

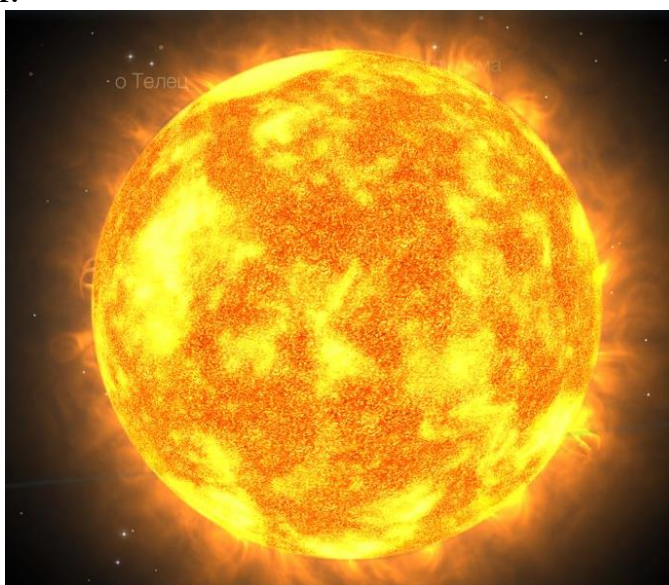
## Дәріс 12. Күн физикасы

### Дәріс жоспары

1. Күн және оның физикалық сипаттамалары
2. Күннің спектрі және температурасы, радиосәулелері.
3. Күннің сыртқы қабаттары
4. Күннің ішкі құрылымы
5. Күн активтігінің көріністері

### 1. Күн және оның физикалық сипаттамалары

Біздің Күн жұлдыз болып табылады. Күн - Күн жүйесінің орталық денесі, Жерге ең жақын сары жұлдыз (1-сурет). Ол біздің Галактика центрінен 9 – 10 Килопарсек қашықтықта орналасқан. Галактика центрін 230 млн. жылда бір рет айналып шығады. Бүкіл күн жүйесі массасының 99,866%-ы Күнде жинақталған. Күннің химиялық құрамы: масса бойынша 70%-і Н, 28%-і –He, қалған 2%-і N, C, O, Mg, Na, Ca, Fe. Көптеген басқа жұлдыздар сияқты Күн - сутегі-гелий плазмасынан тұратын үлкен шар және өзіндік ауырлық өрісінде тепе-теңдікте болады. Күн ғарыш кеңістігіне орасан зор радиация ағынын таратады. Жер күн сәулесінің екі миллиардтан бір бөлігін ғана алады.



Сурет 1. Күн

Жерден Күнге дейінгі орташа қашықтық  $1,496 \times 10^{11}$  м (1 а.б.). Оның пішіні шар тәрізді фигура болып табылады. Оның сығылуы нөлге тең. Радиусы  $R_{\odot} = 696000$  км.  $M_{\odot} = 1,991 \cdot 10^{33}$  г. Затының орташа тығыздығы  $\rho_{\odot} = 1,4$  г/см<sup>3</sup>; Бұндай тығыздық Жердің орташа

тығыздығынан 4 есе кіші. Тиімді бет температурасы 5780 °К. Күн тәждерінің температурасы ~1 500 000 К. Температура ядра ~15 700 000 К. Орташа диаметрі 1,392 × 10<sup>9</sup> м (109 Жер диаметрі). Экватор шеңбері 4,379×10<sup>9</sup> м. Көлемі 1,4122×10<sup>27</sup> м<sup>3</sup>.Салмағы 1,9891×10<sup>30</sup> кг.

Күн фотосферасының бетіндегі еркін түсу үдеуі  $g_{\odot}=274 \text{ м/с}^2$ , ал бұл Жердің бетіндегі еркін түсу үдеуінен 28-30 есе артық! Онда сол маңға адам барып қалуы мүмкін деген орындалмайтын, өтірік болжам жасасақ, онда сол адамның салмағы қалай болар еді?

Күннің толық сәуле шығаруы  $L_{\odot}=3,86 \cdot 10^{33} \text{ эрг/с}=3,86 \cdot 10^{26} \text{ вт}$  болып табылады.

Күннің маңызды сипаттамасы - *жарықтылығы*. Ол Жердің Күннен орташа қашықтығында Күн жарығының энергия ағынының интегралдық тығыздығына тең. Бұл шама *Күн тұрақтысы* деп аталады. Ол атмосфера сыртында уақыт бірлігінде аудан бірлігіне түсетін энергия мөлшеріне тең. Күн тұрақтысы мейлінше дәл әуе шарларынан, биікке ұшатын ракеталардан, Жердің жасанды серіктерінен өлшенді.  $C=1,96 \text{ кал/см}^2=1,37 \cdot 10^3 \text{ вт/м}^2$ . Өлшеулер көрсеткендей, күн тұрақтысы негізінен Күн спектрінің оптикалық диапазонында шығарылған сәулелерімен анықталады. Күннің жарықтылығы дегеніміз Күннің уақыт бірлігінде барлық бағытта шығаратын жарық энергиясы. Бұл - радиусы  $a=149,6 \cdot 10^9 \text{ м}$  сфераның бетінен 1 секунд ішінде өтетін энергия мөлшері  $L_{\odot}=C \cdot 4\pi a^2=3,86 \cdot 10^{26} \text{ вт}$  болып табылады.

Күннің жарықтылығы біле отырып, оның аудан бірлігінің барлық толқын ұзындықтарында шығаратын энергиясын есептеп шығаруға болады.

$$E_{\otimes} = \frac{L_{\otimes}}{4\pi R_{\otimes}^2} = \frac{C}{\theta_{\otimes}^2} = 6,3 \cdot 10^7 \text{ вт/м}^2,$$

мұнда  $\theta_{\otimes} = \frac{R_{\otimes}}{a}$  - бұл Жерден қарағанда Күннің бұрыштық радиусы (радианмен есептегенде). Күн жарықты абсолют қара дене сияқты шығарады деп есептеп, Стефан-Больцман заңы бойынша оның беттік температурасын есептеп шығаруға болады (эффeктивті температура),

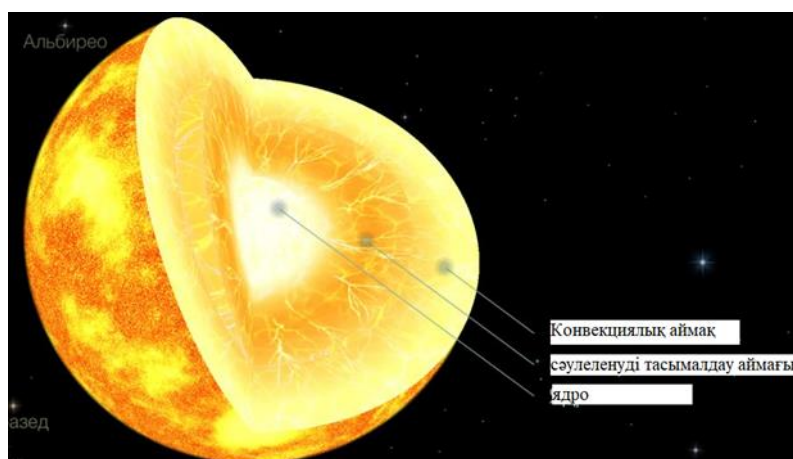
$$T_e = \sqrt{\frac{E_{\otimes}}{\sigma}} = 5785^{\circ} \text{K}$$

Бақылаулар Күн бетінде қасиеттері және қызметі бойынша әртүрлі аймақтарды айыруға мүмкіндік береді.

а) Үздіксіз сәуле шығару спектрін беретін күн дискісінің ішкі қабығы – фотосфера

б) Жарқын эмиссиялық сәуле шығару сызықшаларын беретін хромосфера, Күн атмосферасы.

в) Күннің сәуле шығаруын жұтатын немесе шашырататын газ бен шаңның өте сиретілген қабаты – Күн тәжі, Күн атмосферасының ең сыртқы қабаты.



Сурет 2. Күн атмосферасының құрылымы

Негізінен бақылаушының Күнде көретіні – фотосфера қабаты. Күн жарығын зерттегенде сол фотосфераның жарығын зерттейді.

Фотосфера – өте жұқа қабықша. Фотосфераға энергия ішкі энергия көздерінен келеді. Фотосфераның сәуле шығаруы Күннің жылтырауын анықтайды. Фотосферада энергия негізінен сәуле шығаруы арқылы тасымалданады. Энергия тасымалдануының басқа түрлері: жылуалмасу және конвекция,- орын алса да сирек болуы керек.

Хромосфера Күн тұтылуы кезінде, Айдың дискісі фотосфераны жапқан кезде зерттелінуі мүмкін. Жарқыл спектріндегі сызықшаларды фотометрлік әдістің көмегімен зерттеу жасалып, осы қабаттың температурасы мен қысымы анықталады.  $T=5000^{\circ}$ ,  $p=10^{-4}\text{at}$ . Химиялық құрамы: иондалған Са сызықтары – Күн бетінен 14000 км биіктікте, Н сызықтары - 12000 км биіктікте, Не сызықтары - 7500 км биіктікте, Са сызықтары - 5000 км биіктікте байқалады.

Күн тәжі толық Күн тұтылуы кезінде ғана байқалады. Анық шекарасы жоқ, пішіні дұрыс болмайды, өзгеріп тұрады. Ең жарқын бөлігі Күн бетінен  $(0,5-1)R_{\odot}$  қашықтықта. Оны *ішкі тәж* деп атау қабылданған, ал басқа бөлігін *сыртқы тәж* деп атау келісілген (3-сурет). Ішкі тәждің жарығы еркін электрондар шашыратқан

фотосфераның жарығы болып табылады. Оның поляризациясы (үйектелуі) өте жоғары. Сонымен бұл жарық екі элементтен құралады: жарқын үздіксіз фон мен соның үстінде өте жарқын эмиссиялық сәуле шығаруы сызықшалары көрінеді. Сыртқы тәждің жарығы планетааралық шаң-тозаңнан шашыраған күн жарығы болып тұр. Жалпы алғанда, Күн тәжі - температурасы  $T \sim 1$  млн градус сиретілген плазма болып табылады.



Сурет 4. Күн тәжі

Күннің химиялық құрамы: масса бойынша 70%-і H, 29%-і –He, қалған 1%-і N, C, O, Mg, Na, Ca, Fe.

Күн бетінде қара дақтар, факелдер және флоккулдар деп аталатын жарқын аймақтар, кейде қысқа уақытта хромосфералық жарқылдар деп аталатын өте қуатты жарқылдар байқалады. Күн тұтылған кезде Күн тәжінде кейде *протуберанец* деп аталатын жарық бұлттар көрінеді.

### **3. Күннің спектрі және температурасы, радиосәулелері.**

Көрінерлік сәулелер аймағында Күн спектрі үздіксіз жарық фонында бірнеше ондаған мың қараңғы жұтылу сызықтарының жүйесі болып табылады. Осы спектрді 1814 жылы ашқан австриялық ғалымның атымен *Фраунгоферлік спектр* деп атайды. Үздіксіз спектрдің интенсивтігінің ең жоғарғы мәні спектрдің көкшіл – жасыл аумағына келеді:  $4300 \text{ \AA} \div 5000 \text{ \AA}$

Күн спектрі тек көрінерлік сәулелер аймағында ғана емес, қысқа толқынды және ұзын толқынды облысқа терең бойлап енеді.

Күнді атмосферадан тыс аппараттардың көмегімен жасалған бақылаулардың көрсететіні: толқын ұзындығының  $2000 \text{ \AA}$  облысына дейін Күн спектрінің өзгеру сипаты спектрдің көрінерлік сәулелер облысындағыдай. Қысқа толқынды аймағында үздіксіз спектрдің интенсивтігі тез құлдырайды, ал қараңғы фраунгоферлік жұтылу сызықтары жарқын эмиссиялық сызықтарға алмасады.

Инфрақызыл облыстағы Күн сәулелерін (15 мкм-ден үлкен) Жер атмосферасы толық жұтады. Сондықтан осы аймақтағы Күн спектрін зерттеу үшін өте үлкен биіктіктерге көтерілу керек немесе атмосферадан тыс бақылаулар жасау керек. Толқын ұзындықтарының бұл аймағы 1 см радиотолқындарға дейін созылып жатады.

Радиодиапазонда жасалған Күн спектрінің интенсивтігін зерттеу нәтижелері температурасы  $6000^\circ$  температурасы бар дененікіндей емес, одан көп жоғары, миллион градусқа дейін баратындығын бақылаулар көрсетеді. Күн радиосәулелерінің тағы бір ерекшелігі- оның интенсивтігінің толқын ұзындығына тәуелді өзгеруі. Осы қасиеті жағынан ол Күн спектрінің көрінерлік бөлігіне ұқсамайды, өйткені спектрінің көрінерлік бөлігінде Күн сәулелерінің интенсивтігі тұрақты болып қала береді.

Күн спектрінің көптеген сызықтары Менделеев таблицасының 70 белгілі элементтің спектрімен сәйкестендіріледі: H, He, N, C, O, Mg, Na, Ca, Fe және т.б..

H – ең көп тараған химиялық элемент, атомдарының саны жағынан барлық басқа элементтен 10 есе артық. Массасы бойынша барлық заттың 70 % үлесін құрайды.

He – таралуы жағынан екінші орындағы химиялық элемент. Массасы жағынан Күндегі барлық заттың 29% үлесін құрайды. Басқа элементтердің атом саны көп кем, массасы жағынан 1%–тен кем.

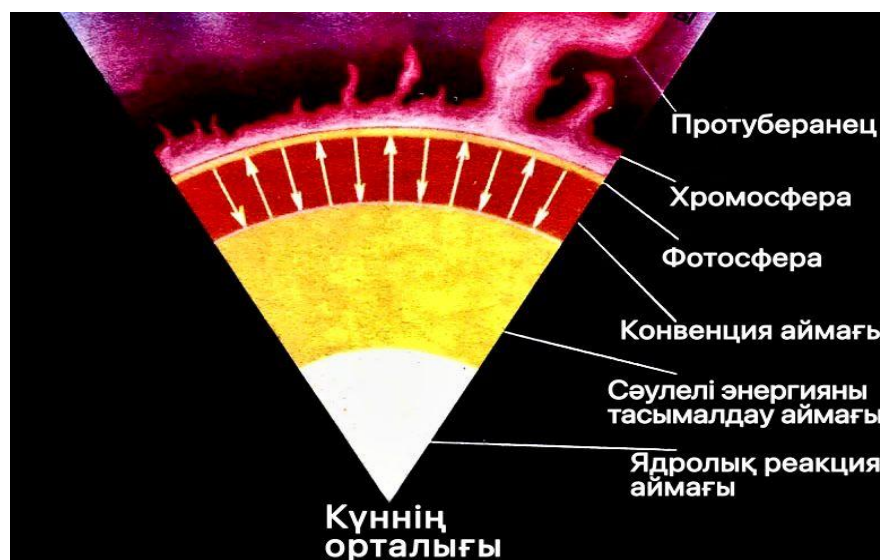
*Күн радиосәулелерінің ерекшелігі* – өте күшті айнымалылығы. Бақыланатын сәулелерді екі бөлікке бөлуге болады: тыныш тұрған Күннің радиосәулелері (тұрақты бөлігі) және Ұйтқыған Күннің радиосәулелері (айнымалы бөлігі). Күн тәжі Күннің көрінерлік сәулелері үшін мөлдір болғанымен радиотолқындарды нашар өткізеді. Одан өткенде радиосәулелер күшті жұтылады және сонымен бірге сынып өтеді. Олай болса, Күн тәжі радиотолқындарды шығаратын болса, температурасы 1 млн градусқа дейін қыздырылған абсолют қара дене сияқты шығару керек. Сондықтан, Күн тәжінің температурасын анықтағанда Күннің

радиосәулелерінің жарықтығының өзгеру заңы бойынша анықтайды.

Метрлік ұзындықты толқындарда – шынында да млн градус, бұдан қысқарақ толқын ұзындығында температура төмендейді. Сантиметрлік толқындар жоғарғы хромосферадан шығарылады, миллиметрлік толқындар астыңғы және орта хромосферадан шығарылады.

Радиоәдістер Күн тәжін Күннен өте үлкен қашықтықтарда бақылауға мүмкіндік береді: Күннің бірнеше радиусына тең қашықтықтарға дейін. Күннен осындай әдіспен табылған өте алыс аймақтары «асқын тәж» деп аталады. Осы тұрғыдан қарағанда Күн тәжі Жер орбитасына дейін таралады. Кометаны бақылаулар көрсеткеніндей, Күн тәжінен плазма ағыны шығады. Оның жылдамдығы Күннен қашықтаған сайын өседі. Жер орбитасы деңгейінде бұл жылдамдығы 300-400 км/с-ке жетеді. Күн тәжінің планетарлық кеңістікке осындай ұлғаюын *Күн желі* деп атайды.

#### 4. Күннің сыртқы қабаттары



Сурет 5. Күн қабаттарының физикалық сипаттамасы

*Фотосфера.* Күннің телескопқа көрінісі жарқын диск шетіне жақындағанда жарықтығы азаяды. Бұл Күннің шар екендігін көрсетеді. Оның жарық шығаратын қабаты фотосфера деп аталады, ал соның үстіңгі қабаты – жарқырауы төмен қалың атмосфера болып табылады. Фотосфера дегеніміз сәулелік энергияның негізгі бөлігін шығаратын Күн атмосферасы. Фотосфера Күн дискісінің негізгі көрінерлік шекарасын анықтайды. Күн бетіндегі фотосферада

бақылауға мүмкін объектілердің түрі - күн дақтары. Олар Күн бетінде әрқашан болады. Дақтардың негізгі бөлігінің өлшемдері 1' шамалас болады. (43000 км). Ең үлкенінің өлшемі - 4' (180000 км). Күн дискісінің шетіне жақын аумақтарында жарқын аймақтар факелдерді көруге болады. Күн дақтары Күн дискісімен батыстан шығысқа айнала қозғалады. Дақтардың көрінерлік қозғалысын зерттеп, Күннің айналу осінің эклиптика осіне көлбеулік бұрышын табуға болады. Күннің айналу периоды барлық дақтар үшін бірдей емес. Әрбір ендікте өзіндік айналу периоды бар. Сонымен бірге, дақтардың Күн дискісі бетімен орын ауыстыруы бар. Өзіндік айналу жылдамдығының гелиографиялық ендікке байланысты өзгеруі келесі заңдылыққа бағынады:

$$\omega = 14,^\circ 4 - 2,^\circ 7 \sin^2 \varphi$$

Күннің экваторлық аумақтарының айналу периоды 25,38 тәулік, ал 75° ендікте 32 тәулік.

Фотосфера Күннің ең жақсы көрінетін қабаты. Ол жақсы бақыланатын қабат, одан үздіксіз спектр беретін сәулелер шығады. Бұл қабаттың қалыңдығы бірнеше жүздеген километр, яғни Күн радиусының 0,001-0,003 бөлігіндей ғана. Қысымы жоғары емес  $1 \text{ атм} = 1,013 \cdot 10^6 \text{ дин/см}^2$ .

Фотосфераның тағы бір байқалатын ерекшелігі - оның дән тәрізді құрылымы - грануляция. Дәндер - гранулалар, өлшемдері 1"-1,5". Бұл орнықсыз құрылымдар, бірнеше минуттан кейін жойылады. Гранула затының температурасы маңайындағы Күн бетінің температурасынан 100° жоғары. Олардың пайда болу себебі: Күннің температурасы жоғарырақ ішкі аймақтарынан конвекциялық қозғалысқа қатысқан заттың қуатты ағынының болуы. Гранулалардың ортасына таман аумақтарда зат көтеріліп тұрса, шетіне таман аумақтарда күн заты төмен шөгіп тұрады, жылдамдығы 1-2 км/с.

Конвекциялық қозғалыс зонасы Күн қойнауларында фотосферадан әлдеқайда үлкен қалың аймағын алады деп есептеледі:  $0,10 \cdot R_{\odot} \div 0,15 \cdot R_{\odot}$ . Конвекциялық зонаның ең төменгі аумағындағы затының температурасы  $10^6$  градусқа дейін жетеді деп есептеледі.

Фотосферадағы зат тығыздығы да тереңдеген сайын өседі: жоғарғы қабаттарда  $\sim 0,1 \cdot 10^{-7} \text{ г/см}^3$  болса, төменгі қабаттарда  $\sim 5 \cdot 10^{-7} \text{ г/см}^3$  -ге жетуі мүмкін деп есептеледі. Температура да тереңдеген

сайын көтеріледі: жоғарғы қабаттарда  $4500^{\circ}$  болса, төменгі қабаттарда  $5800^{\circ}$ -ге жетуі мүмкін деп есептеледі.

*Хромосфера.* Күн атмосферасының бұл қабаты фотосферамен салыстырғанда жарықты көп шығармайтындықтан күнделікті көзге көрінбейді. Тек Күн тұтылуларда Ай беті фотосфераны жауып тұрғанда, бұл қабаты Күнді қоршап тұрған жіңішке қызғылт немесе қызыл сақина түрінде көрінеді. Бұл - фотосфераның үстінен көтеріліп тұрған Күн атмосферасы болып табылады. Фотосфераның үстіндегі жіңішке қабат «айналдырушы қабат» деп аталады. Ай Күн фотосферасының шетін басқанда, қараңғы жұту сызықтары бар Күннің жарқын спектрі жойылады, оның орнына газдардың көптеген жарық сызықтары бар қараңғы спектрі шыға бастайды. Бұл сызықтардың орналасқан орындары бұрынғы Күн спектріндегі қараңғы жұту сызықтарының орналасқан орындарында болады. Сонда Күн спектріндегі қараңғы жұту сызықтары фотосфераны Ай басқанда жарқын сызыққа айналып кеткен сияқты болып көрінеді. «Айналындырушы» деп атаған себебі осы еді. Осындай спектрді *жарқыл спектрі* (спектр вспышки) деп атайды. Спектр суреті көлемдік призманың көмегімен алынған болса, онда спектрлік сызықтар орақ тәрізді болады. Олар Айдың фотосфераның шетін жапқандағы пайда болған жарық қабығының пішінін қабылдайды. Ал осы орақтардың ұзындықтары жеке химиялық элементтердің атомдарының хромосфераның қандай биіктігіне дейін таралатындығына нұсқау болып табылады.

Жарқылдың спектрін алудың басқа әдістері де бар. Жарқылдың спектрін зерттеу келесі қорытындыларға келтіреді. Айналындырушы қабат фотосфераға біртіндеп өтеді. Хромосфераның астыңғы шекарасы 500 км бойында барлығы 15000 км – ге дейін созылады.

Жарқылдың спектріндегі сызықтарды фотометрлік әдіспен зерттегенде айналындырушы қабаттың температурасы мен қысымын анықтауға мүмкіндік болады.  $T=5000^{\circ}$ ,  $P=10^{-4}$  атм. Иондалған кальцийдің спектрлік сызықтары 14000 км биіктікте байқалады. Сутегі сызықтары 12000 км биіктікте, гелий сызықтары 7500 км биіктікте, бейтарап кальций сызықтары 5000 км биіктікте байқалады. Қысым төмендегенде, атомдар иондалған күйде ұзағырақ тұрады. Хромосфераның қысымы биіктеген сайын төмендейді.

*Күн тәжі.* *Күн тәжі* деп Күн атмосферасының ең сыртқы қабатын айтады. Оның жарқырауы фотосфераның жарқырауынан



миллион есе төмен және толық Айдың жарқырауынан артық емес. Оны Күн тұтылулардың толық фазасы кезінде ғана бақылауға болады. Ал толық Күн тұтылуы болмаған жағдайларда коронографтардың көмегімен зерттеуге болады.

Күн тәжінің анық шекарасы болмайды және құрылымы тұтас, үздіксіз. Тәждің жарқырауы Күн шетінен алыстаған сайын азаяды: Күннің бетінен оның бір радиусына тең қашықтықта тәждің жарқырауы ондаған есе кемиді. Күн тәжінің ең жарқын бөлігі Күн бетінен  $(0,5 \div 1)R_{\odot}$  қашықтық аралығында орналасады. Оны *ішкі тәж* деп, ал қалған өте көлемді бөлігін: *сыртқы тәж* деп атайды. Тәждің маңызды ерекшелігі: оның сәулелік құрылымы. Тәж сәулелерінің ұзындықтары әртүрлі болады:  $10 R_{\odot}$ -ге дейін, тіпті одан да артық болуы мүмкін. Тәждің спектрінің маңызды ерекшелігі бар: спектрдің негізінде үздіксіз фон, әлсіз жарқырайды, ол Күннің үздіксіз спектріндегі энергия бөлінуін қайталайды. Осы үздіксіз спектр фонында ішкі тәжде жарқын эмиссиялық сызықтар бақыланады. Олардың интенсивтігі Күннен қашықтаған сайын кемиді. Сәулелену поляризацияланған (үйектелген) болады:  $0,5R_{\odot}$  қашықтықта сәулелердің поляризациясы 50 %-ке дейін жетеді. Тәждің спектрінің Күннің үздіксіз спектріндегі энергия бөлінуін қайталауы— бұл сәулелердің фотосфераның шашыраған жарығы екенін көрсетеді. Поляризация сәулелерді шашыратқан бөлшектердің табиғатын ашуға көмектеседі, қандай бөлшектер екендігін көрсетеді. Мұндай күшті поляризацияны тек қана күшті магнит өрісінде қозғалатын еркін электрондар туғыза алады.

Күннен қашықтаған сайын тәж учаскесі шығаратын жарықтың поляризациясы артуы керек. Бұл ішкі тәжден көрінеді. Сыртқы тәжден шыққан сәулелерде поляризацияланбаған бөлігі бар және оның салыстырмалы үлесі биіктеген сайын өседі. Бұл поляризацияланбаған бөлігі сыртқы тәжде Фраунгофер сызықтарының пайда болуына себепші болып табылады, сондықтан оны Фраунгофер тәжі деп атайды. Бұл тәж Күн атмосферасының бөлігі болып табылмайды және планетааралық шаңның шашыратқан Күн сәулелері болып табылады. Тәждің әрбір нүктесінде жарықтығы көру сәулесінің бойындағы электрондар санына пропорционал болып келеді. Сондықтан тәждің қимасы  $1 \text{ см}^2$  болатын бір бағанында шамамен  $10^{18}$  еркін электрондар болуы керек, ал  $1 \text{ см}^3$ -та  $10^8$  еркін электрон болуы керек, олай болса тәждегі иондар концентрациясы  $10^8 \text{ см}^{-3}$ . Бұл өте жоғары иондалған зат болып тұр.

Сонымен Күн тәжі температурасы миллион градус болатын сиретілген плазма болып табылады.

## 5. Күннің ішкі құрылымы

Күн атмосферасының қандай да бір қабатын алайық. Р қабаттың жоғарғы шекарасындағы қысым  $p_1$ , ал төменгі шекарасындағы қысымы  $p_2$  болсын. Екі қысымның айырмасы Күн затының радиус бойымен созылған бағанының биіктігіне пропорционал:  $p_2 - p_1 = \rho g h$  болғандықтан, күн затының орташа тығыздығы  $\rho = \frac{p_1 + p_2}{2} = \frac{p_1 + p_2}{2} \frac{\mu g}{RT} H$ . Егер қабаттың температурасын

барлық нүктеде бірдей деп қабылдасақ, оның қалыңдығы  $H = \frac{RT}{\mu g}$ ,  $H$

– биіктік шкаласы деп аталады.  $T = 10000^\circ$  болғанда  $\mu = 1/2$  (сутегі),  $g = 2,7 \cdot 10^2 \text{ м/с}^2$  (Бұл Күннің сыртқы қабаттарындағы физикалық шарттар) онда  $H = 6 \cdot 10^5 \text{ м} = 600 \text{ км}$

Күн қойнауларына тереңдеген сайын температура өседі және тығыздықтың өсуі баяулайды. Күн қойнауларындағы жағдайлар туралы кейбір түсініктерді алу үшін, ондағы зат бірқалыпты таралған деп болжайық. Осындай біртекті Күннің қасиеттері Күннің тереңдігі орта радиусындай тереңдікте орташа нүктеде нақты қабатының қасиеттеріне жақын болады. Массалары біртекті бөлінген деп есептесек  $\langle \rho_{\odot} \rangle = 1,4 \text{ г/см}^3$

Орта нүктедегі қысым қимасы  $1 \text{ см}^2$  және және биіктігі  $R_{\odot}/2$  Күн затының радиус бойымен бағытталған бағанының салмағына тең.

Дәлірек әдістермен есептелген мәндері:

$$\rho = 1,32 \text{ г/см}^3, P = 6,1 \cdot 10^{14} \text{ дин/см}^2, T = 3400000^\circ$$

Дұрысында, Күн қойнауларындағы температура 10 млн градустан асады, қысымы жүздеген миллиард атмосфераға тең ( $1 \text{ атм} = 10^6 \text{ дин/см}^2$ ). Осындай жоғары қысым және жоғары температура Күн қойнауларында ядролық реакциялардың жүруіне себепші болады.

Күн қойнауларында екі ядролық реакция негізгі роль атқарады. Олардың негізгі нәтижесі: төрт сутегі атомынан бір гелий атомының пайда болуы:  $4 {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^4$ ; Соның нәтижесінде энергия бөлінеді. Бұл ядролық реакциялар:

1. Протон- протондық реакция (p-p)
2. Азотты-көміртекті цикл

Біріншісі - маңыздырақ, ал екіншісінің таралуы сиректеу.

Екіншісінде көміртек элементі реакцияға қатысып, химиядағыдай катализатордың ролін атқарады. Осы реакциялар нәтижесінде массаның бір бөлігі жоғалады:

$$\Delta M = M_{4H} - M_{He} = 1\% M_{4H}$$

Бұл масса айырмасы: *масса дефектісі* деп аталады, бұл масса дефектісі Күн қойнауларында мол энергияның бөлініп шығуына себепші болады:  $E = \Delta M c^2$ . Күн центрінен  $0,2R_{\odot} - 0,3R_{\odot}$  қашықтықта тек (p-p) (протон-протон) реакциясы қалады. Күннің осы аймағын ( $r < 0,3R_{\odot}$ ) *ядролық реакциялар зонасы* деп атайды. Оның сыртында  $r > 0,3R_{\odot}$  қабатта  $T < 5$  млн град,  $P < 10$  млрд атм. Күн центрінен  $0,3R_{\odot} \div 0,7R_{\odot}$  қашықтық аймағын *энергияның сәуле түрінде таралу зонасы* деп атайды.  $0,7R_{\odot}$  қашықтықтан сыртқа қарай фотосфераға дейінгі қабатта температура төмендегені сонша, - энергияны тасымалдау механизмі өзгереді. Центрде пайда болған энергия осы қабаттан таза сәулелер түрінде тарап, сыртқы қабаттарға жете алмайды. Сол себепті энергияны тасымалдауға осы зонада негізінен зат қатысады. Осындай қозғалысты *конвекция* деп атайды, ал аймақ *конвективтік зона* деп аталады. Бұдан жоғарғы қабаттардан энергия еш кедергісіз ғарыштық (космостық) кеңістікке шығарылады. Бұл қабат *фотосфера* деп аталады. Ол сәуле шығаратын қабат болғандықтан, қалыңдығы - 300 км, көзге көрінетін қабат болады. Оның сыртында қалыңдығы 14000 км *хромосфера* қабаты бар. Бұл Күн атмосферасы болып табылады. Хромосфераның сыртында *Күн тәжі* деп аталатын плазма қабаты бар. Күн тәжінде хромосферадан атылып шығарылған, одан да гөрі тығызырақ бұлттар – протуберанецтер байқалады. Күн тәжі - температурасы 1 млн градус сиретілген плазма болып табылады.

## 5. Күн активтігінің көріністері. Күн дақтары

Дақтар тез пайда болады. Гранулалардың арасындағы кішкене кара қуыстан басталып, өсіп, бір тәуліктен кейін анық шекарасы бар дөңгелек кара даққа айналады. Диаметрі бірнеше ондаған мың километрге дейін өседі. 1-2 күннен кейін дақ екіге бөлінеді. Біреуі *жетекші дақ*, екіншісі *жетектегі дақ* деп аталады. Содан кейін бұлар бөліне бере, дақтар тобына шейін дамиды. Дақтар тобы орналасқан аймақ экватордың екі жағынан,  $5^{\circ}$ -тан -  $40^{\circ}$ -қа дейін ендіктегі параллельдермен шектелген аралық болып табылады.

Дақтар тобы өсе, әрі көбейе келе максимумға 2-3 аптада жетеді. Ірілері – айлап, ұсақтары – апталап өмір сүреді. Үлкен дақта екі облысты айыруға болады: көлеңке және шалакөлеңке аймақтарын айыруға болады. Шала көлеңке аймақтың пішіні конус тәрізді ойыс, ортасында қара көлеңке. Дақтарда қуатты магнит өрісі байқалады: 1000 э – 2000 э. Эффективті температурасы 4600°K. Бұл фотосфераның ең салқын бөлігі. Дақтардың жалпы саны өзгеріп тұрады, бірақ бұл өзгеріс циклді түрде болады. Циклдің периоды шамамен 11 жылдан артықтау.

Дақтар Күннің өз осінен айналмалы қозғалысына қатысады. Бірақ қабаттардың айналу жылдамдықтары бірдей емес. Кейбір дақтардың күн бетінде осы қозғалыстан басқа өзіндік салыстырмалы қозғалысын байқауға болады. Бірақ бұл қозғалыстары шамалы.



Сурет 5. Диаметрі Жер диаметріне шамалас Күн дақтар тобы.

Дақтар Күн дискісінің барлық аймағынан пайда болмайды, негізінен Күн экваторының екі жағындағы 5°–40° ендіктегі параллельдердің арасындағы аймағынан көрінеді.

Күн дақтарының пайда болуы магнит өрісінің аномалияларынан деп есептеледі. Магнит өрісінің кейбір облыстарда конвекциялық қозғалыстарды тежейтін әсері салдарынан сол аймақтарға ішкі аймақтардан жылудың ағыны әлсірейді. Сол себепті температурасы да төмен болады.

Күн дақтары құбылысындағы ең қызықтысы – дақтар санының периодтылығы және олармен байланысқан басқа да құбылыстар. Дақтар санындағы максимум және минимум бақыланатын жылдар периодты алмасады. Периоды 10 жылдан артығырақ. Соңғы бақылаулардан периодтың тұрақсыздығы көрінеді: ол екі жаққа 4 жылға дейін өзгереді. Күннің дақ түзу қабілетін «Вольфтың салыстырмалы санымен» бағалайды.  $W=k(10g+f)$

$k$  – көбейткіш, оның мәні бақылау шарттарына және инструментіне тәуелді. Вольф өз бақылаулары үшін  $k=1$  деп қабылдады.

$g$  – бақыланатын дақ топтарының және жеке дақтардың саны.

$f$  – топтардағы дақтардың және жеке дақтардың жалпы саны.

Дақтардың спектрінде Күн спектрінде кездеспейтін сызықтар мен жолақтар байқалады. Бұлар химиялық қоспаларға тән. Бұл Күн дағының температурасының төмендігін көрсетеді.

Фотосферадағы жарқын аймақтар *факелдер* және *флоккулдар* деп аталады. Факелдер және флоккулдар күн дақтары маңында жиі кездеседі. Факелдер және флоккулдар магнит өрісінің зарядталған бөлшектердің қозғалыстарын күшейтетін әсері болатындығынан пайда болады. Факелдер - бұл құрылымы ерекше жарқын аймақтар. Олар магнит өрісінің күшеюімен байланысты. Бұл күшеюі конвекцияны күшейтеді. Флоккулалар – жарқын дақтар, орналасуы фотосферадағы факелдердің шекараларымен байланысты. Жарықтың күштілігі заттың тығыздығының өсуімен байланысты.

Күн тәжінде байқалатын активті құрылымдар: протуберанецтер – бұл Күн тәжіндегі өте тығыз және салқын бұлттар. Олардың спектрі хромосфераның спектріндей. Бұлар көбінесе ұзынша келген және өте үлкен жазық құрылымдар, Күн бетіне перпендикуляр орналасады. Бұл Күндегі ең үлкен құрылымдар: ұзындықтары жүздеген мың километр, ені 6000-10000 км. Протуберанецтер арқылы хромосфера мен Күн тәжі арасында зат алмасу процестері болып жатады. Бұны көрсететін: ондаған және жүздеген км/с жылдамдықтармен болатын протуберанецтердің және олардың жеке бөліктерінің қозғалыстарын бақылау нәтижелері.

Протуберанецтердің пайда болуы, дамуы және қозғалыстары Күн дақтары тобының эволюциясымен тығыз байланысты. Дақтардың активті аймақтарының дамуының алғашқы сатыларында олардың маңында қысқа өмірлі және тез өзгертін протуберанецтер пайда болады (4-сурет). Кейінгі даму сатыларында пайда болатын протуберанецтер бұрынғыларға қарағанда орнықтырақ және тыныш болады, олар бірнеше апта, тіпті айлар бойы көп өзгеріске ұшырамайды. Содан кейін протуберанецтердің белсенді болу стадиясы болады. Бұл кезде күшті қозғалыстар, заттың тәжге атылуы байқалады және тез қозғалатын эруптивті протуберанецтер пайда болады.

**Күн активтігі циклі.** Күн дақтарының саны және олармен байланысты болатын Күн активтігінің басқа құбылыстары периодты түрде өзгереді. Активтік центрлерінің саны ең көп болатын дәуір *Күн активтігінің максимумы* деп аталады, ал олар болмаған немесе жоққа жуық кезең *Күн активтігінің минимумы* деп аталады.

Күн активтігі дәрежесінің өлшемі етіп шартты Вольф сандарын пайдаланады. Күн активтігінің циклінің маңызды ерекшелігі – дақтардың магниттік полюстерінің алмасу заңы болып табылады. Әрбір 11 жылдық циклде биполярлы дақ топтарының жетекші дақтарының полюстері Күннің солтүстік жарты шарында бірдей болып, ал солтүстіктегіге қарама-қарсы болса да, оңтүстік жарты шарында да жетекші дақтарының полюстері бірдей болады. Жетектегі дақтар үшін де бұл орындалады, өйткені олардың полюсы жетекші дақтарының полюсына қарама-қарсы болады.

Келесі циклде полюстер қарама-қарсыға өзгереді, сол кезде Күннің факелдер мен флоккулдар алатын беттің ауданы, жарқылдар жиілігі, протуберанецтер саны, Күн тәжінің пішіні өзгереді және т.с.с. құбылыстар болады. Циклдің болу себебі түсініксіз. Шамасы ол фотосфера астындағы қабаттарда болатын және магнит өрісі қатысатын кейбір тербелмелі қозғалыстармен байланысты болу керек.

Күндегі барлық құбылыстардың өзара байланыстары олардың циклді қайталануының бір ортақ себебі болатындығының көрсетеді. Бірақ бұның себебі әлі анықталған жоқ. Күннің сәуле түрінде шығаратын энергиясының өзгерістері Күн тұрақтысының өте аз өзгерістерін туғызады.

Бұл өзгерістері Күн активтігінің циклімен байланысты. Дақтар санының максимумы Күн қызметінің жоғарылауына сәйкес келеді. Күн активтігінің барлық өзгерістері геофизикалық құбылыстарға қалай әсер етеді? Осы мәселені анықтағанда Күн активтігінің циклі көзінде Күн сәулелерінің интенсивтігінің жалпы деңгейінде осы өзгерістің үлесі онша жоғары еместігін ескеру керек.

### **Он екінші дәріс бойынша бақылау сұрақтары:**

1. Күн туралы қандай деректерді білесіз?
2. Күннің массасы Жердің массасынан неше есе көп?
3. Күн бетінің тиімді температурсы неше К?
4. Күннің спектрлік классы қандай?
5. Гелиоэвотор дегеніміз не?

6. Гелиографиялық ендіу дегеніміз не?
7. Күннің құрылысын сипаттап беріңіз.
8. Күн ішіндегі конвекция дегенміз не?
9. Күн радиосәулелерінің ерекшелігі қандай?
10. Күннің сыртқы қабаттарына сипаттама беріңіз.
11. Күннің фотосфера, хромосфера қабаттарының физикалық сипаттамасын айтыңыз.
12. Күн тәжі деп қандай құбылысты айтамыз?
13. Күннің ішкі құрылымын түсіндіріңіз.
14. Масса дефектісі дегеніміз не?
15. Ядролық реакциялар зонасы деп қандай аймақты айтамыз?
16. Энергияның сәуле түрінде таралу аймағы?
17. Күн активтігінің көріністерін айтыңыз.
18. Күн дақтары қандай құралдар арқылы бақылауға болады.
19. Факелдер және флоккулдар деп...?

#### **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