

## Астрофотометрия

### Кіріспе

Астрономияның негізгі зерттеу әдісі – бақылау. Бақылаулар негізінен түрлі телескоптар көмегімен жүргізіледі. Оптикалық диапазоннан тыс электромагниттік сәулелерді тіркеу, спектралдық талдау, фотосуретке және бейнетаспаға түсіру, электронды есептегіш машиналарды пайдалану бақылау жүргізудің және оны сараптаудың мүмкіндіктерін едәуір кеңейтті. Ғарышкерліктің дамуына байланысты астрономияда тәжірибе жасау мүмкіндігі пайда болды. Ғарыш кемелері мен жасанды жер серіктері көмегімен астрономдар Әлемді зерттеудің жаңа деңгейіне көтерілді. Күн жүйесін зерттеуде планетааралық ғарыш кемелерін қолдану астрономияда көптеген жаңалықтар ашуға мүмкіндік берді. Аспан денелерін зерттеудің тағы бір жолы – жерге түсіп жатқан ғарыш сәулелері мен метеориттерді зерттеу.

Астрономияны қолданатын мәліметтер сипатына байланысты негізінен үш бөлікке бөледі: астрометрия, аспан механикасы және астрофизика.

Астрометрия аспан денелерінің көрінетін орнын және қозғалысын, Жердің айналуын өлшеудің теориялық және техникалық әдістерін табумен, оларды математикалық өңдеудің тәсілдерін шығарумен және ары қарай жетілдірумен айналысады. Астрометрия аспан координаттар жүйелерін тағайындау, Жердің айналуын мейлінше толық сипаттайтын параметрлер жиынын табу, астрономиялық бақылаулар негізінде дәл уақытты анықтау (уақыт қызметі), күнтізбе құру, жер бетінің географиялық координаттарын бақылаулар негізінде дәл анықтау сияқты маңызды мәселелермен айналысады. Астрометрияны негізінен уақыт өлшеу жүйелері және аспан денелерінің көрінетін орны мен қозғалысын анықтаудың математикалық әдістерімен айналысатын «Сфералық астрономия» және бақылаулар мен астрономиялық құрылғыларды жасау теориясымен айналысатын «Практикалық астрономия» деп аталатын екі бөлікке бөлуге болады.

Астрофизика – аспан объектілерінің құрылымын, физиктік қасиеттері мен химиялық құрамын зерттейді. Ол 2 – ге бөлінеді.

- а) практикалық Астрофизика – астрофизика зерттеулердің практикалық әдеттері, оларға сәйкес аспандар мен құрылғылар зерттеледі. (бақылау нәтижесін өңдеу).
- б) Теориялық Астрофизика – физика заңдарына сәйкес бақылауларын құбылыстар түсіндіріледі. (олардың нәтижелері).

Астрофизика аспан денелерінің физикалық табиғатын зерттейді. Осы кезде аспан денелері жайында толып жатқан қызық мәліметтер жиналды. Мысалы, Күннің, планетаның, тіпті жұлдыздардың да атмосферасынды қандай элементтер бар, тіпті қандай мөлшерде бар деген сұрауларға сенімді жауап алуға болады.

Күннен, жұлдыздырдан, тұмандықтардан шығып тараған сәулелер (электромагниттік толқындар) мен бөлшектер ұдайы Жерге түсіп, біздің көзімізге, құралдарымызға әсер етеді. Алыстағы жұлдыздардан келетін сәулелердің энергиясы өте аз. Сонда да осы аспан денелерінен бізге хабар әкелетін жарық *толқындары* мен *бөлшектерді* талдау арқылы, біз олардың физикалық табиғатын зерттеп біле аламыз, өйткені толқындар мен бөлшектерді заттың атомдары мен молекулалары шығарады. Ал, Жердегі лабораторияда істелген зерттеулерден, атомдар мен молекулалар қандай күйде, қандай толқындар мен бөлшектерді шығара алатыны және жұта алатыны бізге белгілі.

Жер бетінде адам шам, электр лампысы, электр доғасы сияқты жарық көздерін жасағанмен олардың шығаратын жарығының құрамы дәл күндікіндей емес. Бірақ, соңғы жылдарда адам баласы дәл Күннен еліп түсетін жарықтың құрамындай жарықты қолдан шығарып алатын болды. Мысалы, ядролық реакциялар кезінде шығатын жарықтың күштілігі де, құрамы да Күннің және жұлдыздардың шығаратын жарығындай.

Күннен, жұлдыздардан келетін космостық сәуледегі бөлшектердің энергиясындай энергиясы бар протон, нейтрон т.т. деген бөлшектерді ғалымдар синхротрон, синхрофазотрон деген үдеткіш машиналар арқылы шығарып алатын болды.

Ал, соңғы жылдарда ғана радиотелескоп арқылы қабылдап зерттей бастаған, аспан денелерінің шығаратын радиотолқындары сияқты, толқындарды ғалымдар (Герц, Попов т.т.) әлдеқашан жер бетінде құралдар арқылы қолдан шығарып, олармен тұрмыста пайдаланып жүрміз.

Осының бәрі аспан денелерінің қасиеті Жердегі өзімізге таныс заттардың қасиетіне ұқсас екендігін және жердегі заттарда болатын сияқты процесстер аспан денелерінде де болатынын дәлелдейді. Ендеше Жердегі тағайындалған заңдылықтарды аспан денелеріне де қолдануға болады.

Табиғаттағы заттардың таңғажайып қызық, өзара байланысты қасиеттерін талдап білу арқылы, әлемнің *материялық бірлігіне* көзіміз жетеді.

Астрофизиканың ең күшті әдісі сәулені талдау, яғни *спектрлік анализ* деуге болады. Шексіз әлемнің сондай алыс түкпірлеріндегі аспан денелерінен келген болымсыз аз сәулені талдау арқылы ол денеде қандай элементтер бар екенін, оның температурасын, ол дененің қозғалыс жылдамдығын т.т. ақиқат біле алу – адам баласының дарынды ойының, оның шебер қолының әлемді танудағы тамаша мүмкіндіктерінің шексіз екендігін

дәлелдейді. Әлем жөніндегі білімді молайтып, тереңдетуде адамның толып жатқан таңғажайып табыстарының бірі фотографияның маңызы да осы кезде өте үлкен болды. Телескоп пен фотографияның бірлескен көмегінің арқасында жарық миллиондаған жылдарда жүріп келетін қашық объектілер де бар екенін білдік. Ғылым мен техника өскен сайын алыстағы ірі объектілерді (макрокосмосты), жақындағы ұсақ (микро) объектілерді тереңірек танып біле алатын болып келеміз.

**118 Астрономиялық обсерваториялар.** Аспан денелерін бақылап зерттеу үшін арналған мекемені *обсерватория* деп атайды. Осы кездегі үлкен обсерваторияларда аспан шырақтарының орнын анықтайтын аспан (меридиан дөңгелек), олардың физикалық табиғатын зерттейтін аспаптар (рефрактор, рефлектор, спектрограф, фотометр т.т.) және уақыт қызметін атқару үшін арналған пассаждық аспап, сағаттар, хронометрлер болады.

Әр телескоп жеке-жеке, төбесі киіз үйдің төбесіндей күмбез болып келген мұнаралардың ішінде орнатылады. Күмбезді бақылау кезінде ашып қоятын, оның төбесінен іргесіне дейін жететін есігі бар. Күмбезді айналдырып тұруға болады, сондықтан әлгі есікті қалауымызша кезкелген жаққа қаратып, аспанның кезкелген жеріндегі шыраққа телескопты бағыттауға болады. Кейбір күмбездерді бақылау кезінде қақ жарыла ашылатын етіп те жасайды.

Әдетте обсерваторияны қала сыртындағы шаң-тозаң, түтін бармайтын ауасы таза және аспан түгел көрінетін жерге орнатады.

Телескоптар шықпастан бұрын да обсерваториялар салына бастағанды. Орта ғасырлардағы ең ірі тамаша обсерваториялардың бірі Самарқандағы Ұлұқбек (XV ғасырдың бірінші жартысында) салдырған обсерватория болды.

Дүниедегі ірі обсерваториялардың бірі 1839 жылы салынған Ленинград түбіндегі Пулков обсерваториясы (бірінші директоры академик В.Я.Струве). Бұл өзінің істеген жұмысының ғылыми құндылығының арқасында «дүниенің астрономиялық астанасы» деген атаққа ие болып, бұдан шетелдердің ғалымдары да келіп іс үйреніп кететін-ді. 1941 жылы фашистер бұзып кеткен осы обсерватория 1954 жылы қайта салынып бітті.

Москвада, Ташкентте, Кавказда, харьковта, Киевте, Одессада, Алматыда т.т. СССРдің қалаларында ірі обсерваториялар бар.

Алматы астрономиялық обсерваториясы, ірі астро-физик академик В.Г.Фесенковтың басқаруымен соғыстан кейінгі жылдарда салынып бітті. Обсерватория Алматының оңтүстік жағында, қаладан 10 км жерде, Алатаудың балағында, жотаның басында, төңірегі сұлу бау-бақшалы жерде тұр (56-сурет).

Обсерваторияда Максудовтың телескопы, бірнеше рефракторлар, коронограф, планетарий бар. Максудов телескопы арқылы аспан объектиілерін фоторграфиялап ол бақылауларға сүйеніп академик Фесенков басқарған коллектив, жұлдыздардың пайда болуы, дамуы жайындағы тағы басқа құнды мәселелерді зерттейді.

Обсерватория мектеп оқушыларын, студенттерді экскурсия арқылы астрономия ғылымының практикасымен, оның жетістіктерімен ұдайы таныстырып тұрады. Әсіресе, табиғаттың жазғытұрым жаңарған мезгілінде, май айында обсерваторияға экскурсияға бару қызғылықты.

Бұл обсерваторияның теңіз бетінен биіктігі 1450 м, географиялық бойлығы 5 сағат 07 минут 51 секунд, ендігі  $43^{\circ}10',5$ .

**107 Телескоптар.** Галлилей бірінші рет өзінің қолдан жасаған телескопын (51-сурет) аспанға қаратқан күннен бастап, әлемді зерттеудегі ең күшті құрал *телескоп* болды. Дүниені танытатын ең маңызды мүшеміз – көзіміз болса, телескоп көзіміздің қырағылығын мың еселеп арттырып алыстағы аспан денелерін мың еселеп жақын көрсететін болды.

Алғашқы кезде телескоп тек көзбен көру үшін қолданылатын болды да, бірте-бірте түрлі мақсаттарды шешу үшін телескопқа әртүрлі аспап-саймандар қоса тіркелетін болып, жай көзбен қараудың маңызы жоғалып келеді. Біздің көзімізде телескоп – спектроскоп, спектрограф, термоэлемент, фотоэлемент, фотокамера сияқты құралдармен жабдықталып сезгіштігі әлденеше арттырылып, күшейді.

Телескоптар бұрыш өлшейтін дөңгелектермен, микрометрмен жабдықталып, өзі сағат механизмінің жәрдемімен (не электромотормен) автоматты түрде қозғалатын, салмағы бірнеше тонна болатын ірі қондырғыға айналды. Осылай аспан денелерін зерттейтін құралдар да күнен күнге механизацияланып келеді.

Ең алдымен телескоп *рефрактор* (линзалы телескоп) және *рефлектор* (айналы телескоп) деп екі түрге бөлінеді.

Рефрактордың (сөз түбірі «сыну» деген) негізгі бөлігі линза шыны болады да, ол шырақтың бір нүктесінен шығып келіп өзіне түскен сәулелерді сындыру арқылы бір нүктеге жинайды. Телескоптағы линзаның міндеті аспан денесінің не басқа бір нәрсенің суретін (кескінін) түсіріп беру. Ол сурет нәрсенің қашықтығына байланысты линзадан айрықша біржерге үседі. Өте (шексіз) қашықтықта тұрған нәрсенің кескіні түсетін нүктені линзаның *фокусы* дейді.

Рефлектордың (сөз түбірі «шағылысу» деген) негізгі бөлігі ойыс айна болады да, ол сәулені шағылыстыру арқылы жинап нәрсенің кескінін түсіріп береді.

Айналы телескопты ең алғаш 1668 жылы жасап шығарған Ньютон еді.

Телескоптарды, оны ойлап шығарған ғалымдардың атына қарай дабөледі; мысалы: Галилей, Кеплер, Ньютон, Гершель, Ломоносов, Максудов телескопы деп бөледі.

Ең алдымен қай телескоп болса да қойылатын басты талап – ол кескінді бұзбай, нәрсенің өзіне ұқсас қылып, айқын түсіріп беру керек.

Онан соң әр телескоптың: үлкейтуі, жарық күші, көру өрісі, ажыратқыш қабілеті деген сияқты басты сипаттамалары бар.

Жиі қолданылатын рефрактор – Кеплер телескопы (астрономиялық труба) екі жинағыш линзадан тұрады: нәрсе жақтағысы объектив, көз жақтағысы окуляр. Аспан денесінің кескіні объективтің фокусына (фокаль жазықтығына) келіп түседі де оны окуляр арқылы үлкейтіп қарайды. Кескін аударылған болады, бірақ аспан денесін қарауда бұдан келіп кетер қате жоқ.

Айналы телескоптың кескінді түсіріп беретін ең маңызды бөлігі – объективті ойыс айна болады. Мұнда да кескінді рефрактордағы сияқты әрі қарай окулярмен қарайды.

Телескоптың үлкейтуі объективтің фокус аралығымен окулярдың фокус аралығының қатнасына тең. Кескін неғұрлым үлкен болу үшін объектив ұзын фокусты, окуляр қысқа фокусты болуы керек.

Кескінді үлкейтумен қатар объектив ол кескінді көмескі емес, неғұрлым айқын түсіріп беру керек. Ал, объектив кескінге жарықты көп жинау үшін, оның ауданы (диаметрі) үлкен болу керек және фокус аралығы аз болу керек. Аспан денелері өте қашықта болғандықтан олардың кескіні объективтің фокусына түседі. Диаметрлері бірдей болған күнде, фокус аралығы аз болатын объектив арқылы түсетін кескін кішірек болады да, оның жарықтығы күштірек, өйткені мұнда жалпы жарық ағыны кішкене ауданға келеді.

Сондықтан *жарық күші* деп объектив диаметрі мен оның фокус аралығының қатнасын айтады. Телескоптың *ажыратқыш қабілеті* дегеніміз де объективтің диаметріне байланысты, неғұрлым диаметр үлкен болса, соғұрлым аспан денесінің бетіндегі ұсақ егжей-тегжейлері анығырақ көрінеді.

Телескоппен қарағандағы аспанның көрінетін аймағын *көру өрісі* деп атайды. Бұл объективтің фокус аралығына кері пропорционал, сондықтан телескоптың үлкейтуі күшті болған сайын, көру өрісі кішірейе береді. Мысалы: 30 есе үлкейтіп қарағанда Ай беті көру өрісіне түгел сыйып көрінеді, ал 100 есе үлкейтіп қарағанда Ай бетінің тек бір бөлігі ғана сыяды, бірақ енді егжей-тегжейі көбірек көрінеді.

Рефрактор мен рефлектор бір-бірімен ежелден бәсекелесіп келеді. Рефракторда мынадай кемшіліктер бар: 1) мұнда жарық линзадан (объективтен) сынып өтетін

болғандықтан, әртүсті сәулелер әртүрлі сынады да, олар нағыз бір нүктеге жиналмайды, осының әсерінен кескіннің айнала жиегі әртүрлі түспен боялып көрінеді (хроматикалық абerrация); 2) жарық, әсіресе ультра-күлгін жарық объективте аздап жұтылады; 3) жарық күші аз; 4) рефрактордың трубасы ұзын болғандықтан ол аздап майысады.

Рефлекторда да кемшіліктер бар: 1) айнадан шағылысқан параллель сәулелер нағыз бір нүктеде жиналмайды: осыке жақын сәулелер айнадан қашығырақ нүктеде, ал шеткері сәулелер айнаға жақынырақ жерде жингалады (сфералық абerrация). Бұл кемшілік линзада да байқалады. Мұның нәтижесінде шырақтың кескіні бұлдырап, бұзылып көрінеді; 2) айна оңай майысқақ болады да оның дәнекері (күміс қабаты) бәрдәуір уақыттан соң күңгірттен бастайды; 3) айналы телескоптың трубасы ашық.

Айналы телескоптың артықшылығы: оның трубасы онша қзын болмайды. Мұнда сәуле сынбайды, шағылысады, сондықтан хроматикалық абerrация атымен болмайды; жарықкүші үлкен болады. Линзаға қарағанда айнаны жасау оңай, себебі айнаның бір ғана шағылыстыратын бетін тегістеп, жөндеу керек, ал линзаның екі бетін тегістеу керек.

Бірақ дәл өлшеу жұмыстарында айналы телескоп ыңғайсыз, өйткені айна аз ғана бұрышқа ығысатын болса, шағылысқан жарық екі есе үлкен бұрышқа бұрылады.

Сонымен осы кезде астрофизикалық зерттеулер үшін үлкен рефлектор, ал дәл астрометриялық жұмыстар үшін рефрактор қолданылады.

**Д.Д.Максудов телескопы.** 1941 жылы совет ғалымы Д.Д.Максудов айналы-линзалы телескоптың бір жетілген түрін ойлап шығарды. Айналы және линзалы телескоптарға тән негізгі кемшіліктер мұнда жоқ. Мұның негізгі бөлігі сфералық айна мен оның алдына қойылған жұқа ойыс дөңес линза. Айна параллель сәулелерді бір нүктеге жинай алмайтынын білеміз. Максудов, айнаның алдына абerrациясы дәл айнаныкіндей, бірақ кері (минус) таңбалы жұқа ойыс дөңес линза қойып, бұл кемшілікті жойды. Линза жұқа болғандықтан оның хроматикалық абerrациясы да жоққа тән. Осындай айнамен тиісті линзаны біріктіру арқылы абerrацияның бәрінен де адагерлік телескоп жасалды. Осының арқасында бұл телескоп аспан шырақтарының кескінін өте таза, айқын етіп түсіреді.

Бұл телескоптың тағы бір артықшылығы барлық беттер сфера беттері болғандықтан жасалуы оңай. Телескоптың трубасы жабық және өзі онша ұзын емес.

Айнасының диаметрі 67 см осындай менискалы телескоп Алматының жанындағы обсерваторияда орнатылған.

**Бинокль және дүрбі.** Ел арасында көп тараған телескоптың бір түрі кәдімгі бинокль. Оның бір түрі театрлық бинокль. Мұның объективі жигағыш, окуляры шашыратқыш линза, сондықтан бұл Галилей телескопына жатады.

Бинокль арқылы недәуір құнды бақылаулар жүргізуге болады: Айдың бетін (жартыкеш Ай кезінде), қос жұлдыздарды, айнымалы жұлдыздарды, Үркер жұлдыз шоғырын т.т. бақылауды Айсыз, ашық түндірде жүргізу керек, және бинокльды қолға ұстап тұрмай, тиянаққа орнату керек. Бинокльмен түнде аспанның кез-келген жеріне қарасақ жай көзбен қарағаннан анағұрлым көп жұлдыз көреміз. Жақсы бинокльмен Айға қарағанда оның бүйірі шығып, шар екендігі айқын көрінеді.

Кеплер телескопы күшті үлкейтумен қатар нәрсені аударып көрсетеді, бірақ аспан денесін қарауда ол қолайсыз болмайды, ал Жер бетіндегі нәрсені қарау үшін, әрине

ыңғайсыз, себебі, нәрсенің басы төмен қарап тұрады; сондықтан кескінді тағы бір аударып, нәрсені туура көрсететін бір линза қосып, Кеплер телескопые жер бетіндегі нәрсені қарауға ыңғайлап жасайды. Кеплер телескопының мұндай түрі бұрын «түрікпе салып» қарауыл қарауда, аң қарайтын мерегендерде болды. Ел оны «дүрбі-түрікпе» деп атады.



1 сурет - Кеплер телескопы

**Радиоастрономия.** Аспанды зерттеу әдістері жетіле келе мынадай жағдай байқалды: аспан денелері – Күн, Ай, алыстағы галактикалар, жұлдыздар арасындағы газдар көзге көрінетін сәулелерден басқа да, электромагниттік толқындарды (радиотолқындарды) шығарып таратады екен. Соңғы жылдарда аспан денелерінен келетін радио сәулелерін зерттейтін астрономияның жаңа бөлімі *радиоастрономия* пайда болды.

Жер атмосферасынан электромагниттік толқындардың бәәрі бірдей өте алмайды. Атмосферада екі «терезе» бар: оның бірі «оптикалық терезе», бұл арқылы көрінетін сәулелер, оған жақын ультра-күлгін сәулелер және инфра-қызыл сәулелердің бір бөлігі өтеді: екіншісі космостық радиотолқындарды өткізетін «радиотерезе».

Осы «радиотерезе» арқылы 8 мм-ден 20 м-ге дейінгі толқындар өтіп Жер бетіне жете алады.

Космостық радиосәулелерді қабылдау үшін арналған құралды *радиотелескоп* деп атайды. Радиотелескоптың негізгі бөліктеері антенна мен қабылдауыштар.

Радиотелескоптың да жұмысының негізі кәәдімгі телескоптіікі сияққтты. Келген сәулені антенна жинап алады да қабылдауышқа жіібереді.

**Күн телескопы.** Күнді зерттеейтін құралдарды өзіне тән ерекшеліктері бар Күн спектрінің фота суретін түсіру үшін спектірографтыокуляр орнына телескопқа бұраптіркеп қояды.

Күн телескопының трубасы қозғалмай не горизонталь не вертикаль (мұнарлы телескоп) тұрады .

Күн жарығын ондай телескопқа ц е л о с т а т деген құрал арқылы түсіріп тұрады. Мұның негізгі бөлігі, дүние осінепараллель ості айналып тұратынжазық айна (58-сурет ) . Айнаның осі өзінің жазықтығында жатады да, өзі сағаттық механнизммен айналып бір оборотты 24сағат емес , 48сағатта жасайды, яғыни Күннен екі есе ақырын жүреді, сондықтан одан шағылысқан сәуле бұрылмай үнемібір бағытпен (екінші қозғалмайтын айна арқылы )телескопқа түседі де тұрады. Телескоп олсәулені не спекрогафқа ,не фотография аппаратына т.түсіреді

**Күн спектрі және оның атмосферасының құрылысы.** Күннің және жұлдыздардың спектрі жұтылу спектріне жатады. Бұл тұтас спектрмен сызықша спектрдің қос қабатталуынан болған: жарқыраған тұтас спектрдің жүзі толып жатқан көлденең қоңыр сызықтармен айғыздалған. Бұл сызықтарды алғашқы (1815 ж.) зерттеген Фраунгофер сызықтары деп атап, олардың өте айқындарын латын әріптерімен (А,В ... деп) белгілейді.

Күн спектрінің қалай пайда болуын 1858 жылы Кирхгоф (115) түсіндірді. Мынадай тәжірбиені қарастыраық. Электр доғасы тұтас спектр береді. Енді тұтас спектр беретін доға жарығын натрий буы арқылы өткізіп қарасақ, қабаттасқан әрі тұтас спектрді, әрі сызықша спектрді (жұтылған спектрді) көреміз, бірақ енді натрий сызықтары ашық емес, қараңғы болып көрінеді. Себебі, газ (натрий буы) өз жиілігі қандай сәулелерді шығара алатын болса, соларды жұтады (Кирхгоф заңы).

Егер Күн атмосферасы жоқ болса, онда фотосферадан келген жарық тұтас спектр берер еді. Себебі, фотосфера күшті қысым мен жоғары температура жағдайындағы иондалған газдардан тұрады. Бірақ фотосфераны қоршаған күн атмосферасы бар, ол да



қызған, сонда да ол төмендеу температурадағы, газдардан тұрады, сондықтан мұндағы әр газ өзі шығара алатын сәулелерді жұтып қалады, сөйтіп спектрде пайда болған қараңғы сызықтарды көреміз.

Бұл сызықтардың ішінде натрийдің екі сары сызығы бар, ендеше Күн атмосферасында натрий да бар. Күн спектріндегі сызықтарды жердегі белгілі элементтердің сызықтарымен салыстыра келгенде осы кездегі Жердегі бар элементтің қазір алпыс алтысы күн бетінде бар екені дәлелденді. Ал Жердегіден бөтен элемент Күнде де кездескен жоқ. Осының бәрі әлемнің материалдық бірлігін дәлелдейді.

Күн атмосферасында сутегі (көлемі 81%), одан кейін гелий (18%) бәрінен де көп екен. Гелий Күнде көп болғандықтан оның сары сызығы ә дегеннен оңай көзге түсіп, 1868 жылы әуелі Күн бетінде бұрын ашылды. 27 жылдан соң гелий Жерден де табылды.

Күн атмосферасын үш қабатқа бөледі, олар: айналдырушы қабат, хромосфера және таж (57-сурет).

*Айналдырушы қабат* фотосфераға ең жақын қабат. Күн спектріндегі қоңыр сызықтардың көбі осы қабатта пайда болады. Энергияны жұтып жарық сызықтарды қоңыр сызықтарға айналдыратын болғандықтан бұл қабат осылай аталған. Күннің толық тұтылуы кезінде Айдың қараңғы денесі жарқыраған фотосфераның бетін перделеген кезде, жарық енді Күн атмосферасынан ғана келеді де, манағы қоңыр сызықтар жарқырап шыға келеді.

Келесі қабат *хромосфераның* (түсті сфераның) түсі ашық қызыл болғандықтан ол солай аталған. Ол Күннің толық тұтылуы кезінде жіңішке алқызыл сақина сияқты Ай денесін жиектей көрініп тұрады. Бұл қабатта сутегі мен иондалған кальций көп. Телескоппен қарағанда бұл қабаттың үстіңгі беті ұдайы толықсып, сансыз көп жалын шудалары жоғары шапшып, ұйытқып араласып жатады.

Хромосфераның кейбір «тілдей» жалындары оның бетінен шапшып көп жоғары көтеріледі, бұл атылып шыққан материяның қызған массасын *протуберанц* деп атайды. Олардың кейбіреуі миллион километрге дейін күн бетінен көтеріліп бара алады. Мысалы, 1946 жылы 4 июньде бір протуберанц 1680000 км-ге көтерілді, протуберанцдағы заттың қозғалыс жылдамдығы жүздеген километрге жетеді. Оны спектро-гелиокинематограф деген құрал арқылы түсіріп бақылайды. Протуберанцтардың әртүрлері бар екені байқалады. Күн бетінің кей жерлерінде көбінесе дақтардың маңында *факел* деп аталатын (фотосфераның өзге жерінен гөрі жарығырақ) бұлттар байқалады. Факелдер, дақтардай емес, Күн бетінің ыстығырақ жерлері.

Күн атмосферасының ең сыртқы қабатын *Күн тажы* деп атайды. Күннің тұтылуы кезінде бұл қабат маржандай нәзік, күмістей жалтырап Күннің жан-жағынан құлақтанып көрініп тұрады.

Спектріне қарағанда Күн тажы өте сирек газдар мен еркін электрондардан тұрады, ал оның ең сыртқы қабаттары қатты тозақ бөлшектерден тұратын болу керек.

Күн тажының фотосуретін коронограф деген құрал арқылы өте-мөте Күннің толық тұтылуы кезінде жақсы түсіруге болады. Совет ғалымдары жасаған коронографтармен жабдықталған соңғы жылдар Алматы Алабауының басында 2600 метр биікте Жасылкөлдің жағасында, Күнді зерттейтін таж станциясы жасалды.

**Астрофотометрия.** Астрофизиканың бір маңызды тәсілі *астрофотометрия*, яғни аспан шырақтарының шығаратын сәулелерін (радиациясын) өлшеу. Осы мақсат үшін қолданылатын құралдарды *фотометрлер* дейді.

Фотометрлердің сәулені қабылдайтын негізгі бөліктері: фотопластинка, фотоэлемент, термоэлемент, болометр.

Сәуле қабылдағыштың бір түрі өзіміздің көзіміз.

Көз, фотопластинка, фотоэлемент жиілігі әртүрлі сәулелерді бірдей сезбей, тек оларды екшеп, сезеді. Көз өте-мөте сары (толқын ұзындығы 0,55 микрон) сәулелерді жақсы сезеді. Кәдімгі фотопластинка өте-мөте күлгін (толқын ұзындығы 0,45 микрон) сәулелерді сезгіш.

Бірақ осы кезде, көз атымен сезбейтін инфрақызыл  $\lambda = 12000 \text{ \AA}$  сәулелерді сезетін пластинкалар бар.

Ал, термоэлемент пен болометр әртүсті сәулелерді бірдей сезеді.

Аспан шырағынан келген жарықтың көзіміздің тор қабыршағын жарықтандыруын осы кезде *жалтырау* деп атайтын болды.

Ертедегі аспанды бақылаушылар жай көзбен қарап аспандағы барлық жұлдыздарды жалтырауына қарай 6 шамаға бөлген. Дәл өлшеулер жүргізіп қарағанда осылай бөлуде математикалық негіз бар болып шықты: 1-шамадағы жұлдыз 2-шамадағыдан 2,5 есе (дәлірек алғанда, 2,512 есе) жарығырақ, 2-шамадағы 3-шамадағыдан әлгіндей есе жарығырақ болады екен. Мысалы, Темірқазық жұлдызы және Жетіқарақшының жеті жұлдызының алтауы 2-шамадағы, ал Арктур бірінші шамадағы жұлдыз болып саналады.

Сонымен жұлдыздар өзінің жалтырауымен және жұлдыздық шамасымен сипатталатын болды.

Фотометрлердің кейбір түрлерін қарастырайық. *Жарық қабылдаушы* – көз (теңгеру фотометрі). Бұл фотометрде бақылаушы трубадан қарап жалтырауын өлшегелі отырған

жұлдызбен қатар, жанып тұрған электр лампасының кішкене қылын – «салыстыру жұлдызын да» көреді. Бақылаушы бұл жасанды жұлдыздың жарықтығын нашарлатып отырып, әлгі өлшегелі отырған жұлдыздыкімен теңгереді. Неше есе нашарлатқаны белгілі болады; ендеше осыған сүйеніп әлгі жұлдыздың жалтырауын де есептеп шығарады. Фотометрияда көзбен бақылаудың маңызы төмендеп, оны күннен күнге механикаландырып келеді.

*Жарыққабылдаушы – фотопластинка.* Осы кезде фотографиялық фотометрия көп қолданылады. Неғұрлым жұлдыз жарығырақ болған сайын, солғұрлым фотографиялық негативтерде оның дөңгелекше кескінінің диаметрі үлкендеу болады және ол кескін солғұрлым қараңғылау болады. Сонда, жұлдыздың жалтырауын дөңгелекшенің диаметрін өлшеу арқылы да, қараюының дәрежесін өлшеу арқылы да есептеп шығаруға болады.

Мұндай әдіспен Күн атмосферасы, тұмандық сияқты аумақты объектілердің жалтырауын анықтаумен қабат, олардың әр жеріндегі заттардың қалай таралуын да анықтауға болады. Пластинканың қараюының дәрежесін өлшейтін құралды *микрофотометр* дейді. Жарық қабылдағышы *термоэлемент* не *фотоэлемент* болатын фотометрлер де астрономияда жаппай тарап келеді. Аспан денесінен келген жарық тесікше терезеден өтіп, не термоэлементке не фотоэлементке түсіп, электр тогын (термо не фототок) туғызады. Бұл токты өлшеу арқылы жарықтың энергиясын анықтауға болады.

Мұндай құралдар өте сезімтал және бақылаушы адамға тәуелді емес. Соңғы жылдарда шыққан электрондық фотокөбейткіш деген құралдар арқылы фотоэлемент сезбейтін өте бәсең жарықты да өлшеуге мүмкіндік туды.

*Болометр* – бұл да түскен жарықтың энергиясын өлшейтін құрал. Мұнда түскен жарықтың жылуының әсерінен қарайтылған металл пластинкасының кедергісі өзгереді, сондықтан ондағы ток күші өзгереді. Токтың күші бойынша жарық энергиясын есептеп шығарады. Болометрдің пластинкасын спектрдің әр жеріне қойып, әртүрлі сәуленің энергиясын жеке-жеке өлшеуге де болады.

Аспан денелерінің радиацияланған фотометриялық бақылаулар арқылы өлшегенде физикадағы сәуле шығару (Стефан-Больцман т.т.) заңдары көп қолданылады.

**Спектрлік анализ.** Аспан денелерінен келетін сәулелерді талдап тексергенде, олардың құрамы өте күрделі екендігі ашылды. Ол сәулелер толқын ұзындықтары нешетүрлі электромагниттік толқындардың жинағы екен: оның ішінде ұзын толқынды радиотолқындары, инфрақызыл сәуле, көзге көрінетін ақ сәуле, қысқа толқынды ультракүлгін сәулелер бар.

Біздің көзімізге көрінетін ақ жарық толқын ұзындығы микронның 0,4 (микрон-0,001) нен бастап 0,8 болатын жай (монохромат) сәулелердің жинағы.

Кұранды (күрделі) жарықты жай (кұраушы) сәулелерге жіктейтін құралдар шыны призма (кейде кварц призма), не дифракциялық решетка болады.

Егер құранды ақ жарықты шыны призмаға түсірсек, оны құрайтын жай сәулелердің шыны ішіндегі жылдамдығы әртүрлі болғандықтан, олар әртүрлі болып сынады да, жолындағы экран бетіне барып түскенде, бәрі экранның бір нүктесіне беттесіп түспейді, жіктеліп қатар-қатар түседі. Ал толқын ұзындығы әр түрлі сәулелер біздің көзімізге әртүрлі түсті болып көрінеді (егер  $\lambda = 0.7$  микрон болса қызыл түсті болып), сондықтан экран бетіндегі әлгі әр түрлі жай сәулелер жіктеліп түскен жерде әртүсті жолақтарды – *спектрді* көреміз.

Күрделі жарықты жай жарықтарға жіктеу арқылы оның құрамын зерттеуді *спектрлік анализ* дейді.

Егер құрал спектрді тек көзбен окуляр арқылы көріп бақылау үшін арналған болса, онда *спектроскоп*, ал спектрді фотографиялау үшін арналған болса, онда *спектрограф* дейді. Бұлардың құрылысы бірдей, тек спектрограф болғанда спектрдің суреті түсетін жерге фотопластинка қойылады.

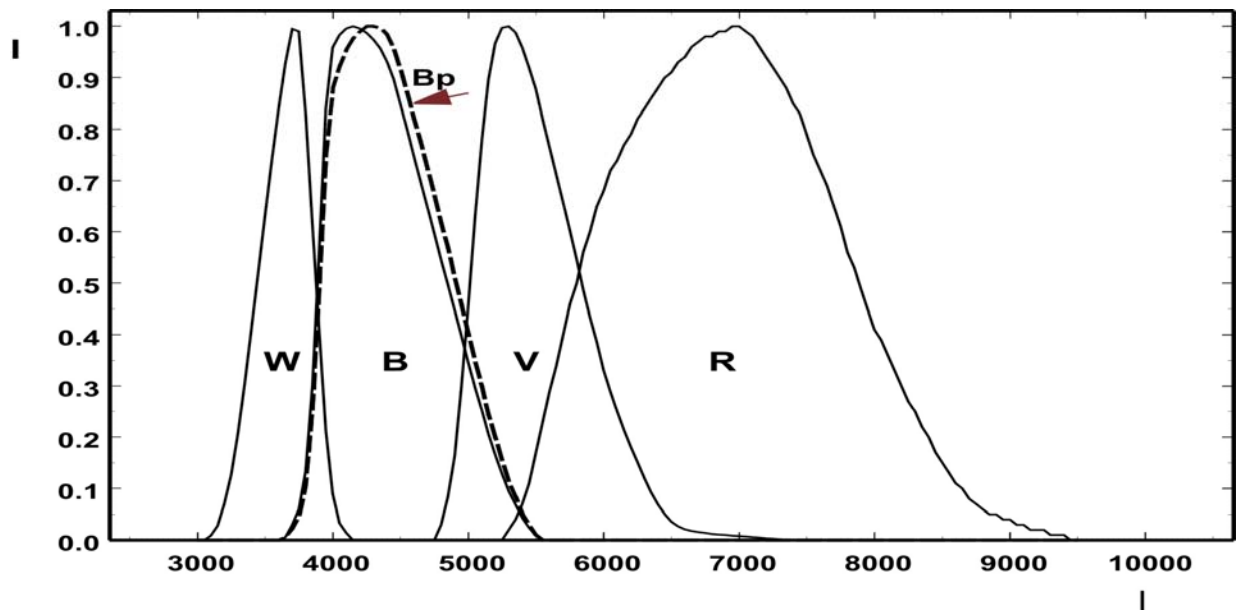
Аспан денесінен келетін жарықтың спектрін түсіру үшін спектрограф пен телескопты, аспан денесінің кескіні спектрографтың саңлауына дәл келетіндей етіп біріктіреді.

**Спектрдің түрлері.** Заттың күйіне қарай және оның қандай жағдайда тұруына қарай спектрдің негізгі үш түрі болады. *Тұтас* не *үздіксіз* спектр бірімен бірі жалғасып жатқан әр түсті жолақтардың бірінің жинағы. Мұндай спектрді қызған күйдегі қатты, сұйық заттың бәрі де және үлкен қысым мен жоғары температура жағдайында молекулалары мен атомдары иондалған газдар береді.

Артүрлі фильт қолданып сауленің тұтас спектірінен аудандарды боліп флуға болады.

*Сызықша* немесе *жолақ* спектр дегеніміз қарңғы аралықпен бөлінген жеке-жеке әртүрлі ашық сызықтардан немесе жолақтардан тұрады. Мұндай спектрлерді сиретілген газдар мен булар, мысалы, қызған күйде не электр тогы өткен кезде береді.

*Жұтылу* спектрі дегеніміз үздіксіз спектр беретін жарық көзінің алдында салқындау газдар не булар тұрған кезде шығады. Мұның түрі көлденең қара сызықтармен айғыздалған тұтас спектр болады. Мұны газдар мен булар өздері арқылы өтетін жарықтың ішінен, өздері жиілігі қандай сәулелерді шығара алатын болса соларды жұтып қалады деген неміс физигі Кирхгоф заңы бойынша түсінуге болады.



2 сурет - WBVR фотометриялық жусе спектрлері.

Молекулалардың немесе олардың қосылыстарының спектрі бірқатар жалпақ жолақтардан тұрады; бұл жолақтардың әрқайсысы өте тығыз орналасқан сызықтар.

Газ не бу күйіндегі әрбір элементтің өзіне тән сызықша спектрі бар – сызықтың саны, түсі, орны, жарықтығы (интенсивтігі) әр элементікі әртүрлі. Мысалы, натрий буының спектрі толқын ұзындықтары  $\lambda_1 = 5890 \text{ \AA}$  және  $\lambda_2 = 5896 \text{ \AA}$  болатын қос сары сызықтан тұрады.

Спектр химиялық элементтің ең-таңбасы. Спектріне қарап бір элементті екінші элементтен оңай ажыратуға болады және әр элементтің спектрі белгілі болғандықтан жарық келіп тұрған зат қандай элементтерден құралғанын айыруға болады.

Күн мен жұлдыздар спектрі тұтылу спектріне жатады.

Жарықты шығаратын атом. Ендеше неғұрлым спектр сызықтары жарығырақ болса, солғұрлым ол сызықтарды шығаратын атомдар саны да көбірек болу керек, осыдан элементтің мөлшері қанша екенін де бағалап білуге болады.

Тәжірибенің көрсетуіне қарағанда газдың қысымы көбейген сайын, оның спектріндегі сызықтар жалпая береді және жаңадан сызықтар қосылады. Сөйтіп, спектріне қарап жұлдыз атмосферасындағы қысым туралы түсінік ала аламыз.

Температура күшейген кезде атомдар мен молекулалар иондалады. Ал мұндай күйдегі олардың шығаратын спектрі нормаль күйдегіден өзгеше. Ендеше спектрға қарап температураны да анықтауға болады.

Спектрдің түріне қарап аспан денелеріндегі электрлік және магниттік күштер туралы да мәліметтер алуға болады. Себебі, жарық пен электр және магнит құбылыстарының арасында байланыс бар екенін білеміз: егер жарық көзін күшті магнит өрісіне қойса, спектр сызықтары «жарықшақталады» – бір сызықтың орнына екі не үш сызық шығады (Зееман құбылысы), ал күшті электр өрісі болған кезде сызықтар жалпаяды.

**Доплер-Белопольский принципі.** Спектрді зерттеудің арқасында аспан денелерінің қозғалыс жылдамдығын айыратын бір күшті әдіс табылды. Мұның маңыздылығы тек осы әдіспен ғана сәулелік деп атайтын жылдамдықты, яғни шырақтың бізге қарай келе не бізден аулақ кетіп бара жатқандағы жылдамдығын анықтауға болады.

Бұл әдістің принципін прага математигі Допплер (1847ж.) өрнектеп, оны академик А. А. Белопольский (1900 ж.) тәжірибе арқылы дәлелдеп, аспан денесінің қозғалысын зерттеуге қолданды.

Бұл принцип бйынша екі (1 мен 2) жарық көзі жұлдыздар болсын дейік (55-сурет). Мұның екеуі де жиілігі бірдей монохромат сәулелер шығарады дейік. Сонда спектрлері бір-бір сызықтан ғана тұрады. Бізге қарағанда 1-жұлдыз қозғалмай тұр, ал 2-жұлдыз сәуле жөнімен, яғни бізге қарай, не бізден аулақ  $v$  жылдамдықпен қозғалып бара жатыр делік.

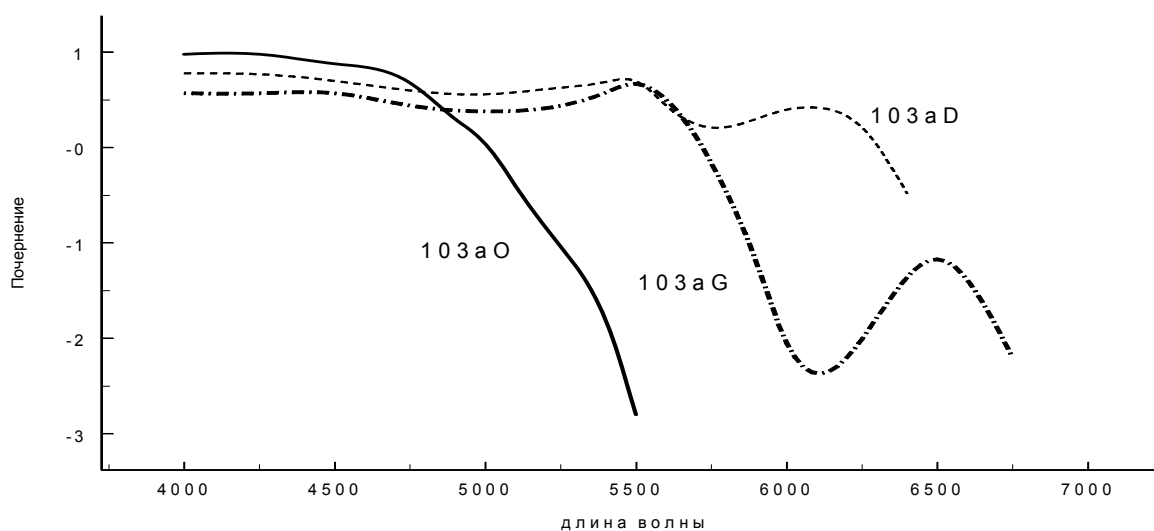
Қозғалмай тұрған жұлдыздың жарығының толқын ұзындығы  $\lambda$  болса, екінші жұлдыз қозғалғандықтан, оның жарығының толқын ұзындығы  $\lambda$  болмайды, одан өзгеріп  $\lambda_1$  болады. Себебі 2-жұлдыз бізге қарай қозғалып келе жатса, біздің көзімізге келіп жететін жарық толқыны тербелісінің саны артылады да, толқын ұзындығы кішірейеді (сызық спектрдің күлгін жақ шетіне қарай ығысады), ал жұлдыз қашықтап бара жатса, онда тербеліс жиілігі азайып толқын ұзындығы үлкейеді (сызық спектрдің қызыл шетіне қарай ығысады).

Неғұрлым 2-жұлдыздың жылдамдығы үлкен болса, солғұрлым әлгі толқын ұзындығының өзгеруі де көбірек. Спектрлердің фотосуреттерін салыстырып қарап осы өзгеріс бойынша жұлдыздың жылдамдығын анықтайды.

**Фотографияның астрономияда қолданылуы.** Фотография астрономияда осы кезде көпшілік жағдайда көзбен бақылауды ығыстырып . өте кең түрде қолданылатын болды.

Фотография телескоппен қосыла келгенде әлемді зерттеудегі тамаша сезгіш, қырағы құралдардың біреуі; фотографиялық әдіс ең құнды тәсілге жатады. Мұның себебі фотография пластинкасының тамаша құнды қасиеттері.

Біздің көзіміз де жарықты өте сезгіш, әсіресе көздің жарыққа икемділігі-ақ тамаша: 160 000 стильб болатын Күн бетінің күшті жарықтығында және одан  $2 \cdot 10^{15}$  есе нашар нәзік жарықтықты да көзіміз қабылдап сезе алады. Мысалы, біздің көзіміздің сезгіштігі сондай ол, жеті километр жерде тұрған кішкене май шамның өте бәсең жарығын да аңлай алады екен. Бірақ, осындай сезгіш мүшеге де тағатын кінә бар: біздің көзіміз жарықтың әсерін жинақтай алмайды, ал фотопластинка жарықәсерін жинақтай алады. Неғұрлым жарық көбірек уақыт әсер ететін болса, яғни неғұрлым экспозиция көп болса, солғұрлым жарықтың фотопластинкаға тигізетін әсері де (қарайтуы да) күштірек. Егер фотоаппараттың объективін түнде аспанға бірнеше секунд қаратып ашып қойсақ пластинкаға ең жарық деген жұлдыздар түседі, ал экспозицияны көбірек уақыт созсақ көп бәсең жұлдыздар түіседі. Ал біздің көзіміз көбірек уақыт қарап тұрса, қайта талығып алғашқы кездегіден аз жұлдыз көреді. Аспан денелерін фотографиялағанда экспозиция



2 сурет – Кодак фирмасы шығаратын фотопластиналардың сезімділік спектрі

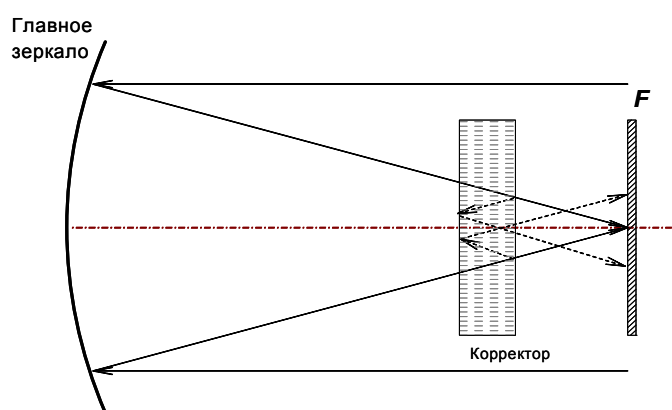
бірнеше сағатқа, тіпті тәулікке де созылады Мұның нәтижесінде, қандай күшті телескоппен қарағанда да жай көзге көрінбейтін нашар жұлдыздардың суреті түседі.

Пластинкада (негативте жұлдыздардың суреті, қаралық дәрежесі және үлкендігі әртүрлі нүктелер (дөңгелекшелер) түрінде болады. Қарусыз көз, не телескоп арқылы қарағанымызда бір уақытта айрықша бір жұлдызға қадала қарап, бірнеше жұлдыздарды бірінен соң бірін қарап шығамыз, ал фотопластинкада көп жұлдыздардың (аспанның бір бөлігінің ) суреті бірден қауырт түседі; астроном асықпай лабораторияда отырып әлгі пластинадағы барлық жұлдыздардың орындарын арнаулы құралдар арқылы дәлдеп өлшей алады.

Фотографиялық негативтер обсерваторияларда жиналып сақтаулы тұрады, оны «шыны библиотека» дейді. Осындай архивтен аспанның бір аймағының көп жылдар бұрынғы түрі болғанын оп-оңай білуге болады, оны аспанның осы кездегі түрімен салыстырып қандай өзгеріс болғанын біледі. Сүйтіп, фотопластинка әрі кеңістіктегі, әрі уақыттағы өзгерісті түсіріп ала алады.

Фотографияның тағы бір артықшылығы –адам көзіне әсер етпейтін инфра-қызыл және ультра –күлгін сәулелерді сезетін осы кезде пластинкалар шықты.

Кіші планеталар мен кометаларда бақылауды, жұлдыздардың салыстырмалы координаталарын, жылдық ауытқуын, меншікті қозғалыстарын, жалтырауының өзгерісін және спектрлік зерттеулердің көпшілігін т. т. фотографияға әдісі арқылы анықтайды.



3 сурет – фотопластинаны шағылу телескопына орнату.



4 сурет – шағылу телескопынан фотопластина арқылы алынған сурет.



**Фотосфера, гранулалар, дақтар.** Күннің көз қаратпайтын дөңгелек жүзін *фотосфера* (жарық сферасы) деп атайды. Фотосфера үздіксіз спектр береді.

Күшті телескоппен, не фотография әдісімен зерттегенде күн беті тегіс емес, түйір-түйір дән төгілгендей шұбар екенін көрсетеді. Бұл дән сияқты түйіршіктерді гранула дейді.

Жылдам түсіріп алған фотографиясына қарағанда гранулалар ұдайы қозғалып өзгеріп отырады екен. Сірә, бұлар Күннің түкпірінен бетіне қарай көтеріліп ағып келіп жатқан қызған газ массалары болк керек.

Кейде жай көзге де көрінетін Күн бетіндегі бір түзіліс *күн дақтары*. Қытай және орыс шежірешілері телескоп шықпастан бұрын Күн дақтарын көргенін жазып қалдырған. Себебі, үлкен дақтар қараңғы шыны арқылы, тіпті Күн батып бара жатқан кезде шынысыз да көрінеді.

Ескі орыс шежіресінде 1365 жылы аспанда «нышана» көрінеді: «Күн қып-қызыл болып қанталап тұрды, оның бетінде қарауытқан дақтар көрінді. Жаз ортасынан былай қарай ауада мұнар болды: ыстық, құрғақшылық күшті болып, ормандар өртеніп, өзендер суалып, көлдер құрғап, барлық адам қатты күйініп, зор қайғыға батты» – деп жазған. Шежіреші және сол кездегілердің көпшілігі елге келген бәленің – құрғақшылықтың нышаны күн дақтары болды деп ойлаған. Ал дұрысында олай емес, құрғақшылықтың әсерінен орман өрті көп болып, ауаны мұнар (түгін) қаптап, ол күннің жарығын әлсіретіп, күн бетіне көз тоқтатып қарауға болғандықтан, күндегі дақтар жай көзге көрінетін болған болу керек.

Жарқыраған күн бетіндегі қарауытқан кішкене дақтар үнемі болып тұрмайды, кей жылдарда оның біреуі де көрінбейді, ал кей жылдарда жиі көрінеді.

Дақтар бізге кішкене болып көрінгенімен де, шынында олардың кейбіреуінің диаметрі 100000 км шамасында болады.

Ерте кездердің өзінде-ақ дақтарды бетінің салқындау жерлері деп ойлаған. Фотометриялық дәл өлшеулер мұның дұрыстығын дәлелдеді. Дақтардың температурасы айналасындағы фотосфераныкінен 1000-1500°C төмен екен.

Дақтар көбінесе күн экваторының екі жағында 45°тық параллельге шейін байқалады да, одан әрі кездеспейді. Дақтардық көрінуінде де заңдылық бар екені аңғарылды.