

Дәріс 11. Ай және айдың қозғалысы

Дәріс жоспары

1. Айдың орбитасы және оның ауытқулары
2. Айдың көрінетін қозғалысы мен фазалары

1. Айдың орбитасы және оның ауытқулары

Айдың Жерді айнала ұйытқымаған қозғалыс орбитасы эллипс болып табылады, оның эксцентриситеті 0,055, немесе $1/18$, ал үлкен жарты осі 384 400 км тең. Перигейде Жерден Айға дейінгі қашықтық орташа шамамен 21 000 км-ге аз, ал апогейде - дәл осындай мөлшерде артық. Ай орбитасының жазықтығы эклиптикалық жазықтыққа орта есеппен $5^{\circ}09'$ бұрышпен көлбеу орналасқан. Ай тәуліктік қозғалысы кезінде басқа шырақтар тәрізді аспан параллелі бойымен шығыста туып, батыста батады. Сонымен бірге Ай жұлдыздардың ішінде батыстан шығысқа баяу орын ауыстырады. Бұл көрінерлік қозғалыс Айдың Жерді айналып қозғалуынан болады. Айдың Жерді бір айналып өту уақыты *сидерлік ай* деп аталады. Оның ұзақтығы 27,32 орташа күн тәулігіне тең.

Айдың қозғалысын зерттеу қиын, себебі:

- 1) Ай қозғалысындағы ұйытқулар өте күшті;
- 2) Ай Жерге жақын, сондықтан мұндай ауытқулар анық көрінеді, ал оны ескерген жөн.

Ауытқуларға байланысты Ай орбитасының элементтері үнемі өзгеріп отырады. Ай орбитасының барлық элементтері периодты ұйытқуларға ұшырайды.

Ал ғасырлық ұйытқуларға шығыс түйінінің бойлығы мен орбитасы периодтарының бойлығы ұшырайды. Ай Жерді айналғанда әрбір айналымындағы түйіндерінің орын ауыстыруы $1,5^{\circ}$ -ка тен. Олай болса, Ай өзінің дәл бұрынғы орнына ешқа- шанда оралмайды. Бұл тек 18 жыл, 7 ай уақыт өткеннен кейін ғана, яғни түйіндер эклиптика бойымен толық бір айналым жасағанда ғана қайталады.

2. Айдың көрінетін қозғалысы мен фазалары

Айдың көрінетін қозғалысы - бұл Айдың Жерді айналғандағы нақты қозғалысының салдары. Ай бір жұлдыздық ай бойында жұлдыздар арасында тек бір бағытта ғана, яғни батыстан шығысқа қарай қозғалады. Айдың көрінетін қозғалысы оның сыртқы

келбетінің өзгеруімен қатар жүреді, бұл өзгеріс *ай фазасы* деп аталады. Кей күндері Ай аспан сферасында көрінбей де қалады. Басқа күндері ол орақ тәріздес, жарты шеңбер және толық шеңбер болып көрінеді.

Ай фазалары былайша түсіндіріледі: Ай Жер сияқты бұлыңғыр, яғни мөлдір емес, шартәріздес дене және ол Жерді айнала қозғалып, Күнге қатысты әртүрлі орындарда болады. Күннің алыстығына байланысты, оның Ай бетіне түсетін сәулелері әрқашанда параллель және Ай шарының дәл жартысын қамтиды. Жерге Айдың жарық және қаранғы жарты шарларының бөліктері түсетіндіктен, Ай бізге толық шеңбер емес сияқты көрінеді. Ай денесінің қаранғы және жарық жағынан бөліп тұратын түзу *терминатор* деп аталады, ол әрқашанда жартылай эллипс өлшемді болады. Ал Күннен Айға және Айдан Жерге бағытталған түзулердің арақашықтығы - *фазалық бұрыш* деп аталады.

Айдың негізгі 4 фазасы болады. Олар бірінен соң бірі ауысып тұрады: жаңа ай, бірінші ширек, толық ай және соңы ширек.

Кей күндері Ай көрінбейді. Бұл *жаңа ай* фазасына сәйкес келеді. Содан кейін Айдың түрі жұқа орақ болады, одан кейін жарты ай болғаны – *алғашқы ширек* фазасы; Айдың толық болуы – *толық ай* фазасы; бұдан кейін қайта азайып жарты ай болуы – *соңғы ширек* фазасы деп аталады. Күн-Ай мен Ай-Жер бағыттарының арасындағы бұрыш- ψ - *фазалық бұрыш* деп аталады. Бір фазасынан келесі фазаға өткенше шамамен 7 тәулік өтеді.



Сурет 1. Ай фазалары

Ай фазаларының қайталану уақыты *синодтық ай* деп аталады. Ол 29,53 орташа күн тәулігіне тең.

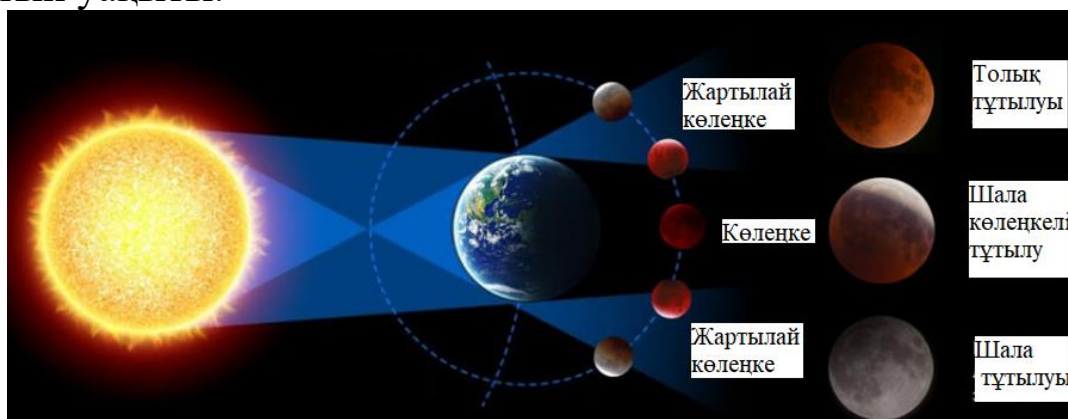
Синодтық және сидерлік айдың арасындағы байланыс ішкі ғаламшардың синодтық қозғалысының теңдеуіндей болады. Бұл екі периодтың бір-біріне тең болмауының себебі – Жердің Күнді айнала қозғалуынан. Сол себепті, Ай Жерді толық бір айналым жасағанда бұрыңғы фазасына жету үшін тағыда 2 тәуліктей уақыт керек.

Бұл екі периодтан басқа *аномалиялық ай* – Айдың перигейден қатарынан 2 рет өтуінің периоды (27,55 тәулік). (Перигей – Айдың Жерге ең жақын келетін орбита нүктесі.) *Дракондық ай* – Айдың орбита түйінінен 2 рет өтуінің периоды (27.21 тәулік). *Тропикалық ай* – Айдың эклиптикалық бойлығының 360^0 -қа өзгеру уақыты. Прецессияның әсерінен ол сидерлік айдан 7 сек кем. Аномалиялық айдың сидерлік айдан ұзақ болуының себебі: Айдың перигейінің Айдың орбиталық қозғалысы бағытында біртіндеп жылысатындығы. Дракондық айдың сидерлік айдан кем болуының себебі: Ай орбитасы түйіндерінің Ай қозғалысына қарсы бағытта қозғалатындығында. (Бір жыл ішінде Ай орбитасының түйіндері шығыстан батысқа $19,3^0$ -қа орын ауыстырып толық айналымды 18,6 жылда жасайды $360^0:19,3^0=18,6$ жыл.).

Тұтылулар: Ай өз қозғалысында дискісімен алыстағы кейбір шырақтарды көрсетпеуі мүмкін. Бұл құбылысты Айдың *шырақтарды жабуы* деп атайды. Айдың Күн бетін жабуы *Күн тұтылуы* деп аталады.

Бақылаушының орналасуына байланысты Күн тұтылуы әртүрлі болып көрінуі мүмкін. 2-суретте көрінетіндей Жер бетінде толық көлеңкелі аймақ: диаметрі 270 км-ден аспайтын дөңгелек және соның сыртында - шала көлеңкелі аймақ. Толық көлеңке конустың ішінде - толық күн тұтылуы, яғни Айдың дискісінің Күн дискісін толық жабуы байқалады. Шала көлеңке түсіп тұрған аймақта – күннің шала тұтылуы – яғни күннің бір бөлігінің ғана жабылуы байқалады. Шала көлеңкелі конустың сыртындағы Жер бетінің нүктелерінде Күн дискісі толық көрінеді, тұтылу байқалмайды. Толық көлеңке конусының биіктігі 374 мың км, Айдың Жерден қашықтығы 363300 км ден 405500 км-ге дейін өзгереді. Бұдан байқайтынымыз: бұл қашықтық толық көлеңке конусының ұзындығынан асатын болса, онда Жер бетінде барлық нүктелерінде шала Күн тұтылуы байқалады. Көлеңкелі облыстың

центрінде Күннің сақиналық тұтылуы байқалады. Күн сақина тәрізді көрінеді. Күн тұтылу байқалатын кезі- жаңа ай фазасы болатын уақыты.



Сурет 2. Айдың тұтылуы

Ай өз орбитасының бойымен қозғалуының және Жердің өз осінен айналмалы қозғалысының салдарынан Айдың көлеңкесі Жер бетімен батыстан шығысқа орын ауыстырады. Ай тұтылуы дегеніміз Айдың Жер көлеңкесіне кіріп, көрінбей кетуі. Жердің көлеңкесі де конус тәрізді болады. Ай орбитасының маңындағы конус диаметрі Ай диаметрінен 2,5 есе үлкен болады. Ай тұтылуы кезінде Айдың бетіне күн сәулесі түспейді. Сондықтан толық ай тұтылуын Жердің теріс жағындағы барлық халық көре алады. Ай толық көлеңкеленсе (2 сағатқа дейін) – толық тұтылу, жартылай болса – шала тұтылу деп аталады. Тұтылулар болуы үшін Ай толық фазасына жақын болу керек.

Тұтылу шарттарына келер болсақ, ең басты шарт: жаңа ай не толық ай кезінде Ай эклиптика жазықтығында болуы керек. Ай мен Жер орбиталарының жазықтығы бір-бірімен беттескенде тұтылулар ай сайын болатын еді. Ай орбитасы эклиптика жазықтығымен $5^{\circ}09'$ бұрыш жасайды; Екеуі бір-біріне көлбеу болғандықтан, бұндай моменттер сиректеу болады.

Айдың және Күннің дискілерінің бұрыштық диаметрлері бірдейге жуық және $0^{\circ}, 5$. Бұл $5^{\circ}, 2$ тан кем. Айдың жұлдызды аспандағы жолы эклиптикамен 2 нүктеде қиылысады. Оларды шарықтау немесе құлдырау түйіні деп атайды. Күн тұтылуы болу үшін Ай өзінің түйінің маңында ең көп дегенде 16° қашықтықта (шала Күн тұтылуы үшін) немесе тіпті 11° қашықтықта (толық Күн тұтылуы үшін) болуы тиіс. Ертеде адамдар Ай тұтылуын бақылай отырып, шырақты *Айдаһар* жейтін болар деп ойлаған. Сондықтан болар шарықтау түйінінің белгісі: Ω .

Сонымен Ай мен Күн түйіндердің маңында 2 зонада (ұзындығы 32° немесе 22° болатын) орналасқан жағдайда ғана Күн тұтылуы мүмкін. 1 тәулік ішінде Ай түйіндері Күннің жылдық қозғалысына қарсы бағытты $0^{\circ},053$ -қа, ал 32 тәулікте $1^{\circ},5$ -қа орын ауыстырады. Сол себепті Күн тұтылулар зонасын 32° : 1° - 32° тәулікте емес, 30 тәулікте өтеді. Осы аралықта кем дегенде бір рет жаңа ай туады, ал сол кезде Күн тұтылады. Бірақ кейбір жағдайда 2 ретте жаңа ай болуы мүмкін, өйткені синодтық айдың ұзақтығы 29,53 тәулік. Сондықтан Күн тұтылулар бір жылда ең азы 2 рет, ең көбі 4 не 5 рет болады (бұл соңғы рет 1935 жылы болса, келесіде 2206 жылы болады).

Ай тұтылуларының болу шарты қатаңдау: 11° - шала, 5° -толық ай тұтылулары үшін зонаның үлкендігі 22° . Ал Ай осы зонаны синодтық айдан әлдеқайда аз уақыт аралығында өтеді. Айдың осы зонада Жер көлеңкесімен кездесу ықтималдығы өте төмен, сондықтан кейбір жылдарда Ай тұтылу болмайды. Ең көп дегенде жылына 2 тұтылу болуы мүмкін (әрбір зонада бір- бірден) немесе тіпті 3 болған мезгіл де болған (1973 ж). Шала ай тұтылуларын ескергенде 4 ай тұтылуы болатын. Ай өз орбитасының бір түйініне қайтып келуінің уақыт аралығы дракондық айға тең.

Айдың тұтылуы кезінде Жердің көлеңкесі Айдың дискісіне сол жақ шетінен (Шығыс жағынан) түседі, өйткені Айдың өзі батыстан шығысқа қарай жұлдыздар арасында қозғалады. Ай өтетін жердегі Жер көлеңкесінің конусының диаметрі Айдың диаметрінен үлкен болғандықтан, ол Жердің көлеңкесіне толығымен батып кетеді және тұтылудың толық фазасы бір сағаттан астам уақытқа созылуы мүмкін. Жартылай фазаларды ескере отырып, барлық тұтылу 4 сағатқа дейін созылады. Жер атмосферасы арқылы өтетін күн сәулелері шашыраңқы және сынған, сондықтан ғарышта жер шары түсіретін көлеңке аймағына түседі. Нәтижесінде көлеңке толығымен қара емес, Айдың дискісі толық тұтылу кезінде анық көрінеді және әдетте қызыл-қоңыр, қоңыр және қою сұр реңктерге ие (3-сурет). Мұның себебі – Жер атмосферасындағы қызыл сәулелердің ең үлкен шашырауы мен сынуы болып табылады.



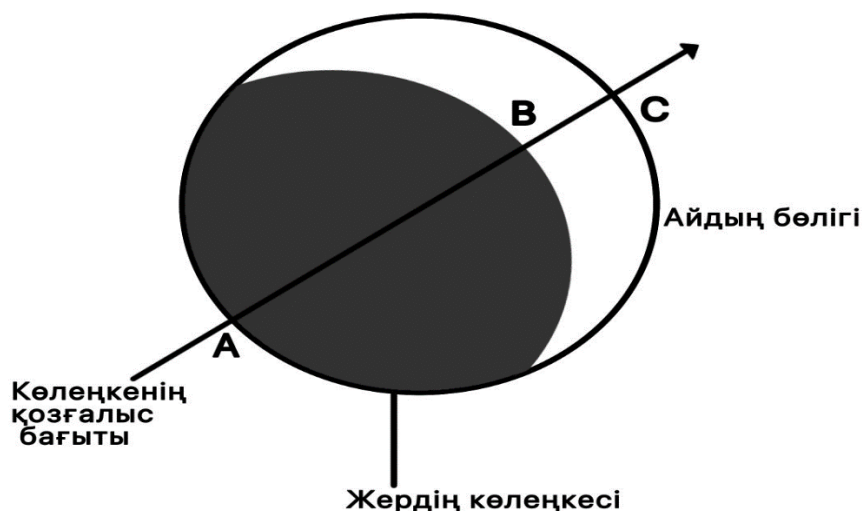
Сурет 3. Айдың тұтылу кезінде көрінісі

Айдың толық тұтылу фазасы 1 сағ 40 минутқа дейін, Ай Жер көлеңкесінен шыға бастағанға дейін, созыла алады. Күн сәулелері Жер атмосферасында сынып, Жердің конус көлеңкесінің тұсына келеді (1-ші суретті қараңыз). Сонда атмосфера көгілдір сәулелерді және онымен көршілес сәулелерді күшті жұтады, ал конус ішіне көбінесе қызыл сәулелерді өткізеді, өйткені оларды ауа нашарлау жұтады. Міне, тұтылу фазасы үлкен болғанда, Айдың мүлде жоғалып кетпей, қызғылттау түске боялатыны осыдан екен.

Қарапайым көзбен көру арқылы сіз келесі тапсырмаларды орындай аласыз:

1. *Берілген уақыт мезетіндегі тұтылу фазасын сызу және анықтау.* Тұтылу фазасы - Ай дискісінің Жердің көлеңкесімен жабылу дәрежесі. Фазалық мән Ай дискісінің центрінің көлеңке ортасынан қашықтығына тең. Ай Жердің көлеңкесіне толығымен батқан сол сәтте фазасы $\Phi=1$. Айдың көлеңкеде одан әрі өтуі кезінде, яғни айдың дискісі көлеңкеге жартылай батырылған болса, одан $\Phi<1$. Шындығында, бақылау кезінде $\Phi=1$ -ге дейінгі фазаны бағалауға болады. Бұл жағдайда оның мәні Айдың көлеңкеленген бөлігінің ең үлкен диаметрінің Айдың диаметріне қатынасына тең.

Фазаны анықтау үшін ай дискісіндегі жер көлеңкесінің шекараларын мүмкіндігінше дәл көрсететін сурет салу керек (4-сурет).



Сурет 4. Айға Жердің көлеңкесінің түсуі

Сурет бойынша фазаны анықтау үшін формула қолданылады:

$$\Phi = \frac{AB}{AC}$$

2. *Айдың көлеңкеленген бөлігінің (теңіздер, кратерлер) бетіндегі жеке бөлшектерді табу.* Ашық көрінетін, негізгі фоннан жарқынырақ көрінетін, жарықтығы өзгертін және басқа да мүмкін құбылыстарды анықтаңыз. Егер сіз әртүрлі сүзгілерді қолдансаңыз (көк, қызыл, жасыл), онда сіз Айдың көлеңке бөлігінің көрінісін спектрдің әртүрлі бөліктерінде салыстыра аласыз (бір және бір деталь бір түсте көрінуі мүмкін, ал екіншісінде көрінбеуі мүмкін).

3. *Жұлдызды аспан көрінісіне жалпы сипаттама.* Толық тұтылу кезінде толық ай кезінде байқалмайтын әлсіз жұлдыздар көрінеді. Толық фазада қай жұлдыздар көрінетінін жұлдыз картасынан бағалаңыз.

4. Тұтылу кезіндегі Айдың жалпы жарықтығы мен түсін бағалау Дантон шкаласы бойынша бағаланады:

0 - тұтылу өте қараңғы, тұтылу ортасында Ай дерлік немесе мүлдем көрінбейді;

1 - тұтылу қараңғы, сұр түсті, ай бетіндегі бөлшектер мүлдем көрінбейді;

2 - тұтылу қою қызыл немесе қызыл түсті, көлеңкенің ортасына жақын жерде қараңғы аймақ байқалады;

3 - тұтылу қызыл, кірпіш түсті, жердің көлеңкесі сұр немесе сары жиекпен қоршалған;

4 – мыс түстес-қызыл тұтылу, өте жарқын, сыртқы аймағы ақшыл, көкшіл.

Тұтылуларды есептеу әдістері жақсы дамыған: біздің дәуірге дейінгі бірнеше мың жыл бұрын болған тұтылуларды қазір минут-секундына дейінгі дәлдікпен анықтай алады, 3000-шы жылға дейінгі болашақ тұтылулардың кестесімен таныстыра алады.

Тұтылулардың болуының белгілі бір реттілігі бар. Бұған негізі 242 дракондық ай 223 синодтық айға ұзақтығы бойынша тең. 242 дракондық ай – 223 синодтық айға тең

$$2235 = 223 * 24,53 \text{тәулік} = 6585,32 \text{тәулік} = 18 \text{ жыл } 11,3 \text{ тәулік}$$

$$2425_{\text{др}} = 242 * 27,21 \text{тәулік} = 6585,35 \text{тәулік} = 18 \text{ жыл } 11,3 \text{ тәулік}$$

Сонымен, 18 жыл 11,3 тәуліктен кейін тұтылулар бұрынғы ретімен қайталанып тұрады. Тәуліктің саны бүтін болмағандықтан тұтылулардың шарттары осы аралықтан кейін өзгереді. Осы уақыт аралығы б.д. дейінгі VI – ғасырда-ақ белгілі болған. Ежелгі мысырлықтар оны *сарос* деп атаған. Әрбір сарос ішінде 43 күн және 28 ай тұтылулары болады. Тұтылулардың қайталануының басқа да көпшілік біле бермейтін циклдері бар.

Он бірінші дәріс бойынша бақылау сұрақтары:

1. Ай тұтылуы құбылысын түсіндіріңіз.
2. Айдың толық, жартылау тұтылу кезеңдерін түсіндіріңіз.
3. Сарос дегеніміз не?
4. Айдың тұтылу кезінде қызыл-қоңыр, қоңыр және қою сұр реңктерге ие болу себебі неде?
5. Айдың Жерді айнала ұйытқымаған қозғалыс орбитасы қандай?
6. Перигейде Жерден Айға дейінгі қашықтық қанша км-ге аз, ал апогейде ше?
7. Ай орбитасының жазықтығы эклиптикалық жазықтыққа орта есеппен қанша бұрышпен көлбеу орналасқан?
8. Сидерлік ай дегеніміз не?
9. Айдың көрінетін қозғалысын түсіндіріңіз.
10. Ай фазасы дегенді қалай түсінесіз.
11. Терминатор деп Ай қозғалысының қай кезеңін айтамыз?

12. Фазалық бұрыш деніміз не?
13. Жаңа ай, толық ай, соңғы ширек ай фазаларын түсіндіріңіз.
14. Синодтық ай деніміз не?
15. Аномалиялық ай деніміз не?
16. Дракондық ай деніміз не?
17. Тропикалық ай деніміз не?
18. Айдың тұтылу процессін түсіндіріңіз.
19. Сақиналық тұтылуы қандай кезде орындалады?
20. Шарықтау немесе құлдырау түйіні дегеніміз не?

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии: Учебное пособие / Под ред. В. В. Иванова. Изд. 2-е, испр. - М.: Едиториал УРСС, 2004. - 544 с. ISBN 5-354-00866-2
2. Кенжалиев Д. И. Астрономия: Жоғарғы оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2020. – 416 б. ISBN 978-601-240-246-9
3. Жаңабаев З.Ж., Наурызбаева А.Ж., Ізтілеуов Н.Т. Жалпы астрономия: Жоғарғы оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2010. – 184 б. ISBN 9965-30-995-7