жатып, ғаламшар сыртының 500-ге жуық сапалы суреттерін алды. Бұл суреттер ғаламшар «бетінің түзілісі» жағынан Айға өте ұқсастығын көрсетеді. Ай сыртындағы сияқты Меркурий беті де метеориттер соққысынан «талаураған» болып, түрлі шамалардағы кратерлермен қапталғаны, «Маринер-10» алған ғаламшар суреттерінен анық көрініп тұр (56 және 57-суреттер).



56-сурет. Меркурийдің сырты («Маринер-10» ҒА алған сурет).



57-сурет. Меркурий сыртының рельефі.

Меркурий сырт жыныстарының тығыздығы Айдікіндей, яғни $3,0-3,3 \text{ г/см}^3$, орташа тығыздығы $5,44 \text{ г/см}^3$ екендігі оның орталық бөлігінде темір ядросы немесе ең кемінде силикаттық жыныстар үлкен қысым астында металдық қалыпқа өтіп жатқандығын білдіреді. Ғаламшар өте сирек атмосфераға ие.

Меркурийдің серігі жоқ.

Шолпан. Көне рим аңызында махаббат құдайының атымен аталған бұл ғаламшардың Күннен орташа ұзақтығы 108,81 миллион километр болып табылады. Шолпан (өзбекше аты Зухра) орбитасы бойымен секундына 35 километр жылдамдықпен қозғалып, 225 күнде Күн айналасында бір рет толық айналып үлгереді.

Анықтығы жағынан Күн мен Айдан кейін тұратын бұл ғаламшар өте ертеден адамдардың назарын өзіне аударып, қозғалмайтын жұлдыздар фонында қозғалуы бірінші болып байқалған «адасқан» шырақ болып табылады. Ол жиі-жиі таң сәріде Күн шығудан алдын шығыстан жарқырап көрінгендіктен оған «Таң жұлдызы» деп ат берілген.

1610 жылы-ақ Г. Галилей өзі жасаған телескопта оны бақылап, Шолпанның Ай сияқты түрлі фазаларда болуының куәсі болды. Бұл құбылыс, Шолпан да Ай сияқты шар пішініндегі аспан денесі екендігінің алғашқы дәлелі еді. Шолпанның үлкендігі дерлік Жердікіндей болып, диаметрі 12 мың 104 километрді қамтиды.

1761 жылы 6 маусымда ғаламшардың қозғалысы Күн маңғалында кескінделіп өтті. Мұндай ғажап құбылысты зерттеген орыс ғалымы М.В. Ломоносов Шолпанның қалың атмосферамен қапталғанын анықтады.

Ғаламшарды ғарыштық аппараттармен тексеру XX ғасырдың 60 жылдарынан басталған, бұл Шолпанға тиісті көп жұмбақтарды шешуге жол ашты. Нәтижеде Шолпанның өз білігі және Күн айналасында шын айналу дәуірлері анықталды.

Белгілі болуына қарағанда, ғаламшардың айналу білігі оның орбита жазықтығына дерлік тік орналасып (анығы 93°), онда Жердегідей жыл мезгілдері байқалмайды. Сондай-ақ, ғаламшарды радиотолқында зерттеу, Шолпанның өз білігі айналасында жұлдыздарға қатысты айналу дәуірі 243,16 күнге теңдігін және ол Күн жүйесінің (өз білігі айналасында) шығыстан батысқа қарай айналушы бірегей ғаламшары екендігін белгілі етті. «Таң жұлдызы»ның бір күні, яғни Күнге қатысты өз білігі айналасында айналу дәуірі 117 Жер күніне тең болып, бір жылы оның екі күнінен сәл кемірек шығады.



58-сурет. Шолпанның «Шолпан-14» ғарыштық аппаратта алынған суреті.

Әсіресе, Шолпанға саяхатқа аттанған «Шолпан-14» және «Шолпан-15» ғарыштық аппараттары ғаламшарды зерттеу тарихында маңызды орынға ие. «Шолпан-14» қондырылушы аппараты ғаламшар сыртынан тікелей алған бірінші суреттерді Жерге берді (58-сурет).

Кейін келе жолға шыққан АҚШ-тың «Пионер-Шолпан-1 және 2» станцияларының қондырушы аппараттары Шолпан атмосферасы және сыртына тиісті төмендегі жаңа мәліметтерді қолға енгізді: ғаламшар атмосферасының қысымы өте жоғары болып, ғалымдар мүлдем күтпеген мөлшерді – 90 атмосфераны көрсетті. Оның 97%-ын карбонат ангидрид, 1%-ын су булары құрап, ал оттегі небары 1,5%-ды құрайтыны белгілі болды. Ғаламшар сырты жақынында өлшенген температура +470°C шықты. Мұндай жоғары температура ғаламшар атмосферасында карбонат ангидридтің молдығымен түсіндіріледі.

Ғаламшар бұлттарында сәуленің шашылуын зерттеу, оларды құраған тамшылар, негізінен, сульфат қышқылдың 75–85%-ды судағы ерітіндісі деген қорытындыға себеп болды. Ғаламшар сыртынан 40 километрге жуық биіктікте желдің жылдамдығы секундына 100–140 метр болған күйде, 10 километрге жуық биіктікте ол шұғыл кеміп, 3–4 м/с-ке түсіп қалады.

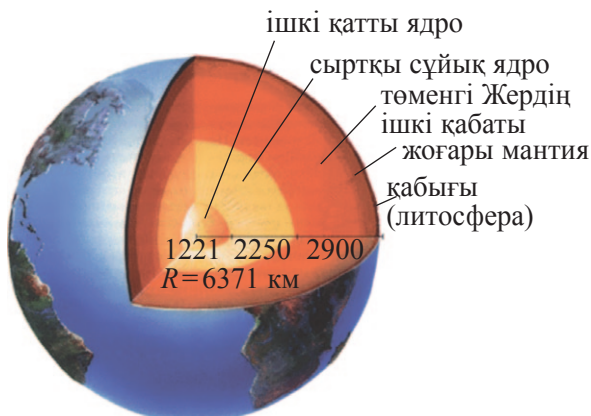
1991 жылы Халықаралық Астрономиялық Одақтың (ХАО) Бас Ассамблеясы Шолпанның 116 рельефті элементіне әлемге әйгілі әйелдердің атын берді. Мақтаныш етерлігі сонда, бұл тізімде отандасымыз ақын Надыра бегімнің де аты бар. Шолпандағы кратерлерден бірі оның атымен аталатын болды.

40-§. Жер және оның табиғи серігі Ай. Марс

Жер Күннен ұзақтығы бойынша үшінші орында тұратын ғаламшар болып, Жер тобындағы ғаламшарлар ішінде ең ірісі болып есептеледі. Жер,



59-сурет. Жердің Ай сыртында тұрып алынған суреті.



60-сурет. Жердің ішкі түзілісі.

аспанда өте әдемі көріністе болуын оның Ай сыртынан алынған суреті толық дәлелдейді (59-сурет). Ғаламшарымыздың экваторлық радиусы 6378 километр. Жер Күн айналасында секундына шамамен 30 километр жылдамдықпен қозғалып, 365,24 күнде оның айналасында бір рет толық айналып шығады. Ғаламшарымызда бір жылда төрт мезгілдің бақылануынан Жер білігінің орбита жазықтығына $66,5^\circ$ ауытқуымен түсіндіріледі.

Жер өз білігі айналасында 23 сағат 56 минут 4 секундта толық айналып шығады. Бұл оның шын айналу дәуірі болып табылады. Бірақ оның Күнге қатысты орташа айналу дәуірі 24 сағат деп қабылданған.

Жердің орташа тығыздығы әр куб сантиметрде 5,51 грамға тең болып, массасы шамамен $6 \cdot 10^{24}$ килограмм. Ғаламшарымыздың атмосферасы мыңдаған километр биіктікке дейін созылып, салмағы дерлік 5 мың 160 триллион тонна келеді. Мұндай қалың атмосфера Жерде тіршіліктің пайда болуы мен дамуында маңызды рөл ойнаған. Атап өтсек, 20–30 километр шамасы биіктікте орналасқан озон қабаты, Күннің қысқа толқынды ультракүлгін сәулелерін күшті сіңдіріп, барлық тірі жануарларды, оның ішінде, адамзатты мұндай сәулелердің қауіпті әсерінен сақтайды. Атмосфераның 21%-ға жуығын оттегі, шамамен 78 %-ын азот, ал қалған бөлігін басқа газдар: аргон, карбонат ангидрид және су булары құрайды.

Жер гидросферасы оның сыртының дерлік 71%-ын құрайды. Құрлықтың орташа биіктігі теңіз деңгейінен 875 метр болған жағдайда, Дүние мұхитының орташа тереңдігі 3800 метрге дейінге барады.

Мұздықтар ғаламшарымыздың едәуір бөлігін қамтып, негізгі бөлігі Антарктида және Гренландия құрлықтарын қамтиды.

Жердің 3450 км тереңдігінен ішкі бөлігінде сұйық күйдегі *ядро-сы* анықталған. Бұл ядро негізінен екі – радиусы 1221 км дейін баратын ішкі – қатты және оның үстінде 2250 км қалыңдықтағы сұйық бөліктерден ал үстіңгі бөлігі 2900 км-лі ішкі қабаттан құралған (60-сурет).

Литосфераның қатты астыңғы қабаты да бір жынысты болмай, шамамен 40 километр тереңдікте кескін шекара бар екендігі анықталды. Бұл сырттан жоғары қабат *литосфера қабығы*, ал асты *ішкі қабаты (мантия)* деп қолданылады. Температура Жер орталығына қарай арта түсіп, ішкі қабатының төменгі астында 5000 °С, ал орталықта 10 000 °С-ға дейін барады.

Жер алып магнит болып, *61-суретте* Күн «желі» әсерімен оның күш сызықтар структурасының өзгерісі көрсетілген.

Жердің геомагнит полюстері географиялық Жер полюстерімен бетпе-бет түспейді. Солтүстік геомагнит полюсінің географиялық ендігі 78°5', ал бойлығы 290° шығыстық бойлықты құрайды. Басқаша айтқанда, геомагнит білік Жер білігіне 11,5°-лі бұрыш астында жатады. Геомагнит өрісінің күште-нуі экватордан полюске қарай 0,25–0,35-тен 0,6–0,7 Ерстедке дейін артады.

Ай – Жердің табиғи серігі. Жерге ең жақын аспан денесі Ай, ол ғаламшарымыздың табиғи серігі болып табылады (62-сурет). Айдың Жер айналасындағы орбитасы барлық ғаламшарлардың Күн айналасында ай-налу орбитасы сияқты эллипс көрінісінде. Сондықтан ол Жерге ең жақын келгенде 363 400 километр, ал ең ұзақтағанда (апогейде) 40 5400 километр арақашықтықта болады. Айдың диаметрі 3476 километр, оның көлемі Жер



61-сурет. Жер магнитосферасының
структурасы.



62-сурет. Ай – Жердің табиғи
серігі.

көлемінің жүзден екі бөлігін құрайды. Ай массасы Жер массасынан 81 есе кем болып табылады. Ай сыртында тартылыс күші Жердегіден 6 есе кем. Оның сыртында еркін түсу жылдамдығы $1,63 \text{ м/с}^2$. Айдың орташа тығыздығы $3,3 \text{ г/см}^3$, яғни Жердікінен 1,5 есе кем. Күндіз талтүсте Айдың экваторы айналасында температура $+120^\circ\text{C}$, ал түн жарымда -150°C -ты құрайды.

Ай аспанында жұлдыздар, Күн тажының көрінісі мен шапақ көрінбеуінің себебі Ай сыртында атмосфераның жоқтығынан болып табылады, өйткені Күн шыққаннан түс болғанша 7 күн 9 сағат уақыт кетеді.

Ай аспанының ғажап құбылыстарынан бірі ғаламшарымыз Жердің көрінісі болып табылады (59-суретке қара). Жер әдемі, көкшіл шар пішінінде, Айдың аспандағы көрінісінен төрт есеге дейін үлкен көрінеді. Жер де аспанда Ай сияқты түрлі фазаларда көрінеді. Бұл жағдай оның Күнге қатысты Айдың қай жағында тұруына байланысты. Жер өзінің «толған Жер» фазасында болғанында, Ай сыртын толған Ай Жерді жарықтандырғанынан 40 есеге дейін анығырақ жарықтандырады. Ай аспанында «толған Жер» бақыланатын кез – Жерден қарағанда Айдың жаңа Ай фазасы уақытына тура келеді.

Айда да ойпаттар (теңіздер деп аталады), төбеліктер, таулар бар (63-сурет). Бұл объектілерді бірінші рет Г.Галилей 1610 жылы өзі жасаған телескоптан Айды бақылау кезінде тапқан.



63-сурет. Ай кратерлері және «теңіздері».

Айдағы таулардан ең ірілері Алп, Апеннин және Кавказ таулары болып табылады. Таулардың биіктігі кейде 9 километрге дейінге жетеді. Сондай-ақ, Айда дөңгелекті таулар көптеп ұшырайды.

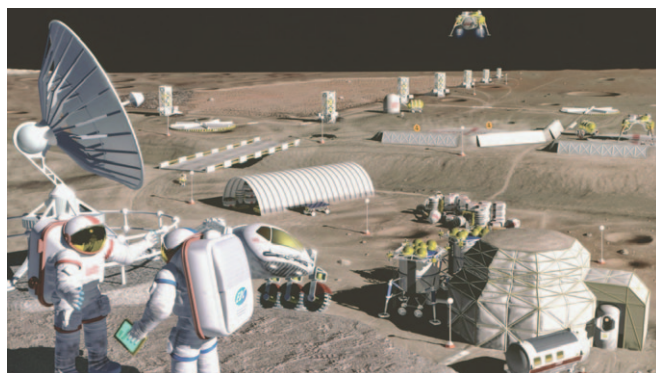
1969 жылдың шілдесінде АҚШ-тың «Аполлон-11» ғарыштық кемесінде екі астронавт – Армстронг пен Олдрин Айға тұңғыш рет аяқ басты (64-сурет). Олар Ай үстінде ұзақ серуендеп, Жерге Ай сырты тастары, топырағы, кристалдарымен қайтты. XX ғасырдың 60–70 жылдары «Аполлон»дар жалпысы Айға 12 астронавты сәтті қондырып, Жер серігінің рельефі, физикалық табиғатына тиісті құнды мәліметтерді қолға енгізді.



64-сурет. «Аполлон» ғарыштық кемесі экипажының Ай сыртында серуен құрған кезі.

Айды зерттеудің ғылым үшін маңыздылығы атмосферадан бөлек екендігінде болып табылады. Айға орнатылған кіші бір телескоп Жердегі үлкен телескоптар арқылы алынған аспан денелерінің суреттерінен бірнеше есе сапалы фотоматериалдарды алу мүмкіндігіне ие. Айда атмосфера жоқ болғаны үшін ол жерге орнатылған арнаулы телескоптарда ультракүлгін, рентген және гамма-толқындарға сәулеленетін қуатты көздердің физикасын зерттеудің мүмкіндігі бар. 65-суретте келешекте Айда құрылысы көзделген ғылыми станциялардан бірінің жобасы көрсетілген.

Марс. Рим аңызында соғыс құдайы Марс атымен аталатын Жер типіндегі төртінші ғаламшардың орбитасы Жер орбитасынан тыста жатады. Оның Күннен орташа ұзақтығы 227,94 миллион километр. Марс біршама кіші



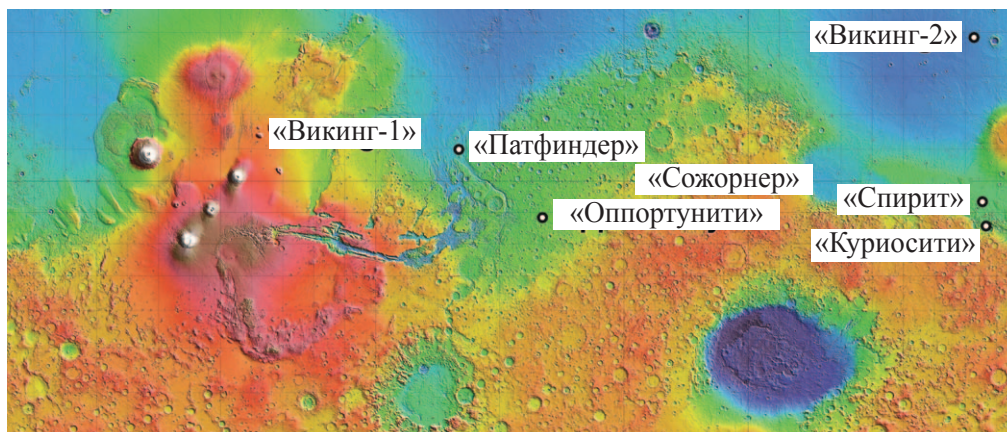
65-сурет. Келешекте Айда құрылуы болжамданған ғылыми станция.

ғаламшар, оның диаметрі 6779 километр, ал массасы $6,39 \cdot 10^{23}$ кг (Жер массасының 0,107 бөлігін құрайды). Орташа тығыздығы да Жердікінен біраз кем – $3,94 \text{ г/см}^3$. Еркін түсу жылдамдығы – $3,72 \text{ м/с}^2$.

Марс өзінің физикалық табиғаты жағынан Күн жүйесінің ғаламшарлары ішінде Жерге «туыс»тығымен ерекшеленіп тұрады. Марс тәулігі 24 сағат 39,5 минутқа тең. Оның айналу білігінің орбита жазықтығына ауытқушылығы да Жердікінен кем өзгешеленіп, $65^\circ 12'$ -ге тең. Бірақ Марс жылының ұзындығы 686,98 Жер тәулігіне (немесе 669 Марс тәулігіне) тең. Ғаламшардың 35° ендігінде күз мезгілінде, талтүске жақын температура -20°C , кешке -40°C , ал түнде -70°C -қа жетеді. Қыс мерзімінде 40° -ты ендікте температура -50°C -тан, ал 60° -ты ендікте -80°C – 90°C -тан аспайды. Марс сыртының минималдық температурасы оның полюстерінде бақыланып, ол қыста -125°C -тан төменге түспейді.

Марстың атмосферасы өте сирек, сыртында орташа қысым 6,1 миллибарға тең (1 бар шамамен 1 атмосфера). Марс атмосферасының 95 %-ы карбонат ангидрид, 2,5%-ы азот, 1,52 %-ы аргоннан және өте кем мөлшердегі оттегі (0,2%) және су буынан (0,1%) құралған.

Марстың 20° -тан 55° -ке дейінгі солтүстік ендіктері арасынан орын алған және дерлік 2000 километрге созылған Эллада ойпаты кратерлерден бөлек. Оңтүстік жартышардағы басқа бір ірі аланды ойпат Аргир деп аталады (66-сурет). Аргирден солтүстік-батыс жақта үлкен жанартаулы таулар орналасқан



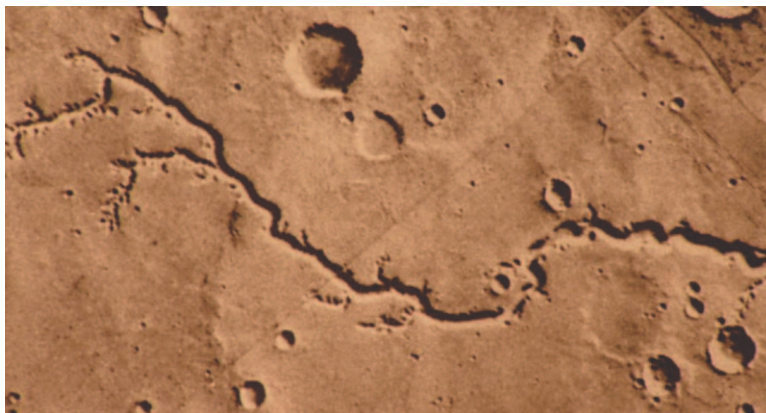
66-сурет. Марстың Эллада, Тарсис және Аргир ойпат алқабының картасы. (бұл ойпаттарға қонған ғарыштық аппараттың аты).

ойпат – Тарсис жалғасады. Оның артында, солтүстік жартышарда, әйгілі Амазония мен Утопия ойпаттары орналасқан. 50° параллельден 70° параллельге дейінгі Үлкен Сахара жалғасып, ол Солтүстік полюсті қоршайтын тау шеңберімен шекараланады.

Марс рельефінің негізгі кереметтерінен бірі – ғаламшар таулары. Ғаламшардың Тарсис ауданында төрт конус пішіндегі тау көк тірейді. Бұл таулар жанартаулы үдеріс әсерімен жүзеге келген, олардан ең оңтүстікте орналасқан Арсия тауы төбесіндегі кратердің диаметрі 130 километр. Бұл таулардың ішіндегі ең ірісі Олимп тауы, ол Жердегі жанартаулы таулардан бірнеше есе биік тұрады. Олимп тауы конусы негізінің диаметрі 600 километрге, ал биіктігі 27 километрге жетеді.

Марс рельефінің ең қызық объектілерінен бірі ұзындығы бірнеше жүз километрге дейін созылған жарлар болып табылады. Арсия тауынан 20° шығыста сондай жарлардан бірі орналасқан, оның ұзындығы 400 километрге дейін, ендігі кейбір жерлерінде 30 километрге дейін, ал тереңдігі 2 километрге дейін барады.

«Қызыл ғаламшар» сыртында зерттелетін басқа бір «тылсым» дария өзендері болып табылады. Бұлардың ішінде 30 градустар шамасы оңтүстік ендікте орналасқан Ниргаль деп аталған дария өзені 400 километрге дейінге созылған (67-сурет). Сондай-ақ, ұзындығы 700 километрге дейінгі басқа бір дария өзені Маадимнің кеңдігі кей жерлерінде ендігі 80 километрге дейінге жетеді. Бұл дария өзендерінде қазір ешқандай сұйықтық ақпайтыны анық.



67-сурет. Марстың Ниргаль деп аталған дария өзені.



68-сурет. Марс үстінің «Викинг-1» (АҚШ) жағынан алынған суреті.



69-сурет. Марстың Фобос деп аталатын серігі (өлшемі 18×22 км).

1976 жылы Утопия жазықтығына қонған «Викинг-1», айнала суретін Жерге берді. Суреттерде әр түрлі шамадағы үлкен тастар мен топырақ құм төбелері көзге айқын түседі. Мұндай құм төбелердің пайда болуына боран себепкер болғаны көрініп тұр (68-сурет). Сондай-ақ, суреттегі кейбір кратерлер түрінде бақыланған және су буларынан құралған тұман Марс қойнауында су қорлары (мұз күйде) бар екендігіне дәлел бола алады. Марста анықталған жағдай онда тіршілік (микроағзалар) болуы мүмкін деген қорытындыны білдіреді. Марстың екі табиғи серігі бар. Олардан бірі Фобос (Қорқыныш), ал екіншісі Деймос (Үрей) деп аталады. Фобостың екі өзара перпендикуляр өлшемдері, сәйкес түрде, 18 және 22 километр болып (69-сурет), Деймостың сондай өлшемдері 10 және 16 километрді қамтиды. Фобос Марс сыртынан орташа 6000 км әріде – оның айналасында 7 сағат 3 минутта айналып шыққан жағдайда, Деймос ғаламшардан 20000 км әріде 30 сағат 18 минутта айналып шығады.

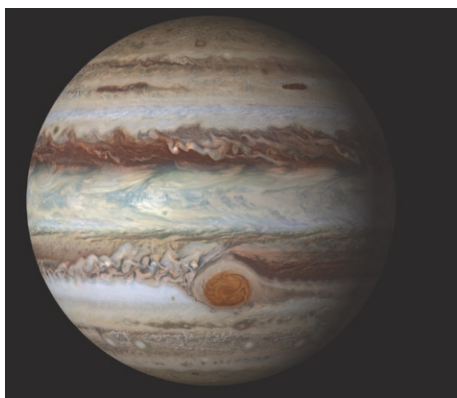
Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Меркурийдің өлшемдері туралы қандай мәліметтерді білесің?
2. Шолпан атмосферасы, ондағы физикалық жағдай (температурасы, қысымы) және құрамы жайында нелерді білесің?
3. Ғаламшарымыз Жер туралы жалпы мәлімет бер. Жер қандай ішкі қабаттардан түзілген?
4. Айдың рельефі туралы нелерді білесің?
5. Марс қандай ерекшеліктерімен Жерге жақын саналады?
6. Марста бақыланған дария өзендері шынайы өзендер ме?

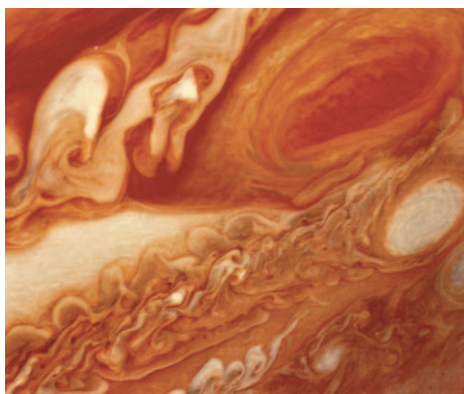
16-ТАҚЫРЫП. 41-§. Алып ғаламшарлар, олардың серіктері мен шеңберлері

Юпитер. Күн жүйесінің ғаламшарлары ішінде ең ірісі есептелген Юпитер табиғаты және түзілісі бойынша жұмбақтарға бай екендігімен астрономдардың назарын өзіне аударады. Юпитердің орташа радиусы Жер радиусынан дерлік 11 есе үлкен. Бұл үлкен ғаламшар Күн айналасында орташа 778,5 миллион километрлі аралықта айналады. Ғаламшардың Күн айналасында айналу жылдамдығы секундына 13 километр болып, 12 жылда бір рет айналып шығады.

Қызығы сонда, Юпитердің өз білігі айналасында айналуы Жер типіндегі ғаламшарлардікінен айырмашылығы болып, экватор бөлігі жылдамырақ – 9 сағат 50 минутты дәуірмен, ал түрлі ендіктерде түрліше бұрыш жылдамдықпен айналады. Оның массасы Жер массасынан 318 еседен ауыр болып табылады. Сол үшін Юпитердің тартылыс күші Жердегіден екі жарым есе артық. Бұл үлкен ғаламшарға табиғаты әлі күнге дейін жұмбақтығын сақтап келе жатқан объекттер – ені бірнеше мың километрге дейін баратын оның экваторға параллель қара қызғыш таспалары тән болып табылады (70-сурет). 1878 жылы табылған ұзындығы 30 мың, ені 13 мың километрге созылған Үлкен Қызыл Дағы (71-сурет) ғаламшардың тәуліктік айналуында қатысуымен бірге, ол жақ-бұл жаққа бірнеше градусқа дейін ығысып тұрады.



70-сурет. Юпитердің жалпы көрінісі.



71-сурет. Юпитер сыртында бақыланатын Үлкен Қызыл Дақ.

Юпитер атмосферасы сутегі, гелий, жартылай метан және аммиак газдарынан құралған. Алынған мәліметтер онда гелийдің мөлшері ғаламшар атмосферасының 9%-на тең екендігін көрсетті. Ғаламшар атмосферасының негізгі бөлігін сутегі (90%) құрайды.

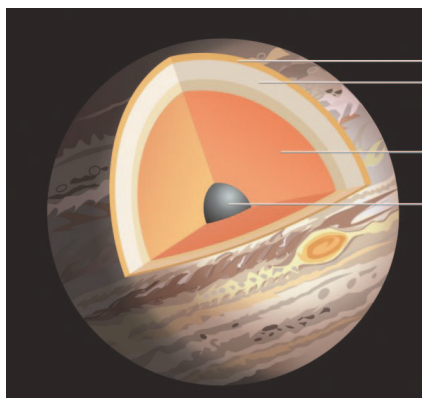
Алып ғаламшар атмосферасында су буларының табылуы да үлкен оқиға болды, өйткені ғалымдар оның бұлтты қабаттарының анықталған температурасы -130°C -тан төмен болып, мұндай температурада су булары әрқашан мұз күйінде ғана болуы мүмкін деп болжайтын.

Алып ғаламшардың магнит өрісі болып, ол Күннен келе жатқан оң және теріс зарядты ғарыштық түйірлермен әсерлесіп, оларды өз сферасында «тор»ға түсірген, нәтижеде мұндай жағдай ғаламшар айналасында Жердікіне ұқсас *күшті сәулелену белдеулерінің* пайда болуына себеп болған.

Юпитер Күннен Жерге қатысты 5 есе артық арақашықтықта болғандықтан, бұл ғаламшар аудан бірлігінің Күннен алатын энергиясы Жердікінен 27 есе кем. Бірақ, соған қарамай, ғаламшардың толық ауданы, негізінен, радио және инфрақызыл диапазондарда, оның Күннен алатын энергиясынан дерлік 2,5 есе көп энергиямен сәулеленеді.

Ғаламшар жайында қолға енгізілген ең соңғы мәліметтер негізінде бұл үлкен ғаламшардың ішкі түзілісі математикалық жағдайға сәйкес өзгертілді. Сол модель бойынша, Юпитер атмосферасының тереңдігі $\approx 10^4$ км болып, бұл шекарадан төменде сұйық фаза көрінісіндегі массасы орналасқан, ғаламшар орталығында ауыр элементтерден құралған қатты күйдегі ядро бар, деп болжам жасалады. Ол жерде қысым бірнеше он млн. atm болып, температура 15 000–25 000 $^{\circ}\text{C}$ дейінге барады (*72-сурет*).

Юпитер өз серіктерімен үлкен бір «жанұя» құрайды, оның табылған серіктерінің саны майдаларымен қоса есептегенде 60-тан асып кетеді. Ғаламшардың бұл серіктерінен төрт ең ірісін 1610 жылы Г.Галилей тапқан (*73-сурет*). 1979 жылы наурыз айында Юпитерден 278 мың километр әріден өткен АҚШ-тың «Вояжер-1» және кейін келе «Вояжер-2» автоматтық станцияларының Юпитер және оның серіктерін зерттеуде қызметтері өте үлкен болды (*74-сурет*). «Вояжер» түсірген суреттерде ғаламшардың 30 мың километрге созылған полюс сәулесі және атмосферасында жасылды еске салатын жарқыл бақыланды. Сондай-ақ, ғаламшар сыртынан 57 мың километр биіктікте, кеңдігі 8 мың 700 км және қалыңдығы 30 километрден үлкен болмаған, Сатурндікіне ұқсас шеңбері бар екендігі де белгілі болды.



Атмосфера
Сұйық сутегі
Сұйық металды сутегі
Ядро



Еуропа

Ио

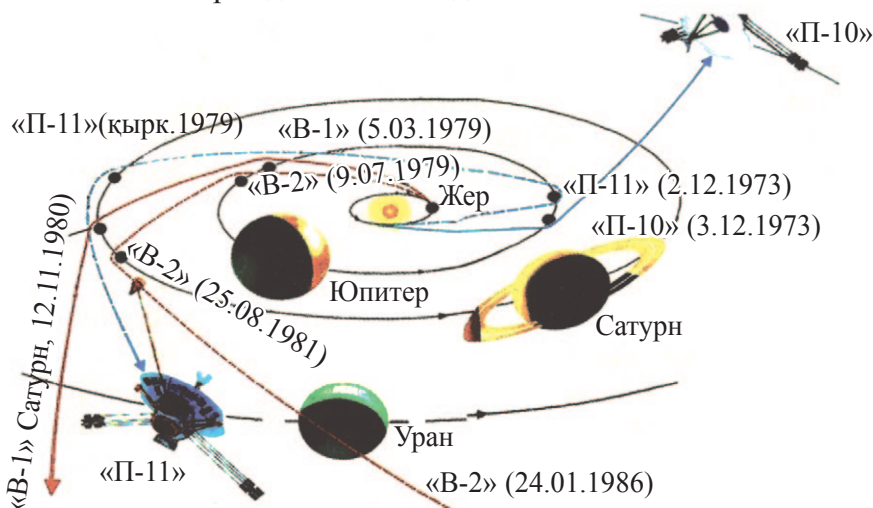
Каллисто

Ганимед

72-сурет. Юпитердің ішкі түзілісі.

73-сурет. Юпитердің Галилей серіктерінің салыстырмалы өлшемдері.

Автоматтық станция ғаламшардың серігі Иодан ең жақын (19 мың км) аралықтан өтіп жатып, оның сыртында қазіргі кезде «әрекеттегі» *жанартауды* (биіктігі 160 км), бірнеше жүз километрге созылған тау тізбектері мен жарларды анықтады. Каллистодағы кратерлерден бірі бірнеше концентрлік тау шеңберлерімен қоршалған болып, кейбір орындарда бұл тізбектердің аралығы 1600 километрге дейінге жетеді.



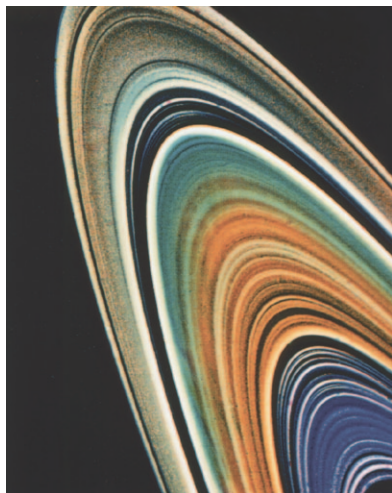
74- сурет. «Пионер-10», «Пионер-11» («П-10», «П-11») және «Вояжер-1», «Вояжер-2» («В-1», «В-2»)лердің траекториялары.

Сатурн. Сатурн үлкендігі жағынан тек Юпитерден кейін тұрады, оның диаметрі 120 мың 800 километр. Күннен орташа ұзақтығы 9,5 астрономиялық бірлік, яғни Күннен 1 миллиард 427 миллион километр әріде жатады. Шеңберлі бұл ғаламшар орбитасы бойымен секундына 9,6 километр жылдамдықпен ұшып, 29 жыл 5 ай 16 күн дегенде Күн айналасын бір рет айналып шығады. Сатурнның өз білігі айналасында айналуы Юпитердікі сияқты түрлі ендіктерінде түрліше болып табылады.

Ғаламшардың экватор жазықтығы оның орбита жазықтығымен $26^{\circ}45'$ бұрыш жасайды. Сатурн айналасында ені 60 мың километрге дейін, қалыңдығы 10–15 километрге дейін жететін шеңбері бар екендігімен басқа ғаламшарлардан кескін өзгешеленеді (75-сурет).

Сатурнды зерттеуде ірі адымды 1979 жылы 1 қыркүйекте 6 жылдық ғаламшарлараралық «серуен»нен соң Сатурннан 21 мың 400 километр әріден өткен Американың «Пионер-11» автоматтық станциясы қойды. Ол өз «зерттеулері» негізінде ғаламшар сырты жақынында магнит өрісі 10 Эрстедке дейін баратынын анықтады.

1980 жылы күзде Сатурн маңынан АҚШ-тың басқа бір станциясы – «Вояжер-1» өтті. Станцияның ғаламшар жанынан тұрып түсірген суреттері шеңбер ондап, тіпті жүздеп дербес шеңберлерден түзілгенін және оның жазықтығында шамасы 80 километрге дейінгі майда – ергежей серіктер айналуын белгіледі.

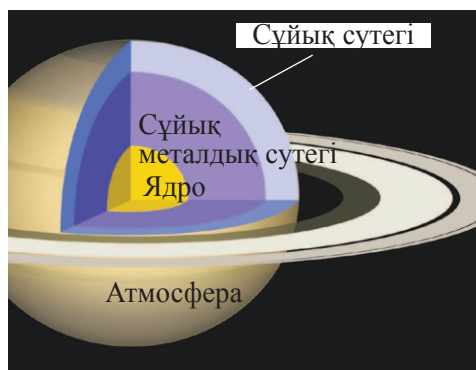


75-сурет. Сатурн және оның шеңбері.

Бақылаулар ғаламшар сыртында температура -180°C айналасында екендігін анықтады. Ғаламшар атмосферасында да Юпитердікіндегі сияқты метан газы (CH_4) мен бірге аммиак (NH_3) та ұшырайды. 1974 жылы ғаламшар атмосферасында этан (C_2H_6) табылды.

Сатурннің элементті құрамы Юпитердікінен өзгешеленбей, сутегі (93%) және гелийден (6%) құралған. Сатурн атмосферасының қалыңдығы 1000 км айналасында, одан төменде сутегінің гелийлі қоспасы қабаты орналасқан. Ғаламшар радиусының жарты жақынында температура 1000°C , ал қысым 3 млн. atm-ға жуық. Одан төменіректе, 0,7–0,8 ғаламшар радиу-

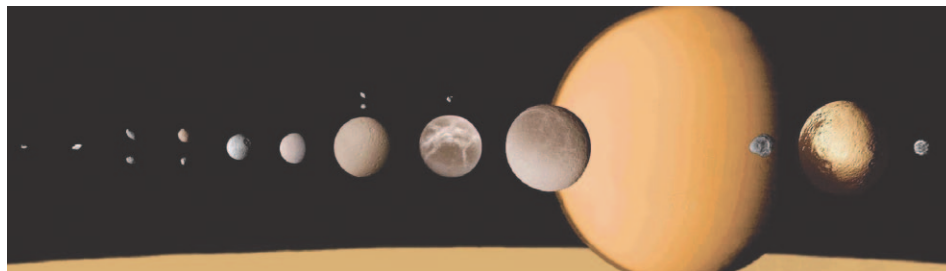
сы биіктігінде сутегі металдық фазада ұшырайды. Бұл қабат астында еріген күйде Жер массасынан 9 есеге дейінгі үлкен силикат-металдық ядро орналасқан (76-сурет). Сатурн серіктерінен ең ірісі Титан, (атмосферасы негізінен азот және метаннан құралған) Күн жүйесіндегі ғаламшарлардың серіктері ішінде шамасы жағынан екінші орында, яғни Ганимедтен кейін тұрады (77-сурет). Оның диаметрі 5151 километр. Кейін келе Титан атмосферасында мейлінше артық мөлшерде сутегі бар екендігі байқалды. 1980 жылы «Вояжер-1» Сатурн жақынынан өтіп жатып, оның 6 жаңа серігін тапты. Қазіргі кезде оның табылған серіктерінің саны 60-тан астам.



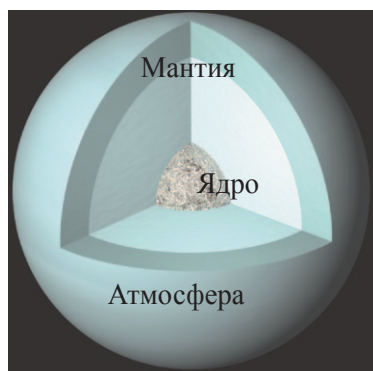
76-сурет. Сатурнның ішкі түзілісі.

Уран ғаламшарын негізінде музыкашы, кейін келе әйгілі астроном дәрежесіне көтерілген В.Гершель 1781 жылы кездейсоқ тапты. Уранның диаметрі 50 мың 724 километр, массасы Жердікінен 14,59 есе үлкен, ал орташа тығыздығы $1,2 \text{ г/см}^3$. Бұл ғаламшар Күннен орташа 19,2 астрономиялық бірлік аралықта оның айналасында айналады. Уранның орбиталдық жылдамдығы секундына 6,8 километрді құрайды және Күн айналасында 84 жылда бір рет толық айналып шығады. Уранды радиосәулелерде зерттеу оның тәулігінің ұзындығы 10 сағат 49 минут екендігін анықтады.

Уран аспанында Күн $2'$ жақын бұрыш астында көрінеді. Уран сыртын радиосәулелер негізінде өлшеу, оның орташа температурасы -200°C екендігін белгіледі.



77-сурет. Сатурнның серіктері (ең ірісі – Титан).

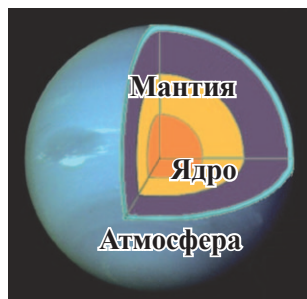


78-сурет. Уранның ішкі түзілісі.

Уран, негізінен, сутегі және гелийден құралған, онда жартылай метан да бар екендігі анықталған. Уранның ішкі түзілісін ғалымдар қол жеткізген мәліметтер негізінде 78-суреттегідей ұғады. Бұл ғаламшардың табылған серіктерінің саны *жиырма бір* болды. Солардан екі ең ірісі Титания және Оберонды Гершель ашып, В. Шекспирдің «Жазғы түндегі түс» комедиясының қаһармандары аттарымен аталған. Содан кейін табылған оның барлық серіктері де Шекспир туындыларының қаһармандары атымен аталды.

Нептун. 1820 жылы париждік астроном А.Бувар Юпитер, Сатурн және Уранның координаттар кестесін өте үлкен анықтықпен есептеді. Бірақ он жыл өткен соң, Уран алдын ала есептелген өз орнынан бірнеше ондап секунд доға аралыққа ығысқаны анықталды. Астрономдар, Уранның қозғалысындағы бұл ығысу оның орбитасынан тыстағы басқа бір ғаламшардың әсері себебінен деген шешімге келді.

Мұндай күрделі математикалық мәселені шешу үшін бір уақытта бір-бірінен бейхабар күйде екі астроном «бел байлады». Бұлардан бірі француз математигі У. Леверье, ал екіншісі жас ағылшын астрономы Ж. Адамс еді. 1846 жылы математикалық есептеулер негізінде ғаламшардың орны қайта анықталған соң, У.Леверье телескоптық жұлдыздардың толық картасы бар болған Берлин обсерваториясы қызметкерлерінен ізделінген ғаламшардың



79-сурет. Нептунның ішкі түзілісі қазірге дейін осылай ұғынылады.



80-сурет. Нептунның серіктері (ең ірі серігі – Тритон).

болжамды орнын айтып, оны картадан қарастыруды өтінді. 1846 жылы 23 қыркүйекте бұл обсерваторияның астрономы Галле ғаламшарды Леверье айтқан орыннан небары бір градус әріден тапты. Табылған ғаламшар теңіз бен мұхиттар құдайы Нептун атымен аталды.

Нептун Ураннан аздап үлкен, оның диаметрі 49 мың 244 километр болып табылады. Тығыздығы әр куб сантиметрінде 1,6 грамм. Күннен орташа ұзақтығы 30,1 астрономиялық бірлік. Массасы Жердікінен 17,25 есе үлкен. Ғаламшардың Күн айналасында айналу дәуірі 164 жыл 280 күн. Нептун өз білігі айналасында 15,57 сағатта бір рет айналып шығады.

«Вояжер»лер көмегімен спектроскопиктік бақылаулар Нептунда *сутегі* мен *метан* бар екендігін анықтады. Ғаламшар тығыздығының Юпитер мен Сатурн тығыздығынан артықшылығы, оның құрамында салмақтырақ элементтер бар, деген қорытындыға себеп болды (*79-сурет*).

1846 жылы астроном Лассель Нептунның үлкен бір серігін тапты және оны Тритон деп атады (*80-сурет*). Тритон өте массив болып, диаметрі 2707 километрге дейін жетеді. Тритон Нептуннан орташа 383 мың километр аралықта, ғаламшардың *айналу бағытына кері* орбиталдық қозғалыспен айналады. Сондай-ақ, ғаламшардың бұл ірі серігі анағұрлым қалың атмосферамен қапталған. 1949 жылы Койпер ғаламшардың басқа бір серігін тапты және оған көне гректердің сүйіспеншілік құдайы Нерей қызы Нереида есімі берілді. Оның диаметрі небары 300 километр. Ғаламшардың табылған барлық серіктері 10-нан астам.

Экзоғаламшарлар. Адамзат Ғарыш сырларын тереңірек түсіне бас-тап, өзіне өзі «біз Ғарышта жалғызбыз ба?» деген сұрақты көп рет берген. Бірақ бұл сұраққа әліге дейін анық жауап табылғаны жоқ. Күн жүйесі ғаламшарларын зерттеу, бұл аумақта Жердікіне ұқсас тіршіліктің іздерін таппады. Сол үшін де біз Күн жүйесінде жекеміз, деп айтуымызға негіз бар.

Бірақ астрономдар Күннің Ғарышта сирек кездесетін жұлдыз еместігін, оған ұқсас жұлдыздар сансыз екендігін әлдеқашан-ақ анықтаған. Соған қарай, миллиардтаған жұлдыздардың кейбіреулерінің айналасында да Жерге ұқсас ғаламшарлар қозғалып, оларда саналы тіршіліктің дамуы үшін Жердегідей жағдай болуы мүмкін. Басқа жұлдыздардың серіктері болып саналған мұндай ғаламшарлар *экзоғаламшарлар* («Экзо», латынша тысқары дегені) деп аталады.

Бірінші экзоғаламшар 1995 жылы ашылды. Женева (Швейцария) обсерваториясының астрономдары М.Майор және Д.Квелостар спектр сызықтарының ығысуын жоғары анықтықта (13 м/сек) өлшей алуға жасалған спектрометрлері бұған жол ашты. Олар 1994 жылдан бастап галактикамызда Күнге жақын орналасқан 142 Күн тәрізді жұлдыздардың сәулелік жылдамдықтарын ұдайы өлшеуге кірісті және көп өтпей 51 Пегас жұлдызы, оның айналасындағы массасы Юпитердікіне жақын серігі әсерімен 4,23 тәуліктік дәуірмен «тербеленетінін» тапты. Мұндай ізденістер нәтижесінде XX ғасырдың соңына дейінгі 20 шақты экзоғаламшар ашты. 2009 жылы наурыз айында орбитаға шығарылған «Кеп-лер» ғарыштық аппаратында орнатылған телескоп көмегімен 1000-ден астам экзоғаламшар табылды.

Қазіргі күнге дейін ашылған экзоғаламшарлар температурасы мен химиялық құрамы бойынша саналуан. Юпитер ғаламшарына ұқсас (массасы 0,19-дан 13 Юпитер массасына дейін) ең үлкен экзоғаламшарларға «Юпитерлер» деп ат берілген. «Юпитерлер» негізінен сутегі мен гелийден құралғандығынан оларды Күн жүйесіндегі Юпитер және Сатурн ғаламшарлары тобына енгізу мүмкін. «Юпитерлер»ден едәуір кіші болған экзоғаламшарлар «Нептундар» деп аталады. Олардың массалары 7-ден 60 Жер массасына дейін барады. Мұндай ғаламшарлар су, аммиак, карбонат ангидрит мұздарынан және шың тастарынан құралған болып, Күн айналасында қозғалатын ғаламшарлардан Уран мен Нептундардың тобына қосу мүмкін. Ең кіші экзоғаламшарлар «Жерлер» (массалары 7 Жер массасынан кіші) деп аталады. Бұл ғаламшарлар силикаттар, металл және басқа қатты жыныстардан құралып, оларды Күн жүйесіндегі Жер, Марс, Шолпан және Меркурий ғаламшарларының топ өкілдері деу мүмкін. 2018 жылы 1 сәуірге дейін астрономдар тапқан экзоғаламшарлар саны 3767-ге жетті.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Юпитердің атмосферасы қандай газдардан құралған?
2. Юпитер қандай автоматтық станциялар көмегімен зерттелген?
3. Сатурнның шеңбері нелерден түзілген?
4. Сатурн қандай автоматтық станциялар көмегімен зерттелген? Ғаламшар айналасында оның неше табиғи серігі айналады?
5. Сатурнның ең ірі серігі Титан жайында нелерді білесің?
6. Уранның ішкі түзілісі жайында нелерді білесің?

17-ТАҚЫРЫП. 42-§. Астероидтар және ергежей ғаламшарлар

1596 жылы басылған «Ғарышкерлік сырлары» туындысында Иоганн Кеплер Марс пен Юпитердің арасында тағы бір ғаламшар болуы керек деген күдік білдірген еді. Кеплердің бұл болжамы екі ғасырдан соң ғаламшарлардың Күннен орташа ұзақтықтарын өрнектеуші ғажайып эмпирикалық (тікелей зерттеулерден анықталған) заңдылықтың ашылуымен дәлелденді. 1772 жылы виттенбергтік астроном Иоганн Титсиус ғаламшарлардың астрономиялық бірліктерде өрнектелген үлкен жарты біліктері төмендегі қатынастан табылғанын анықтады:

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

бұл жерде n : $-\infty, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ мәндерді алады.

Төмендегі кестеде ғаламшарлар орбиталары үлкен жарты біліктерінің жоғарыдағы формула көмегімен табылған мәндері олардың Күннен шын ұзақтықтарымен салыстырылған (2-кесте).

2-кесте

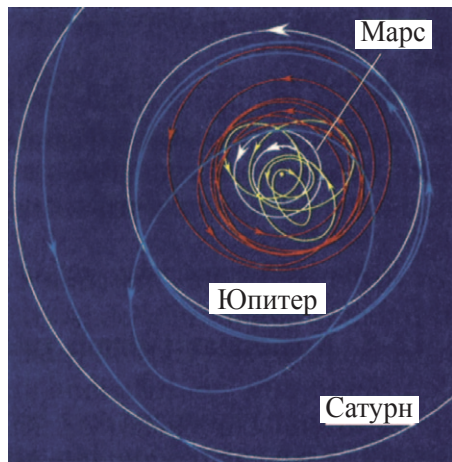
№	Ғаламшар	n	Ғаламшардың Титсиус формуласы көмегімен есептелген үлкен жарты білігі (а.б.)	Ғаламшардың Күннен орташа ұзақтығы (а.б.)
1	Меркурий	$-\infty$	0,4	0,4
2	Шолпан	0	0,7	0,7
3	Жер	1	1,0	1,0
4	Марс	2	1,6	1,52
5	?	3	2,8	—
6	Юпитер	4	5,2	5,2
7	Сатурн	5	10,0	9,5

Титсиустың ашқан жаңалығынан хабар тапқан берлиндік астроном Иоганн Боде бұл эмпирикалық қатынасты қайта қарастырып, дұрыстығына көзі жетті және оны кең жаюда үлкен қызмет етті. Содан соң бұл заң Титсиус-

Боден атымен дүниеге танылды. Бұл заң бойынша ертеде Марс пен Юпитердің аралығында Күннен орташа 2,8 астрономиялық бірлік аралықта тағы бір ғаламшар болғандығына енді көпшілік астрономдар күдіктенбейтін болды.

Италиялық астроном Пиацци бұл салада 1801 жылдың басында Торпак жұлдыз шоғырынан бір аспан денесін тапты. Оған Церера деп ат қойды. Содан соң 1807 жылға дейінгі ғалымдар Күннен сондай аралықта тағы 3 – Паллада, Грека және Веста атты майда ғаламшарлар тапты. Оларға астероидтар (грекшеде «жұлдыз тәрізді») деген ат берілді. 1890 жылда олардың саны 36-ға жетті. Табылған майда ғаламшарлар ежелгі рим аңыздарының қаһармандары, құдайлардың аттарымен аталатын болды. Содан олардың саны өте көбейіп кеткен соң, 45-сінен бастап, жай әйелдердің аты, ал кейін келе астероидтарға Философия, Геометрия, Юстиция сияқты ғылым аттары және географиялық аттар берілетін болды.

Соғыс жылдарында Китаб халықаралық ендік станциясында істеген астроном Г.Неюмин тапқан астероидтардан біріне (1351 сандысына) «Өзбекстанія» деп ат берілді. Астероидтардың массалары $2,38 \cdot 10^{19}$ кг-нан (Веста), яғни Жер массасынан 25 мың есе кіші, 10^{12} кг-нан (Гермес) дейінге барып, орташа тығыздығы 2 г/см^3 -тен (тасты астероид) $7\text{--}8 \text{ г/см}^3$ дейінгі (темір-никельді астероид) жетеді. 81-суретте бір топ астероидтардың Күн айналасындағы орбиталарының өзара орналасулары көрсетілген.



81-сурет. Бір топ майда ғаламшарлардың орбиталары.

Астероидтардан Икар, Гермес, Ерос және Адонистер Жерге кезеңдік түрде жақындасып тұрады. Есептеулер бойынша олар Жерге 1 млн км-ден 23 млн км-ге дейін жақындасуы мүмкін.

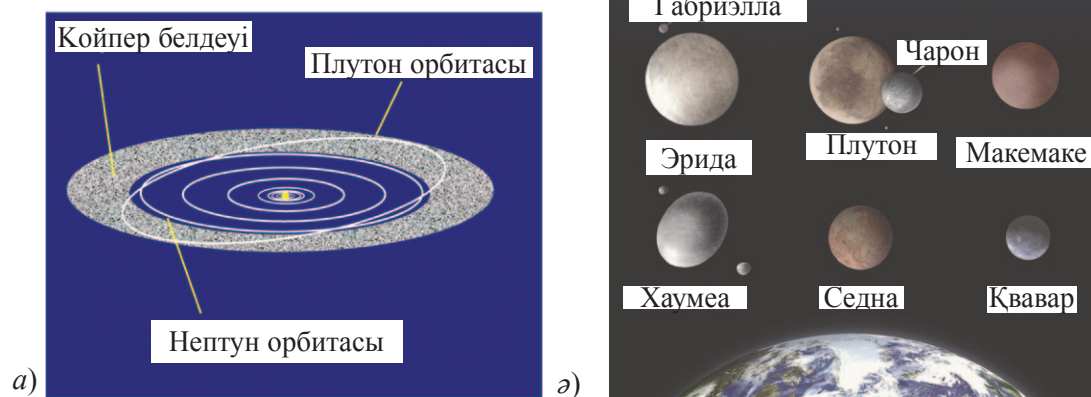
Бірақ астероидтардың Жерге кезеңдік түрде жақындасып тұруынан қауіптенудің қажеті жоқ. Өйткені мұндай астероидтар орбиталарының есеп-қисабымен Халықаралық Астрономиялық Одақтың бір топ ғалымдары тұрақты айналысады. Олай болса, ғаламшарымызбен әлдебір астероидтың қақтығысу ықтималы болуын олар бірнеше жыл алдын ескерте алады. Мұндай ескерту арқылы, ғалым-

дарымыз Жерді астероидпен апаттық ұшырасудан сақтап қалудың түрлі жолдарын алдын ала тауып қойған.

Плутон мен ергежей ғаламшарлар. 1880 жылы ағылшын астрономы Форбс Нептунның қозғалысын ұзақ жылдар зерттеп, бұдан тыс та бір аспан денесі болуы керек деген пікір білдірді. XX ғасырдың басында астроном Ловелл белгісіз ғаламшарды іздеумен шұғылданды. Бұл аспан денесі Плутон ғаламшары болып шықты. Оны 1930 жылы К.Томбо тапты.

XX ғасыр ақырында, Нептун ғаламшары орбитасынан тыста да астероидтар белдеуі табылды және оған «Койпер белдеуі» деп ат берілді. Бұның себебі, 1951 жылы-ақ оның бар екендігін америкалық астроном Ж.Койпер жорамал жасаған еді. Ғалымдар бұл белдеу алып ғаламшарлардан 35–50 а.б. ұзақтықта орналасқан болып, астероидтар мен кометалардан құралған деген пікір білдірді.

1992 жылы Койпер белдеуіндегі диаметрі 280 км болған 1992QB1 (Албион) – бірінші объект табылды. 2000 жылы мамыр айында табылған транснептун (нептунарты) объектілерінің саны 300-ге жақындап қалды. Бұл денелердің бәрі ғаламшарлар сияқты Күн айналасында оның ғаламшарлары сияқты тура бағытта айналады (82-а сурет). Оларды астероид немесе комета деп атау өте қиын, себебі жаңа ашылатын бұл денелердің диаметрі недәуір үлкен болып, 100–800 км-ді құрайды. Ең соңғы зерттеулердің нәтижесі бойынша, бұл белдеуде диаметрі 100 км-ден астам болған 70 000-нан астам объект болуы мүмкін.



82-сурет. а) Койпер белдеуі, ә) нептунартыларының ірі өкілдері.

2003 жылы Калифорния технология институтының астрономы Майк Браун кейін келе Эрида аталып кеткен 2003 UB313 «Хена» (Ксена немесе Зена) транснептун объектісін ашты. Бұл аспан денесінің өлшемі Плутондікінен де үлкен еді. Содан соң әлем астрономдары ортасында «Бұл объект те ғаламшарлар қатарына қосыла ма?» деген сұрақ туылды. Бұл сұраққа жауап табу үшін Халықаралық астрономия Одағы (ХАО) профессор О.Жингерих басшылығында арнаулы жұмысшы тобын түзді. Бұл топтың ұсынысы бойынша, ХАО-ның 26-ассамблеясында ғаламшарлар және ергежей ғаламшарларды бір-бірлерінен айыру үшін арнайы сипаттама берілді:

1. *Ғаламшар* – Күн айналасында айналатын аспан денесі. Шар тәрізді пішінде болып, өте үлкен және массивтік болуы тиіс. Мұндай ғаламшарлардың саны 8: Меркурий, Шолпан, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран және Нептун. Бұл топқа «классикалық ғаламшарлар» деген ат берілген.

2. *Ергежей ғаламшарлар* – Күн айналасында айналатын аспан денелері болып, сыртқы дене күштерінен басым болған өзінен-өзі гравитациялану әсерімен шар тәрізді пішінге ие болу үшін өте үлкен – салмақты болуы және басқа ғаламшарлардың серігі болмауы тиіс. Ергежей ғаламшарлар Плутонға ұқсас болып, олардың ең ірісі Эрида болып табылады. Плутон, Харон, Седна және ең үлкен астероид Серера да осы ергежей ғаламшарлар арасынан орын алған (82-ә сурет).

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Титсиус заңы ғаламшарлар орбитасына тиісті қандай көрсеткішті есептейді?
2. Майда ғаламшарлардың орбиталары қайсы ғаламшарлар аралығында жатады?
3. Қайсы майда ғаламшарлар кезеңдік ретінде Жерге жақындасып тұрады?
4. Ергежей ғаламшарларды ХАО қандай сипаттамамен белгілейді?

18-ТАҚЫРЫП. 43-§. Кометалар («құйрықты жұлдыздар»)

«Комета» грекше сөз, «шашты» деген мағынаны білдіреді. Кометаларға «шашты» немесе «құйрықты жұлдыздар» деген ат олардың Күн жақынында өтіп жатқандағы көріністері бойынша берілген (83-сурет). Атап өтсек, комета Күнге қарай келе жатып, алып ғаламшарлардың орбиталарына жақындағанда, оның массасы жүзеге асырған *ядросы* күнгірт жұлдыз пішінінде көзге түседі.

Кометаның аспан денелерінен екендігін 1577 жылы астроном Т.Браге анықтаған. Оған шейін адамдар кометаны Жер атмосферасы құбылысы деп түсінген.

XVII ғасырдың бас кезінде И.Кеплер мен Г.Галилей «құйрықты жұлдыздар» Күн жүйесін түзу сызық бойымен кесіп өтеді және кейін оған мүлдем қайтпайды деп жорамал жасаған.

Ньютонның шәкірті Эдмунд Галлей 1337 жылдан 1698 жылға дейінгі дәуірде зерттелген 24 кометаны зерттеп, олардың орбита элементтерін анықтады. Қызығы сонда, бұл кометалардан үшеуінің, анығы, 1531, 1607, 1682 жылдарда зерттелгендерінің орбиталдық элементтері дерлік бірдей болып шықты. Бұл жағдай кездейсоқ еместігіне қатты сенген Э.Галлей 1705 жылы былай деп жазады: «1531 жылы Апиан, 1607 жылы Кеплер және Лонгомонтан зерттеген комета, 1682 жылы мен өзім зерттеген кометаның дәл өзі болуы керек деген пікір маған маза бермейді. Бұл үш кометаның элементтері бір-біріне анық сай келеді. Сондықтан да мен бұл кометаның 1758 жылы қайтып келуін сеніммен айта аламын. Егер ол қайтып келсе, онда басқа кометалардың да Күн жақынына қайтып келетіндеріне (яғни кезеңдіктеріне) күмән қалмайды».

Ғалым жаңылыспаған еді. Галлей жорамалдаған «құйрықты жұлдыз» 1759 жылы 12 наурызда перигелийден өтті және оның болжамы дәлелденді. Бұл, Ньютонның тартылыс заңының дұрыстығын көрсетті. Күн жүйесінің мүшесі екендігі бекітілген комета, оны тапқан ғалымның құрметіне Галлей деп аталатын болды.

Кометалардың ядросы мұздаған газдар мен оларға жабысқан түрлі өлшемдегі тозаң, тас және металл түйірлерден құралады. Мұздаған газ көптеген аммиак, метан, карбонат ангидрит, циан және азоттан құралған болып, комета Күнге жақындап жатқанда ядро оның табынан интенсивтік булана бастайды және ядро айналасында қалың газ қабаты – команы жүзеге келтіреді.

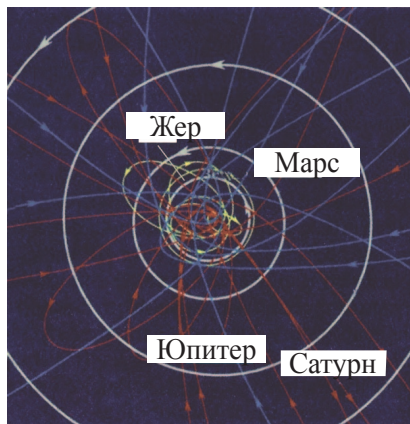


83-сурет. «Құйрықты жұлдыз»
(комета)ның көрінісі.

Бұнда кометалардың құйрықтары Күн сәулелерінің қысымы мен Күн «желі» (корпускуляр түйірлерінің ағысы) әсерімен пайда болады. Комета Күнге жақындаған сайын, комаға газ және тозаңның интенсивтік бөлініп шығуы салдарынан оған әсер ететін қысым күші де артып, кометаның құйрығы Күннен теріс жаққа қарай күн сайын созыла түседі және миллиондаған километрді құрайды.

Кометаның құйрығын құраған газ және тозаң, әдетте өте сирек болып, оның спектрінде иондасқан азот, карбонат ангидрид және иіс газының эмиссиондық (сәулелену) сызықтары пайда болады. Тозаңды комета құйрықтарының спектрі Күн сәулелерін қайтарғандықтан Күн спектрімен бірдей болады.

Комета массасының негізгі бөлігі оның ядросында іске асқан болып, ең ірі кометаларда да ол Жер массасының жүз миллионнан бір бөлігінен артпайды. Ал кометаның тығыздығы небары 10^{-12} – 10^{-13} г/см³-ны құрайды. Комета бас бөлігінің диаметрі, оның массасы және Күннен ұзақтығына қарай мың км-ден (күңгірт кометаларда) 2 млн. км-ге дейінгі (анық кометаларда), ал құйрық бөлігі 150 млн. км-ге дейін барады. Кометаларға тиісті жаңа мәліметтердің көпшілігі, Галлей кометасының 1986 жылы Күн жақынынан кезектегі өтуінде «Жотто» (Ұлы Британия), «Ғаламшар» (Жапония) және «Вега» (бұрынғы Одақ) автоматтық станциялары көмегімен қолға енгізілді.



84-сурет. «Құйрықты жұлдыз»дардан бір тобының Күн айналасындағы орбиталары.

1950 жылға дейін 1500-ден астам комета белгіленді, солардан 400-ге жуығы телескоптар табылғанға дейін, ал қалғандары телескоптар көмегімен ашылған. Бір топ кометалардың Күн айналасындағы орбиталары *84-суретте* көрсетілген. Кометалар қайда «туылады»? Нидерланд астрономы Й.Оорт, өз зерттеулері негізінде, Күнге жақындап көрінетін кометалардың көзі – Күн жүйесін орайтын және Күннен өте шалғайда жататын кометалар ядроларының алып бұлтты Оорт бұлтты деп аталатын болды. Мұндай бұлт дерлік 1 парсек арақашықтыққа созылып, мұндай үлкен ұзақтықта қозғалатын комета ядролары ор-

биталарының кейбіреулері жұлдыздардың шеттендіретін жылдамдау әсерімен өз жолын өзгертіп, ақыр-соңында Күннің серігіне айналып қалуы мүмкіндігі есептеулерден анықталды.

Мұндай өте ұзын дәуірлі кометалар әрқашан мұздаған күйде болғандығынан өз газдарын ғаламшарлараралық кеңістікке айтарлықтай жұмсамайды, сол үшін де миллиардтап жылдар бойы, дерлік өзгеріссіз жасайды. Сондықтан оларды зерттеп, Күн жүйесі эволюциясының бастапқы сатысы жайындағы мәліметтерді қолға енгізу мүмкін. Кейде Күн және ғаламшарлардың әсерімен кометалар орбиталарының перигелийі төмендей түсіп, Күнге жақын арақашықтықтан өтетін орбиталарда қозғалатын болып қалуы мүмкін. Есептеулер «құйрықты жұлдыз»дардың кейбіреулері мұндай ықпал салдарынан өте үлкен жылдамдыққа ие болып, Күн жүйесін мүлдем тастап кететін параболикалық орбиталарға (Күнге қатысты) өтіп кетуі де мүмкіндігін көрсетеді.

44-§. Метеорлар («ұшар жұлдыздар») және метеориттер

Түнде әдемі із қалдырып «ұшқан жұлдыз»дарды кім көрмеген дейсің? Бірақ бұл «ұшар жұлдыз»дардың шынайы жұлдыздарға ешқандай қатынасы жоқтығын әркім де біле бермесе керек. Негізінде олар – аспанның «қаңғы» майда тас түйірлері болып табылады. Олардың шамалары миллиметрдің үлестерінде, ал массалары миллиграмдарға дейін өлшенеді. Олар Жерге жақындаған соң, ғаламшарымыз атмосферасына секундына 10 километрден 70–80 километр дейінгі жылдамдықпен кіреді. Сөз жоқ, мұндай үлкен жылдамдықтағы тас түйіршік атмосфера молекулаларымен ысқаланып шоқтанады, сол кезде ол көзге жақсы көрінеді және ұшу барысында өте тез жеміріледі. Ғылымда *метеорлар* деп аталатын «ұшар жұлдыз»дар жолының ұзындығы бұл аспан денелерінің шамаларына байланыстылығын түсіну қиын емес.

Метеор түйірлер қалай пайда болады, олардың көзі қайда, деген табиғи сұрақ туылады. Мәселе сонда, кейбір кометалар, әр кез Күн жақынынан өтіп жатып, ядросына тиісті бір бөлігі газ және тозаңын жоғалтады. Белгілі бір комета қанша уақыттан соң өз ядросындағы газды жұмсап тауысуын орыс ғалымы С.В.Орлов Галлей кометасы үшін орындады. Оның есептеулері, бұл комета Күн айналасында 330 рет айналған соң, яғни дерлік 25 мың жылдан соң газ қорынан айырылуын белгіледі.

Кометаның мүлдем көзден жоғалуы басқа бір үдеріс—механикалық ыдырау салдарынан болады. Механикалық ыдырау, Күн жақынынан өтіп жатқан өте көп кометаларда анықталған. Атап өтсек, 1846 жылы зерттелген Биела кометасы Күн жақынынан өтіп жатып екі бөлекке бөлінген. Кезектегі, 1857 жылғы көрінісінде бұл бөлектердің бірі екіншісінен екі миллион километрге ұзактаған және содан қайтқанға дейін, қаншама әрекеттерге қарамай, оны ешкім зерттемеген. 1872 жылы осы кометаның алдын есептелген – Жерге өте жақын аралықтан өту кезінде комета орнында күшті «метеор жаңбыры» бақыланған (85-сурет).

1950 жылы ғалым Д.Дубьяго ыдыраған комета ядролары метеор ағыстарының пайда болуындағы рөлін терең зерттеді. Оның есеп-қисабы бойынша, комета ядросын «тастап қашқан» метеор түйірлерінің бұлты Күн беретін көтеріліс күші әсерімен әрі созылып, әрі кеңейе түседі және бірнеше мың жылдардан соң комета орбитасы бойымен біртегіс бөлініп қалады. Кометаның орбитасы бойымен бөлінген «тесік күлше»сінің Жермен тұтылуы (жақындасуы) Жерде метеор жаңбырын жүзеге келтіруі ғылымда дәлелденді. Зерттелген «метеор жаңбырлары»нан бірі – Персеид, «1862 III» деп аталған ыдыраған комета ядросының түйірлері жақынынан өтіп жатқанда болуымен дәлелденді. Әйгілі Галлей кометасы да – Оруонид деп аталған Орион жұлдыз шоғырында кескінделетін нүктеде (метеорлар қозғалыстары жалғастарын ұштастыратын бұл нүкте *радиант* деп аталады) зерттелгенімен дәлелденген. 86-суретте әр жылы 8–12 қазан күндері



85-сурет. «Метеор жаңбыры».



86-сурет. Аждаһар жұлдыз шоғырында көрінетін Аждаһар «метеор жаңбыры».

түндері Аждаһар жұлдыз шоғырында кескінделіп көрінетін әдемі Аждаһар «метеор жаңбыры» көрсетілген.

Метеориттер. Кейде аспанның «қаңғы» тастары біраз үлкен болып, Жер атмосферасы қабатынан өтіп жатқанда жануға үлгермейді және *болид* көрінісінде Жер сыртына түседі (87-сурет). Олар *метеориттер* деп аталады. Метеориттер негізінен тастан, темірден, тас-темірден және кейде мұздан құралған болады.

1908 жылы Сібір тайгасына түскен басқа бір аспан денесінің неден құралғандығын анықтау ғалымдар арасында ондаған жылдарға созылған тартысқа себеп болып, қазірге дейін де сырлы күйде қалып отыр.

Сібір «қонағы» Подкаменная Тунгуска өзенінің оң жағалауында орналасқан Ванавара қыстағынан жүз километрше солтүстік-батысқа таңертең, Күн біраз көтерілгенде түсті. Жерде күшті үрей тудырған бұл аспан денесі кейін келе *Тунгус метеориті* атымен ғылымда танылды.

Есептеулердің көрсетуі бойынша, ғаламшарымызға жылына 500-ден астам мұндай тастар ұшып келеді. Бірақ Жер жүзінің дерлік 70 % сумен қапталғандығын есепке алсақ, бұл тастардан 350-ге жуығы теңіз және мұхит түптеріне түсіп, ізсіз жоғалулары белгілі болады. Құрлыққа түсетін қалған тастың барлығы да халық жасайтын орындар айналасына түсе бермейді, әрине, сол үшін аспан «қонақтарын» көру әркімге де бұйырмайды.

Аспан тастарының Жерге түсуі өте ертеден бақыланған, бұл тастар қасиетті болып есептелген. Сол сияқты аспан денелерінен бірі – 1514 жылы Германияға түскен тас метеорит болып, ол түскен алаң маңында орналасқан шіркеуге орнатылған және қайта «аспанға ұшып кетпеуі үшін» темір шынжырлармен байлап қойылған. Бұл шіркеу құдайға сиынушылар үшін қасиетті зияратқа айналған.

Әйтсе де метеориттер Жер атмосферасына секундына ондаған километр жылдамдықпен кірсе де, ауаның үлкен қарсылығы оларды қарқынды «екпінінен қайтарады». Есептеулердің көрсетуі бой-



87-сурет. Жер сыртына түсіп жатқан метеориттің аспанда қалдырған ізі – болид.



88-*rasm.* Аризона штатындағы шөлге түскен метеориттің жасаған урасы.

ынша, Жерге соғылу кезінде олардың орташа жылдамдығы секундына 200–300 метрді құрайды.

Жылдамдығы секундына 4 километрден астам болған кейбір тастардың Жерге соғылуынан бөлінген энергия кез келген сондай массалы жарылыс заттан (жарылыс кезінде) бөлінген энергиясынан бірнеше есе артық болады. Мұндай үлкен жылдамдықпен соғылатын метеорит энергиясының бір бөлігі оны толық булатып жіберуге жұмсалса, қалған бөлігі кратер жасау мен топырақты ысытуға кетеді. Мұндай үлкен жылдам-

дыққа ие болатын метеориттің массасы өте үлкен (шамамен 100 тонна) болатыны есептеулерден белгілі. Сол үшін де массасы 100 тоннадан артық метеориттерді Жерде тауып болмайды, олар Жерде үлкен кратерлерді ғана қалдырады. Метеорит жасаған мұндай ірі кратерлерден бірі Аризона штатында (АҚШ) табылған, оның диаметрі 1300 метрге, ал тереңдігі 175 метрге жетеді (88-сурет).

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. «Құйрықты жұлдыз»дар шынайы жұлдыз ба?
2. Бірінші дәуірлік кометаны кім және қалай анықтаған?
3. Комета құйрығының Күннен теріс жаққа созылуының себебі неде?
4. Кометалар ядросы неден құралған? Құйрығы ше?
5. Галлей кометасы жайында нелерді білесің?
6. «Ұшар жұлдыз»дар мен ыдырап таусылатын кометалар арасында қандай байланыс бар?
7. Болидтер қандай құбылыс және ол нені білдіреді?
8. Метеориттер қандай жыныстардан құралады?
9. АҚШ-тың Аризона штатындағы метеорит кратері жайында нелерді білесің? Тунгус метеориті жайында білгендеріңді айтып бер.

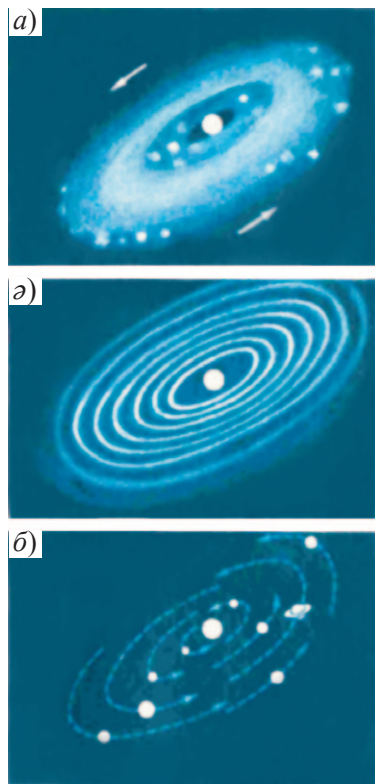
19-ТАҚЫРЫП. 45-§. Күн жүйесінің келіп шығуы жайында қазіргі заман көзқарастары

XVIII ғасырда бастапқыда И. Кант Күн жүйесі суық күйдегі майда қатты түйірлерден жүзеге келгендігін, ал Лаплас ол үлкен массалы және айналушы тұмандықтың сығылуынан жүзеге келгендігін анықтаған.

Соңғы жылдарда жиналған мәліметтер бойынша, Күн жүйесі көптеген себептерге қарай Кант және Лаплас айтқан жолмен қалыптаса алмайтындығы белгілі болды. Бірақ соған қарамай, Кант пен Лапластың Күн жүйесінің жүзеге келуі, Күн жүйесі материяның басқа (газ-тозаң) түзілісінен қалыптасуы туралы сол теориялары Ғарыштың даму үдерісін түсіндіруде білдірілген материалистік идеяларды қолдауымен маңызды болып саналады.

Өткен ғасырдың 40 жылдарындағы бұл ғарыштық жорамал үстінде атақты орыс ғалымы О.Й. Шмидт айналысты. Оның пікірі бойынша, протоғаламшарлар бұлты, Күннің тозаң тұмандығын ұстап қалуынан қалыптасқан. Егер ұстап қалу орталық болмаса, онда бұл тұмандық айнала бастайды және оның қозғалыс өлшем сәті өте үлкен болады. Ғалымның мұндай пікірге келуіне, протоғаламшарлардың міндетіне қозғалыс өлшем сәті үлкен бөлігінің тура келуі негіз болған еді (89-сурет, а-сі).

Оның жорамалы бойынша, газ-тозаң ортасында түйірлердің қозғалысы мен қақтығысуы нәтижесінде Күн айналасында айналып жатқан және газ-тозаңнан құралған ірі бұлт экватор жазықтығына дейін сығылған күйдегі кескінді жүзеге келтірген. Тек бұл мәселеде бұрын Күн айналасын орайтын газ-тозаң бұлттардың өзі қалай пайда болғаны ділгірлік болып саналады. О.Й.Шмидт және ғалымдар, ертеде өзі де сон-



89-сурет. Күн жүйесінің пайда болуы.

дай ортада пайда болған Күн, ірі газ-тозаң тұмандықтан бір бөлігін тартылыс күші әсерімен өз айналасында ұстап қалғаны туралы пікірді қолдайды.

Күн сәулеленуінің оны қоршайтын газ бен тозаң массасын қыздыруынан Жер тобында қалыптасып жатқан протоғаламшарлардың химиялық құрамы дифференциациялануы нәтижесінде, ауыр элементтері орталықта тығыздалып ядроны, жеңілдері көтеріліп, олардың Жердің ішкі қабаты мен қабықтарын жүзеге келтірген деп ойлайды. Ал мұнда сутегі мен гелийден құралған жеңіл элементтер, Күннен үлкен ұзақтыққа лақтырылып, олардан алып протоғаламшарлар жүзеге келген деп түсіндіріледі. Бұл, Күннен ұзақта орналасқан алып ғаламшарлар қиын еритін заттардан тыс су, метан және аммиактың «мұздарынан» қалыптасқандықтарынан көрінеді. Жер тобындағы ғаламшарлар тек қиын еритін ұшпайтын (буланбайтын) заттардан ғана конденсациялануы мүмкін болып, олар газ-тозаң бұлт құрамында «мұздарға» қатысты кем мөлшерді құрайды. Сол үшін де Жер тобындағы ғаламшарлар Күн жақынында ғана жүзеге келген деген пікір алға қойылады (89-ә сурет).

Сондай-ақ, қақтығыстар нәтижесінде түйірлер өзара бірігіп, бұл салада үлкен-кіші қоймалжындарды жүзеге келтірген. Пайда болған бұл құйылмалардың орбиталары Күн айналасында көрініс беріп, барлығы шамамен бір орбита жазықтығына жақын жатуымен дәлелденген және ақыр-соңында ескерілген құйылмалар орбиталар арасындағы бүтін затты өздерінде іске асырып, ғаламшарлар көрінісін алғаны жайындағы ғалымның пікірі де жаңа теорияда өз дәлелін тапқандығымен маңызға ие (89-сурет, б-сі).

Гравитациялық тартылыс әсерімен мұндай жаңа заттың ғаламшар дәрежесіне дейінге келуі үшін өте үлкен уақыт талап етіледі. Атап өтсек, Жер өзінің қазіргі өлшемі үлкендігіне дейін сығылуы үшін кеткен уақыт, есеп-қисаптың көрсетілуі бойынша, 100 млн жылдан кем болмаған.

Бұл гипотеза тартылыс заңының есеп-қисабы бойынша жүзеге келген ғаламшарлар арасындағы аралықтар да, Күн жүйесі түзілісінде зерттелгені сияқты, Күннен ұзақтаған сайын біртегіс артып отыруын көрсетуімен ғарышкерлікте өз дәлелін тапты.

Ірі массалы және өлшемді денелер бір шама суық ғаламшарға, оның ішінде Жерге түсіп оны қыздырған. Жер ішкі қабатының еруінде басқа

бір физикалық үдеріс – радиобелсенді элементтердің жейілуінен бөлінген қосымша жылулық та кем рөл ойнамаған. Мұндай қызу жанартаулық құбылыстар, мұхиттарды және бірінші атмосфера қабатын жүзеге келтіріп Жер қабығының қалыптасуына алып келген. Жер және Шолпанның бірінші атмосфералары бастапқыда бір-біріне өте ұқсаған болып, кейін – олардың эволюциялары салдарынан шұғыл өзгерген. Мысалы, ғалымдардың зерттеу нәтижелері, Жер мұхиты су қорлары және өсімдік дүниесі мен көмірқышқыл газды жұтып, атмосфераны оттегімен байытуынан Жерде тіршілікті бастап бергендігін көрсетеді. Ал академик В.Г.Фесенков кейін келе Күнді жүзеге келтірген орталық құйылма да осы айналып жатқан ірі газ-тозаң ортадан пайда болғандығының ықтималы үлкен екендігіне ишара етіп, мұндай құйылма қалыптасуының бастауыш сатысында, шамалы сирек заттарды өзінің экватор жазықтығына лақтырғаны шындыққа жақын деген пікірді береді. Оның пікірінше, орталық құйылмадан лақтырылған бұл заттармен байытылған Күнді қоршайтын бұлттан ғаламшарлар жүзеге келген деген қорытындыға келеді.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Кант және Лапластың бастапқы жорамалдарында Күн жүйесінің пайда болуына тиісті қандай ұнамды көзқарастар болған?
2. О.Шмидттің Күн жүйесінің пайда болуына тиісті болжамы қандай есеп-қисапқа сүйенгендігімен ғылымда өз орнын тапты?
3. Академик В.Фесенковтың жорамалы бойынша, Күн айналасындағы ғаламшарлардың қалыптасуы қалай түсіндіріледі?

V ТАРАУ. ЖҰЛДЫЗДАР

20-ТАҚЫРЫП. 46-§. Жылдық параллакс, жұлдыздардың аралықтарын анықтау

Жұлдыздарға дейінгі аралықты анықтау олардың жылдық параллакстық ығысуларына негізделеді. Күн айналасында радиусы дерлік 150 миллион километрлі шеңбер бойымен қозғалып жатқан Жердегі бақылаушы жақынындағы жұлдыздардың ұзақтағы жұлдыздар фонында ығысып, бір жылда шеңбер (жұлдыз Жер орбита жазықтығына тік бағытта орналасқанда), эллипс (жұлдыз Жер орбита жазықтығына бұрыш астында орналасқанда) сызуын бақылайды.

Шырақтың параллакстық ығысуы деп аталатын мұндай сызбалардың (шеңбер немесе эллипс) доға өлшемі жұлдыздың ұзақтығы бойынша түрлі шамада болып, ол осы шырақтан қаралғанда, көру сызығына тік болған Жер орбитасы радиусының көрініс бұрышы π -ді өлшеуге мүмкіндік береді (90-суретте екі M_1 және M_2 үшін π_1 және π_2 -лер көрсетілген). Шырақтың

жылдық параллакс деп аталған бұл π бұрыш, сондай-ақ, сол шырақтың Күн жүйесінен (демек, Жерден) ұзақтығын өлшеуге мүмкіндік береді. Шынында, тік бұрышты үшбұрыш QEM_1 -ден

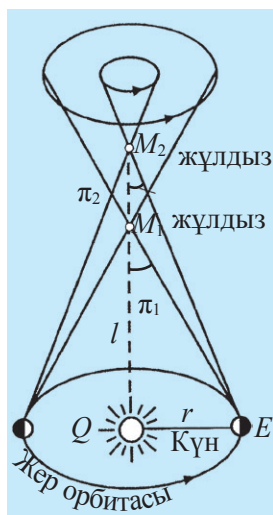
$$\sin \pi = \frac{r}{l} \text{ немесе жалпы түрде } l = \frac{r}{\sin \pi},$$

бұл жерде: r – Жер орбитасының радиусын; l – шыраққа дейінгі аралықты сипаттайды. Жылдық параллакс бұрышы π өте кіші болып, доға секундтарында немесе оның үлестерінде өлшенетін, Күнге дейінгі аралық ($r=1$ а.б. = $\frac{1}{206265}$ пк болғанынан):

$$l = \frac{r}{\pi \cdot \sin 1''} = \frac{1 \cdot 206265}{\pi} \text{ формула көмегімен есептеледі.}$$

Егер аралық *парсектерде* (пк) өлшенсе, формула төмендегі көріністе болады:

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



90-сурет.
Жұлдыздардың
жылдық
параллакс.

Бірінші рет 1886 жылы осындай әдіспен Вега (Лира жұлдыз шоғырының альфасы)ның жылдық параллакс өлшеніп, бұл жұлдызға дейінгі аралықты әйгілі Пулково (Ресей) обсерваториясының негізін салушы В.Й. Струве анықтады. Мұндай әдіспен бір шама жақын ($\pi \geq 0,01''$) жұлдыздарға дейінгі аралықтар анықталып, өте ұзақтағы жұлдыздарға дейінгі аралық парсектерде, олардың көріну және абсолют шамалары (m , M) негізінде мына формула көмегімен табылады және ол *спектрлік параллакс* деп аталады:

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

47-§. Жұлдыздардың өлшемдері және физикалық көрсеткіштерін анықтау *

1. Жұлдыздар өте ұзақ аралықта болғандықтан, ең ірі телескоптар арқылы қаралғанда да, олар негізінен нүкте пішінінде көрінеді. Тек кейбір жұлдыздардың бұрыш өлшемдерін ғана арнаулы телескоптар – жұлдыз интерферометрлері көмегімен өлшеудің мүмкіндігі бар.

Жұлдыздың бұл әдіспен анықталған көріну диаметрі (d'') оған шейінгі аралық l белгілі болғанда, жұлдыздың сызықты өлшемі (диаметрі) D мына өрнектен табылады:

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

2. Бірақ, көпшілік жұлдыздар нүкте көрінісінде болғанынан, олардың өлшемдерін табу үшін басқа әдістен пайдаланылады. Белгілі, жұлдыздарды абсолют қара дене деп қарап, олардың толық сәулелену қуатын, яғни жарқындығын Стефан-Болцман заңы бойынша $L_* = S_* \cdot \sigma \cdot T^4$ деп жазу мүмкін, өйткені оның аудан бірлігінен шығып жатқан сәулелену энергиясы $\sigma \cdot T^4$ арқылы табылады. Бұл жерде: σ – Стефан-Болцман тұрақтысы $5,7 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² · К⁴); S_* – жұлдыздың сырты (шар сырты), T – сырт температурасын өрнектейді. Шар сырты $S = 4\pi \cdot R^2$ болғанынан жұлдыздардың жарқындығы $L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma T_k^4$ болады. Егер бұл өрнекті Күн үшін жазсақ:

$L_\odot = 4\pi R_\odot^2 \cdot \sigma T_\odot^4$ болады. Бұл өрнектердің сәйкес жақтары қатынастарын алсақ, онда

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

өрнекке ие боламыз.

Енді өрнектің екі жағын түбір астына алып, соң логарифмдесек, жұлдыздың радиусын Күн радиусы бірліктерінде ($R_{\odot}=1$) мына теңдіктен табамыз:

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

Мысалы үшін Күннің радиусын ($R_{\odot}$) оның көріну радиусы ($\rho_0=16'$) бойынша табайық, онда:

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

болады, бұл жерде $\Delta=1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ – Күннен Жерге дейінгі орташа аралық. Онда Күннің радиусы:

$R_{\odot}=1,5 \cdot 10^{11} \cdot \operatorname{tg} 6' \approx 7 \cdot 10^8 \text{ м}$ немесе шамамен 700 000 километрге тең шығады.

Алып және өте алып жұлдыздар ішінде радиусы Күндікінен мың есеге дейін үлкендері ұшырайды. Сефей жұлдыз шоғырындағы VV деп аталған жұлдыздың радиусы Күндікінен 6000 есе үлкен. Үлкен Ит жұлдыз шоғырының ең жарық жұлдызы Сириустың радиусы Күндікінен 2 есеге дейін ірі, яғни 1 400 000 км. Ал кейбір жұлдыздар, керісінше, Күннен бірнеше ондаған есе кіші және диаметрлері ғаламшарлардікі сияқты, небары бірнеше мың километрді құрайды. Мұндай жұлдыздардың көпшілігі ақ реңде болып, *ақ ергежейлер* деп аталады. 91-суретте қызыл алыптар және ақ ергежейлердің өлшемдері Күн мен Жердің өлшемдерімен салыстырылған.



91-сурет. Күн өлшемі алып жұлдыздар (а) Жер өлшемі үлкендігіндегі ергежей жұлдыздар (б) мен салыстырылған.

48-§. Жұлдыздардың реңі мен температурасы

1. Жұлдызды аспанға мән беріп қараған адам жұлдыздар бір-бірінен реңдерімен өзгешеленетінін оңай байқайды. Атап өтсек, Күніміз сары реңдегі жұлдыз есептеледі, сыртында температурасы 6000°K айналасында. Қою қызыл реңде көрінетін жұлдыздардың температурасы $2500^{\circ}\text{--}3000^{\circ}\text{K}$, сарғалдақ реңдегілерінікі $3500^{\circ}\text{--}4000^{\circ}\text{K}$, ал ақ реңдегі жұлдыздардың температурасы $17000\text{--}18000^{\circ}\text{K}$ айналасында болады. Аспанда көрінетін жұлдыздар ішінде ең «ыстығы» көк-аспан көк түсте болып, олардың температуралары $25000^{\circ}\text{--}50000^{\circ}\text{K}$ арасында болады.

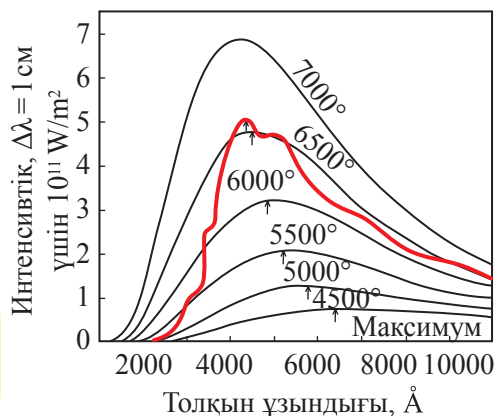
Жұлдыздардың температурасын анықтаудың бірнеше түрлі әдісі бар, олардан бірі бойынша, ол жұлдыздардың спектрінде энергияның бөлінуінен табылады. Мұнда сәулелену энергиясының максимумы тура келген толқын ұзындығына сүйенген күйде Виннің мына ығысу заңынан пайдаланылады (92-сурет):

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

2. Сондай-ақ, жұлдыздың арнаулы рең фильтрлерінде фотографиялық немесе фотовизуалдық жолмен алынған жұлдыздық шамалардың айырмасы ($m_{\text{pg}} - m_{\text{pv}} = CJ$) негізінде анықталған рең көрсеткіші (CJ) бойынша да оның температурасын анықтайды. Жұлдыздардың реңі көк реңге жуықтаған сайын олардың температуралары арта түседі.

Мұндай әдістермен табылған жұлдыз температурасы тек оның сыртына тиісті болып, олардың ішкі бөлігіне тиісті температуралары жұлдыздардың спектрі, массасы, тығыздығы және анықталған ішкі қысымы бойынша теориялық есептеулер көмегімен табылады. Мұндай жолмен табылған жұлдыздардың ішкі бөлігіне тиісті температуралар бірнеше миллионнан ондап миллион градусқа дейінге (орталығында) барады. Күннің орталығында температура 15 миллион градусты құрайды. Ал ыстық жұлдыздарда ол 50–100 миллион градусқа дейінге жетеді.

92-сурет. Жұлдыздар спектрінде энергияның бөлінуі (қою сызық – Күн үшін).



Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Белгілі бір жұлдыз үшін жылдық параллакс бұрышын сызбада көрсет.
2. Жұлдыздың берілген жылдық параллакс бұрышы бойынша оның ұзақтығы парсектерде қалай табылады?
3. Спектрлі параллакс негізінде жұлдыздарға дейінгі аралық қалай табылады?
4. Жұлдыздар жарықтылығы мен радиустары арасында қандай байланыс бар?
5. Жұлдыздардың температурасы қандай әдістер арқылы табылады?

21-ТАҚЫРЫП. 49- §. Жұлдыздың абсолюттік шамасы және оның жарықтығымен байланыстылығы *

Жұлдыздардың көріну жұлдыздық шамалары олардың жарықтықтарын салыстыруға мүмкіндік бермейді. Өйткені бірдей жарықтыққа ие болған түрлі аралықта жататын екі жұлдыздың көріну жұлдыздық шамалары бірдей болмайтыны белгілі. Бұл мәселені шешу үшін астрономдар барлық жұлдыздарды бізден бірдей аралыққа келтіріп, жұлдыздық шамаларын анықтайды және кейін сол негізде олардың шын жарықтықтарын салыстыруды мақсат етеді. Мұндай бірлік ретінде астрономдар 10 парсекті аралықты алды. Жұлдыздардың бізден 10 парсек аралыққа келтірілгенде анықталған көріну жұлдыздық шамалары олардың *абсолюттік жұлдыздық шамалары* деп аталады және M әрпімен белгіленеді. 10 парсекті стандарттық бұл аралық шамамен $2 \cdot 10^6$ астрономиялық бірлікке тең болғанынан, Күнді 10 парсек аралыққа жеткеннен кейінгі интенсивтілігі оның 1 а.б. аралықта тұрғандағы

интенсивтілігінен $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$ есе (яғни $4 \cdot 10^{12}$) кемиді. Интенсивтіктің әр 100 есе кемуі көріну жұлдыздық шамасының 5 жұлдыздық шамасына артуына тура келуі ескерілсе, онда интенсивтіктің $4 \cdot 10^{12}$ есе кемуі жұлдыздық шамасының 31,5 есе артуына себеп болады. Олай болса, 10 пк аралыққа «жеткізілген» Күннің көріну жұлдыздық шамасы $-26,7 + 31,5 = +4,8$ -ді құрайды екен. Басқаша айтқанда, Күннің абсолюттік жұлдыздық шамасы $M_0 = +4,8$ -ге тең болады деп қорытынды жасау мүмкін.

Сентавр жұлдыз шоғырындағы бізге ең жақын тұрған анық жұлдыздың (Проксима) көріну жұлдыздық шамасы $m=0$, Күннен ұзақтығы 1,3 пк. Ол 10 пк аралыққа жеткізілгенде, оның интенсивтілігі $\left(\frac{10}{1,3}\right)^2 = 8^2 = 64$ есе кемиді.

Бұл жұлдыздық шаманың 4,5 есе артуына себеп болады. Демек, оның абсолюттік жұлдыздық шамасы $M_r = 0 + 4,5 = +4,5$ болады. Яғни бір жұлдыздың көріну жұлдыздық шамасы және оған шейінгі болған аралық парсектерде белгілі болса, оның абсолюттік жұлдыздық шамасын оңай анықтау мүмкін. Бұл үшін астрономдар мына арнаулы есептеу формуласын да анықтаған:

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

бұл жерде r – жұлдызға дейінгі парсектерде өрнектелген аралық.

Егер Күн және кез келген жұлдыз абсолюттік жұлдыздық шамаларында ($M_\odot$ және M_*) берілген болса, онда олардың жарықтықтары қатынасының логарифмі мына өрнектен табылады:

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

Жұлдыздардың жарықтықтарын зерттеуден белгілі, олардың жарықтықтары 0,0001 Күн жарықтығынан бірнеше он мың Күн жарықтығына дейінгі шекарада өзгереді екен. Өте үлкен жарықтыққа ие болған жұлдыздар ішінде алыптар және өте алыптар деп аталатын жұлдыздар ерекше орын алады. Алыптардың негізгі бөлігі біршама төмен сырт температурасына ($3,4 \cdot 10^3$ К) ие болып, қызыл реңде болғанынан олар *қызыл алыптар* деп аталған. Алдебаран (Торпақ жұлдыз шоғырының ең жарық жұлдызы), Арктур (Өгізбағар жұлдыз шоғырының ең анық жұлдызы) сияқты жұлдыздар алыптардың танымалды өкілдерінен болып есептеледі.

Ал өте алыптар жарықтықтары Күндікінен он мың еселеп артық болған жұлдыздар, олардың реңі түрліше болады. Көк реңдегі өте алыптарға мысал етіп, Ригельді (арабша «Риж ал-Егіздер»дің бұзылып айтылуы – «Балуанның аяғы» – Орион жұлдыз шоғырының бетасы); қызыл өте алыптарға – Антаресті (Сарышаян жұлдыз шоғырындағы ең анық жұлдыз), Балуанның оң желкесі – Орионның ең анық жұлдызы) келтіру мүмкін.

Түрлі жарықтықтағы жұлдыздардың спектрлері бір-бірінен біраз өзгешеленеді. Сондықтан, кейде спектрдегі түрлі атомдардың сызықтарымен жұлдыздың жарықтықтығын бағалау мүмкін. Сол жолмен жарықтықтары анықталған жұлдыздардың көріну жұлдыздық шамалары көмегімен оларға дейінгі аралықтарды да анықтау мүмкін. Жұлдыздарға дейінгі аралықтарды анықтаудың бұл әдісі, жоғарыда атап өтілгендей, *спектрлі параллакс әдісі* деп аталады.

Спектрлі параллакс әдісінің тригонометриялық әдістерден тиімділігі сонда, спектрлі параллакс өте үлкен аралықта жатқан және спектрлерді алыс мүмкіндігі болған барлық шырақтардың да аралықтарын анықтайды.

50-§. Жұлдыздардың спектрі мен спектрлік сыныптары

Астрономдар жұлдыздарға тиісті маңызды мәліметтерді олардың спектрлерін талдап қолға енгізеді. Жұлдыздардың спектрі, оның ішінде, Күннің спектрі де сызықты жұтылу спектрі болып, жарық ұстау спектрінің фонында атомдар, иондар және молекулаларға тиісті жұтылу (Фраунгофер) сызықтарынан кұралады. Жұлдыздардың спектрлері бір-бірінен оларда толқын ұзындығы бойынша сәулелену энергиясының түрлі мәнмен бөлінуінен өзгешеленеді. Сондай-ақ, бұл спектрлер оларда атмосфераның химиялық құрамын көрсетіп түрлі элементтерге тиісті сызықтары және сол сызықтар интенсивтіктерімен де бір-бірінен ерекшеленеді.

Температуралары бір-біріне жақын жұлдыздардың химиялық құрамы бір-бірінен кескін өзгешеленбейді. Жұлдыздар спектрінде ең көп таралған элементтер сутегі мен гелий болып табылады. Бұл элементтердің жұлдыз спектрінде бақыланған интенсивтік дәрежесі сол жұлдыз атмосферасының физикалық жағдайын белгілеп, көп жағынан оның температурасына байланысты болады. Жұлдыздардың спектрлері жеті негізгі спектрлік сыныптарға жіктелген. Олар латын әліппесінде төмендегі тәртіпте орналасады:

O—B—A—F—G—K—M. Белгілі сыныпқа жіктелген спектрлер, сондай-ақ, тағы оннан ергежей сыныптарға бөлінген. Мысалы, A сынып жұлдыздар A0, A1, A2, ..., A9 сыныптарға бөлінген (Күн өз спектрі бойынша G2 сыныпқа кіреді).

Сыныптар кезектілігі, ең алдымен, жұлдыздардың температурасы және рендері кезектілігінде өз көрінісін табады. Біршама суық — қызыл жұлдыздардың спектрінде бейтарап атомдардың және тіпті молекуляр қосылыстарының сызықтары көп ұшырағандықтан, ыстық көгілдір жұлдыздардың спектрінде иондасқан атомдардың сызықтары көп ұшырайды. *О сыныпқа* енетін жұлдыздардың *спектрінде иондасқан гелий, көміртек, азот және оттегінің интенсивтік жұтылу сызықтары* және спектрдің ультракүлгін бөлігінде кейбір химиялық элемент атомдарының көп иондасқан сызықтары ие. Көгілдір жұлдыздар температурасы 25000–50000 °C дейінге жетеді.

В сыныпқа кіретін жұлдыздардың спектрінде бейтарап гелий сызықтары өте интенсивтік болады. *Ақ-көкшіл реңдегі* мұндай жұлдыздардың температурасы ~17000 °C айналасында.

А сыныпқа кіретін жұлдыздардың спектрінде *сутегінің жұтылу сызықтары, иондасқан Са сызықтары* интенсивтік болып, температурасы $\sim 11000^\circ\text{C}$ болады. Реңі ақ.

В сыныпқа кіретін жұлдыздардың спектрінде сутегі сызықтары күшсізденіп, *кальцийдің иондасқан сызықтары* интенсивтік болады. *Ашық сарғыш* реңді. Темір, титан сияқты элементтерге бай, температурасы $\sim 7000^\circ\text{C}$.

С сыныпқа кіретін жұлдыздардың спектрінде (оның ішінде, Күндікінде) металдарға тиісті *бейтарап және жартылай иондасқан кальций атомдардың сызықтары* интенсивтік және кең таралған. Сутегінің сызықтары біраз күшсізденген (интенсивтігі төмендеген) болады. Температурасы $\sim 6000^\circ\text{C}$. Реңі сары.

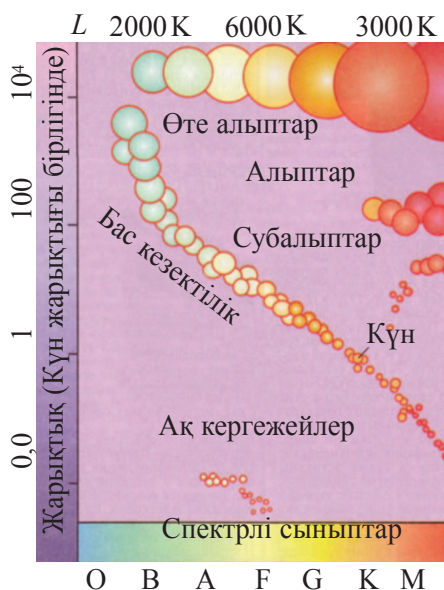
К сыныпқа кіретін жұлдыздардың спектрінде металдардың жұтылу сызықтарымен бірге *молекуляр қосылыстардың да сызықтары* бақыланады. Реңі қызғыш, температурасы $\sim 3500^\circ\text{C}$.

Ал М сыныпқа кіретін жұлдыздардың спектрінде *металл сызықтары* күшсізденіп, *молекулалардың спектрлік таспалары* (әсіресе, титан қышқылына тиісті) *интенсивтік* сипат алады. *Қызыл* реңді, температурасы 2500°C .

Жұлдыздар спектрінің әр түрлі болуы олардың атмосферасындағы физикалық жағдайға, химиялық құрамының саналуандығына және ең негізі, түрлі температураға ие екендігімен түсіндіріледі. Жұлдыздың температурасы артқан сайын оның атмосферасындағы молекулалар атомдарға ыдырайды. Одан да жоғары температурада атомдар да ыдырап, электрондарын жоғалтады да иондарға айналады. Бұл нәрсе жұлдыздардың спектрлік сыныптары талдауынан оңай көрінеді.

51-§. Спектр-жарқындық диаграммасы

Жұлдыздардың спектрлік сыныптары және олардың температуралары арасында байланыс бар екендігі бақылаулардан белгілі болған. Олардың жарқындықтары абсолюттік жұлдыздық шамаларға байланысты анық болған соң, ғалымдар бұл екі жұп байланыстар арасында байланыс болуы керек деген күдікпен оны іздеуге кірісті. Мұндай байланысты ХХ ғасырдың басында даниялық астроном Гершпрунг және америкалық астрофизик Расселль анықтады. Белгілі болуына қарағанда, егер координата біліктерінен бірі бойынша жұлдыздардың спектрлік сыныптары, ал екіншісі бойынша олардың абсолюттік жұлдыздық шамалары қойылса, жұлдыздардың бұл



93-сурет. Спектр-жарықтық диаграммасы.

көрсеткіштері арасындағы байланыстары бірнеше топқа бөлінген жағдайдағы диаграмма көріністе болады. Мұндай байланыстарды өрнектейтін диаграмма кейін келе спектр-жарқындық немесе Гершпрунг-Расселль диаграммасы деп аталды. Спектр-жарқындық диаграммасында жұлдыздардың абсолюттік жұлдыздық шамаларына параллель күйде, жұлдыздардың жарқындықтарын (Күн жарқындығы бірлігінде, $L_{\odot} = 1$), ал спектрлік сыныптары білігіне параллель күйде, олардың рең көрсеткіштерін немесе тиімді температуралары орналасады (93-сурет). Гершпрунг-Расселль диаграммасы жалпы физикалық табиғатқа ие болған жұлдыздарды түрлі топтарға бөліп, олардың температурасы, жарқындығы, спектрлік

сыныбы және абсолюттік шамалары сияқты көрсеткіштері арасындағы байланыстарды анықтауға мүмкіндік береді.

Бұл диаграммада жұлдыздардың негізгі бөлігі *бас кезектілік* деп аталатын қисықтық бойымен орналасып, оның төбе бөлігінде жарқындықтары жоғары болған бастауыш спектрлік сыныптарға тиісті жұлдыздар орналасады және оң жаққа барған сайын жұлдыздардың жарқындықтары (олай болса, температуралары) төмендей түсіп, кейінгі сыныптарға тиісті жұлдыздар орын алады. Бас кезектілік қисықтығынан оң жағында, жоғарыда біршама төмен температуралы, бірақ диаметрі өте үлкен және сол үшін де жоғары жарқындыққа ие болған, абсолюттік жұлдыздық шамалары -4^m , -5^m -лі *өте алып және алып* (абсолюттік жұлдыздық шамалары 0^m айналасында) жұлдыздар орналасады. Диаграмманың төменгі бөлігінде солда, негізінен А спектрлі сыныбына және біршама кем жарқындыққа ие болған бөлек топ – *ергежей жұлдыздар* орналасады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Жұлдыздардың абсолюттік жұлдыздық шамасы деп қандай көріну шамасы айтылады?

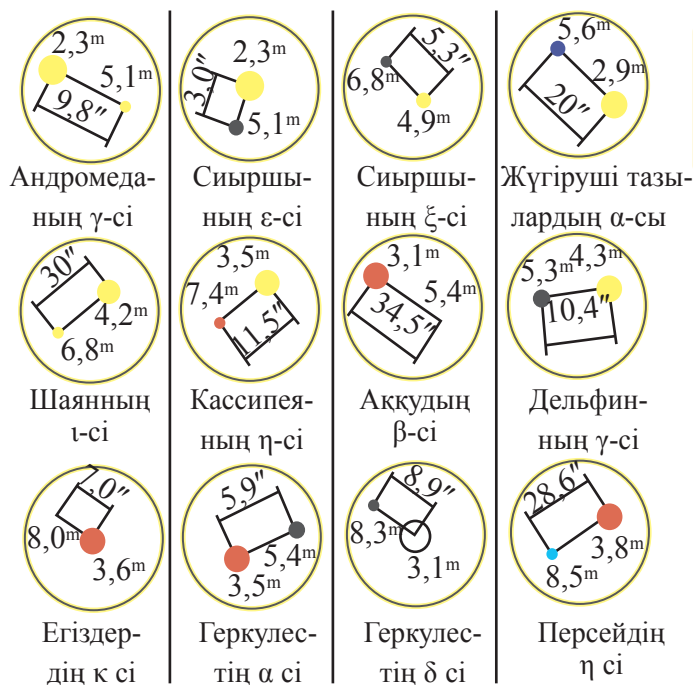
2. Жұлдыздардың көріну және абсолюттік шамалары арасындағы қатынасты өрнектейтін формуланы жаз.
3. Жұлдыздардың спектрлік сыныптары жайында не білесің?
4. Жұлдыздардың спектрлік сыныптары олардың температурасы мен реңдеріне қалай байланысқан?
5. Спектр-жарқындық диаграммасы жұлдыздарға тиісті қандай физикалық көрсеткіштерді өзара байланыстырады?
6. Бас кезектілікте жататын жұлдыздар қандай ерекшеліктерімен алыптар және ергежейлерден өзгешеленеді?
7. Жұлдыздардың абсолюттік жұлдыздық шамалары және жарқындықтары арасында қандай байланыс бар?

22-ТАҚЫРЫП. 52-§. Физикалық қос жұлдыздар және олардың түрлері

Бір карағанда аспанда жұлдыздар жеке-жеке тұрғандай көрінсе де, негізінде олардың көпшілігі екеуден, үшеуден және одан да көбірек күйде өзара динамикалық байланысқан көріністе болады. Әдетте, жалпы масса орталығы айналасында айналатын қос жұлдыздардың орбиталары бір жазықтықта жатып, айналу дәуірлері бірдей болады. Олардың ішінде әсіресе қосарланғандары (яғни жұп күйдегілері) көбірек ұшырайды. Бірақ қосарланып көрінген жұлдыздардың бәрі де негізінде қосарланған бола бермейді. Олардың ішінде түрлі аралықтарда жатып, өзара ешқандай динамикалық байланыспаған және белгілі бір көру сызығы жақынында жатқандығынан аспанда бір-біріне жақын боп көрінгендері де көп болады. Мұндай жұлдыздар *оптикалық қосарлылар* деп аталады.

Визуал қос жұлдыздардың түрлері. Егер физикалық қос жұлдыздардың ұйымдастырушылары қуатты телескоппен қаралса, бір-бірінен тікелей бөліп көру мүмкін болған доға аралықта орналасқан болса, олар *визуал қос жұлдыздар* делінеді.

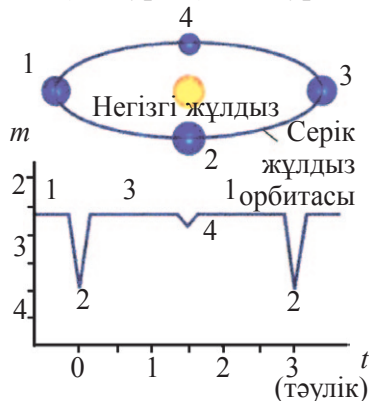
Өзара өте тығыз және өте кіші доға аралықта орналасқан қос жұлдыздарды тікелей бөліп көрудің еш мүмкіндігі жоқ болып, олардың қосарлануы фотометрикалық немесе спектрлік әдіс көмегімен анықталады. Сол бойынша олар, сәйкес түрде, *тұтылушы* және *спектрлік қосарлылар* деп айтылады. Визуал қос жұлдызға мысал етіп Үлкен Аю жұлдыз шоғырындағы «шөміш тұтқасы»ның ақырынан екінші жұлдызды алу мүмкін. Ерте-



94-сурет. Таныс жұлдыз шоғырларында зерттелетін қос жұлдыздар (Жұлдыздық шамалары және өзара доға аралықтары берілген.)



де арабтар ол жұлдызға Алқар (Шабандоз) деп атаған. Оның жақындағы көзге зорға ілінетін жұлдызша Мицар деп аталған. Бұл екі жұлдыз өзара динамикалық байланыстағы визуал қос жұлдыздар. Олардың арасы небары $11'$. Қарапайым дала дүрбісі арқылы визуал қос жұлдыздарды көру мүмкін (94-сурет). 95-суретте визуал қос жұлдыздардың өкілі Үлкен Аюдың ξ



96-сурет. Тұтылатын қос жұлдыз (Алголь – Персейдің β -сы).

сының негізгі жұлдызға қатысты серігінің орбитасы көрсетілген.

Тұтылатын қос жұлдыздардың типтік өкілі ертеде арабтар анықтаған және Алголь («Дәудің көзі» мағынасын береді) деп аталған Персей жұлдыз шоғырының β жұлдызы болып табылады. Бұл қос жұлдыздардың орбиталық жазықтықтары көру сызығы бойымен жатқанынан, жалпы масса орталығы айналасында айналғанда, олар бір-бірін тосып өтеді де нәтижеде бұл жағдай жұлдыз айқындығын дәуірлік түрде (~ 3 тәуліктік) өзгертіп, оның, қосарлығын білдіреді (96-сурет).

Ақырында, *спектрлік қос жұлдыздардың* қосарланғаны олардың қабаттасып түскен спектрлеріндегі жалпы сызықтарының (екі жұлдыз спектрінде де бар сызықтардың) бір-біріне қатысты дәуірлік ығысуларынан (негізгі жұлдыз айналасында серік жұлдыздың айналып жатқанынан) білінеді.

53-§. Жұлдыздардың массаларын есептеу **

Жұлдыздарды сипаттаушы ең маңызды шамалардан бірі олардың массалары болып табылады. Жұлдыздарға тиісті көптеген көрсеткіштер қай дәрежеде болса да олардың массаларына байланысты болады. Басқа көрсеткіштерінен өзгешелігі, жұлдыздардың массаларын анықтау ең күрделі мәселелерден болып есептеледі. Егер жұлдыздың айналасында серігі болса, жұлдыздың оған гравитациялық әсерімен жұлдыздың массасын Кеплердің анықталған 3-заңы негізінде табу мүмкін. Қос жұлдыздардың жалпы масса орталығы *айналасында айналу дәуірлері* және негізгі жұлдызға қатысты табылған *серік жұлдыздың орбитасының үлкен жарты білігі* A -ның мәні бойынша массалары қосындысын төмендегі өрнектен табамыз:

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

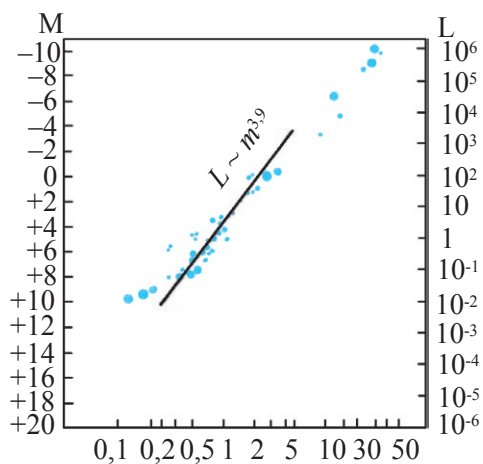
ендеше массалар қосындысы:

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

бұл жерде: M_n , m_c – сәйкес түрде негізгі және серік жұлдыздардың массаларын; A – серік жұлдыздың негізгі жұлдызға қатысты табылған орбитасы үлкен жарты білігін; T – қос жұлдыздар дәуірін G – гравитациялық тұрақтылықты сипаттайды (бұл жерде T секундтарда, A метрлерде өрнектелгенде M масса кг-дарда шығады). Егер қос жүйеге енетін жұлдыздардың масса орталығына қатысты жағдайын бөлек белгілеу және нәтижеде олардың үлкен жарты біліктерінің бұрыштық өлшемдерін доға секундтарында бөлек анықтаудың мүмкіндігі болса, онда олардың массаларының қатынастарын мына өрнек арқылы анықтау мүмкін болады:

$$\frac{M_n}{m_c} = \frac{a_n}{a_c},$$

бұл жерде – M_n және m_c -лар, сәйкес түрде, негізгі және серік жұлдыздардың



97-сурет. Жұлдыздардың жарықтықтары мен массалары арасындағы байланыс.

массаларын; ал a_n және a_c -лар, орбиталардың үлкен жарты біліктерін өрнектейді. Қос жұлдыздардың бұл әдіспен анықталған массалары, есептеулердің көрсетуі бойынша, 0,1 Күн массасынан 100 Күн массасына дейін болады. Массалары 10–50 $M_\odot$ шегінде болған жұлдыздар біршама кем ұшырайды.

Алайда жеке алынған жұлдыздардың массаларын анықтау мүмкін болмаса да, бірақ спектр-жарқындық диаграммасынан ерекше орын алған кейбір жұлдыздар тобы үшін олардың жарқындықтары мен массалары арасында байланыс бар екендігі эмпирикалық жолмен анықталған (97-сурет). Мас-

са мен жарқындық арасындағы мұндай байланыс арқылы жарқындықтары анықталған көптеген жұлдыздардың массаларын табуға мүмкіндік беріп, эмпирикалық жолмен жұлдыздың болометрлік жарқындығы L_b (яғни толық сәулелену энергиясы) мен массалары M_* арасында байланыс табылған. $L_b = M_*^{3.9}$ өрнектен көрінуі бойынша, бас кезектіліктің төбе бөлігінде ең массивтік жұлдыздар орналасып, төменге қарай жұлдыздардың массасы кеміп барады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

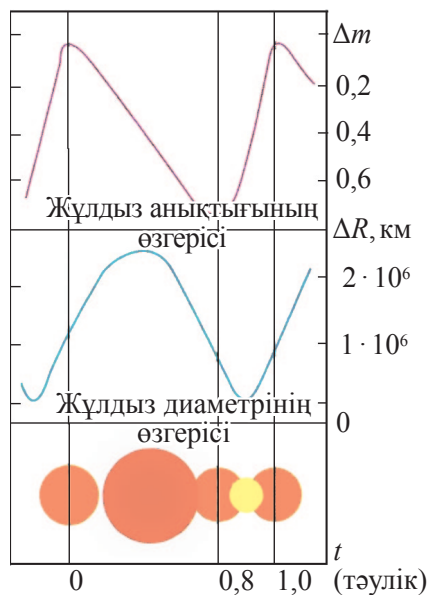
1. Физикалық қос жұлдыздардың қандай түрлері бар?
2. Визуал қос жұлдыздар деп қандай қосарланулар айтылады? Тұтылатын жұлдыздар деп ше? Тұтылатын қосарланулардың анықтық қисықтығы несімен дәуірлік сипатқа ие болады?
3. Спектрлік қос жұлдыздардың қосарлануы қалай білінеді?
4. Қос жұлдыздардың массалары қандай заңға негізделіп табылады?
5. Эмпирикалық жолмен біршама кем жұлдыздар үшін, олардың жарқындықтары мен массалары арасында қандай байланыс табылған?
6. Жұлдыздар массалары Күн массасы бірлігінде қандай шекараларда өзгереді?

23-ТАҚЫРЫП. 54-§. Физикалық өзгергіш жұлдыздар: цефеидтер, жаңа және өте жаңа жұлдыздар

Физикалық өзгергіш жұлдыздар анықтықтарының өзгерісі тұтылатын қос жұлдыздар анықтықтарының дәуірлік өзгерісінен өзгешелігі, сол жұлдыздардың баурайында болатын физикалық үдерістер себебінен жүзеге асады. Физикалық өзгергіш жұлдыздар анықтықтарының өзгеріс сипаты бойынша пульсацияланушы және эруптивтік өзгергіш жұлдыздарға бөлінеді.

Пульсацияланушы жұлдыздар. Цефеидтер. Анықтықтарының қисықтығы ерекше пішінге ие болып, олардың негізгі физикалық шамаларынан есептелген *көріну жұлдыздық шамалардың уақыт бойынша өзгеру дәуірі* бірнеше тәуліктен бірнеше ондаған тәулікке созылады. Мұндай жұлдыздар анықтылығының қисықтығы Цефей жұлдыз шоғыры δ жұлдызының өзгерісіне ұқсағандығынан олар *Цефеидтер* деп аталады (98-сурет).

Цефеидтер анықтылығының өзгерісі (2-ден 6-ға дейін) жұлдыздық шамасы шегінде болады. Цефеидтер жарқылының максимумында F спектрлік сыныпқа жататын жұлдыз көрінісінде болып, минимумында G сыныптарына жататын жұлдыз көрінісін алады. Анықтықтардың бұл өзгерісі жұлдыз температурасының орташа 1500° -қа өзгеруіне сәйкес келеді. Цефеидтер спектрінде зерттелетін сызықтар оның анықтығы өзгерісінің фазасына сәйкес түрде қызыл немесе күлрең жаққа ығысып тұрады. Мұндай ығысулар да дәуірлік сипатқа ие болып, қызыл ығысудың максимумы цефеид анықтығының минимумына, ал күлрең ығысудың максимумы анықтықтың максимумы жақынына тура келеді. Цефеидтердің дәуірлері және жарқындықтары арасында байланыс бар, олардың анықтығының артуы дәуірлердің артуында өз көрінісін табады. Сондықтан пульсацияланушы цефейді бар



98-сурет. Цефеид (Цефейдің δ типіндегі жұлдыз)тердің анықтығы (Δm) және радиусының өзгеріс (ΔR) қисықтықтары.

жұлдыз жүйелерге дейінгі аралықтар, олардың көрінген дәуірлері негізінде табылған жарқындығымен анықталады.

Цефейдтер F және G сыныптарға кіретін алып және өте алып жұлдыздар болғандықтан оларды галактикамыздан тысқарыдағы объектітерде де кездестіруіміз мүмкін.

Эруптивтік өзгеретін жұлдыздар. Эруптивтік өзгергіш жұлдыздар біршама кіші жарқындыққа ие болған жұлдыздар (ергежей жұлдыздар) болып, олардың өзгергіштігі қайталанатын жарқыл көрінісінде пайда болады. Мұндай жарқылдар сол жұлдыздардан плазманың шығарылуы (эрупциясы) мен түсіндірілгендіктен де олар *эруптивтік өзгергіш жұлдыздар* деп аталады. Эруптивтік жұлдыздардан бірі жаңа жұлдыздар болып есептеледі.

Жаңа жұлдыздар. Жаңа жұлдыздар эруптивтік өзгергіш жұлдыздардың белгілі сатысын өзінде көрсетіп, «жаңа» деген ат оларға шартты түрде берілген. Мұндай жұлдыздар ескіден бар болып, күңгірттігінен көрінбей өз эволюциясының белгілі басқышында жарқыл себепті анықтығы 10–13 жұлдыздық шамасына дейінге өзгеріп, жай көзбен көрінетін анық жұлдызға айналады. Өз жарқылдарының максимумында олар абсолюттік жұлдыздық шама-ларының орташа 8,5 жұлдыздық шамасына дейінге барып, мұнда олар A–F спектрлік сыныптарға тиісті өте алып жұлдыздар көрінісіне тым ұқсап кетеді. Мұндай жұлдыздарды жарқылдан алдын және кейін мұқият зерттеу олар қос жұлдыздар деген қорытынды жасауға себеп болады. Бұнда жарқылдың себебі екі бір-біріне жақын орналасқан жұлдыздардың өзара әсерлесулерінен болады. Бұл жұлдыздардан бірі кем тығыздыққа ие үлкен жұлдыз болып, екіншісі үлкен тығыздықтағы ақ ергежей жұлдыз деп қаралады. Үлкен тығыздық пен тартылыс қуатына ие болған ақ ергежей жұлдыз әсерімен алып жұлдыздың заты оған ағып түсіп, ақ ергежей сыртында қатты қызады да белгілі температураға жеткен соң, күшті *термоядролық жарылыс* жүзеге келеді.

Жаңа жұлдыздар жарқыл дәуірінде толық сәулелену энергиясы 10^{38} – 10^{39} ж-ны құрап, мұны Күн бірнеше он мың жылда беруі мүмкін. Жұлдыз сыртында жарылыс болғанда, оның сыртынан үлкен массалы заты (шамамен 10^{-4} – $10^{-5} M_{\odot}$) 1500–2000 км/с-қа дейінгі жылдамдықпен шығарылады. Нәтижеде жаңа жұлдыз айналасында таралған газ үлкен тұмандықты жүзеге келтіреді. Бақылаулар нәтижесінде, біраз жақында орналасқан барлық жаңа жұлдыздардың айналасында шындап кеңеюші газ тұмандықтар бақыланады.

Қазірге дейін ғылымға 300-ге жуық жарқылдаған жаңа жұлдыз белгілі болып, олардың 150-ге жуығы өзіміздің галактикамызда, 100-ге жуығы көрші Андромеда тұмандығында бақыланған.

Өте жаңа жұлдыздар да эруптивтік өзгергіш жұлдыздар тобына кіріп, алып массив жұлдыздардан болып саналады. Жарқындықтары кескін өзгертін (жарқылдайтын) мұндай жұлдыздардың жарқылдары жарылыс есебіне болады. Жарылыс себепті мұндай жұлдыздардың анықтығы бірнеше күн барысында ондаған миллион есе артады. Жұлдыз өз анықтығының максимумына жеткенде, галактика анықтығына, кейде одан да бірнеше есе көп анықтыққа ие болады. Анықтығының максимумында оның абсолюттік жұлдыздық шамасы -18 ден -19 жұлдыздық шамаға дейін жетеді. Өте жаңа жұлдыздар өз жарқындығының максимумына, жарылыс жүзеге келгеннен кейін 2–3 апта өткен соң жетеді және содан кейін бірнеше ай барысында оның жарықтығы 25–30 есе кемиді. Жарқыл барысында, өте жаңа жұлдыздардың жалпы сәулелену энергиясы 10^{41} – 10^{42} джоульды құрайды.

Белгілі галактикада өте жаңа жұлдыздың жарқылы шамамен 100 жыл ішінде 1–2 рет қана болады. Тарихта біздің галактикамызда да бірнеше өте жаңа жұлдыздардың жарқылы бақыланған. Бұлардың ішінде, Торпақ жұлдыз шоғырында 1054 жылы Қытай астрономдары бақылағаны ең қуаттылары болып есептеледі. Бұл жұлдызды оның жарылысынан соң бірнеше күн барысында күндіз де көруге болған. Жарқыл шағында мұндай жұлдыздар 0,1-ден 1,0 Күн массасына дейін тең өз затын 6000 км/с-қа дейінгі жылдамдықпен жұлдыздараралық кеңістікке шығарады. Дерлік 1000 жыл уақыт өтсе де, бұл жұлдыздан шығарылған газ массасы қазіргі күнде де секундына дерлік 1000 км жылдамдықпен кеңеюді жалғастырады. Жарқылдаған жұлдыз айналасында таралып жатқан бұл газ массасы өте үлкен газ тұмандықты жасаған. Торпақ жұлдыз шоғырында 1054 жылы жарылған өте жаңа жұлдыздан қалған бұл тұмандық Шаян тәрізді тұмандық



99-сурет. Торпақ жұлдыз шоғырындағы Шаян тәрізді тұмандық – 1054 жылы жарылған өте жаңа жұлдыздың қалдығы.

атымен танымалды (99-сурет). 1572 жылы жарылған басқа өте жаңа жұлдыз-ды даниялық астроном Тихо Браге Кассиопея шоғырында, 1604 жылы Жылан Жетекші жұлдыз шоғырында жарылғанды Кеплер зерттеген.

Өте жаңа жұлдыздардың жарылысы себепті олардың орталық қалдық бөлігі, жарылыстан алған қосымша импульс есебіне диаметрі бірнеше километр қалғанша апатты сығылады (ол ғылымда коллапс деп аталады) және өте үлкен тығыздықтағы объектіге айналады. Бұнда оның тығыздығы дерлік атом ядросының тығыздығына дейінге (10^{14}г/см^3) жетеді. Мұндай тығыздықта атомдар атом ерекшелігін мүлдем жоғалтып, тек нейтрон қабықтардан ғана қалыптасады және сондықтан өте жаңа жұлдыздардың қалдығы көбінше *нейтрон жұлдыздар* деп аталады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Қандай жұлдыздар физикалық өзгеретін жұлдыздар деп аталады?
2. Цефеидтер қандай ерекшелікті пульсацияланушы жұлдыздар есептеледі?
3. Цефеидтердің дәуір және жарқындықтары арасында қандай байланыс бар?
4. Жаңа жұлдыздардың жарқылдау механизмі жайында не білесің?
5. Өте жаңа жұлдыздар жарқылында олардың массалары қандай орын алады?
6. Өте жаңа жұлдыз жарқылы салдарынан ол қандай аспан денесіне айналады?

24-ТАҚЫРЫП. 55-§. Жұлдыздар эволюциясы . Нейтрон жұлдыздар және «қара ұралар» *

Көпшілік астрономдардың пікірі бойынша, жұлдыздар (тіпті бүкіл галактикалар да) өте ірі массалы газ бұлтының сығылуы (конденсациялануы) және айналуы нәтижесінде пайда болады. Ойлап көрейік, суық газ-тозан бұлты белгілі себептермен сығылатын болсын. Тартылыс күштері әсерімен сығылған газ бұлты біртіндеп шар тәрізді күйге енуге әрекеттенеді. Мұндай сығылу нәтижесінде бұлттың тығыздығы мен температурасы арта түсіп, ол кейін келе «протожұлдыз» (жұлдыз қалыптасуының бастауыш күйі)ға айналады. Мұнда оның сыртқы температурасы артқандықтан, ол инфрақызыл диапазонда сәулелене бастайды. Протожұлдыздың орталығында температура шамамен 10^7 °C-қа жеткен соң, ол Жерде термоядро синтезі реакциясы басталады. Сол уақыттан бастап газ қысымының ішкі күштері жұлдыздың сыртқы бөліктерінің тартылыс күшімен теңескендігінен, жұлдыздың сығылуы

үдерісі тоқтайды. Жұлдыздың массасы қанша үлкен болса, тепе-теңдік жағдайы сонша жоғары температурада жүзеге асады. Сондықтан үлкен массалы жұлдыздардың жарқындықтары да соған сәйкес түрде үлкен болады.

Жұлдыздарда сығылу сатысы, оның орталық бөлігінде сутегінің біртегіс «жануы»мен іске асатын, стационарлық жағдайға айналады. Сондай жағдайда жұлдыздар спектр-жарықтық диаграммасының «бас кезектіліктілігі»нен орын алған болады. Жұлдыздардың бас кезектілікте болу уақыты олардың массаларына байланысты. Үлкен мөлшердегі сәулелену энергиясын тарататын жұлдыздар өз эволюциясы дәуірін тез өтеп, стационарлық жағдайда бірнеше миллион жыл ғана болса, Күндей массалы жұлдыздар бұл күйде 10^{10} жылдан кем болмайды.

Жұлдыздар орталығында бор сутегі гелийге айналып болған соң, ол жерде гелийлі ядро пайда болады. Енді сутегі гелийге жұлдыздың орталық бөлігінде емес, сондай-ақ оның ядросына жабысқан сыртында айнала бастайды. Бұл кезде гелийлі ядро ішінде энергия көзі сөнген болып, жайлап қайта сығылуды бастайды және бұның есебіне қатты қызиды. Оның температурасы $15 \cdot 10^6$ °C-қа еріген соң, гелий енді көміртекке айналады. Нәтижеде оның жарқындығы мен өлшемі арта түседі және жай жұлдыз біртіндеп алып немесе өте алып жұлдызға айналады. Бізге белгілі, мұндай жұлдыздар «спектр-жарқындық» диаграммасында ерекше орын алады.

Ендеше, жұлдыздар өмірінің соңғы сатысы, олардың бүкіл эволюциясы сияқты, массаларының «қолында» болып, Күніміз тобында жұлдыздар (массасы 1,2 Күн массасынан үлкен болмағандары) кеңейіп, ақыры жұлдыз ядросын тастап кетеді. Содан соң ол айналып жатқан қызыл алып жұлдыз орнында кішкене, реңдегі ыстық *ақ ергежей жұлдыз* қалады. Жұлдыздар дүниесі мұндай *ақ ергежей жұлдыз*дарға бай. Демек, көпшілік жұлдыздар *ақ ергежейге* айналған соң, бірте-бірте суып, сөніп қалады.

Бірақ жұлдыз массасының мәнінен бастап, ядродағы газ қысымы гравитация



100-сурет. Жұлдыздардың массалары бойынша эволюциясы.

тация күштеріне төзе алмай үздіксіз сығыла бастайды, басқаша айтқанда, коллапс (апатты сығылу) құбылысы жүзеге келеді. Жұлдыз массасы шамамен 2–3 Күн массасындай болғанда, ол коллапстан қашып құтыла алмайды.

Мұндай жұлдыз, кезектегі сығылудың салдарынан нейтрон жұлдызға айналуы нәтижесінде жүзеге келген «нейтрон газ» қысымы гравитация күштеріне төзе алғандығы себепті, ол сығылудан тоқтайды. Бұл орында айта кету керек, жұлдыз қалдық массасының сығылуынан нейтрон жұлдыз өзінен-өзі жүзеге келмей, ол ядролық жарылысты (өте жаңа жұлдыз көрінісінде) «бастан кешіруі» тиіс болады. Мұндай жарылыстан зат нейтрондар күйіне өткізіліп, барлық бар ядролық энергия одан бөлініп шығады (*100-сурет*).

Егер жұлдыздың массасы 2–3 Күн массасынан үлкен болса, онда «нейтрон газ»дың қысымы гравитация күштеріне төзе алмай, жұлдыз үздіксіз сығыла түседі. Сығылып жатқан жұлдыздың радиусы $\frac{2GM}{c^2}$ -ға жеткенде (бұл жерде c – жарық жылдамдығы) оның үшін параболикалық жылдамдық жарық жылдамдығынан үлкен болады. Басқаша айтқанда, енді ешнәрсе, тіпті сәулелену кванты да жұлдызды тастап кете алмайды, олай болса жұлдыз енді көрінбейді. Теория жағынан қаралғанда, болуы мүмкін болған мұндай жорамал жұлдыз «көрінісі» – *қара ұра* деп аталады.

Мұндай ат оған өзінен тысқа ешқандай сәулеленуді де шығара алмайтын дәрежедегі тартылыс күшіне ие болғаны үшін берілген.

Егер «қара ұра» қос жұлдыздарды құрайтындардан бірі болса, онда ол жанындағы қалыпты жұлдыздың затын тынбай «сору» ерекшелігіне ие болады. Осындай аумақта күшті рентген диапазонында жүзеге келген сәулеленуді арнаулы рентген телескоптарда белгілеу арқылы «қара ұраның» қарасын көру мүмкін болады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Ақ ергежей жұлдыздар қандай массалы жұлдыздар эволюциясының өнімі?
2. Қандай жұлдыздар өз эволюциясы соңында нейтрон жұлдызға айналады?
3. «Қара ұралар» өз эволюциясы соңында қандай көріністегі радиусты жұлдызға айналады?
4. «Қара ұралар» қандай топтағы жұлдыздардың қалдығы болып есептеледі?

VI ТАРАУ. ҒАРЫШТЫҢ ТҮЗІЛІСІ ЖӘНЕ ЭВОЛЮЦИЯСЫ

25-ТАҚЫРЫП.

56-§. Галактикамыздың түзілісі, құрамы және айналуы

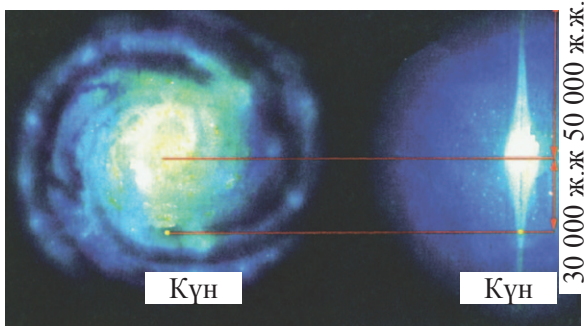
Түнде қараңғы аспанға қарасақ, бүкіл аспан бойымен созылған жарық – сабан төгілген жолды еске салатын және жас кезімізден бізге ересектер Құс Жолы деп түсіндірген таспаға көзіміз түседі.

Қарапайым дала дүрбісі немесе кішірек телескоптан Құс Жолына қарағанда-ақ, ол құжынаған жұлдыздардан құралғанын көреміз.

Біздің Күн де (бір жай жұлдыз ретінде) сол үлкен жұлдыздар жүйесінің мүшесі болғаны үшін біз оны біздің галактикамыз деп атаймыз (*101-сурет*). Галактикамызға бүйір жақтан қаралса, оның пішіні дөңес линза көрінісіне ұқсайды. Оның диаметрі дерлік 100 мың жарық жылына тең, ал қалыңдығы 7 мың жарық жылына тең. Күн жүйесі галактикамыздың орталығынан оның радиусының $\frac{2}{3}$ бөлігіне тең (33 мың жарық жылы аралықта) орналасады (*102-сурет*). Егер галактикамыз табағына (яғни Құс Жолы жазықтығына) тік бағыт жақтан тұрып қаралса, орталығынан спираль көріністе таралатын және сағат тілінің пружинасын еске салатын «жеңдер»ді көреміз (*103-суретке* қара). Күн жүйесі жақтан қаралғанда, галактикамыздың орталық ядросы Мерген жұлдыз шоғырына кескінделеді. Есеп-қисаптар галактикамызда 200 млрд-қа жуық Жұлдыз бар екендігін көрсетеді. Жұлдыздар Галактикамыз-



101-сурет. Галактикамыздың «белдеуі» есептелетін Құс Жолы.



102-сурет. Галактикамыздың үсткі және бүйір жақтан көрінісі.



103-сурет. Галактикамыз спираль «жеңдері» (үсткі жақтан қаралғанда).

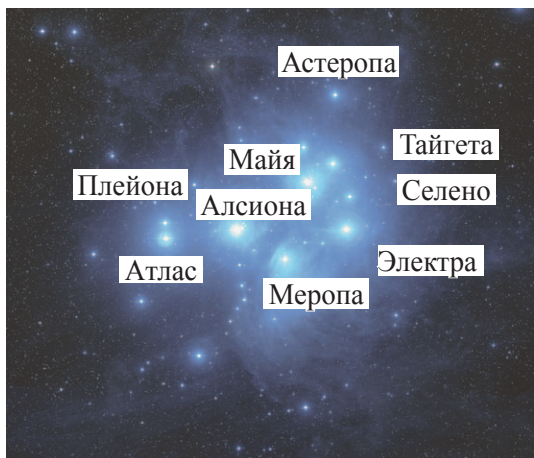
мыз ядросынан ұзақтықтарына қарай кеміп барады. Күн және оған жуық орналасқан жұлдыздардың айналу жылдамдықтары секундына 240 км-ді құрап, айналу дәуірі шамамен 200 млн жылға тең.

дың негізгі бөлігін құрайды. Онда жұлдыздардан тыс олардың түрлі жүйелері (тұмандықтар, жұлдыз шоғырлары), жұлдыздараралық газ және тозаң орта, ғарыштық сәулелер, сутегі атомдарының газдары және басқалар ұшырайды. Бақылаулар барлық жұлдыздар, оның ішінде, Күн, өз ғаламшарларын ертіп, галактикамыз ядросы айналасында айналуын мәлімдейді. Құс Жолы жазықтығы, аспан экваторы жазықтығымен 62° бұрыш жасайды. Мұнда жұлдыздардың жылдамдықтары, олардың галактика-

57-§. Жұлдыздардың шар тәрізді және шашыранды шоғырлары **

Галактикамызда жұлдыздар тек жеке ұшырамай, өзара динамикалық күйде қосарланып, үшеуден, төртеуден және өте көп – жүздеп, мыңдап шоғыр пішінінде де ұшырайды. Галактикамызда ұшырайтын бірнеше жүздеген, бірнеше мыңға дейінгі болған, өзара динамикалық байланысқан жұлдыздардың жүйелері *жұлдыз шоғырлары* немесе *шоқтары* деп аталады. Сыртқы көрінісіне қарай жұлдыз шоғырлары екі топқа – *шашыранды* немесе *бытыраңқы* және *шар тәрізді* шоғырларға бөлінеді.

Шашыранды жұлдыз шоғырлары. Бізден бірдей аралықта жатып, өзара динамикалық байланысқан және бытыраңқы күйде орналасқан жұлдыздар шоғыры шашыранды шоғыр деп аталады. Галактикамызда 800-ге жуық шашыранды жұлдыз шоғырлары болып, олардың диаметрі 1,5 парсектен 20 парсекке дейінге жетеді. Шашыранды жұлдыз шоғырларының жақсы зерттелген өкілі – *Торнақ жұлдыз шоғырларындағы Үрке*р деп аталған шоғыры болып, Күн жүйесінен орташа 130 парсекті аралықта орналасқан (104-су-



104-сурет. Үркер деп аталған жұлдыздардың шашыранды шоқжұлдызы.



105-сурет. 20000-ге жуық жұлдызды қамтыған М-13 шар тәрізді шоқжұлдызы.

рет). Ал басқа бір шашыранды шоқжұлдыз – Гиадтар бізден дерлік 40 парсекті аралықта жатады.

Шар тәрізді жұлдыз шоғырлары. Аспанда өте көп жұлдыздар топтарға бірігіп, жұлдыздардың шоғырын жасайды. Мұндай шоғыр сыртқы көрінісі бойынша *шар тәрізді* деп аталады. Шар тәрізді жұлдыз шоғырлары шашыранды жұлдыз шоғырларынан химиялық құрамымен өзгешеленеді. Атап өтсек, шашыранды жұлдыз шоғырларының спектрінде ауыр элементтердің мөлшері 1–4 % құрағандықтан, шар тәрізді шоғырларда небары 0,1–0,01 % құрайды. Мұндай жағдай белгілі бір галактикада шар тәрізді және шашыранды жұлдыз шоғырларының пайда болуында әр түрлі жағдай болғанын дәлелдейді.

Шар тәрізді шоғырлар жұлдыздардың көптігі және анық сфералық пішініне қарай шашыранды жұлдыз шоғырларына қатысты жұлдыздар фонында айрықша айқындалып көрінеді. Шар тәрізді шоғырлардың орташа диаметрі 40 парсек, галактикамызда мұндай шоғырлардан 100-ге жуығы табылған. Шар тәрізді шоғырлар, шашырандыларынан өзгешеленіп, олардың концентрациясы галактикамыздың орталығына қарай шұғыл артып барады. Мұндай шоғырлардың өзіне тән өкілі *Геркулес жұлдыз шоғыры*нда орналасқан М-13 деп аталған шоғыр болып, ол 20 мыңға жуық жұлдызды өз ішіне қамтиды, бізден ұзақтығы 24 мың жарық жылына тең (105-сурет).

26-ТАҚЫРЫП. 58-§. Диффузиялық және тозаң тұмандықтар

Жұлдыздар аспаны түсірілген фотосуреттерде жұлдыздар кеңістікте біртегіс бөлінгенін сезу мүмкін. Бұның негізгі себебі, кейбір жұлдыздар кем байқалатын салаларда олардың сәулеленулерін күшті жұтатын ірі *тозаң материяның* бар екендігінде болып табылады. Галактикамызда сәулеленуді күшті жұтушы мұндай материяның бар екендігін жүз жыл шамасы алдын астроном Й.В. Струве жорамалдаған еді.

Галактикамызда мұндай тозаң бар екендігіне *Оңтүстіктік нұт* жұлдыз шоқжұлдызында кескінделетін «*Көмір қары*» және Орион шоғырында орналасқан «*Ат басы*» тұмандықтары мысал болады (106-сурет).

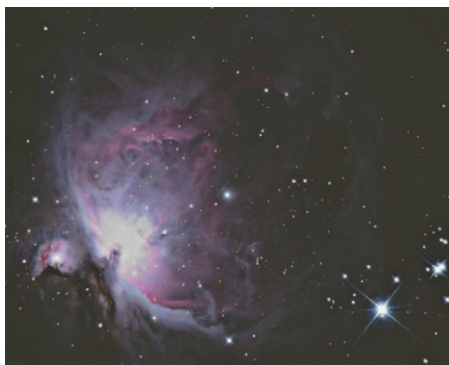
«Көмір қары» қара тұмандығы бізден 150 парсек аралықта орналасқан, өлшемі 8 парсекке жуық Құс Жолындағы тұмандық болып, оның бұрыш өлшемі 3° -ты құрайды. Телескоппен бақыланғанда оның көру шегінде зерттелетін күңгірт жұлдыздардың саны, тұмандықтан тысқарыда сондай алаңда зерттелетін жұлдыздар санынан шамамен 3 есеге дейін кем шығады. Мұндай жұтылу, жұлдыздардың көріну шамасын $\Delta m = 1,2^m$ шамаға өзгеруіне (күңгірттенуіне) себеп болады. Галактикада мұндай тұмандықтар көп, атап айтқанда, Аққұс жұлдыз шоғырынан басталып, Бүркіт, Жылан, Мерген және Сарышаян жұлдыз шоғырларына дейінге созылған тозаң таспасы, Құс Жолының бұл бөлігінде жұлдыздарды бізден «жасырып», онда үлкен қара айрылуды жүзеге келтірген. Әсіресе, галактика орталығына қарай бағытта



106-сурет. Әйгілі «Ат басы» деп аталатын тозаң тұмандық.

(Мерген шоқжұлдыз жағында) қара тұмандық өте қою болып, біз үшін қызық саналған галактикамыздың орталық құйылыс бөлігін зерттеуге кедергі жасайды.

Газ тәрізді (диффузиялық) тұмандықтар. Тым қараңғы аспанда мүлдем қаруланбаған көзбен де көруге болатын ең әйгілі газ тұмандық *Орион жұлдыз шоғырында (Орион тұмандығы)* орналасқан, оның ені 6 парсекке дейін созылған (107-сурет). Сондай-ақ, *Мерген жұлдыз шоғырында Лагуна, Омега және Үш тармақты, Аққұс жұлдыз шоғырында Сол-*



107-сурет. Орион шокжұлдызынан орын алған үлкен Орион газ тұмандығы.



108-сурет. Жеке тармақ шокжұлдызындағы «Розетка» газ тұмандығы.

түстік Америка және Пеликан, Жеке тармақ жұлдыз шоғырында Розетка (108-сурет) сияқты газ тұмандықтар бар. Галактикамызда бұл түрдегі жалпы объекттердің саны 400-ге жуық. Бұл тұмандықтардың спектрлері, сутегінің H_α , H_β және екі қайта иондасқан оттегі (ОIII), азот және басқа элементтердің эмиссиондық сызықтарынан құралып, тұтас спектрі өте көмескі фонда көрінеді. Көпшілік жағдайларда бұл диффузиялық тұмандықтың ішінде немесе оның бүйір айналасында ыстық О немесе В сыныбына тиісті жұлдыз ұшырайды. Мұндай жұлдыздардың қуатты ультракүлгін сәулеленуі олардың маңында орналасқан тұмандық газының атомдары тарапынан жұтылып, иондануға, қайта сәулеленуге мәжбүр етеді.

Иондасқан газда бос электрондардың атоммен байланысқан жағдайға өтуімен жүзеге асатын рекомбинация құбылысы бақыланып, мұнда атомдар, алдын жұтылған қатты ультракүлгін сәулелердің кванттағы орнына, көзге көрінетін диапазонда, біршама кем энергиялы бірнеше кванттарда сәулеленеді, басқаша айтқанда, флуоресценция құбылысы жүзеге келеді.

Тұмандықта бұл үдеріс себебімен орнаған 10^4 °C-қа тең температура осы тұмандықтың бақыланған жылулық радиосәулеленуі арқылы дәлелденеді.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Галактикамыздың Құс Жолы жазықтығы аспан экваторы жазықтығына қандай бұрыш астында ауытқыған?
2. Галактикамызда шамамен неше шар тәрізді жұлдыз шоғыры табылған?

3. Күн жүйесі галактикамыздың қай жерінен орын алған?
4. Шар тәрізді жұлдыз шоғырларының өлшемдері мен құрамы жайында нелерді білесің?
5. Шашыранды жұлдыз шоғырларының шар тәрізділерінен қандай айырмасы бар?
6. Диффузиялық газ тұмандықтар тозақ тұмандықтардан несімен өзгешеленеді?
7. Диффузиялық тұмандықтардың сәулеленуінің себебі не?

27-ТАҚЫРЫП. 59-§. Сыртқы галактикалар. Галактикалардың сыныптары мен спектрлері

Өткен ғасырдың 20 жылдары тұмандықтарға дейінгі аралықтарды анықтау мүмкіндігі туылған соң, олардан бір бөлігі жай тұмандық болмай, миллиондаған жұлдыздардан құралған сыртқы галактикалар екендігі белгілі болды.

Үлкен сыртқы галактикалардан бірі Андромеда жұлдыз шоғырында кескінделіп көрінеді және сол жұлдыз шоғырының атымен *Андромеда галактикасы* (кейде *Андромеда тұмандығы*) деп қолданылады (109-сурет). Андромеда тұмандығы бізден 2 миллион жарық жылына тең аралықта жатады. Ауа тынық болған таулық аумақтарда түнде оны жай көзбен көрсе болады.

Галактикалар Ғарышта кең таралған болып, бізге көрші басқа бір сондай галактика М-51 атымен әйгілі. Оған шейінгі аралық 1,8 миллион жарық жылын құрайды. Аспанның Оңтүстік жартышарында орналасқан қисық пішінді бізге көрші галактикалар *Үлкен және Кіші Магеллан бұлттары* деген атқа ие болған.

Сыртқы галактикалар өз өлшемдеріне қарай түрлі шамаларда ұшырап, ең ірілері миллиардтап, ал ергежейлері бірнеше миллиондап жұлдызды өз өз ішіне қамтиды. Алып галактикалардың өлшемдері 50 мың парсекке дейін (яғни диаметрі 150 мың жарық жылына дейінге) барып, ең кішілері бірнеше 100 парсектен аспайды.

Бірінші болып 1925 жылы астроном Э. Хаббл галактикалардың сыртқы тұрпаттарына қарай төмендегіше үш сыныпқа бөлуді ұсынды: эллипстік (E), спиральды (S) және қисық (Ir) галактикалар.

Эллипстік галактикалар сыртқы тұрпаты эллипс немесе шеңбер тұрпатына ие галактикалар болып табылады. Мұндай галактикаларға тән ерек-



109-сурет. Андромеда жұлдыз шоғырынан орын алған Андромеда тұмандығы (М-31).



110-сурет. Жеңдері орталық көпірден ашылатын спиральды галактика.

шеліктерден бірі олардың анықтығы орталықтан шетке қарай біртегіс кеміп барады. Олардың ішінде әлдебір структура элементінің бөлініп қалған күйі бақыланбайды.

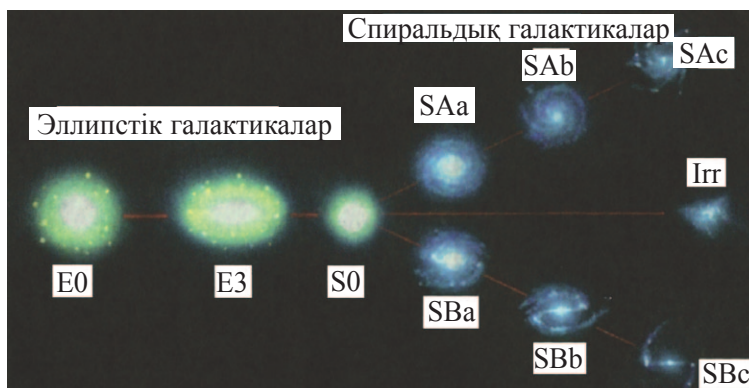
Спиральдық галактикалар өте кең таралған болып, зерттелетін галактикалардың дерлік жарымы сол түрдегі галактикалардан болып есептеледі. Басқа галактикалардан өзгешеленіп, олардың *структурасы анық спиральды жеңдерден құралады*. Андромеда және біздің галактикамыз спиральды галактикалардың әдеттегі өкілдерінен болып есептеледі. Спиральды галактикалар да екіге бөлінеді. Олардың бірі, біздің галактикамызға ұқсастары S (немесе SA) мен белгіленіп, спиральды структура орталық құйылыс – ядродан басталады. Ал SB деп белгіленетін екінші түрінде спиральды тармақшалар ядро орнында диаметр бойымен созылған көпір тәрізді құрылымның ұштарынан басталады (*110-сурет*).

Спиральдық және эллипстік галактикалар аралығындағы (структурасына қарай) галактикалар линза тәрізді галактикалар (SO) түрін құрайды.

Қисық галактикаларда ядроның бар-жоқтығы білінбейді. Сондай-ақ, олар шеңбер симметриялы құрылымға да ие емес. Мұндай галактикаларға мысал етіп *Үлкен Магеллан Бұлты* (ҮМБ) және *Кіші Магеллан Бұлтын* (КішМБ) (олар Құс Жолы айналасында бақыланады) көрсету мүмкін.

Галактиканың сыртқы тұрпаты, оның жасымен байланысты болып, галактика эволюциясының белгілі сатысына сай келеді (*111-сурет*).

Галактикалардың спектрі. Галактикамыздан сыртқы тұмандықтардың (галактикалардың) спектрі жұлдыздардың спектрін еске салып, жұтылу сызықтарынан құралады. Олар құрамына қарай, А, F және G сыныптарға



III-сурет. Галактикалардың эволюциясы.

енетін жұлдыздардың спектрінен, тек кейбір газ тұмандықтардың спектрлерінде ұшырайтын, эмиссиондық сызықтарының бар екендігімен өзгешеленеді. Бұдан бақыланған тұмандықтар жұлдыздар жүйесі және диффузиялық материядан құралғандығы белгілі болады.

Бұрыс галактикалардың спектрі А және F спектрлік сыныптарға, спиральды галактикалардікі F және G сыныптарға және эллипстік галактикалардікі G және K сыныптарға енетін жұлдыздардың спектріне ұқсап кетеді.

Бұл – спиральды және бұрыс галактикаларда бастауыш спектрлік сыныптарға енетін ыстық және жас жұлдыздардың көптігінен, ал эллипстік галактикалар, біршама жасы өткен, кейінгі спектрлік сыныптарға тиісті жұлдыздарға бай екендігін білдіреді. Галактикалардың реңіне қарап та, онда көпшілікті құраған жұлдыздардың спектрлік сыныптары жайында қорытынды жасау мүмкін. Галактикалар немесе олардың бөліктерінің рең көрсеткіштері де жұлдыздардың рең көрсеткіштерін табу жолымен табылады.

Галактикаларға дейінгі аралықтарды (r) анықтауда, алдын олардың құрамындағы цефеидтердің дәуір-жарқындық байланыстары негізінде жарқындықтары табылады, кейін олардың көріну жұлдыздық шамасы негізінде оған дейінгі (галактикаға дейінгі де) аралықтың $m-M$ модулы арқылы төмендегі өрнектен пайдаланып анықтау мүмкін болады:

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

Сондай-ақ, сыртқы галактиканың қызылға ығысу шамасы $\Delta\lambda$ -ны табудың мүмкіндігі болғанда, H – Хабблдың тұрақтысы ($70 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$) және жарық жылдамдығы көмегімен оған шейінгі аралық

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

өрнектен оңай табылады, бұл жерде $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$ мүше деп қолданылады.

60-§. Радиогалактикалар және квазарлар *

Радиогалактикалар. Радиосәулелену, қай дәрежеде болса да барлық галактикаларға тән ерекшелік есептеледі. Олардың көпшілігінде радиосәулелену, сәулелену қуатының болмашы бөлігін құрайды. Бірақ кейбір галактикалардың радиосәулеленуі галактиканың оптикалық сәулелену қуатымен салыстырарлық дәрежеде жоғары, ал кейбіреулерінікі, одан мыңдаған, тіптен миллиондаған есе көптік етеді. Мұндай галактикалар *радиогалактикалар* деп аталады. Сондай үлкен қуатты, бізге жақын орналасқан радиогалактикалардан бірі Аққұс жұлдыз шоғырында жататын «Аққұс А» деп аталады. Спектріндегі қызылға ығысуына ($z=0,057$) қарай анықталған оның аралығы шамамен 200 Мпк-ға тең. Ол бір-бірінен 80 кпк аралықта орналасқан радиосәулеленудің екі жарық сыңарларынан құралған. Ал ең жақын радиогалактикалардың өкілі «Кентавр А», біздің галактикамыздан шамамен 4 Мпк аралықта жатады. Олардың радиосәулеленулері бейжылулық сипатқа ие болып, магнит өрістерінде релятивистік (жарық жылдамдығына жақын жылдамдықтармен қозғалатын) электрондардың шұғыл тежелуінің салдарынан жүзеге келген сәулеленулерімен түсіндіріледі.

Квазарлар. Радиодиапазонда бұрыш өлшемі $1''$ және одан кіші, бірақ өте үлкен қуатпен сәулеленетін, галактикамыздан сыртқы – ең шалғайда орналасқан жұлдызға ұқсас объектілерден бірі *квазарлар* деп аталатын объектілер болып табылады. Бірінші квазар 1963 жылы 13 жұлдыздық шамасындағы бізге ең жақын (~ 630 млн. Мпк) радиообъект ретінде Бикеш шоқжұлдызында табылып, ол 3-Кембридж тізбесінде 3C273 атпен тіркелді. Барлық диапазондағы оның сәулелену қуаты $10^{46} - 10^{47}$ эрг/с тең.

Ұзақ уақытқа дейін бұл объектілердің спектрлерін талқылау қиын болды. Ақыры, олардың спектрінде негізінде ультракүлгін бөлігінде орналасқан күшсіз сызықтар қайсы атомдарға тиісті екендігі табылған соң, олардың «қызылға ығысу» шамалары анықталды. Содан соң Хаббл заңы негізінде, олардың аралықтары және жарқындықтары есептелді. Нәтижеде олар, біз-

дің галактикамызға қатысы болмаған және миллиардтап жарық жылы аралықтарда жататын өте қуатты радиообъектілер болып шықты. Қазіргі кезде бірнеше жүздеп квазарлар табылып, олардан көпшілігіне дейінгі аралық 10 миллиард жарық жылынан да көп.

Квазарлардың сәулелену қуаты айтарлықтай дәрежеде жоғары болып, жарқындықтары, атап өтілгендей, 10^{39} – 10^{40} Вт-ні құрайды. Бұл квазарлар жүз миллиардтап жұлдызы болған ең қуатты галактикалардың жарқындығынан 100, тіптен 1000 есе көп қуатпен сәулеленетін аспанның сирек кездесетін объектілері дегені болады. Сол ерекшеліктеріне қарай квазарлар Ғарыштың ең сырлы объектілерінен болып есептеледі. Спектрінде энергияның бөлінуі, ал кіші бұрыш өлшемі, кей жағдайларда оптикалық және радиосәулеленулерінің өзгергіштігімен квазарлар көп жағынан галактикалардың белсенді ядросын еске салады. Квазарлар спектрлеріндегі эмиссиондық сызықтардың интенсивтілігі және кеңдігіне (жылдамдық 3000 км/с дейінге баратын) қарай Цейферт галактикасының ядросына да ұқсап кетеді. Сондықтан ғалымдар, қазірше квазарларды галактикалар эволюциясының онша ұзақ жалғаспайтын бір сатысы болса керек, деп болжам жасайды. Сондай-ақ, кейде олар квазарларды гравитациялық сығылуды басынан өткізіп жатқан және сол себептен үлкен энергиямен сәулеленетін миллиардтап Күн массасына ие үлкен газ бұлты құйылысы тұрпатында көз алдына келеді.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Қайсы сыртқы галактика бірінші болып табылған?
2. Сыртқы галактикаларға дейінгі аралықтар қандай жолмен анықталады?
3. Сыртқы галактикалардың қандай сыныптарын білесің?
4. Галактикалардың спектрлері олардың сыныбына байланысты ма?
5. Радиогалактикалар деп қандай галактикалар айтылады?
6. Квазарлар қайсы диапазонда үлкен қуатпен сәулеленетін объектілер есептеледі?

28-ТАҚЫРЫП. 61-§. Ғарыштың кеңеюі. Хаббл заңы *

Жерден тұрып аспанға қаралғанда, оның барлық жағындағы галактикаларда қызылға ығысуды бақылап, біздің галактикамыз Ғарыштың орталығынан орын алған екен, деп қорытынды жасауға асықпау керек. Кез келген

сыртқы галактикадан тұрып аспанға қараған болжағыш бақылаушы сыртқы галактикаларға қарап, оларда да қызылға ығысуды бақылайтын еді.

Егер ертеде де галактикаларда кеңею осы сияқты қарқында болған деп ұғынсақ, онда бүгін олардың кеңеюі қашан басталғандығының есеп-қисабын шығару мүмкіндігін түсіну қиын емес. Солайша есептеулер нәтижесінде ғалымдар Ғарышта кеңею бұдан 15–20 млрд. жыл алдын басталғанын білдіреді. Қызығы сонда, өткен ғасырдың 1922–1924 жылдары атақты орыс ғалымы А.А.Фридман Эйнштейннің жалпы салыстырмалық теориясы негізінде, Ғарыштың моделі стационарлық (маңызды) болмай, ол кеңеюге немесе сығылуға бейім болуын анықтады. Көп өтпей Ғарыштың кеңеюіне тиісті дәлелдер анықталды. Бұл үдерісті дұрыс пайымдау арқылы оның маңызды мәнін ескереміз. Түрлі идеалистік және теологиялық танымдардан бөтен болған ғылыми-материалистік көзқарасқа негіз болатын, Ғарыштың табиғи және шын кеңею үдерісінің ашылуы, ежелде үлкен ықтималмен жүзеге келуі мүмкін болған «ыстық жарылыс»тың салдары деуге негіз болды.

Бүгін «ыстық жарылыс» жорамалының тәжірибе мысалында дәлелдейтін негізі бар ма, деген сұрақ туылады. Айта кету керек, 1965 жылы бұл салаға тиісті үлкен жаңалық табылды. Белгілі, ғарыштық бостық ертеде не жұлдыз, не галактика, не тұмандықтар жоқ кезінде даму дәуірінің «елшілері» болып саналған электромагниттік толқындарға бай болған. Бұл толқындар алғашқы немесе *реликтивтік (қалдық) сәулелену* деп аталады. Атап өтілген кеңеюде тек галактикалар жүйесі қатыспай, реликтивтік сәулелену де қатысқаны сыр емес. Нәтижеде, мұндай реликтивтік сәулеленудің ізінен түскен америкалық астрономдар оны төтенше шұғыл анықтады.

Қызығы сонда, бұл сәулелердің табылуы төтенше пайда болғанына қарамай, қалдық сәулелердің бар екендігін астрофизикалық ғалымдар теориялық негізде алдын анықтаған еді. Мұндай сәулелің бар екендігі жайындағы болжам мен оның ғарыштық кеңістікте табылуы – дүниені және оның заңдылықтарын білудің сенімді дәлелі ретінде бүгін белгілі болды. Метагалактиканың (Ғарыштың көрінетін бөлігі) кеңею үдерісінде зерттелетін материя, сапа өзгеріс-терінің барлық көріністері – сақталу заңдарына ешқандай қайшылықсыз өтеді және оны түсіндіруде ешқандай жасанды күштерге мұқтаждық қалдырмайды. Метагалактика эволюциясының ашылуы адам ақыл-ой белсенділігінің ұлы жетістігі болып есептеледі. Бұл жетістік адамның ақыл-қабілеті, Ғарыштың жақын

ішкі бөлігі мен ұзақ тарихына кіріп бара алғанын көрсетіп, адамның айнала әлемді білуі шектелгендігі туралы аңызды босқа шығарды. Ғарыш жайындағы қазіргі заман ұғымдарды тек табиғат ғылымдарына ғана негізделіп қалмай, оның эволюциясы жайындағы қисынды және философиялық шолуларға да сүйенеді. Мұнда эмпирикалық жолмен табылған «қызылға ығысу» логарифмі және галактикалардың көріну жұлдыздық шамалары арасындағы сызықты байланыс яғни m және l gv_r арасындағы мына $lgv_r = \lg\left(c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)$ қатынас галактикалардың аралықтары мен ұзақтасулары арасындағы төмендегіше $v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = Hr$ байланыс бар екендігін білдіреді, бұл жерде: v_r – сәулелік жылдамдық; c – жарық жылдамдығы; $\Delta\lambda$ – қызыл ығысу; H – Хаббл тұрақтысы; r – сыртқы галактикаға дейінгі аралығын сипаттайды.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Метагалактика дегенде Ғарыштың қандай бөлігін түсінесің?
2. Ғарышта «қызылға ығысу» деп қандай үдеріс айтылады?
3. А.Фридман және А.Эйнштейндердің Ғарыштың моделі жайындағы пікірлері қандай?
4. Реликтив сәулелену дегенде нені түсінесің? Ол Ғарыштың қандай моделіне негіз болған?
5. Хаббл заңы Ғарыштың кеңеюіне қатысты қандай көрсеткіштері арасындағы байланысты көрсетеді?

29-ТАҚЫРЫП. 62-§. Галактикалардың Ғарышта бөлінуі **

Галактикалардың кеңістікте бөлінуін зерттеу де жұлдыздардың галактикада бөлінуін зерттеудегі сияқты болып, аспанның белгілі саласындағы (көпшілік 1 квадрат градуста) галактикалар саны N_m дегенде сол саладағы жұлдыздық шамасы m және одан кіші шамадағы галактикалардың саны түсініледі. Бұл ділгірлік бірінші рет 2,5 метрлік рефлекторда аспанның 1283-саласында жұлдыздық шамалары 20^m дейінгі объекттер түсірілген фотосуреттерін талқылау арқылы Э. Хаббл 1934 жылы анықтады. Э. Хаббл сол жолмен 1 квадрат градусты өріске 20^m шамаға дейінгі анықтықтағы 131 галактика тура келуін анықтады. Ал бүкіл аспан сферасына (ол жалпы 41253 квадрат градусты құрайды) тура келетін галактикалардың орташа саны

$5,4 \cdot 10^6$ -ға тең шықты. Дүниедегі ең ірі телескоппен 24 жұлдыздық шамаға дейінгі объектілерді (оның ішінде, галактикаларды) көру мүмкіндігіне мән берілсе, онда бүкіл сферада 1,4 миллиард галактиканы бақылау мүмкіндігі анықталады (112-сурет).

Біздің галактикамыз, Андромеда (М-31), Үшбұрыш жұлдыз шоғырындағы галактика (М-33), Үлкен және Кіші Магеллан бұлттары және басқа бірталай жұлдыз жүйелерімен бірге (бәрі 35-ке жуық галактика) *жергілікті галактикалық шоғырды* жасайды.

Қазіргі кезде сол түрдегі 4000-ға жуық галактикалардың жергілікті шоғыры белгілі, олардың орташа диаметрі 8 Мпк айналасында. Ірі галактикалық шоғырлардан бірі Вероника Шаштары шоқжұлдызында кескінделіп, дерлік 40000-ға жуық галактиканы өз ішіне қамтиды. Ол бізден 70 Мпк аралықта жайғасқан, диаметрі 12° -ға дейін созылған. Біздің жергілікті шоғырымызға ең жақын орналасқан галактикалық шоғыр 12 Мпк аралықта болып, ол Бикеш шоқжұлдызына кескінделеді. Онда жеті алып галактика (олардан бірі «Бикеш А» радиогалактикасы) және он спиральды галактика бақыланады. Мұндай бірнеше жергілікті галактикалар шоғырын (оның ішінде, біздің жергілікті шоғырымызды да) өз ішінде іске асырған және өзара динамикалық байланыста болған құрылым *өте галактика* деп аталады. Өте галактиканың орташа диаметрі 40 Мпк-мен бағаланады. Бүгін қуатты телескоптар арқылы әрқайсысы ондаған жергілікті галактикалық шоғырды өз ішіне қамтыған 50-ге жуық өте галактика тіркеуге алынған. Өте галактикалардан құралған Ғарыштың көрінетін бөлігі *метагалактика* деп қолданылады.



112-сурет. Аспанның үш үлкен емес (бірнеше кв градус) бөлігінде зерттелетін сыртқы галактикалар.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Біздің галактикамыз жайында не білесің?
2. Жергілікті галактикамыз, тағы қандай галактикаларды өз құрамына алады?
3. Өте галактикалар галактикалардың қандай жүйесі болып есептеледі?
4. Метагалактика дегенде Ғарыштың қандай бөлігі түсініледі?

II БӨЛІМ

ҒАРЫШКЕРЛІК ЭЛЕМЕНТТЕРІ **

30-ТАҚЫРЫП. 63-§. Ғарышкерлік предметі және оның басқа ғылымдармен байланысы

«Ғарышкерлік» сөзі грекше «космос» және «наутике» сөздерінен алынған, сәйкес түрде, «Ғарыш» және «теңізде жүзу» деген мағынаны білдіреді. Ғарышкерлік пәніне ғарыштық кеңістікте мақсатқа сәйкес әрекеттерді зерттеу, автоматтық және экипажды ғарыштық кемелерді ғарышқа алып шығатын және басқарылушы ракеталарды жасау сияқты мәселелер кіреді. Ғарыштық аппарат тек кеңістікке ғана әрекеттенетін құрал емес, сондай-ақ Ғарышты зерттеудің ең жаңа құрылғысы да болып табылады.

Ғарышкерліктің барлық табиғи пәндері (астрономия, физика, биология және математикамен) байланыстылығы. Ғарыштық ракета техникасы бұрыннан бар техникалық ғылымдардың жетістіктеріне сүйенеді. Ғарыштық аппарат аспанда белгілі ғарыштық объектіге анық уақытта жетіп баруы үшін есеп-қисапты ғалымдар, техникалық қызметкерлер *физикалық және астрономиялық білімдерге сүйеніп* іске асырады. Аспан денелеріне дейінгі аралықтар, олардың өлшемдері, массалары және басқа физикалық көрсеткіштері жайында астрономдар бұрыннан талай білімдерді жинаған. Бұл мәліметтер ғарышқа ұшуда өте кәдеге жарайды.

Жер атмосферасының тығыздығы, температурасы, магнитсферасы, сәулеленулік белдеулері жайында мәліметке ие болмай тұрып, ешбір ғарышкер Жер айналасына тікелей ұшырылмаған, сондай-ақ, Ай табиғатын білмей тұрып, оған аяқ баспаған болар еді.

Ғарышкерлік жүзеге келуі астрономия ғылымының дамуына үлкен үлес қосып келеді. Ғарыштық аппараттар, станциялар бортынан аспан объектілерін оптикалық және көзге көрінбейтін сәулелерде (ультрақұлгін, инфрақызыл, рентген және радиосәулелерде) зерттеу мүмкіндігін беріп, соңғы он жылдықтарда біздің Ғарыш объектітері мен олардың жүйелері жайындағы білімдерімізді шексіз дәрежеде байытты.

Ғарышқа ұшырылатын аппараттардың құрылыстарын жасау, олардың әрекеттерін басқаруда ғалымдар мен инженер-техникалық қызметкерлер,

физикалық заңдарға сүйенеді. Қуатты ракета қозғалтқыштарын құрғанда, ракета техникасы қажеттіліктерін қандыру үшін оның құрастырылуы, сатылары және жану өнімдерін іріктеу сияқты мәселелер физикасына тиісті талай іргелі зерттеу жұмыстарын орындауға тура келеді.

Ғарышкерлікте ракеталарды кеңістікке ұшыруда *химиялық білімдерге де кең сүйеніледі.* Атап өтсек, ғарыштық техника, ракета құрылысы, онда қолданылатын материалдардың пысықтығы, отын өнімдерінің құрамы, қасиеттеріне жоғары талаптар қояды. Ыстыққа төзімді, жемірілмейтін және басқа қасиеттері бойынша жоғары көрсеткіштерге ие материалдар, сондай-ақ, отын өнімдерінің химиялық құрамы мен сапасына ғарышкерлік қажеттілігі өте үлкен.

Әсіресе отын өнімдерін сапалы даярлау және басқа көп үдерістердің тиімді технологиясын жасауда химиктердің орны шексіз.

Ғарышкерлік саласында *ізденістерді математикасыз іске асыруға болмайды.* Күрделі математикалық ізденістер, ғарышқа ұшырылатын аппараттарды құрастыру, даярлау және ұшыруды амалға асыру үдерістерінде қолданылады. Жалпы айтқанда, *ғарышкерлікке тиісті белгілі бір зерттеуді есеп-қисапсыз амалға асырып болмайды.*

Соңғы жылдарда ғарышкерлік *ондап биологиялық тәжірибелерді жоспарлады* және іске асырды. Түрлі ғарыштық жағдайларда (вакуум, салмақсыздық, сәулелену және басқалар) адам ағзасындағы өзгерістер бойынша жүздеген дәрігерлік-биологиялық тәжірибелер, олардың кері әсерлерінен адамзатты сақтандырды.

Ғарышкерліктің атасы, оның ғылыми негізін қалаушы ретінде К.Е. Циолковский тән алынған. Ол бірінші рет ракета қозғалысы жылдамдығы формуласын шығарды. К.Е. Циолковский бірінші болып, Жер тартылу өрісінде ракета қозғалысының есеп-қисабын жасап, ракеталарды ғарыштық жылдамдықтарға жеткізу мүмкіндігі бар екендігін негіздеді. Бұл жылдамдықтар көмегімен ракета Жердің тарту күшін жеңіп, оның жасанды серігі орбитасына көтеріле алуын, тіпті Айға және ғаламшарлараралық саяхатқа қатыса алуын өз есеп-қисабында анық көрсетті.

XX ғасырдың 20–30 жылдары арнайы ғалымдар тобы ракета қозғалтқыштарын жобалау және сынауды бастады. Бұрынғы Одақта түтінсіз порохты ракеталарды құру бойынша бірінші тәжірибелерді жасауға мүмкіндік беретін – құрастыру зертханасы Н.И. Тихомиров шақыруымен 1921 жылы іске қосылды. Кейін келе бұл зертхана кеңейтіріліп, 1928 жылдан газо-

динамикалық зертхана (ГДЗ) аты берілді. Онда Б.С.Петропавловский, Г.Е. Лангемак, В.П.Глушко және басқа ғалымдар бастапқы зерттеушілерден еді.

Ракета қозғалыстарын зерттеу тобы РҚЗТ (ГИРД) ракета құрылысы бойынша маңызды инженерлік жұмыстарды жүргізді. 1932 жылы Мәскеуде түзілген РҚЗТ (ГИРД) бастығы етіп С.П.Королев тағайындалды. РҚЗТ (ГИРД)-тың Мәскеу және Ленинград топтарында В.П.Ветчинкин, Ф.А.Сандер, М.К.Тихонравов, Й.А.Победоносцев, Н.А.Рикин, Й.И.Перельман және басқа атақты ғалымдар жұмыс істеді.

Бірінші сұйық отынды ракета «ГИРД-09» 1933 жылы 17 тамызда Мәскеу маңындағы Нахабино қыстағынан сәтті ұшырылды. 1957 жылы ұшыратын ракета құру бойынша күрделі жұмыс аяқталды. Бұл істі бас конструктор С.П.Королев және заманалық ғарышкерліктің теориялық негізін салушы М.В. Келдичтер іске асырды. Нәтижеде 4 қазан күні (1957 ж.) бұл ракета көмегімен Жердің бірінші жасанды серігі ұшырылды.

1959 жылдан Жердің табиғи серігі – Айды ғарыштық аппараттар «нысан»-ға ала бастады. 1969 жылы АҚШ астронавты Н.Армстронг «Аполлон-11»-де Ай бетіне қонып, адамның ғасырлық арманын жүзеге шығарды. Ал 1960 жылдардың басынан ғаламшарлараралық автоматтық станциялар көрші ғаламшарларды (алдын Шолпан мен Марсты, кейін Меркурийді) зерттей бастады. 1972, 1973 жылдары АҚШ өзінің «Үлкен тур» деп аталатын бағдарламасы бойынша алып ғаламшарларды зерттеуді бастады. 1977 жылы да сол бағдарлама бойынша ұшырылған АҚШ-тың «Вояжер-1» және «Вояжер-2» автоматтық станциялары Нептунға дейін (1989 ж.) барып жетті.

Ғарышкерлік адам қызметінде. Адамның ғарышты игерумен байланысты қызметі, оған ғаламшарымыз Жердің геологиялық байлықтарын, табиғаты мен ауа райын зерттеуге үлкен мүмкіндіктер жасады. Адам Ғарыштан Жерге назар салып, оның қаншалықты кішкене, сирек кездесетін және көркем екендігін түсінді. Сонымен бірге, ол ғаламшарымыз өміріне қауіп төндіріп жатқан экологиялық, энергетикалық және демографиялық ділгірліктерді де көре алды.

Атап өтсек, Жерде энергетикалық апаттың алдын алу үшін Күн энергиясынан пайдалану мүмкіндігін беретін ірі ғарыштық құрылымдардың жобаларын, ал демографиялық апаттардан құтылу үшін Жер айналасы аймағын «игеру» – ғарышкерлік шешуі тиіс болған маңызды міндеттер болып саналады.

Ғарыштан тұрып Жердің биологиялық сферасының жағдайымен танысу, оның табиғи қорларын, орман мен ауыл шаруашылығы жер алаңдарын зерт-

теу және геология-іздеу істері үшін алаңдарды белгілеу ғарышкерліктің ең маңызды міндеттердің бірі. Бүгін ғарышкерлік ғаламшарымыз қойнауында көбейіп жатқан және қайта өңдеп болмайтын улы және радиоактивті қалдықтарды Жерден тысқа шығарып тастауды да жоспарлайды. Сондай-ақ ғарышкерлік таяу он жылдар ішінде ғарышта ірі энергетикалық құрылғыларды құру, шикізат қорларын жасап шығару жиынтықтарын жайғастыру бойынша жұмыстарды да болжамдап отыр.

Таяу ғарышты адам үшін қызмет ететін ортаға айналдыру, басқаша айтқанда, ғарышты экологизацияландыру, қазіргі кезде экологиялық тоқыраулар жаһандану деңгейде қамтып келе жатқан ғаламшарымызды олардың апатты салдарларынан құтқару ғарышкерліктің маңызды міндеттерінен болып есептеледі.

Сондай-ақ, бүгін, орбиталық станцияларда жоғары вакуум жағдайында өте таза металл қорытпаларын алу, сирек кездесетін кристалдарды өсіру, жоғары сапалы жаңа қорытпалар мен таза дәрілік препараттарды даярлау жұмыстары бойынша өте көп тәжірибелер өткізіліп жатыр.

Ғарышкерлікте келешекте Ай және кейбір астероидтардың құрамдық материалдарынан пайдалану бойынша да үлкен жұмыстар жоспарланып отыр. Сол мақсаттарды көздеп, Айда халық жасайтын және істейтін станциялардың жобаларын бүгін дүние ғалымдары талқылап жатыр.

Жер айналасы кеңістігінде ең ірі энергетикалық құрылғыларды, оның ішінде «Күн фабрикасы»н іске түсіру бойынша да жобалар даярланып жатқандығы, адамзатты келешекте энергетикалық апаттан құтқару сияқты маңызды гуманитарлық мақсаттарды көздеп жатыр.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Ғарышкерлік нені зерттейді?
2. Ғарышкерлік басқа ғылымдар, оның ішінде, физика, техника және астрономиямен байланысы туралы нелерді білесің?
3. Ғарышкерліктің қалыптасуына үлес қосқан ғалымдар және олардың қызметі жайында білгеніңді айтып бер.
4. ГДЗ (ГДЛ) және РҚЗТ (ГИРД)-тердің ұйымдастырушыларының қызметтері жайында айтып бер.
5. Жердің алғашқы жасанды серігі орбитаға қашан шығарылған?
6. Ғарышкерліктің өркениетіміз өркендеуінде алған орны қандай?

31-ТАҚЫРЫП. 64-§. Ракета қозғалысы заңдары. Ракетаның тарту күші

Ракета қозғалысы заңдары, ғарыштық ұшулар теориясының негізін құрайды. Ғарышкерлік энергияның түрлі көздерін қолданатын әр түрлі ракета қозғалтқыштары жүйесімен іс жүргізеді. Мұнда қозғалтқыштардың отын өнімдерін («жұмысшы дене» деп аталатын массаны) бір жаққа шығаруы есебіне, қозғалыс мөлшерінің сақталу заңына қарай, қарама-қарсы жаққа бағытталған ракетаға әсер етуші күш – ракетаның тарту күші жүзеге келеді (113-сурет).

Ракетаның тарту күші ракетадан уақыт бірлігі ішінде шығарылып жатқан «жұмысшы дене» мөлшеріне, яғни массасына және оның шығу жылдамдығына байланысты болады:

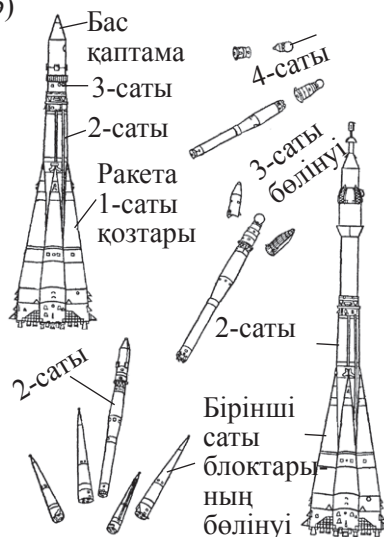
$$F = q \omega, \quad (1)$$

бұл жерде: q – уақыт бірлігі ішіндегі жұмсалатын масса мөлшерін (кг/с) (массаның секундты жұмсалуын); ω – шығарылған массаның ракетаға қатысты жылдамдығын м/с-тарда белгілесек, F тарту күші Ньютонларда (N) өрнектеледі.

а)



ә)



113-сурет. а) ҒА-тың жалпы көрінісі; ә) ҒА ұшу шағында.

Егер (1) формулада оның оң жағын Жер сыртында еркін түсу жылдамдауы шамасы $g=9,8 \text{ м/с}^2$ -ге көбейтіп және бөлсек, онда тарту күшінің төмендегі өрнегіне ие боламыз:

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

бұл жерде $I_{\text{сал}} = \frac{\omega}{g}$ – салыстырмалы импульс делініп, оның бірлігі $\frac{\text{м/с}}{\text{м/с}^2}$ -де, яғни секундта өлшенеді; онда gq – секундты салмақ жұмсалудың өрнектеп $\frac{\text{кГ}}{\text{с}}$ -да өлшенеді. Ал тарту күшінің шамасы F , тарту күші кГ (килограмм – күш)те өрнектеледі. Олай болса салыстырмалы импульс әр секундта отынның кГ-да өрнектелген шығыны есебіне жүзеге келетін және кГ-ларда өлшенетін тарту күшін $\frac{\text{кГ}}{\text{кГ/с}}$ көрінісінде сипаттап, секундтарда өлшенеді.

Басқаша айтқанда, $I_{\text{сал}}$ – салыстырмалы импульс тіптен ω жылдамдықтан басқа бірлікте өлшенуіне қарамай, жұмысшы дене жылдамдығы ω -ға пропорционал болады, өйткені ω жылдамдық, $I_{\text{сал}}$ импульстан тұрақты – $g=9,8 \text{ м/с}^2$ мәнді коэффициентке ғана айырмасы болады – $\omega = g \cdot I_{\text{сал}}$.

Енді ракетаның кейбір сипаттамалық шамаларына тоқталамыз. Белгілі, ракетаға тарту күштен тыс тағы бірталай күш – Жердің және басқа – аспан денелерінің тарту күші, атмосфера қарсылығы, жарықтың қысым күштері әсер етеді. Бірақ қазір бізді тарту күшінің берген $a_{\text{рак}}$ –жылдамдауы қызықтырады. Механиканың екінші заңы бойынша ол:

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

бұл жерде, F – тарту күші шамасын, m – ракетаның белгілі сәттегі массасын сипаттайды. Ракета ұшу кезінде оның массасы кеми түсіп, жылдамдануы артады. Сондықтан ракета қозғалысының негізгі сипаттарынан бірі етіп оның *бастауыш реактивтік жылдамдануы* a_{p0} , яғни бастауыш толық массасы (m_0) кезіндегі жылдамдауы алынады:

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

бұл жерде m_0 – ракета бастауыш массасының мөлшерін білдіреді. Реактив жылдамдану ракетаға басқа күштер әсер етпегенде, тек тарту күші әсерімен оның жетегін жылдамдануын сипаттайды. К.Е.Циолковский сипаттауымен

айтқанда, ол ракетаның жорамалды еркін кеңістікте әрекеттенгенде алатын жылдамдануын өрнектейді.

Еркін кеңістікте орналастырылған ракета қозғалтқышын іске қоссақ, ол тарту күшін жүзеге келтіріп, ракетаны белгілі жылдамдық алуына және түзу сызық бойымен қозғалып жатып, жылдамдығын арттыра түсуіне мүмкіндік береді.

Ракета массасы m_0 -ден $m_{\text{ок}}$ – мөлшерге дейінге кемігенде, ол қандай жылдамдыққа ие болуын Циолковский анықтаған мына формуласы көмегімен табу мүмкін:

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

бұл жерде ω – отын өнімінің ракета соплосынан шығу жылдамдығы болып, ол тұрақты деп қабылданады. Мына формула көмегімен есептеп табылған жылдамдық, ракетаның энергетикалық қорларын сипаттайды және *идеал сипатты жылдамдық* деп қолданылады. Ол бойынша (5)-ті төмендегіше жазу мүмкін болады:

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

бұл жерде $e=2,71828$ натурал логарифмнің негізін құрайды. Идеал жылдамдық v , газ массасының ракетадан шығу жылдамдығына (ω) және *Циолковский саны* деп аталатын $z = \frac{m_0}{m_{\text{ок}}}$ санға байланысты болады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Ракетаның тарту күші нелерге байланысты?
2. Салыстырма импульс деген нені білдіреді?
3. Салыстырма импульс ракетаның тарту күшін сипаттайтын қандай шама болып есептеледі?
4. Циолковский формуласы көмегімен ракетаның қозғалысына тиісті қандай сипатты шама табылады?
5. Ракетаның жеткен идеалдық жылдамдығы деп қандай жылдамдық айтылады?
6. Циолковский саны деген не?

32-ТАҚЫРЫП. 65-§. Ракетаның құрылысы және құрастыру сипаттамасы

Циолковский формуласының талқылауынан белгілі, ракетаның бастауыш және соңғы массаларының қатынасы оның үшін ең негізгі сипаттаушы шамаларынан болып есептеледі. Олай болса, ракетаның жылдамдығын белгілі шамаға дейін жеткізу үшін оның бастауыш массасы m_0 -ні екі бөлікке: 1) жұмысшы дене массасына және 2) ақырғы – қалдық массасына

бөліп зерттеу тиіс болады (114-сурет). Жоғарыда атап өтілгендей, $\frac{m_0}{m_{\text{ок}}}$ Циолковский саны z деп аталып, ол жұмысшы дененің соплодан шығу жылдамдығы ω -мен бірге ракетаның жете алатын жылдамдығы v -ні анықтауға мүмкіндік береді.

Ракетаның жұмысшы массасысыз «құрғақ» массасы, яғни $m_{\text{ок}}$ ракета құралуының массасы m_k және пайдалы массадан m_f құралады. Құралу массасына, ракета құралуынан тыс, оның барлық агрегаттарын өз ішіне қамтыған қозғалтқыш жүйесі, басқару жүйесі және байланыс пен навигация жүйелері кіреді. Ал пайдалы m_f массаға ғылыми аппаратура, радиотелеметрлік жүйелер, ғарыштық аппараттарды орбитаға алып шығушы бөліктері мен экипаж, тұрқы мен ғарыштық кемеде өмірді қамсыздандыру жүйесімен байланысты құрылғылар кіреді. Құрастыру және жұмысшы дененің қосылғандағы массасының құрастыру массасына қатынасы s ракетаның құрастыру сипатын белгілейді:

$$s = \frac{m_0 - m_{\phi}}{m_{\text{ок}} - m_{\phi}}.$$

Кез келген ракета үшін, әдетте, $z < s$ болады. Егер құрастырушылар шеберлікпен массасы бойынша минималдық есептелген ракета конструкциясына максимумдық жұмысшы денесін жайғастырғанда да, ракета жылдамдығын арттырудың бір ғана жолы қалып, бұған ракетаның пайдалы жүгі m_{ϕ} -ні кеміту есебіне ғана ие болу мүмкін болады. Пайдалы жүктен мүлдем бас тартқанда,



114-сурет. Ракета құрылысы сызбасы.

яғни $m_f = 0$ болғанда $s = z$ болады. Сөз жоқ, ракетаны құрастыру кезінде пайдалы жүктен бас тартып болмайды.

$p = \frac{m_0}{m_f}$ өрнек салыстырмалы бастауыш масса деп аталып, ал оған теріс шама $\frac{1}{p}$ салыстырмалы пайдалы жүктеме немесе пайдалы жүктеме коэффициенті деп қолданылады. Бұл шамаларды (1) ге қойып, s -ның z және p байланысын, одан соң z және p -ның мәндерін табу мүмкін.

66-§. Ұшу кезінде ғарыштық аппаратқа әсер етуші күштер

1. Ұшу кезінде ҒА-қа әсер ететін ең маңызды табиғат күштерінен бірі – *бүкіл әлем тартылыс күші болып табылады*. Материалдық денелер арасындағы тартылыс күші Ньютон тапқан бүкіл әлем тартылыс заңына сүйенеді. Белгілі, оның математикалық өрнегі:

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

бұл жерде: F – материалдық денелер арасындағы тартылыс күшін; m_1 және m_2 – олардың массаларын; r – олардың арасындағы аралықты өрнектейді, ал пропорциялық коэффициенті G гравитациялық тұрақтылық деп аталып, массалар кг-дарда, аралық м (метр)-де, күш (Ньютон) N-да өрнектелгенде $6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ -ге тең мәнмен өлшенеді.

2. ҒА-ның қозғалысы кезінде оған әсер ететін басқа бір күш – *атмосфераның қарсылық күші*. Ұшу қанша кіші биіктікте (Жер сыртына қатысты) жүзеге асса, бұл күш сонша үлкен болады, өйткені биіктік кеміген сайын атмосфераның тығыздығы артады. Мұндай күш *аэродинамикалық күш* деп аталады.

3. Ғаламшарлараралық кеңістікте ұшып жатқан ҒА-қа байқаларлықтай әсер ететін тағы бір күш бар, ол *Күн сәулеленулерінің қысым күші болып табылады*. Егер ҒА-тың массасы онша үлкен болмай, ауданы айтарлықтай дәрежеде үлкен болса, онда Күн сәулелерінің қысым күші ұзақ ұшуларда мейлінше үлкен болып, оны сөзсіз есепке алуға тура келеді.

4. Ғарыштық кеңістікте ҒА-қа күшсіз болса да әсер ететін басқа бір күштер электрлік және магниттік күштер деп аталып, олар ҒА-тың түзу сызықты

қозғалысына емес, сондай-ақ ауырлық орталығы айналасындағы айналма қозғалысында ғана әсер етеді.

Салмақсыздық. Ғарыштық кеңістікте белгілі айналма орбита бойымен еркін қозғалып жатқан дененің барлық нүктелері бірдей жылдамдықпен қозғалатынын түсіну қиын емес. Ғарыштық кеме түрлі жеке бөліктерден құралған және ҒА-қа тек орталық аспан денесінің тартылыс күші әсер етеді деп қарастырылса, оның барлық бөлшектері (тетіктері)нің жылдамдығы бірдей күйде қалады, егер өзгергенде де бәрінікі бірдей өзгереді. Өйткені гравитациялық жылдамдану қозғалып жатқан дененің массасына байланысты болмайды:

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

бұл жерде: $M_{\oplus}$ – ҒА тетіктерін тартып жатқан дененің массасы (тетіктердікі емес!) r – ҒА орталық денеден ұзақтығы болып, ҒК тетіктерінің барлығы үшін бірдей деп қарау мүмкін. Соған қарай ҒА тетіктерінің траектория-риялары да бірдей болып, кеңістікте оларды бір-бірінен тарап кетпеуін қамсыздандырады. Ендеше, ҒА жеке тетіктері арасында қысым жүзеге келмейді, яғни бір-біріне қатысты салмағы жоғалады. Ғарышкер өзі отырған орындыққа баспайды, асылған лампа баусымын қатты тартпайды, қойып жіберілген қалам үстелге түспей әуеде қалқиды және т.б. Өйткені олардың барлығының жылдамдығы мен жылдамдануы бірдей болады. Кеме кабинасы ішінде еден, төбе деген сөздердің мағынасы жоғалады. Кеме ішінде денелердің өзара қозғалысына Жердің тарту күші «араласа алмайды».

Сыртқы басқа күштердің (сыртқы ортаның қарсылық күші, тірек реакция күші және басқалар) пайда болуы салмақсыздықты жоғалтып, салмақтылық күйінің жүзеге келуіне себеп болады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Ракета қандай бөліктерден құралған?
2. Ракетаның құрастыру сипаты деген нені білдіреді?
3. m_f , m_0 , m_k , m_{ox} ракетаға тиісті қандай массаларды сипаттайды?
4. Ұшу кезінде ҒА-қа қандай күштер әсер етеді?
5. Еркін ұшу кезінде қандай шарттар орындалғанда ҒА ішінде салмақсыздық жүзеге келеді?

33-ТАҚЫРЫП. 67-§. Тартылыстың орталық өрісінде қозғалып жатқан дененің орбиталары

Тартылыс өрісі ретінде алынған Жер өрісінде қозғалып жатқан оның серігінің траекториясы қандай болуын қарастырайық. Бұнда Күннің жасанды серік (ЖС)ке беріп жатқан жылдамдауы Күннің Жерге беретін жылдамдауына шамамен тең болғанынан (олар Күннен дерлік бірдей аралықта болғандықтарынан), ЖС-ті тек Жер әсерімен қозғалып жатыр деп қарау мүмкін. Өйткені мұнда Күннің серікке беріп жатқан шеттендіретін жылдамдауы оның Жерге және серікке беріп жатқан жылдамдаулардың айырмасына тең болып, Жердің ЖС-ке беріп жатқан жылдамдауына қатысты өте кішілігінен есепке алмау мүмкін. Сол үшін де жорамал есептеулерде, ҒА-тың қозғалысы тек Жер әсерімен болады, деп қарастырылады, басқаша айтқанда, қозғалыс шекараланған екі дене шеңберінде зерттеледі. Бұл жағдай ЖС орбитасын есептеуде үлкен қолайлылық туғызады.

Аспан денесін бір жынысты материалдық шар, немесе ең кемі бір-біріне салынған бір жынысты бірдей қалыңдықтағы сфералық қабаттардан құралған дейік. Онда дененің толық массасы оның орталығында (нүкте көрінісінде) іске асқандай тарту қасиетіне ие болады. Мұндай тарту өрісі, атап өтілгендей, *тартылыстың орталық өрісі* (ТОӨ) деп аталады.

Алдын біз «Екі дене мәселесінде» (27-§) тартылыстың орталық өрісі туралы айтып, оның жай тартылыс өрісінен өзгешеленетін ерекшелігі жайында тоқталған едік. Егер кез келген тартылыс өрісінде қозғалып жатқан R радиусты дененің тартылыс өрісін беретін M денеден мейлінше үлкен r аралықта болса (яғни $r \gg R$), онда кез келген тартылыс өрісі денеге ТОӨ сияқты әсер етуін ескерген едік. Энергияның сақталу заңына қарай тартылыс өрісінде қозғалып жатқан m массалы дененің орталық M массалы денеден r аралықтағы жылдамдығы v_r , оның бастауыш v_0 жылдамдығымен байланысын өрнектеуші төмендегі формула, аспан механикасында энергия интегралы деп аталған:

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

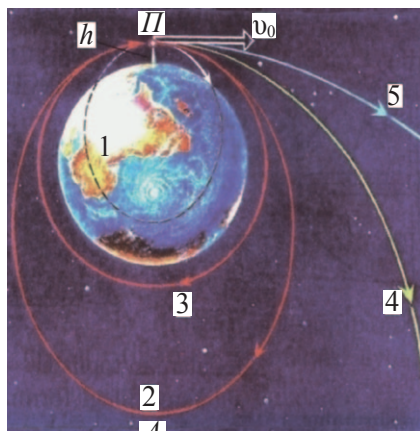
бұл жерде $K=GM$, орталық өрісін өрнектейтін, дененің гравитациялық көрсеткіші деп аталып, Жер үшін $K_{\oplus} = 3,99 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$, Күн үшін $K_{\odot} = 1,33 \cdot 10^{11} \text{ км}^3/\text{с}^2$, ал Ай үшін $4,9 \cdot 10^3 \text{ км}^3/\text{с}^2$ -ға тең болады.

Ол тартылыстың орталық өрісі үшін $r \approx R$ болған жағдайда да орынды болады. Төменде тартылыстың орталық өрісінде қозғалатын дененің қозғалыс траекторияларымен танысамыз.

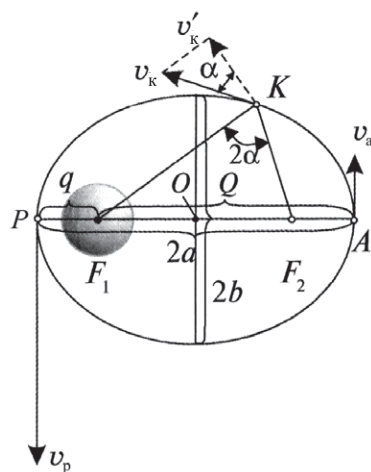
Ғарыштық аппараттың орталық өрісінде (мысалда Жер өрісінде) бақыланатын қозғалыс траекторияларын төрт топқа бөлу мүмкін:

1. *Түзу сызықты қозғалыс.* Егер белгілі биіктікте тұрған дененің бастауыш жылдамдығы нөлге тең болған жағдайда қойып жіберілсе, ол орталық өрісін беретін дене орталығы жаққа тік түседі. Дененің бастауыш жылдамдығы орталыққа немесе оған қарама-қарсы жаққа радиал бағытталғанда бастауыш үлкен жылдамдықпен шығарылса, оның қозғалысы да түзу сызық бойымен бақыланады. Басқа барлық жағдайларда дененің түзу сызық бойымен қозғалуы бақыланбайды.

2. *Эллипстік траектория бойымен қозғалыс.* Егер ΓA -тың бастауыш жылдамдығы радиал бағыттан өзгешеленіп, ол P нүктеден көлденең жағдайда шығарылса ондай жағдайда оның қозғалыс траекториясы орталық дененің тартуынан, әрине, иіледі. Мұнда оның жолы әрдайым бастауыш жылдамдық векторы және Жер орталығы арқылы өтетін жазықтықта жатады. Егер ΓA -тың бастауыш жылдамдығы Жер үшін бірінші ғарыштық жылдамдықтан үлкен, екіншісінен кіші болса, оның траекториясы эллипсті береді (115-сурет). Осы эллипс тартушы аспан денесінің сыртын кесіп өтпесе, ΓA бұл дененің жасанды серігіне, ал аспан денесінің орталығы эллипс фокустарынан біріне айналады.



115-сурет. Тартылыстың орталық өрісінде дененің эллипстік траектория бойымен қозғалысы.



116-сурет. Тартылыстың орталық өрісінде дененің қозғалыс траекториялары (мысал ретінде Жер тартылыс өрісінде ΓA -тың қозғалысы көрсетілген).

Эллипстің фокустары деп айтылатын бұл нүктелер мен эллипстің кез келген нүктесін ұштастырушы кесінділер тұрақты болады. Эллипстің әрбір екі фокусы арқылы өткен білігі оның *үлкен білігі* деп аталады. Үлкен біліктің жартысы *үлкен жарты білік* деп аталып, серіктің аспан денесінен орташа ұзақтығын сипаттайды да a әрпімен белгіленеді. Мұнда эллипстің кез келген K нүктесінде серіктің жылдамдығы v оның тарту орталығынан ұзақтығы r_k және эллипстің үлкен жарты білігі a -мен төмендегідей байланысып, ол энергия интегралының мына жаңаша көрінісінде болады:

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

Бұл формулада K Жердің гравитациялық көрсеткішін сипаттайды. Ал тартылыстың орталық өрісінде эллипс бойымен қозғалатын дененің дәуірі T , Кеплер заңы бойынша онымен эллипстің үлкен жарты білігі a арасындағы төмендегі қатынастан табылады:

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

Орталық денеден ең кіші және ең үлкен аралықтағы эллипс нүктелері (*115-суретте P, A нүктелер*) сәйкес түрде, *перигентр* және *апоцентр* дейіледі. Егер тартушы дене Жер болса, олар *перигей* және *апогей* деп, Күн болса, *перигелий* және *афелий* деп аталады. Мұнда ΓA -тың перигейдегі жылдамдығы (v_p) максимум, ал апогейдегісі (v_a) минимум мәнге ие. Әрекет мөлшері сәтінің сақталу заңынан бұл жылдамдықтар өзара төмендегіше байланысады.

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

мұнда r_p мен r_a — перигей мен апогей нүктелерінің Жер орталығынан ұзақтығы. Егер орталық дене (мысалы, Жер) сыртынан белгілі h биіктікте P нүктеден (*115-суретке қара*) бастауыш көлденең жылдамдықпен ғарыштық аппарат ұшырылса, P нүкте, бастауыш жылдамдықтың шамасына байланысты түрде, орбитаның перигей немесе апогейге (*115-суреттегі 1 және 2-орбиталар*) айналады. Жылдамдықтың белгілі мәндерінде ол шеңбер бойлай қозғалып (*115-суретте 3-орбита*), айналма орбита радиусы r болса, онда

$$v_{\text{айн.}}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad \text{немесе} \quad v_{\text{айн.}} = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{r}} \quad (5)$$

болады, мұнда $K_{\oplus}$ – Жердің гравитациялық көрсеткіші екендігін біліп, одан кез келген r аралықтағы айналма орбитасына сай жылдамдықты оңай табу мүмкін. Бұнда $R_{\oplus}$ – Жердің радиусына тең болса, мына өрнек Жер үшін:

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

бірінші ғарыштық жылдамдықты өрнектейді, оның мәні 7,91 км/с-қа тең.

3. *Параболикалық траектория бойымен қозғалыс.* Апогейи шексіздікте «жатқан» эллипстік орбита, сөз жоқ, эллипс бола алмайды (115-суретте, 4-орбита). Бұнда ҒА тарту орталығынан шексіз ұзаққа кетіп, жабық болмаған қисық сызық – *парабола бойымен қозғалады*. Ғарыштық аппарат тартылу орталығынан ұзактаған сайын жылдамдығы кеми түседі. Эллипс бойымен қозғалыста жылдамдықты есептеу формуласы (1) ден шексіздікте $\alpha \rightarrow \infty$ болуын ескеріп, бастапқы r_0 аралықта параболик орбитаны қамсыздандырған бастауыш жылдамдықтың шамасы v_0 -ны табамыз, онда:

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

бойынша есептелген жылдамдық параболик немесе *еркіндік жылдамдығы* деп аталады, өйткені мұндай жылдамдыққа ие болған соң, ҒА парабола бойымен қозғалып, тартылыс орталығына қайтпайды, яғни *еркіндік алады*.

Егер $r = R_{\oplus}$ – Жердің радиусына тең деп алынса,

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

болып, ол *екінші ғарыштық жылдамдық* деп аталады, ол Жер үшін оның мәні 11,186 км/с-ті құрайды.

Бірінші және екінші ғарыштық жылдамдықтарды салыстырып:

$$v_{\Pi} = v_{\text{ерік}} = v_1 \cdot \sqrt{2} \quad \text{немесе} \quad v_{\text{ерік}} = 1,414 v_1 \quad \text{болуын табамыз.}$$

Енді бұл теңдіктерден пайдаланып, энергия интегралын жазсақ, тартылыс өрісінде орталық денеден r аралығындағы жылдамдығы

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

шығады. Мұнда $r \rightarrow \infty$ болса: $v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{ерік}}^2$ болады. Бұдан шексіздікте $v = 0$ болады, себебі $v_0 = v_{\text{ерік}}$, параболик орбитаға шығуы үшін $v_0 = v_{\Pi}$ болуы тиіс.

4. *Гиперболикалық траекториялар.* Егер ҒА параболикалық жылдамдықтан үлкен жылдамдыққа жетсе, ол бұл жағдайда да ашық қисық сызық бойымен қозғалып, «шексіздікке жетеді», бірақ мұнда оның траекториясы гипербола (115-сурет, 5-орбита) көрінісін алады. Осы жағдайда ҒА-тың шексіздіктегі жылдамдығы нөлге тең болмайды. Тіптен тартылыс орталығынан ұзактасқан сайын оның жылдамдығы үздіксіз кеміп барса да, бірақ ол $r \rightarrow \infty$ болғанда (9) өрнектен табылатын мына v_∞ жылдамдықтан кем бола алмайды:

$$v_\infty^2 = v_0^2 - v_{\text{ерік}}^2 \quad (10)$$

бұл жерде v_∞ жылдамдықты қалдық жылдамдық (кейде жылдамдықтың гиперболикалық арттырылуы) деп аталады. Гиперболикалық траектория тартылыс орталығынан ұзакта, *гиперболаның асимптоталары* деп аталатын түзу сызықтардан дерлік өзгешеленбейді. Сол үшін де үлкен ұзактықта гиперболикалық траекториясын түзу сызықты траектория деу мүмкін.

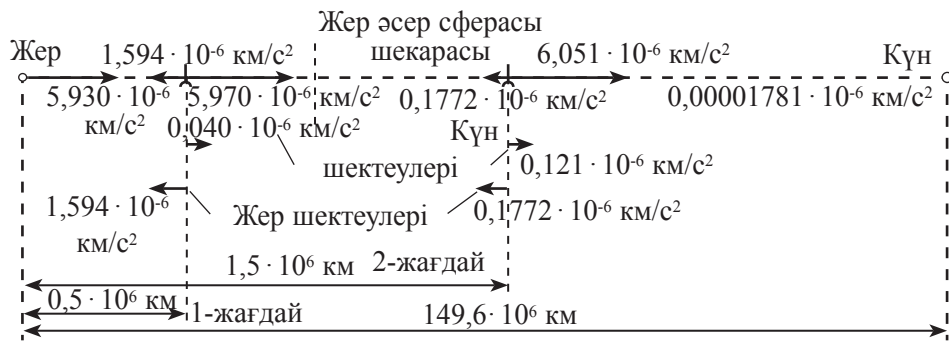
Параболикалық және гиперболикалық траекторияларда жоғарыдағы екі теңдеу де орында бола береді. Тартылыс өрісінде ҒА-тың қозғалысы бірінші болып ғаламшарлар қозғалысының эллипстік пішінін тапқан және олардың қозғалыс заңдарын анықтаған неміс ғалымы И.Кеплер құрметіне *кеплерше қозғалыс* деп аталады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Тартылыстың орталық өрісінде қозғалатын дененің қозғалыс траекториясы оның бастауыш жылдамдығына байланысты ма?
2. Энергия интегралы формуласының көрінуі қандай физикалық шамалар арасындағы байланысты өрнектейді?
3. Эллипс бойымен қозғалған дененің дәуірі қалай табылады?
4. Бірінші және екінші ғарыштық жылдамдықтар деп қандай жылдамдықтар айтылады?
5. Параболик және гиперболик траекториялар бойымен қозғалатын ҒА-тардың шексіздіктегі жылдамдықтарында қандай айырмашылық болады?

34-ТАҚЫРЫП. 68-§. Әсер сферасы және ғарыштық аппарат траекторияларын жорамал есептеу

ҒА-тың кеплерше орбиталары реал аспан денелері үшін негізінде іске асырып болмайтын орбиталар болып табылады. Себебі – орталық аспан



117-сурет. Жерден және Күннен берілетін шеттенулерді есептеу.

денесі анық сфералық симметрияға ие болмағандығынан оның өрісі де орталық бола алмайды. Сыртқы аспан денелерінің әсері және басқа шаралар, дене қозғалысын зерттеуде ескерілуі тиіс. Бірақ кеплерше қозғалыс өте қарапайым және өте жақсы зерттелген, сондықтан одан бас тарту қиын. Сол үшін Кеплер орбитасы тірек орбита ретінде қабылданып, басқа жағдайлар беретін шектеулер есеп-қисапта арнайы мән беріледі, басқаша айтқанда, дененің қозғалыс траекториясы анықталады.

Басқа аспан денелері Жер айналасында қозғалатын ҒА-қа берілетін гравитациялық шектеулерді екі жағдай үшін есептейік. Бұнда шектеуші сыртқы аспан денесі Күн болсын делік (117-сурет).

І жағдай. Күн мен Жерді ұштастырушы түзу сызық бойымен Жерден 500 000 км аралықтағы ғарыштық аппарат Күннен 149 100 000 км аралықта болып, оған Жер беретін жылдамдау $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$, ал Күндікі – $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ -ні құрайды.

1. Егер бізді ҒА-тың геоцентрлік қозғалысы қызықтыратын болса, шеттеуші Күннен ҒА және Жер алатын жылдамдауларының айырмасына тең болып $(5,970 \cdot 10^{-6} - 1,594 \cdot 10^{-6}) \text{ км/с}^2 = 0,040 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ -ні құрайды. Бұл – ҒА-қа Жер беретін жылдамдаудың 2,5% -ын ғана құрайды.

2. Енді Жерден мұндай аралықта ҒА-тың гелиоцентрлік қозғалысын зерттейтін болсақ, онда Жердің ҒА-қа беретін жылдамдауы $(1,594 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2)$ және Күнге беретін жылдамдау $(0,00001781 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2)$ лардың айырмасы Күннің ҒА-қа беретін жылдамдауы $5,97 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$ үшін шеттеуші жылдамдау болып, ол $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ км/с}^2$, яғни орталық дене Күннің ҒА-қа беретін жылдамдауының 26,7%-ын құрайды. Демек, гелиоцентрлік қоз-

ғалысқа Жердің шеттеуші жылдамдауының әсері өте байқаларлық екендігі анықталады. Ендеше, I-жағдайда ҒА Жер айналасында геоцентрлік қозғалыста деу дұрыс екен, деп қорытынды жасау мүмкін.

II жағдай. Енді ҒА-ты Жер-Күн сызығы бойынша Жерден 1 500 000 км, ал Күннен 148 100 000 км аралықта тұрған жағдай үшін қарастырайық.

1. Алдын ҒА Жер айналасында *геоцентрлік траектория* бойымен айналғанда, Күн беретін шеттеуші жылдамдау шамасын анықтайық. *117-сурет*тен көрінуі бойынша, мұнда ҒА-тың Жер әсерімен алатын жылдамдауы $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с²-ні құрайды. ҒА-тың Күн әсерімен алатын жылдамдауы $6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с²-ге тең болады. Енді Жердің Күннен алатын жылдамдауы ($5,930 \cdot 10^{-6}$ км/с²)-ге қарай, Күннің шеттеуші жылдамдауы $(6,051 \cdot 10^{-6} - 5,930 \cdot 10^{-6})$ км/с² = $0,121 \cdot 10^{-6}$ км/с² екендігі болып, ол ҒА-тың Жерден алатын $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² жылдамдауының 68,3 % -ын құрайды.

2. Енді ҒА Күн айналасында *гелиоцентрлік траектория* бойымен айналып жатыр деп қарап, оған Жер беретін шеттеуші жылдамдауларды есептесек, ол Жердің ҒА-қа беретін $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² жылдамдауынан Жердің Күнге беретін жылдамдауы ($0,00001781 \cdot 10^{-6}$ км/с²) айырмасына тең болып, ол шамамен $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² тең болады. Оны Күннің ҒА-қа беретін $6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с² жылдамдауымен салыстырсақ, Жердің ғарыштық аппаратқа беретін шеттеуші жылдамдауы $0,1772 \cdot 10^{-6}$ км/с² болып, ол Күннің ҒА-ты гелиоцентрлік траектория бойымен қозғалтушы жылдамдауының ($6,051 \cdot 10^{-6}$ км/с²) небары 3 %-ын ғана құрайтыны белгілі болады. Онда, мұндай аралықта ҒА Жер айналасында геоцентрлік емес, Күн айналасында гелиоцентрлік траектория бойымен қозғалып жатыр деу жөн болады. (Жер беретін шеттеуші жылдамдаудың өте кішілігі себепті).

Сол түрдегі траекторияның есеп-қисабын кеңістіктің барлық – Жер-Күн түзу сызығында жатпайтын нүктелері үшін (тек мұнда ҒА-қа Жер мен Күн беретін жылдамдаулар векторларының айырмасы алынады) орындасақ, I жағдайда әрбір нүкте ҒА-ты Жер айналасында геоцентрлік траектория бойымен қозғалуының дұрыстығын көрсетіп, II жағдайда кеңістіктің барлық басқа нүктелерінде жатып, ҒА-ты гелиоцентрлік траектория бойымен, яғни орталығы Күн болған нүкте айналасында кеплерше траектория бойымен айналып жатыр деп қарау мақұл. Бұл нүктелердің математикалық талдауы көрсетілген сала шекарасы Жер айналасында жататын сфераға жуық болғанынан, ол қарапайымдылық үшін ғарыш динамикада анық сфе-

ра ретінде қабылданып, Жердің әсер сферасы деп қолданылады. Жер әсер сферасының Күнге қатысты радиусы 925 000 км, Ай әсер сферасының Жерге қатысты радиусы 66 000 км, ал Күннің галактика орталығына қатысты анықталған әсер сферасының радиусы 9×10^{12} км ≈ 1 ж.ж.-ға теңдігін көрсетеді.

Аралары a болған m массалы дененің жақынында орналасқан M массасы денеге қатысты әсер сферасының радиусы (мұнда $m \ll M$):

$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{2}{5}}$$

өрнектен табылады.

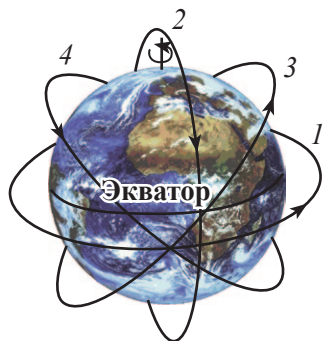
ҒА дене әсер сферасының шекарасын кесіп өткенде, ол тартылыстың бір орталық өрісінен екіншісіне өтеді. ҒА-тың әрбір тартылыс өрісіндегі қозғалысы сол өрістерге қатысты жеке-жеке кеплерше орбитаны (конус кесінділерінен біреуін) құрайды. Ал әсер сферасының шекарасындағы ғарыштық аппараттың қозғалыс траекториясы белгілі ережелер бойынша «жалғанады». ҒА траекторияларын есептеудің жорамалды әдісінің негізгі мәні сонда, ол конус кесімдерін өзара ұштастыру әдісі деп те қолданылады.

35- ТАҚЫРЫП. 69-§. Жер жасанды серіктерінің орбита элементтері

Жер айналасы кеңістігінде қозғалатын жасанды серік (ЖС)тің қозғалысы Жер айналасы ұшулары деп аталады. Аспан механикасы тұрғысынан Жер айналасы кеңістігі дегенде, Жер әсер сферасымен шекараланған сала ұғынылып, онда дененің қозғалысын тек Жердің тарту өрісінде бақыланады деп қарау мүмкін. 118-суретте Жер кеңістігінде айналып жатқан Жер жасанды серігінің орбитасы көрсетілген, ондағы P және A нүктелері, сәйкес түрде, серіктің перигей және апогей нүктелеріне сәйкес келеді. Суретте Жер жасанды серігінің орбита жазықтығы Жер экваторы жазықтығымен түйіндер сызығы деген түзу сызықта қиылысады.



118-сурет. Жасанды серіктің орбиталық элементтері.



119-сурет. Экваторлық (1), полюстік (2), тура (3) және теріс (4) серіктер.

Мұнда көтеріліс түйіні ЖС-тің Жер экваторын оңтүстік жарты шардан солтүстік жарты шарға кесіп өту нүктесі болып, ал бату түйінінде керісінше болады. Бұдан белгілі, ЖС-тің орбиталық жазықтығы, географиялық белдеуі, оның жазықтығының Жер экваторға ауытқуынан (яғни i бұрышынан) үлкен болмаған Жер шары аумақтары үстінен ұшып өтеді. ЖС-тің биіктігі жеткілікті дәрежеде үлкен болғанда $\phi > i$ аудандардан да серікті көру мүмкін болады.

ЖС-тердің төмендегі орбиталық элементтері бар

1) i – ЖС орбитаның Жер экваторы жазықтығына ауытқушылығы ($i=90$ болғанда ол *полюстік серік* (119-сурет, 2-орбита) деп, ал $i = 0^\circ$ болғанда *экваторлық серік* (119-сурет, 1-орбита) деп аталады. ЖС-тің қозғалыс жолы, Жер айналуы бағытына сәйкес келсе, ол тура (119-сурет, 3-орбита), ал керісінше болғанда, *теріс серік* (119-сурет, 4-орбита) деп аталады ($i > 90$ – серіктер, Жердің айналу бағытына теріс қозғалады); 2) h_a – ЖС апогейінің биіктігі; 3) h_p – оның перигейінің биіктігі; 4) T – ЖС-тің айналу дәуірі; 5) a – ЖС орбитасының үлкен жарты білігі; 6) e – ЖС орбитасының эксцентритеті; 7) Ω – көтеру түйінінің Жер экваторы жазықтығындағы көктемгі күннің теңелуіне қарай тартылған бағыттан бұрыш ұзақтығы болып, Ω -ның бойлығын сипаттайды.

Экватор үстінде Жермен бірдей дәуірде (24^h) айналушы ЖС-тер *геостационар серіктер* деп аталады.

70-§. Жер атмосферасында серік орбитасының эволюциясы

Жер атмосферасының жасанды серік қозғалысына қарсылық күші мына формуладан табылады:

$$F_{\text{қарсы}} = cS \frac{\rho v_{\text{кат}}}{2},$$

мұнда c – атмосфераның жоғары қабаттары үшін шамасы 2–2,5 болған өлшемсіз қарсылық коэффициентін; S – серіктің қозғалыс бағытына тік болған максималдық кесім ауданын; ρ – атмосфера тығыздығын, ал $v_{\text{кат}}$,

серіктің сыртқы ортаға қатысты жылдамдығын өрнектейді.

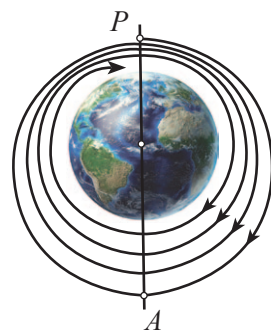
Атмосфера қарсылығы әсерімен жүзеге келген шеттеуші жылдамдау серіктің массасына кері пропорционал болып, оның көлденең кесінді ауданына тура пропорционал есептеледі. Сондықтан іші дерлік бос болған серікке атмосфера қарсылығының әсері өте күшті болады. Сол шара себепті төменгі орбитаға шығарылған *тасушы ракетаның* серіктен ажыратылған және отыннан босаған соңғы сатысы атмосфера қарсылығын, ғылыми аппаратуралар тығыз орналастырылған контейнерге қатысты күшті «сезініп», жылдам артта қалуын қамсыздандырады.

Қарсылық күші себепті серік қозғалысына әсер ететін шеттеуші жылдамдаудың шамасы 200 км биіктікте $2,2 \cdot 10^{-4}$ м/с²-ні, 400 км биіктікте $3,1 \cdot 10^{-6}$ м/с²-ні, ал 800 км биіктікте небары $2,6 \cdot 10^{-8}$ м/с²-ні құрайды. Серік 100 км биіктікте ұшып жатқанда мұндай жылдамдаудың мөлшері байқаларлық дәрежеде үлкен болып, 30 м/с²-ге тең болады.

110–120 км биіктіктен төменге атмосфераның тығыздығы шұғыл артуынан ЖС кезектегі айналуын аяқтай алмайды. Бұнда оның траекториясы қол сағаты серіппесінің спиральды көрінісінде болып, ЖС әр кезекте перигейіден өткенде жылдамдығы бірден кеміп отырады (*120-сурет*).

Атмосферада серік қозғалысының тежеуіш үдерісін мұқият зерттеу атмосфера жоғары қабаттарының тығыздықтарын есептеуге мүмкіндік беріп, ол құнды теориялық және іс жүзіндік қорытындыларға себеп болады.

Жасанды серік орбитасын белгілі мақсатты көздеп қандай күйге өзгерту (тездету, тежеу, бұру) *орбиталық маневрлер* деп аталады. Ғарышкерлікте көп жағдайларда серік орбитасын көп импульсті сондай мәнерлер көмегімен өзгертуге тура келеді. Кейінгі тақырыпта сондай жағдайлардан кейбіреулерімен танысамыз.



120-сурет. Жер атмосферасында жасанды серіктің түсуі: түсу орбиталарының көрінісі.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. ЖС-тің қандай орбита элементтерін білесің?
2. Тура және теріс серіктер деп қандай ЖС-тер айтылады? Полюстік және экваторлық серіктер деп ше?
3. Жер атмосферасының ЖС қозғалысында қарсылығы қалай табылады?
4. Геостационар серіктер деп қандай ЖС-тер айтылады?

36-ТАҚЫРЫП. 71-§. Орбиталдық маневрлер. Жасанды серік орбита жазықтығын бұру

1-әдіс. Қажет болғанда жасанды серік (ЖС) орбита жазықтығын белгілі бұрышқа өзгерту үлкен энергия жұмсаумен іске асырылады. Мысалы, айналма орбитада v жылдамдықпен қозғалатын ЖС жылдамдығының мәнін өзгертпеген күйде, оның орбитасын α бұрышқа бұру талап етілсін. Ондай жағдайда бұл үшін қажет болған Δv жылдамдық импульсінің шамасы, 121-суреттегі жылдамдықтар (v_0 – бастапқы, $v_{н.т.}$ – орбита жазықтығы α бұрышқа бұрылғаннан кейінгі нәтижелі, Δv – талап етілетін маневр жылдамдығын сипаттайды) векторларының қосылуынан құралған тең бүйірлі үшбұрышы бойынша, мына формуладан табылады:

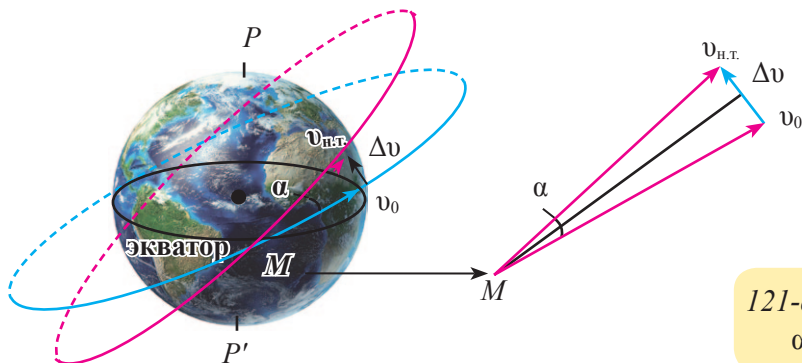
$$\frac{\Delta v}{2} = v_0 \sin \frac{\alpha}{2}, \text{ мұнда } \Delta v = 2 v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

Егер серік орбитасы жазықтығын M нүктеде 90° -ты бұрышқа бұру талап етілсе, ондай жағдайда $\Delta v_0 = 2v_0 \sin 45^\circ$ -тан

$$\Delta v = \sqrt{2} \cdot v_0 \text{ болады.} \quad (2)$$

Бұл өрнектен серік орбитасын 90° -қа өзгерту үшін қажет болған жылдамдықтың мәні өте үлкен – екінші ғарыштық жылдамдыққа тең болуы белгілі болып, орбитаны мұндай өзгерту өте үлкен энергия жұмсаумен өтетіні анық болады.

2-әдіс. Сондықтан серік орбитасы жазықтығын үлкен бұрышқа бұру талап етілсе, оны «шексіздік арқылы бұру» деген басқа бір әдіс арқылы амалға асырылса, бұл үдеріс ракета жанармайын үлкен үнемдеумен



121-сурет. ЖС орбитасын α бұрышқа өзгерту.

іске асады. Негізгі мәселе, серік Жер айналасы айналма орбитасынан параболикалық орбитаға жуық траекторияға шығарылса, оның жылдамдығы шексіздікте нөлге жуық болғанынан оның жазықтығын шексіздікте қажет болған бұрышқа бұру үшін тиіс болған жылдамдықтың мөлшері (Δv) де (1) формула бойынша нөлге тартады. Ондай жағдайда серік орбитасының жазықтығын шексіздікте α бұрышқа бұру үшін қажет болған жылдамдықтардың толық импульсі $\Delta v'$, жылдамдықтардың төмендегі құрамдардың қосындысынан құралған болады:

$$\Delta v' = (\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0), \quad (3)$$

мұнда бірінші жақша – серікті параболикалық орбитаға өткізу үшін қажет жылдамдық импульсті, екінші мүше Δv – шексіздікте жылдамдықты α бұрышқа бұру үшін қажет болған жылдамдық импульсін (мұнда $v_0 \approx 0$ болғанынан, Δv да нөлге тартады) тағы, соңғы, үшінші жақшалы мүше – серік шексіздіктен қайтып келген соң оның параболик жылдамдығын бастауыш v_0 жылдамдыққа дейін кеміту үшін қажет болған импульсті сипаттайды.

Сөз жоқ, серік орбитасын кіші бұрышқа бұру үшін талап етілетін жылдамдықтың мәні (1) бойынша, $2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}$ -ге тең болуын ескерсек, онда серіктің орбита жазықтығын α бұрышқа бұру үшін, қандай шамадағы бұрышқа дейін оны өз орнында бұру, «шексіздік арқылы бұру»дан қанша абзалдығын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл үшін (2) және (3) өрнектерді теңестіріп, оңай ғана шекаралық α бұрыштың мәнін табу мүмкін:

$$(\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

Теңеудегі Δv шексіздікте нөлге тартқанынан

$$2v_0(\sqrt{2} - 1) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2} \text{ болады.} \quad (5)$$

$$\text{Мұнда} \quad \alpha = 48^\circ 54' \quad (6)$$

ті құрайтыны белгілі болады. Олай болса, мұндай жағдайда орбитаны α бұрышқа бұру үшін талап етілген жылдамдықтардың импульстері екі жағдай үшін тең болып, орбитаны бұдан үлкен бұрышқа бұруда, оны «шексіздік арқылы бұру» әрдайым үнемді болып, керісінше, оны $48^\circ 54'$ -дан кіші бұрышқа бұру талап етілсе, оны сол орынның өзінде (яғни (2) формула көмегімен) бұру энергетикалық жағынан үнемді өтуі белгілі болады.

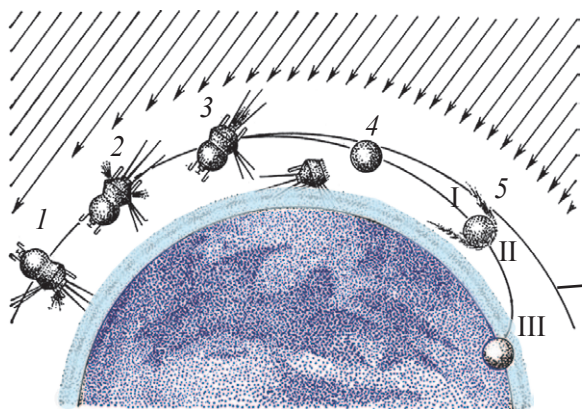
72-§. Жасанды серікті орбитадан түсіру

Орбиталдық маневрлер ішінде ең қарапайымы ғарыштық аппаратты орбитадан Жерге түсіру болып есептеледі. Әдетте, ҒА-ты Жерге түсіру траекториясы *үш бөлікке бөлінеді* (122-сурет, I, II, III).

Бұлардан *біріншісі* – *траекторияның бәсеңдеу учаскесінде*, серіктің орбитадан шығуы өте кіші бұрыш астында іске асырылып, бұл орыннан атмосфераның қалың қабатына кіргенге дейінгі болған бөлігін өз ішіне қамтиды. Атмосфера қалың қабатының жоғары бөлігі ретінде, шартты түрде, Жер сыртынан шамалап 100 километр ұзақтықтағы сырт алынады.

Түсу учаскесінің екіншісі – Жердің қалың атмосферасынан өту бөлігі сол 100 километрлі биіктіктен басталып, бұнда ғарыштық аппарат пен оның экипажы ауырлық күшінен бірнеше есе артық зорығуды «сезінеді». Сондай-ақ, осы учаскеде, ҒА-тың атмосферамен үйкелісуінен кеме тұрқысының шұғыл қызуы жүзеге асады. Мұндай жағдай қондырылатын кеме тұрқысы мен экипаж мүшелерінің өмірі үшін үлкен қауіп туғызады.

Түсудің үшінші учаскесінде ғарыштық аппараттың траекториясы Жер орталығына қарай бірден бұрылады да ақыр-соңында қарсылық күші, қозғалыс бағыты бойынша ауырлық күшінің проекциясына теңесіп, қондырылушы аппараттың Жерге қарай еркін түсуін қамсыздандырады. Әдетте, түсу қолайлы және үнемді болуы (ең кем жылдамдық импульсі талап етуі) үшін жағдай – ҒА-ты орбитадан шығу нүктесінен атмосфераның қалың қабатына кіруге дейінгі 180° -ты доға шекарасында іске асырылады. Бұнда ҒА-тың атмосфераның қалың қабатына кіруі шамамен 5° бұрыш астында бо-



122- сурет. жасанды серікті орбитадан түсіру үдерісі:
1–3 –тежеуші импульс; 4 –
айналма орбитадан шығу; 5 –
аэродинамикалық тежелу және
парашют көмегімен қону.

луы қамсыздандырылады. Ал орбитадан шығуда ғарыштық кемеге берілетін жылдамдықтың трансверсал құраушыдан тыс, Жер жаққа бағытталған радиал құраушыға ие болуына жету тиіс болып, оның импульсі 150–200 м/с-дан кем болмауы талап етіледі. Атмосфераның қалың қабатынан өтуде, аэродинамикалық тежелу себепті ғарыштық кеменің жылдамдығы бірінші ғарыштық жылдамдықтан 150–250 м/с-қа дейін бәсеңдеп барады.

Жерге қонудың аталған әдісінде ракетаға атмосфераның қарсылық күшінен тыс оның көтеруші күші де қатысып, оның көмегімен жүктеме шұғыл кемітіледі және содан соң кемені Жерге аэродинамикалық сапамен қондыруға ие болады. Егер кемені қондыруда, аэродинамикалық күш тек қарсылық күшінен ғана құралса, бұл кемені Жерге түсірудің *баллистік әдісі* деп аталады. Бұнда экипаж үшін жүктеме үлкен болғандығынан кеме қабығы кескін қызиды да экипаж өмірі үшін апатты қауіп туылады.

Кемені *қондыруда аэродинамикалық сапа* деп, көтеру күшінің қарсылық күшіне қатысымен өлшенетін шама айтылады. Екі шама да ауаның тығыздығы мен жылдамдығының квадратына байланысты болып, мына формулалармен өрнектеледі:

$$F_{\text{қарсы}} = c_x \cdot S \frac{\rho v_{\text{кат}}^2}{2}, F_{\text{көтер}} = c_y \cdot S \frac{\rho v_{\text{кат}}^2}{2},$$

Мұнда: c_x және c_y – лар, сәйкес түрде, қарсылық және көтеру күштерінің коэффициенттерін; S – серіктің максималдық көлденең кесім ауданын; $v_{\text{кат}}$ – серіктің сыртқы ортаға қатысты жылдамдығын өрнектейді. Ондай жағдайда, түсудің аэродинамикалық сапасын сипаттаушы коэффициент k мына формуладан табылады:

$$k = F_{\text{көтер}} / F_{\text{қарсы}} = c_y / c_x.$$

Егер $c_y=0$ болса, кеменің түсуі *аэродинамикалық сапасыз* немесе *баллистік* деп аталады. Аэродинамикалық түсуде жүктеме коэффициенті 3–4-ті құрағанда, баллистік көріністе Жерге түсуде ол 8–10-ды құрайды. Атап өтсек, «Союз» түріндегі автоматтық станцияларды Жерге түсіру, Жер сыртынан 9,5 километр биіктікте іске қосылған парашют көмегімен іске асырылған. Кеме Жер сыртына 1 м қалғанда, оның қондырылушы бөлігінің қатты отынды ракета қозғалтқышы автоматтық түрде іске түсіп, кемені Жермен небары 3–4 м/с жылдамдықпен ғана қақтығысуын, яғни жай қодырылуын қамтамасыз етеді.

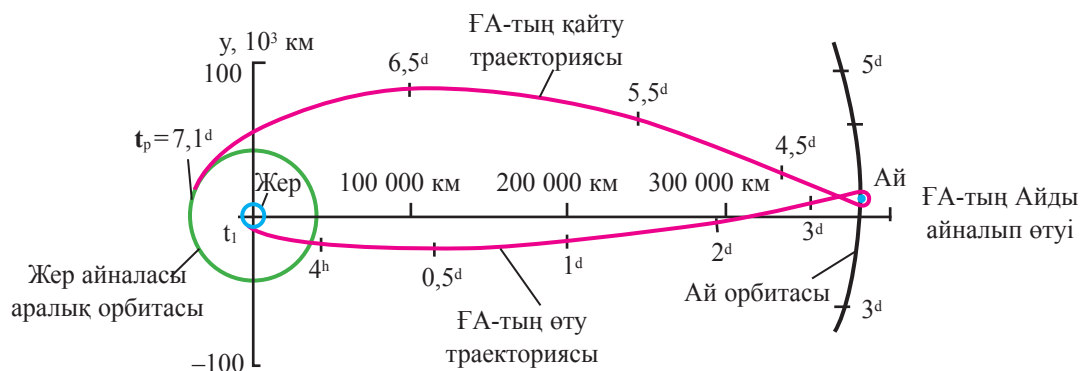
Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Орбиталдық маневрлер дегенде нені түсінесің?
2. ЖС-тің орбитасын жергілікті (яғни өз орнында) өзгерту қалай орындалады?
3. Серік орбитасын шексіздік арқылы өзгерту қандай жағдайларда үнемді болады?
4. ЖС-ті орбитадан түсіруде орбитадан шығу қалай амалға асырылады?
5. Түсудің екінші бөлігінде ЖС қозғалысының жылдамдығын кеміту қандай жолмен амалға асырылады?
6. Түсудің үшінші бөлігінде серік қалай Жерге қондырылады?

37-ТАҚЫРЫП. 73-§. Ғаламшарлық аппараттарды Айға ұшыру

ҒА-тарды Айға ұшыру үшін оны алдын Жер айналасындағы Ай орбитасы жазықтығында жататын (кемінде 200 км биіктіктегі) орбитаға шығару тиіс болады (123-сурет). Атап өтілгендей, ғарышкерлікте өту орбиталары (мысалымызда – Жер айналасы орбитасынан Ай орбитасына өту траекториясы) ішінде ең кем энергия жұмсалумен жарты эллипстік траектория бойымен ұшырғанда жүзеге асады.

Сол түрдегі Айға ұшу траекториясының есеп-қисабын жасаймыз. Бұл үшін алдын Жер айналасында 200 км биіктіктегі аралық орбитада қозғалуы тиіс болған ҒА-тың жылдамдығын Жердің гравитациялық көрсеткіші $K=4 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$ және көзделген орбита радиусы $r=R_{\oplus}+200 \text{ км}=(6370+200) \text{ км}=6570 \text{ км}$ бойынша анықтаймыз. ҒА-тың мұндай орбитада жылдамдығы мына өрнектен табылады:



123-сурет. ҒА-тың Айға барып қайтуының күндерде берілуі.

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = 7,789 \text{ км/с} \approx 7,79 \text{ км/с}$$

Айдың орбитал жылдамдығы $v_c = 1,018 \text{ км/с}$, Ай орбитасының орташа r радиусы 384400 км деп, өту траекториясы есептелген жарты эллипстік орбитаның үлкен жарты білігін есептесек ол:

$$a = \frac{r + R_{\oplus} + h}{2} = 195485 \text{ км болады.}$$

Онда ҒА-қа өту – гомон траекториясының перегейдегі берілісі тиіс болған жылдамдық, энергия интегралына қарай қандай шамада болуын табамыз:

$$v_p = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \right)}; v_p = 10,923 \text{ км/с болуы анықталады.}$$

Егер тікелей Жер сыртынан тұрып, жарты эллипстік орбитамен Айға бару талап етілсе, бұл үшін ракетаға $11,09 \text{ км/с}$ бастауыш жылдамдық беру қажет болады.

Ендеше, Жер айналасы аралық орбитасынан гомон орбитасына өту үшін ҒА-қа $\Delta v = (10,9 - 7,789) \text{ км/с} = 3,134 \text{ км/с}$ қосымша жылдамдық беру тиістілігі көрінеді.

Гомон траекториясының апогейдегі жылдамдық мына формуладан табылса, ол:

$$v_A = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{r_{\text{апог}}} - \frac{1}{a} \right)}; v_A = 0,187 \text{ км/с жылдамдыққа тең болады.}$$

Бұдан белгілі, ҒА Ай орбитасының бір нүктесіне Аймен бір уақытта жетіп барғанда, оның Айға қатысты жылдамдығы (Ай әсер сферасына кіру жылдамдығы)

$$\Delta v = v_c - v_A = (1,018 - 0,187) \text{ км/с} = 0,831 \text{ км/с-қа тең болады.}$$

Айдың әсер сферасына ($r = 66\,000 \text{ км}$) кірген ЖС-тің бұл жылдамдығы

$$(831 \text{ м/с}), \text{ Айдан мұндай аралықта } v = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus} + 66000}} \text{ формула көмегімен табыл-}$$

ған Айға қатысты параболик (еркіндік) жылдамдығы 383 м/с-тан үлкен болғанынан ЖС Ай әсер сферасы ішіне оған қатысты гиперболикалық траектория бойымен қозғалуы белгілі болады. ЖС бұл сфера ішінде Айға жақындай

түсіп, оның әсерімен жылдамдығын арттыра түседі. Мұндай жылдамдықпен қозғалатын ЖС сфераға кіру жылдамдығының бағытына байланысты түрде Айға барып соғылуы (Бұнда жылдамдық 2,5 км/с-тан кем болмайды) немесе Айды айналып өтіп, оған кіру жылдамдығына тең жылдамдықпен оның әсер сферасынан шығып кетуі мүмкін. Егер ҒА-ты Айдың серігіне айналдыру қажеттілігі туылса, оның жылдамдығын Айдың жақынында ($h \approx 50$ км) 1,6–1,8 км/с-қа дейінгі борт қозғалтқышын іске қосып, тежеу арқылы оны айналма немесе эллипстік орбитада ұстап қалу мүмкін. Енді Айға ұшып бару уақытына келсек, ол ҒА-тың Ай орбитасына соғылып өтетін гомон-эллипстік орбитасы бойымен толық айналу дәуірінің жартысына тең болуын *123-суретке* қарап түсіну қиын емес. Бұл дәуір Кеплер заңына қарай

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\oplus}}} a^{3/2} \text{ немесе}$$

Жердің гравитациялық көрсеткіші (67-§) $K_{\oplus}$ және π -лердің мәндері арқылы табылса:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ мин} = 9 \text{ тәулік } 22 \text{ сағат } 56 \text{ мин болады.}$$

Онда t ұшу уақыты T дәуірдің жартысына тең екендігінен $t = \frac{T}{2} = 4$ тәулік 23 сағат 28 минутты құрайды.

38-ТАҚЫРЫП. 74-§. Ғаламшарларға ұшу траекториялары. Жердің әсер сферасы ішіндегі қозғалыс

ҒА-тарды ұшыру траекторияларының есеп-қисабы анағұрлым күрделі болып, егер олар Күн айналасында белгілі бір жазықтықта айналма орбиталар бойымен қозғалады деп қаралса, мәселенің шешімі біраз жеңілдейді. Шындығында, Күн айналасында қозғалатын барлық ірі ғаламшарлардың эллипстік орбиталары шеңберге өте жақын. Сондай-ақ, олардың орбита жазықтықтары да Жер орбита жазықтығы (яғни эклиптика жазықтығы) мен өте кіші бұрыш құрайды және сол үшін ойымыз, шындыққа жақын болып, есептеулерде үлкен қате болмайды. Егер ғаламшарлардың Күннен орташа ұзақтықтары километрлерде, ал олардың жылдамдықтары км/с-тарда өрнектелсе, Күннің гравитациялық көрсеткіші $K_{\odot} = GM_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ км}^3 \text{ с}^{-2}$ -ге, егер ғаламшарлардың Күннен орташа ұзақтықтары астрономиялық бір-

ліктерде (а.б.) өрнектелсе, онда Күннің гравитациялық көрсеткіші $K_{\odot} = 887,153 \text{ (км}^2 \cdot \text{а.б.)}/\text{с}^2$ -ге тең болады. Ғаламшарларға ұшудың пассив траекториялары, әдетте, төмендегі үш бөлікке бөліп зерттеледі: 1) бірінші жүз километр биіктік: қозғалтқыштарды от алдырған старт нүктесінен Жердің әсер сферасына дейінгі; 2) жердің әсер сферасы шекарасынан болжамданған ғаламшар әсер сферасына дейінгі; 3) болжамданған ғаламшар әсер сферасы шекарасындағы қозғалыс. Бұл дегені, атап өтілген ұшудың бөлінген үш бөлігінен біріншісінде, ҒА тек Жердің ғана әсерімен, екіншісінде Күннің тарту күші әсерімен, ал үшіншісінде тек болжам жасалған ғаламшардың әсерімен қозғалады деп қарау мүмкін. Егер ғаламшардың радиус-векторы r және орбитасы үлкен жарты білігінің мәндерін өрнегіне қойсақ:

$$V = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \quad (1)$$

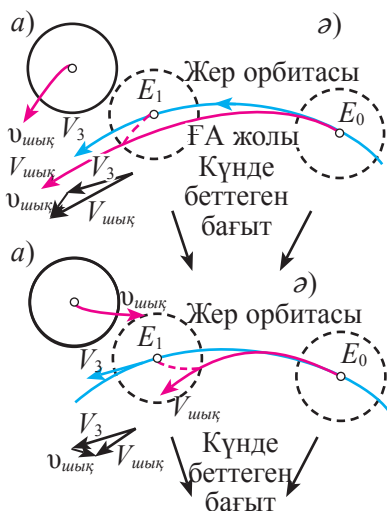
онда гелиоцентрлік орбита бойымен қозғалатын ҒА-тың жарты эллипстік өту траекториясының кез келген нүктесіндегі гелиоцентрлік жылдамдығын ол формулаға тең күшті болған төмендегі формуламен есептесек, онда эллипстің кез келген r радиус-векторлы нүктесінде ҒА-тың гелиоцентрлік жылдамдығы мына өрнектен табылады:

$$V = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}, \quad (2)$$

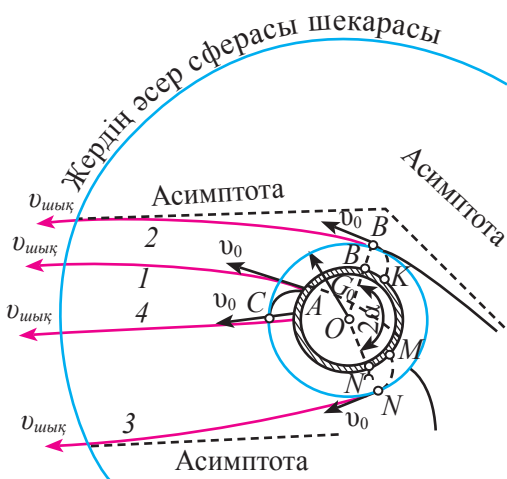
бұл жерде r және a -лар астрономиялық бірліктерде өрнектелген.

Жердің әсер сферасы ішіндегі қозғалыс. Төменде 124-а және а сурет сызбаларында Жердің гелиоцентрлік және ҒА-тың гелиоцентрлік пен геоцентрлік қозғалыс траекториялары көрсетілген. Сондай-ақ бұл суретте ҒА-тың геоцентрлік қозғалысы Жердің әсер сферасы (Жер айналасында дөңгелекпен көрсетілген) ішінде көрсетілген. 124-сурет, жоғарыдағы а)-да ҒА Жер әсер сферасы ішінде қозғалып, оның шекарасына жеткен соң, одан шығу бағыты көрсетілген. Сол уақыт ішінде Жер өз орбитасының E_0 нүктесінен шығып, E_1 нүктесіне жетіп келген. ҒА-тың Жер әсер сферасынан шығу кезіндегі геоцентрлік жылдамдығы – $v_{\text{шық}}$, ал гелиоцентрлік жылдамдығы – $V_{\text{шық}}$ мен белгіленген. Бұл жылдамдықтардың Жердің орбиталдық (гелиоцентрлік) жылдамдығымен байланыстылығы

$$\vec{V}_{\text{шық}} = \vec{V}_{\oplus} + \vec{v}_{\text{шық}} \quad (3)$$



124-сурет. ҒА-тың Жер әсер сферасындағы қозғалысы: *a* және *а* (төбеде) – сыртқы ғаламшарларға ұшу; *a* va *а* (төменде) – ішкі ғаламшарларға ұшу сызбалары; *a*) геоцентрлік; *а*) гелиоцентрлік траекториялар.



125-сурет. Ғаламшарларға ұшуда Жер әсер сферасы шекарасында ҒА үшін мүмкін болған шығу траекториялары (Бұл жерде 1, 2, 3 тер – гиперболикалық, ал 4 түзу сызықты траектория).

сызбадағы жылдамдықтар үшбұрышынан көрініп тұр. Бұнда ҒА Жер әсер сферасының алдыңғы жағынан шығып Жерден ілгерілеп кетеді (төбеде 124-сурет, *a*).

Ал 124-суреттің төменіндегі *а* сызбада, ҒА Жерден көтеріліп, оның әсер сферасына жеткенде, Жер өз орбитасының E_0 нүктесінен E_1 нүктеге келіп, әсер сферасының артқы жағынан шығады және Жерден артта қалады. Төбедегі сызбада ҒА сыртқы ғаламшарды болжамдап жолға шыққан жағдайда, төмендегі сызбада ол, ішкі ғаламшарлардан біреуін (Меркурий, Шолпан) болжамдап жолға шыққан болады. Бұл жағдайларда да ҒА жеткен жылдамдықтар, жылдамдықтар үшбұрышынан көрініп тұр:

$$\vec{V}_{\text{шық}} = \vec{V}_{\oplus} - \vec{v}_{\text{шық}}. \quad (4)$$

Ғарыштық аппарат Жерден ұзактаған сайын оның жылдамдығы кеми түсіп, Жер әсер сферасының шекарасына жеткенде, бастауыш жылдамдыққа (v_0) қатысты оның жылдамдығы $v_{\text{шық}}$ төмендегідей табылады (энергия интегралы формуласынан):

$$v_{\text{шық}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\oplus}}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{Жэс}}} \right) \quad (5)$$

немесе

$$v_{\text{шық}}^2 = v_0^2 - v_{\text{пар}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{Жэс}}} \right), \quad (5')$$

бұл жерде: $r_0 = R_{\otimes}$ Жердің радиусы. $r_{\text{Жэс}}$ – Жердің әсер сферасының радиусы. $r_{\text{Жэс}} \gg R_{\otimes}$ болғанынан жоғарыдағы өрнекті төмендегідей жазу мүмкін:

$$v_{\text{шық}}^2 = v_0^2 - v_{\text{пар}}^2 \quad \text{немесе} \quad v_{\text{шық}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\otimes}}{R_{\otimes}}. \quad (6)$$

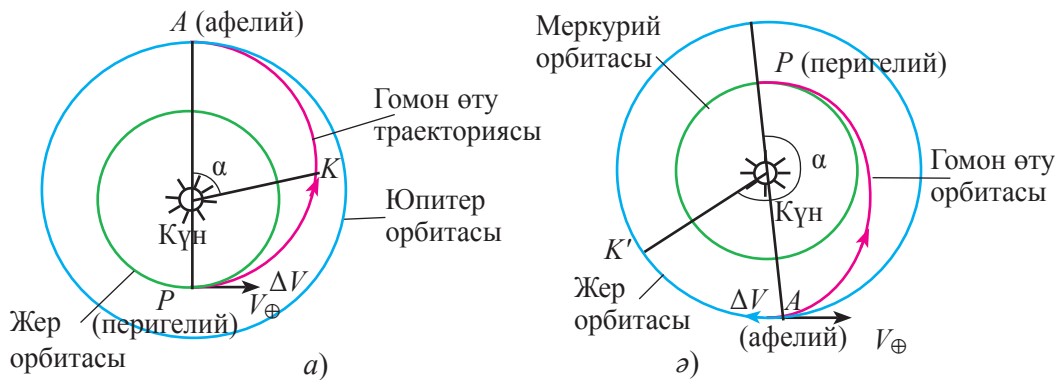
Бұл формуладан Жер әсер сферасы ішінде $v_0 > v_{\text{пар}}$ -тігінен (өйткені $v_0 > v_{\text{пар}}$ болмаса ракета Жерді тастап кете алмайды) әсер сферасының ішінде ҒА-тың траекториясын гиперболикалық деп аламыз. Мұнда белгілі бір ғаламшарға аттанған ҒА үшін ол әсер сферасының қайсы нүктесінен шығып кетуі онша маңызды болмай, қай бағытта және жылдамдықпен шығып кетуі маңызды болады. Ғаламшарларға ұшуда мұндай белгілі бағыттағы және анық жылдамдықтағы гиперболикалық траекториялар шексіз көп болуы көрсетілген сызбадан оңай білінеді (125-сурет). Бұлардан тыс, сызбадан ғаламшарларға ұшуда бір түзу сызықты траектория бар екендігі көрсетілген, қалғандары Жерге қатысты гиперболикалық траекториялар болып табылады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Ғаламшарларға ұшуда пассив траектория қандай бөліктерге бөлініп зерттеледі?
2. Жер әсер сферасында ҒА-тың қозғалыс траекториялары гелиоцентрлік және геоцентрлік болып, көріністерімен қалай өзгешеленетінін сызбада көрсет.
3. Жер әсер сферасы ішінде ғаламшарлараралық ғарыштық аппараттың жылдамдығы 2-ғарыштық жылдамдыққа қатысты үлкен бе немесе кіші ме?
4. Сыртқы ғаламшарларға ұшуда ең үнемді гелиоцентрлік траекторияның көрінісі қандай таныс қисық сызық бойымен өтеді?

39-ТАҚЫРЫП. 75-§. Гомон орбиталары бойымен ұшулар

Ғаламшарлардың орбиталарын шеңбер, ал олардың орбита жазықтықтарын эклиптика жазықтығымен бетпе-бет түседі делік. Ғаламшарлараралық автоматтық станцияны Жерден болжамданған ғаламшарға жеткізуші траек-



126-сурет. а) – сыртқы ғаламшарларға гомон орбитасы бойынша ұшу;
 б) – ішкі ғаламшарларға гомон орбитасы бойынша ұшу.

тория өту орбитасы деп аталады. Бұл орбиталар гомон немесе жар-ты эллипстік орбиталар болып, сыртқы ғаламшарларға ҒА-ты ұшыруда, оның бастауыш жылдамдығының анық мәндерінде, өту жарты эллипстік орбитасының афелийі сыртқы ғаламшар орбитасына (126-а сурет), ал ішкі ғаламшарларға ұшуда, өту жарты эллипстік орбитасының перигелийі ішкі ғаламшар орбитасына соғылып өтуі (126-б сурет) бұл ұшуларда энергетикалық жағынан ең қолайлы орбиталар болып есептеледі.

Егер сыртқы ғаламшарларға ұшуда Жер орбитасының P нүктесінде берілген қосымша жылдамдықтың импульсі, Жердің қозғалыс бағытымен бірдей бағытта болып, онда ҒА-тың шығу гелиоцентрлік жылдамдығы – $V_{\text{шық}} > V_{\oplus}$ болса, ол сыртқы ғаламшарлардан біреуін нысанға алады. Егер Жер орбитасының P нүктесінде берілген қосымша жылдамдық импульсі Жердің жылдамдығына қарама-қарсы бағытталған болса, онда ҒА ішкі ғаламшарлардан біреуін нысанға алып, оның гелиоцентрлік жылдамдығы Жердікінен кіші болады. ҒА-тың Жер әсер сферасынан шыққанда, белгілі сыртқы ғаламшарға ұшу үшін қажет $v_{\text{шық}}$ жылдамдығының Жер сыртынан бастауыш v_0 жылдамдықпен байланысы $R_{\oplus} \ll r_{l.s.}$ болғанынан v_0 -ның мына

$$v_0^2 = \sqrt{v_{\text{шық}}^2 + v_{\text{эрг}}^2} \quad (1)$$

өрнектен табылатын мәні ҒА-қа Жер және болжамданған ғаламшар орбиталарына соғылып өтетін гелиоцентрлік өту орбита бойымен қозғалысын қамсыздандырады.

Мұндай орбита *гомон орбитасы* немесе *жарты эллипстік орбита* деп аталады. Сызбадан көрінуі бойынша, гомон орбиталары бойымен Жер әсер сферасынан шығу геоцентрлік және гелиоцентрлік жылдамдықтары $v_{\text{шық}}$ және $V_{\text{шық}}$ бірдей бағытқа ие болып, олар өзара төмендегі қатынастарда болады:

$$\text{сыртқы ғаламшарлар үшін} \quad v_{\text{шық}} = V_{\text{шық}} - V_{\oplus}; \quad (2)$$

$$\text{ішкі ғаламшарлар үшін} \quad v_{\text{шық}} = V_{\oplus} - V_{\text{шық}} \quad (3)$$

немесе жалпы жағдайда вектор көрінісінде

$$\vec{v}_{\text{шық}} = \vec{V}_{\text{шық}} - \vec{V}_{\oplus} \quad (4)$$

болады, Бұл теңдеудегі $V_{\text{шық}}$ жылдамдықтың мәнін энергия интегралына қарай:

$$V_{\text{шық}} = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{R_{\oplus \text{ орб.}}} - \frac{1}{a} \right)} \quad (5)$$

өрнек арқылы есептеу мүмкін, бұл жерде: $K_{\odot}$ – Күннің гравитациялық көрсеткішін; ал a гомон орбитасының (жарты эллипстік орбитаның) үлкен жарты білігін өрнектеп, мына

$$a = \frac{R_{\oplus \text{ орб.}} + R_{\text{ғар. орб.}}}{2} \quad (6)$$

формуладан табылады.

a -ның мәнін (5)-ке қойып, $V_{\text{шық}}$ -ға қатысты мына теңдеуге ие боламыз:

$$V_{\text{шық}} = \sqrt{\frac{2K_{\odot}}{R_{\oplus \text{ орб.}}}} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{ғар. орб.}}}{R_{\oplus \text{ орб.}}(R_{\oplus \text{ орб.}} + R_{\text{ғар. орб.}})}}, \quad (7)$$

бұл жерде

$$\sqrt{2K_{\odot} / R_{\oplus \text{ орб.}}} = \sqrt{2}V_{\oplus} = 42,122 \text{ км/с-қа тең екендігінен} \quad (8)$$

ғаламшарлар орбиталарының радиустарын астрономиялық бірліктерде өрнектесек, $V_{\text{шық}}$:

$$V_{\text{шық}} = 42,122 \sqrt{\frac{R_{\text{ғар. орб.}}}{1 + R_{\text{ғар. орб.}}}} \quad (9)$$

болады. гомон орбитасы бойынша ұшу уақытын есептесек, жарты эллипстік орбитаны эллипске толтырғанда, ҒА-тың бұл эллипс бойымен айналу дәуірінің жартысына тең болуын түсіну қиын емес. Ендеше:

$$t_{\text{гом}} = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{\left(\frac{R_{\oplus \text{ орб.}} + R_{\text{ғал. орб.}}}{2} \right)^3} \text{ -ге тең болады.} \quad (10)$$

Аралықты *a. b-терде*, уақытты жұлдыз жылында өрнектесек, онда Жердің Күн айналасында бір толық айналу дәуірі үшін

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{a^3} \quad (11)$$

өрнектен пайдаланып

$$1 = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \cdot \sqrt{1^3} \text{ немесе } \sqrt{K_{\odot}} = 2\pi \quad (12)$$

екендігін анықтаймыз. Соған қарай гомон орбитасы бойынша белгілі ғаламшарға ұшу уақыты мына

$$t_{\text{гом}} = \frac{\sqrt{2}}{8} \sqrt{(1 + R_{\text{ғал. орб.}})^3} = 0,177 \sqrt{(1 + R_{\text{ғал. орб.}})^3} \quad (13)$$

өрнектен анықталып, ол жұлдыз жылында шығады. Бұнда $R_{\text{ғал. орб.}}$ -ны а.б.-де өрнектеп, жұлдыз жылын Күн тәуліктерінде өрнектесек (*1 ж.ж.* = 365,256236 орташа Күн тәулігі), ұшу уақыты:

$$t_{\text{гом}} = 64,569 \sqrt{(1 + R_{\text{ғал. орб.}})^3}, \text{ тәулікке тең болады.} \quad (14)$$

Гомон орбиталары үшін Р дан А нүктеге дейінгі бұрыш ұзақтығы 180° -қа тең екендігінен ракетаның старты кезінде Күннен Жер және болжамданған ғаламшарға тартылған сызықтар арасындағы бұрыш *конфигурациясы бұрышы* ψ деп аталып, ол:

$$\psi = 180^\circ - \alpha \text{ -дан табылады.} \quad (15)$$

Бұл жерде α – болжамданған ғаламшардың ҒА-пен өз орбитасының А нүктесінде ұшырасқанша өтуі қажет болған доғаны бөліп, оны $\omega_{\text{ғал}}$ – тәуліктік бұрыш жылдамдықпен ұшып жатқан сыртқы ғаламшар $t_{\text{гом}}$ уақытта өтеді, яғни $\alpha = \omega \cdot t_{\text{гом}}$. Бұл бойынша табылған сыртқы ғаламшар доғасы *126-а суреттегі* $\widehat{FA}$ доғаға тең болады. Ішкі ғаламшарға ұшуда старт кезінде ол өз орбитасының K' нүктесінде болып, α бұрыш 180° -тан үлкен болғанынан ψ теріс болады. Бұнда ψ бұрыш ішкі ғаламшардың бастауыш конфигурациядағы жағдайынан (яғни старт кезінен) t_0 ол Жерді «куып» келіп, Жер-Күн сызығында (яғни төменгі қосылуда) болу сәтіне дейін неме-

се Жер сыртқы ғаламшарды «қуып», Күн-ғаламшар сызығында болу (яғни қарама-қарсы тұру) сәтіне дейін кеткен τ уақыт төмендегі өрнектен табылады:

$$\tau = \frac{\Psi}{\omega_{\oplus} - \omega_{\text{ғал}}} , \quad (16)$$

бұл жерде $\omega_{\oplus}$ және $\omega_{\text{ғал}}$ -лар – Жер мен ғаламшардың тәуліктік бұрыш жылдамдықтары. Кез келген ғаламшар үшін бастауыш конфигурация сәтінің қайтарылу дәуірі ғаламшардың синодтық дәуірінде тең болып, ол мына өрнектен табылады:

$$P_{\text{син}} = P_{\text{ғал}} \cdot P_{\oplus} / |P_{\text{ғал}} - P_{\oplus}| \quad (17)$$

40-ТАҚЫРЫП. 76-§. Ғаламшарлық аппараттың болжамданған ғаламшардың әсер сферасындағы қозғалысы

Болжамды ғаламшарға барып, оның әсер сферасы ішінде ҒА өтетін траекториясының есеп-қисабын жасау үшін алдын, гомон траекториясы бойымен қозғалған ҒА-тың болжамды ғаламшар әсер сферасына кіру гелиоцентрлік жылдамдығын ($V_{\text{кір}}$) табу қажет болады. Бұл үшін ғаламшардың әсер сферасына кіру гелиоцентрлік жылдамдығы ретінде ҒА-тың болжамды ғаламшарға жақындасу жылдамдығы алынады. Сыртқы ғаламшарларға (Марс, Юпитер, Сатурн және басқалар) ҒА-тың жақындасу жылдамдығы, бұл ғаламшарлардың орбиталдық жылдамдықтарынан кіші болған жағдайда, ішкі ғаламшарларға (Меркурий, Шолпан) ҒА-тың жақындасу жылдамдығы олардың жылдамдығынан үлкен болады. Сол үшін де ҒА сыртқы ғаламшарлардың әсер сферасына алдыңғы жақтан, ал ішкі ғаламшарлар әсер сферасына артқы жақтан кіріп барады. Ғаламшарлар әсер сферасы өту орбиталарының өлшемдеріне қатысты өте кіші болғандығынан, ҒА-тардың ғаламшардың әсер сферасына кіру жылдамдықтары ($V_{\text{кір}}$), ғаламшардың орбиталдық жылдамдығы бағытымен дерлік бір түзу сызықта жатады деп қарау мүмкін. Ондай жағдайда ғаламшарцентрлік кіру жылдамдығы $v_{\text{кір}}$, гелиоцентрлік кіру жылдамдығы $V_{\text{кір}}$ және болжамды ғаламшардың орбиталдық жылдамдығы $V_{\text{ғал}}$ арасында төмендегідей байланыс болуын түсіну қиын емес. Мұнда сыртқы ғаламшарлар үшін

$$v_{\text{кір}} = V_{\text{ғал}} - V_{\text{кір}} , \quad (1)$$

ішкі ғаламшарларға (бұнда $v_{\text{кір}}$, $V_{\text{кір}}$ және $V_{\text{ғал}}$ жылдамдықтар өзара параллель)

$$v_{\text{кір}} = V_{\text{кір}} - V_{\text{ғал}} \quad (2)$$

болады. Жалпы жағдайда бұл шамалар үшін төмендегі векторлық байланыс орынды болады:

$$\vec{v}_{\text{кір}} = \vec{V}_{\text{кір}} - \vec{V}_{\text{ғал}}. \quad (3)$$

Ғаламшарцентрлік кіру жылдамдығы $v_{\text{кір}}$, бұл ғаламшар үшін параболикалық жылдамдықтан үлкен болып, соған қарай ол ғаламшар жаққа түсіп жатып, жолында оны ұшыратпаса, белгілі уақыттан соң оның бұл сферасынан, әсер сферасына кіру жылдамдығы шамасына тең жылдамдықпен шығып кетеді. ҒА-тың ғаламшар әсер шекарасына кіру жылдамдығы векторы жалғасы мен ғаламшар орталығынан бұл векторға параллель өткізілген түзу сызық арасындағы аралық ғарыштықта $d_{\text{ныс}}$ *нысандық аралық* деп аталып, оның шамасы, төмендегі формуладан табылатын $r_{\text{эф}}$ –эффективтік радиустан үлкен немесе кішілігіне қарай, ҒА-тың әсер сферасы ішінде ғаламшарға қатысты траекториясы салыстырмалы аралығы төмендегі формуладан анықталады:

$$r_{\text{эф}}^2 = R_{\text{ғал}} \left(\frac{2K_{\text{кір}}}{v_{\text{ғал}}^2} + R_{\text{ғал}} \right) \quad (4)$$

табылатын эффективтік радиустан кіші болса, ҒА сөзсіз барып ғаламшар сыртына соғылады. Егер $r_{\text{эф}}$ -тен үлкен болса, оның жылдамдығын тежеу жолымен ҒА ғаламшар сырты жағынан өтетін жайға дейінге тежеп барып, бұл жайдың ғаламшар сыртынан h биіктігіне тура келетін және мына өрнектен

$$v = K_{\text{ғал}} / R_{\text{ғал}} + h \quad (5)$$

табылатын жылдамдыққа дейін кемітілсе, ҒА жорамалданған бұл ғаламшардың ЖС-не айналады және қажет болғанда ғаламшар сыртына қондырылады.

Сұрақтар мен тапсырмалар:

1. Жерден сыртқы ғаламшарға ұшып жатқан ҒА-тың әсер сферасында ие болған шығу жылдамдығы, Жерден көтеріліп жатқандағы бастауыш жылдамдығына қатысты қалай табылады?
2. Жер әсер сферасынан шығатын ҒА-тың гелиоцентрлік және ҒА-тың жорамал ғаламшар әсер сферасына гелиоцентрлік кіру жылдамдықтарының шамалары қалай табылады?
3. Жерден ғаламшарлар жаққа ұшатын ҒА-тың бастауыш жылдамдығы оның Жерге қатысты екінші ғарыштық жылдамдығынан үлкен бола ма, кіші бола ма?

Астрономиялық тұрақтылар

Жердің экваторлық радиусы	6378,16 км
Жердің полюстік радиусы	6356,78 км
Жер көлеміне тең шар радиусы	6371,03 км
Жұлдыз тәулігінің ұзындығы	23 ^h 56 ^m 4 ^s ,091 орташа Күн уақыты
Орташа Күн тәулігінің ұзындығы	24 ^h 03 ^m 56 ^s ,555 жұлдыз уақыты
Жылдың ұзындығы (орташа уақытпен):	Тропиктік жыл 365 ^d ,2422=365 ^d 5 ^h 48 ^m 46 ^s
	Жұлдыз жылы 365 ^d ,2564=365 ^d 6 ^h 9 ^m 10 ^s
Айдың ұзындығы (орташа уақытпен):	Синодтық ай 29 ^d ,5306=29 ^d 12 ^h 44 ^m 3 ^s
	Жұлдыз айы 27 ^d ,3217=27 ^d 7 ^h 43 ^m 12 ^s
	Айдаһар айы 7 ^d ,2122=27 ^d 5 ^h 5 ^m 36 ^s

Күн жайында мәліметтер

Күн параллаксы	8,794"
Жерден Күнге дейінгі орташа аралық	149 600 000 км
Диаметрі	$D_{\odot}=109,12D_{\oplus}=1391016$ км
Ауданы	$S_{\odot}=11930S_{\oplus}=608,7 \cdot 10^{10}$ км ²
Көлемі	$V_{\odot}=1303800V_{\oplus}=1,412 \cdot 10^{33}$ см ³ =1,4 · 10 ¹⁸ км ³
Массасы	$M_{\odot}=332958M_{\oplus}=1,99 \cdot 10^{30}$ кг
Орташа тығыздығы	$\rho_{\odot}=0,255$ $\rho_{\oplus}=1,410$ г/см ³
Күн сыртында еркін түсу жылдамдауы	$G_{\odot}=2,738 \cdot 10^4$ см/с ²
Күн сыртында параболик (критик) жылдамдық	$v_{\text{пар}}=617,7$ км/с
Күн экваторындағы нүктенің синодтық айналу жылдамдығы	$T_{\text{син}}=27^d,275$
Күн экваторының эклиптикаға ауытқуы	7°15' 00"
Күн тұрақтысының орташа мәні	$W=1,388 \cdot 10^6$ эрг/с см ²
Уақыт бірлігі ішінде бөлінетін жалпы сәулелену энергиясы	$3,88 \cdot 10^{33}$ эрг/с
Күн қозғалысының апексы	$\alpha=18^h00^m$, $\delta=+30^0$
Галактика орталығы айналасында Күннің жылдамдығы	240 км/с
Галактика орталығы айналасында Күннің айналу дәуірі	$T=200$ млн. жыл

Күннің ең үлкен көріну бұрыш диаметрі	32'35",78
Күннің ең кіші көріну бұрыш диаметрі	31'31",34

Жер жайында мәліметтер

Массасы	$6 \cdot 10^{24}$ кг
Экваторлық радиусы	6378,160 км
Жер айналуының бұрыш жылдамдығы	15",041 с ⁻¹
Экватордағы нүктенің сызықты жылдамдығы	465,119 м/с
φ географиялық ендікке ие болған Жер сыртындағы нүктенің сызықты жылдамдығы	$465,119 \cos \varphi$ м/с
Орбиталдағы ең үлкен жылдамдығы(перигелийде)	30,27 км/с
Орбиталдағы минималдық жылдамдығы(афелийде)	29,27 км/с
Күнге қарай Жердің жылдамдауы	0,59 см/с ²
Жерде еркін түсу жылдамдауы	980,665 см/с ²
Жер білігінің эклиптика білігі айналасында айналу (прецессия құбылысы себепті) дәуірі	25725 жыл
Солтүстік геомагнит полюсінің координаттары	$\varphi = 78^\circ,6; \lambda = 70^\circ,1$
Геомагниттік полюстерде күштенгендігінің шамасы	0,63E

Ай жайында мәліметтер

Айдың орташа тәуліктік көлденең параллакс	57'2",61
Жерден орташа ұзақтығы	384467 км
Көріну ең үлкен бұрыш диаметрі	33'32"
Көріну ең кіші бұрыш диаметрі	29'20"
Диаметрі	3476 км = $0,27234 \vartheta_{\oplus}$
Көлемі	$2195,3 \cdot 10^7$ км ³ = $0,020266 V_{\oplus}$
Ауданы	$3,791 \cdot 10^7$ км ² = $0,0743 S_{\oplus}$
Массасы	$7,35 \cdot 10^{22}$ кг = $0,012300 m_{\oplus}$
Орташа тығыздығы	$3,350$ г/см ³ = $0,607 \rho_{\oplus}$
Ай сыртында еркін түсу жылдамдауы	1,623 м/с ²
Критикалық жылдамдық (2-ғарыштық жылдамдық)	2,38 км/с

Ай орбитасы жазықтығының эклиптикаға ауытқулығы (ауытқу бұрышы 6°31' тан 6°51' ге дейін өзгереді)	6°40',7
Жерден қарағанда Ай бетінің көрінбейтін бөлігі	0,410
Орташа көріну бұрыш жылдамдығы	12°,15
Орбита бойымен орташа жылдамдығы	1,023 км/с
Жер әсерінде алған жылдамдауы	0,272 см/с²
Айдың айналу дәуіріне тең сидерлік дәуірі	27,32 тәулік
Синодтық дәуірі (Күнге қатысты толық айналу дәуірі)	29,53 тәулік
Айда талтүсте температура	+120°C
Айда түн жарымда температура	–150°C

Ғаламшарларға тиісті мәліметтер

Ғаламшарлар	Экваторлық радиусы (км)	Күннен орташа ұзақтығы (млн. км)	Массасы		Өз білігі айналасында айналу дәуірі	Ғаламшар сыртындағы критикалық жылдамдық (км/с)	Күн айналасында айналу дәуірі	Орбитал жылдамдық (км/с) амдығы(км/с)
			$M_{\oplus}$	10^{24} кг				
Меркурий	2439	57,91	0,055	0,330	58d,65	4,3	87 ^d ,97	48,0
Шолпан	6052	108,81	0,816	4,872	243d,16	10,4	224 ^d ,7	35,0
Жер	6378	149,60	1,000	6	23 ^h 56 ^m 04 ^s	11,2	365 ^d ,26	30,0
Марс	3396	227,94	0,107	0,639	24 ^h 37 ^m 23 ^s	5,0	686 ^d ,98	24,1
Юпитер	71492	778,5	317,84	1900	9 ^h 50 ^m	59,5	4332 ^d ,59	13,1
Сатурн	60268	1427	95,17	568	10 ^h 14 ^m	36,2	107759 ^d ,21	9,6
Уран	25559	2875,03	14,59	87	–17 ^h 24 ^m	21,3	30685 ^d	6,8
Нептун	24764	4554,4	17,25	103	15 ^h 57 ^m	23,5	60188 ^d	5,5

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	3
1-ТАҚЫРЫП. 1-§. Астрономия нені зерттейді? Оның даму тарихы және басқа ғылымдармен байланысы	3

I БӨЛІМ

I ТАРАУ. ҚОЛДАНБАЛЫ АСТРОНОМИЯ НЕГІЗДЕРІ

2-ТАҚЫРЫП. 2-§. Шырақтардың тәуліктік көріну қозғалыстары. Жұлдыз шоғырлары	6
3-§. Жердің өз білігі айналасында айналуына дәлелдер*. Фуко маятникі.....	7
4-§. Аспан сферасы, оның негізгі нүкте, шеңбер және сызықтары.....	8
5-§. Күннің жылдық көріну қозғалысы. Эклиптика.....	10
3-ТАҚЫРЫП. 6-§. Аспан координаттары	11
7-§. Жұлдыздардың карталары	13
8-§. Жұлдыздардың көріну жұлдыздық шамалары*	14
4-ТАҚЫРЫП. 9-§. Дүние полюсінің биіктігі және орынның географиялық ендігі арасындағы байланыс	15
10-§. Түрлі географиялық ендіктерде аспан сферасының тәуліктік көріну айналулары	16
11-§. Шырақтардың кульминациясы және кульминация биіктіктері	19
12-§. Астрономиялық бақылаулар негізінде орынның географиялық ендігін шамамен анықтау **	20
5-ТАҚЫРЫП. 13-§. Уақытты өлшеу негіздері *	21
14-§. Күнтізбелер	23
6-ТАҚЫРЫП. 15-§. Айдың қозғалысы, фазалары мен дәуірлері	25
16-§. Мұсылмандардың ай және күн жыл санау күнтізбелері *	27
17-§. Күн және Ай тұтылулары	29

II ТАРАУ. КҮН ЖҮЙЕСІНІҢ ТҮЗІЛІСІ ЖӘНЕ АСПАН ДЕНЕЛЕРІНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

7-ТАҚЫРЫП. 18-§. Күн жүйесінің түзілісі	31
19-§. Күн жүйесінің масштабы және мүшелері.....	34
20-§. Ғаламшарлардың конфигурациялары және көріну шарттары *	35
21-§. Ғаламшарлардың Күн айналасында айналу дәуірлері*	37
8-ТАҚЫРЫП. 22-§. Тәуліктік және тәуліктік-көкжиекті параллакс. Күн жүйесі денелеріне дейінгі аралықтарды анықтау.....	38
23-§. Күн жүйесі денелерінің радиустарын анықтау **	39

9-ТАҚЫРЫП. 24-§. Астрономияда ұзындық өлшем бірліктері.....	41
25-§. Кеплер заңдары.....	41
26-§. Аспан денелерінің массаларын есептеу *.....	43
10-ТАҚЫРЫП. 27-§. Екі дене мәселесі. Ғарыштық жылдамдықтар.....	45

ІІІ ТАРАУ. АСТРОФИЗИКА ЖӘНЕ ОНЫҢ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

11-ТАҚЫРЫП. 28-§. Аспанды электриагниттік толқынды сәулелерде зерттеу – кең толқынды астрономияның негізі.....	47
29-§. Оптикалық телескоптар	48
30-§. Телескоптардың негізгі сипаттамалық шамалары **	51
31-§. Радиотелескоптар туралы түсінік	53
32-§. Ұлықбек обсерваториясының «басты телескобы».....	55
12-ТАҚЫРЫП. 33-§. Сәулелену заңдары және аспан денелерінің физикалық табиғаттарын спектрлік әдістер көмегімен зерттеу	56

ІV ТАРАУ. КҮН ЖҮЙЕСІ ДЕНЕЛЕРІНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ ТАБИҒАТЫ

13-ТАҚЫРЫП. 34-§. Күн ең жақын жұлдыз. Күн туралы жалпы мәлімет	59
35-§. Күн фотосферасы мен оның түзілістері. Күн дақтары.....	61
14-ТАҚЫРЫП. 36-§. Күн хромосферасы мен тажы	64
37-§. Күн энергиясының көзі *.....	66
38-§. Күн белсенділігі және оның Жерге әсері *	68
15-ТАҚЫРЫП. 39-§. Жер тобындағы ғаламшарлар. Меркурий және Шолпан	71
40-§. Жер және оның табиғи серігі Ай. Марс.....	73
16-ТАҚЫРЫП. 41-§. Алып ғаламшарлар, олардың серіктері мен шеңберлері	81
17-ТАҚЫРЫП. 42-§. Астероидтар және ергежей ғаламшарлар	89
18-ТАҚЫРЫП. 43-§. Кометалар («құйрықты жұлдыздар»).....	92
44-§. Метеорлар («ұшар жұлдыздар») және метеориттер	95
19-ТАҚЫРЫП. 45-§. Күн жүйесінің келіп шығуы жайында қазіргі заман көзқарастары.....	99

V ТАРАУ. ЖҰЛДЫЗДАР

20-ТАҚЫРЫП. 46-§. Жылдық параллакс, жұлдыздардың аралықтарын анықтау	102
47-§. Жұлдыздардың өлшемдері және физикалық көрсеткіштерін анықтау *	103
48-§. Жұлдыздардың реңі мен температурасы	105
21-ТАҚЫРЫП. 49- §. Жұлдыздың абсолюттік шамасы және оның жарықтығымен байланыстылығы *	106
50-§. Жұлдыздардың спектрі мен спектрлік сыныптары	108
51-§. Спектр-жарқындық диаграммасы.....	109

22-ТАҚЫРЫП. 52-§. Физикалық қос жұлдыздар және олардың түрлері	111
53-§. Жұлдыздардың массаларын есептеу **	113
23-ТАҚЫРЫП. 54-§. Физикалық өзгергіш жұлдыздар: цефеидтер, жаңа және өте жаңа жұлдыздар	115
24-ТАҚЫРЫП. 55-§. Жұлдыздар эволюциясы . Нейтрон жұлдыздар және «қара ұралар»*	118

VI ТАРАУ. ҒАРЫШТЫҢ ТҮЗІЛІСІ ЖӘНЕ ЭВОЛЮЦИЯСЫ

25-ТАҚЫРЫП. 56-§. Галактикамыздың түзілісі, құрамы және айналуы.....	121
57-§. Жұлдыздардың шар тәрізді және шашыранды шоғырлары **	122
26-ТАҚЫРЫП. 58-§. Диффузиялық және тозаң тұмандықтар	124
27-ТАҚЫРЫП. 59-§. Сыртқы галактикалар. Галактикалардың сыныптары және спектрлері	126
60-§. Радиогалактикалар және квазарлар *	129
28-ТАҚЫРЫП. 61-§. Ғарыштың кеңеюі. Хабл заңы *	130
29-ТАҚЫРЫП. 62-§. Галактикалардың Ғарышта бөлінуі **	132

II БӨЛІМ

ҒАРЫШКЕРЛІК ЭЛЕМЕНТТЕРІ **

30-ТАҚЫРЫП. 63-§. Ғарышкерлік предметі және оның басқа ғылымдармен байланысы	134
31-ТАҚЫРЫП. 64-§. Ракета қозғалысы заңдары. Ракетаның тарту күші	138
32-ТАҚЫРЫП. 65-§. Ракетаның құрылысы және құрастыру сипаттамасы	141
66-§. Ұшу кезінде ғарыштық аппаратқа әсер етуші күштер	142
33-ТАҚЫРЫП. 67-§. Тартылыстың орталық өрісінде қозғалып жатқан дененің орбиталары	144
34-ТАҚЫРЫП. 68-§. Әсер сферасы және ғарыштық аппарат траекторияларын жорамал есептеу	148
35- ТАҚЫРЫП. 69-§. Жер жасанды серіктерінің орбита элементтері	151
70-§. Жер атмосферасында серік орбитасының эволюциясы	152
36-ТАҚЫРЫП. 71-§. Орбиталдық маневрлер. Жасанды серік орбита жазықтығын бұру	154
72-§. Жасанды серікті орбитадан түсіру	156
37-ТАҚЫРЫП. 73-§. Ғаламшарлық аппараттарды Айға ұшыру	158
38-ТАҚЫРЫП. 74-§. Ғаламшарларға ұшу траекториялары. Жердің әсер сферасы ішіндегі қозғалыс.....	160
39-ТАҚЫРЫП. 75-§. Гомон орбиталары бойымен ұшулар.....	163
40-ТАҚЫРЫП. 76-§. Ғаламшарлық аппараттың болжамданған ғаламшардың әсер сферасындағы қозғалысы	167
Қосымшалар	169

O'quv nashri

Mamadazimov Mamadmusa

ASTRONOMIYA

(Qozoq tilida)

O'rta ta'lim muassasalarining 11-sinf o'quvchilari uchun darslik

1-nashri

«DAVR NASHRIYOTI» MCHJ

100011, Toshkent shahri, A. Navoiy ko'chasi, 30-uy

Litsenziya raqami AI № 308

Аудармашы	<i>К. Мамбетова</i>
Редактор	<i>К. Мамбетова</i>
Суретші-дизайнер	<i>Е. Беляцкая</i>
Корректор	<i>С. Ниязова</i>
Беттеуші	<i>Е. Беляцкая</i>
Мәтін теруші	<i>С. Ниязова</i>

Басуға рұқсат етілді 24.07.2018. Қағаз пішімі 70×90¹/₁₆.

Офсеттік баспа әдісі. «Times New Roman» гарнитурасы. Шартты б.т. 12,87.

Баспа т. 13,2. 5 190 Таралымы Тапсырыс № 18-272.

Өзбекстан Баспаақпарат агенттігінің
«Өзбекстан» баспа полиграфия шығармашылық үйі баспаханасында басылды.
100011, Ташкент, А.Науаи көшесі, 30.

Пайдалануға берілген оқулықтың жағдайын көрсететін кесте

№	Оқушының аты-жөні	Оқу жылы	Оқулықтың пайдалануға берілгендегі жағдайы	Сынып жетекшісінің қолы	Оқулықты тапсырғандағы жағдайы	Сынып жетекшісінің қолы
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Пайдалануға берілген оқулықты оқу жылы аяқталғанда қайтарып тапсырады. Жоғарыдағы кестені сынып жетекшісі төмендегі бағалау межелері негізінде толтырады:

Жаңа	Оқулықты алғаш рет пайдалануға берілгендегі жағдайы
Жақсы	Мұқаба бүтін оқулықтың негізгі бөлігінен ажыралмаған. Барлық парақтары бар, жыртылмаған, көшпеген, беттеріне жазбаған және сызбаған.
Орташа	Мұқабаның езілген, аздап қана сызылған, шеттері жейілген, оқулықтың негізгі бөлігінен ажыраған жерлері бар. Пайдаланушы қанағаттанарлық жөндеген. Жұлынған, кейбір беттері сызылған
Нашар	Мұқаба былғанған, сызылған, жыртылған, негізгі бөлігінен ажырағаннемесе мүлдем жоқ, нашар жөнделген. Беттері жыртылған, парақтары жетіспейді, сызып, бояп тасталған. Оқулық қалпына келтіруге жарамайды.