

## 9- MA'RUZA MASHG'ULOTI

**Mavzu: Quyosh haqida umumiy ma'lumot. Quyoshning ichki tuzilishi. Uning yadroviy energiya manbai. Quyosh aktivligi va uning Yerga ta'siri**

### Reja:

1. Quyosh haqida umumiy ma'lumot.
2. Fotosfera va undagi ob'ektlar.
3. Quyoshning dog'li faoliyati.
4. Xromosfera va uning ob'ektlari.

### MASHG'ULOTNING MAQSADI:

Quyosh haqida umumiy ma'lumot. Fotosfera va undagi ob'ektlar. Quyoshning dog'li faoliyati. Xromosfera va uning ob'ektlari to'g'risida ma'lumot berish.

**Tayanch tushunchalar:** Quyosh, Quyosh doimiysi, fotosfera, yutilish spektri, Quyosh dog'lari, xromosfera, granulyatsiya, mash'al, protuberanets, flokkula, spikula.

### MAVZUNING QISQACHA MAZMUNI

#### Quyosh haqida umumiy ma'lumot

Quyoshning kattaligi (diametri) uning ko'rinma diametri va ungacha bo'lgan masofa orqali aniqlanadi. Osmon jismlarining ko'rinma diametri esa, qaralayotgan osmon jismining (jumladan Quyoshning) Yerdan uzoqligiga bog'liq bo'ladi. Quyosh atrofida aylanayotgan planetamiz ham undan turlicha masofada bo'ladi. Yer Quyoshdan eng uzoq masofada (perigeliyda) bo'lganida Quyoshning ko'rinma diametri  $32^{\circ}35''$ , eng yaqin masofada (afeliyda) bo'lganda esa, uning ko'rinma diametri  $31^{\circ}31''$  ga teng bo'ladi. Yer Quyoshdan o'rtacha uzoqlikda (149600000 km) bo'lganda Quyoshning ko'rinma radiusi  $16^{\circ}02''$  ni, bu ma'lumotlar asosida aniqlangan uning chiziqli radiusi:  $R_o=696000$  km ni, hajmi esa:  $V_o=1,41 \cdot 10^{27}$  m<sup>3</sup> ni tashkil qiladi. Bunday katta hajmdagi shar ichiga Yer kattaligidagi sharchalardan qariyb 1 million 304 mingga joylashib ketadi. **Quyoshning massasi:**  $M=2 \cdot 10^{33}$  kg bu kattaliklar orqali aniqlangan o'rtacha zichligi:  $\rho=1,41$  g/sm<sup>3</sup>; Quyosh sirtida erkin tushish tezlanishi:  $g=247$  m/s<sup>2</sup> ni tashkil qiladi.

**Quyoshning aylanishi.** Quyosh dog'larini uzluksiz kuzatish, ularni Quyosh gardishining sharq tomonidan chiqib, g'arb tomoniga bir tekis siljib borishini ko'rsatadi. Shuningdek, Quyoshning sharq va g'arb tomonlarida gardish (limb) chetlari spektridagi chiziqlarning siljishini o'rganish, Quyosh o'z o'qi atrofida aylanayotganini ma'lum qiladi.

Quyoshning aylanish o'qi, ekliptika tekisligi bilan  $7^{\circ}$  li burchak hosil qiladi. Quyosh ham Yer aylangani kabi g'arbdan sharqqa tomon, ya'ni uning shimoliy qutbidan qaraganda, soat strekasi aylanishi yo'nalishiga teskari yo'nalishda aylanishini ko'rsatadi. Quyoshning aylanish davri ham barcha osmon jismlarining aylanish davrlari kabi ikki xil bo'ladi. Birinchisi, haqiqiy yoki yulduz davri deyilib, ma'lum bir yulduzga nisbatan aniqlanadi va u siderik davr ham deb ataladi. Ikkinchisi-sinodik davr deyilib, bunda Yerning Quyosh atrofidagi harakati ham hisobga olinadi. Yana shuni e'tiborga olish kerakki, Quyosh qattiq jism bo'lmaganidan, uning hamma qismlari Yerdagi kabi bir xil burchak tezlik bilan aylan olmaydi. Quyoshning ekvator qismi 25 sutkalik siderik davr bilan, geliografik kengligi  $90^{\circ}$  ga yaqin qutbiy zonalarida esa 27,2 sutkalik davr bilan aylanadi. Yerga nisbatan olingan Quyosh aylanishining sinodik davri esa, uning ekvatori zonasida siderik aylanish davridan ikki kunga ortiq ya'ni 27 sutkani tashkil qiladi.

**Quyosh doimiysi.** Quyoshning nurlanish quvvati, astrofizik va geofizik hodisalarni xarakterlashda muhim rol o'ynaydi. Xususan Quyosh sirtida va ichida kechadigan fizik jarayonlar haqidagi tasavvurlarning shakllanishida, Quyosh nurlanishi intensivligi eng muhim ma'lumotlardan hisoblanadi. Quyoshning nurlanish energiyasini aniq hisoblashlar yana shuning uchun ham zarurki, bu nurlanishning kattaligi, ko'pgina boshqa osmon jismlarining nurlanishlarini

hisoblashda birlik sifatida qabul qilinadi. Quyosh nurlanishi quvvatini, Quyosh doimiysi deb yuritish qabul qilingan. Quyosh doimiysi deb, bir minut davomida, Quyoshdan Yergacha bo'lgan o'rtacha masofada (Yer atmosferasidan tashqarida) Quyoshdan kelayotgan nurlanish yo'nalishiga tik yotgan  $1 \text{ sm}^2$  yuzasidan o'tayotgan Quyosh energiyasining to'la miqdoriga aytiladi.

Quyosh doimiysini o'lchash uchun ikki maxsus asbob yordamida yuzlab kuzatishlar va hisoblashlar qilishga to'g'ri keladi. Bu asboblardan biri pirgeliometr deyilib, uning yordamida ma'lum vaqtda (Quyoshning gorizontdagi ma'lum balandligida) aniq yuzaga tushayotgan to'la energiyasi absolyut energetik birliklarda hisoblab chiqariladi. Biroq pirgeliometr yordamida olingan ma'lumotlar, Quyosh doimiysini hisoblash uchun yetarli bo'lmaydi, chunki Quyosh energiyasining ma'lum qismi Yer atmosferasida yutilib qoladi. Quyoshning yutilgan energiyasi boshqa maxsus asbob-spektrobolometr yordamida o'lchanadi. Bu asbobning sezgirligi turli to'lqin uzunliklardagi nurlanishlarga bir xil bo'lib, bu asbob yordamida har bir to'lqin uzunlikdagi nurlanish intensivligining havo massasiga bog'lanishini xarakterlovchi grafik chiziladi. Havo massasi deb, ma'lum yo'nalishdagi havo qatlami optik qalinligini uning zenit yo'nalishdagi optik qalinligiga nisbati bilan o'lchanadigan kattaligiga aytiladi. Ekstropolyasiyalash yordamida havo massasi nolga teng bo'lgandagi nurlanish intensivligi aniqlanadi. Bu kattalik nurning Yer atmosferasida yutilmagandagi qiymatiga teng bo'ladi. Bunday operatsiya spektrning barcha uchastkalari uchun bajarilib, Quyosh spektrida, spektrobolometr yordamida aniqlangan energiyaning taqsimlanishi, bu olingan ma'lumotlar yordamida tuzatiladi. Shuni aytish kerakki, spektrobolometrda intensivlikning miqdori, pirgeliometrdagidan farqli o'laroq nisbiy birliklarda beriladi. Aniqlangan ma'lumotlarga, Quyoshning ultrabinafsha va infraqizil nurlarda chiqargan va Yer atmosferasida to'la yutilib qolgan nurlanish energiyalarini ham hisoblab qo'shilsa, u holda Quyoshning ma'lum yuzaga tushayotgan to'la energiyasi topiladi. So'ngra bu aniqlangan energiya miqdori asosida Quyosh doimiysi hisoblanadi.

Quyosh spektrining ultrabinafsha va infraqizil uchastkalaridagi nurlanish energiyasi maxsus raketalar, sun'iy yo'ldoshlar va Yer atmosferasidan tashqariga ballonlar yordamida chiqarilgan apparatlar yordamida aniqlanadi. Yuqorida eslatilgan metod yordamida aniqlangan Quyosh doimiysi:

$$Q = 1.95 \text{ kal/sm}^2 \text{ min} = 1.36 \cdot 10^6 \text{ erg/sm}^2 \text{ s} = 0.136 \text{ vt/sm}^2$$

tashkil etadi. Bu kattalikning to'g'riligi keyingi yillarda, raketa va havo sharlariga o'rnatilib, Yer atmosferasidan tashqariga chiqarilgan pirgeliometr yordamida aniqlangan Quyosh doimiysi qiymati bilan solishtirilib tasdiqlandi.

Quyosh doimiysining kattaligi radiusi  $R=1$  a.b. ga teng shar sirtiga ko'paytirilsa, Quyoshning to'la energiyasi topiladi. Shu yo'l bilan aniqlangan Quyoshning to'la energiyasi

$$E = 4\pi R^2 Q = 3,9 \cdot 10^{33} \text{ erg/s}$$

ga teng chiqdi.

### **Fotosfera spektri. Uning ximiyaviy tarkibi**

Fizika kursidan ma'lumki, nurlanayotgan jism va undan taralayotgan nurlanish o'tayotgan muhitning tabiatiga ko'ra, manbaning spektri: tutash, yutilish va nurlanish (emission) spektrlari ko'rinishida bo'ladi.

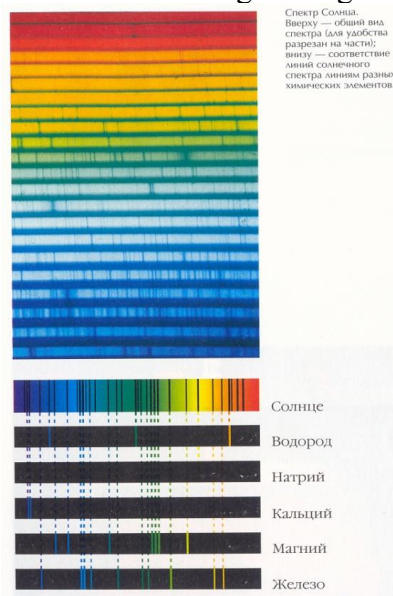
Cho'g'langan jismni prizma yoki diffraksion panjara yordamida xosil qilingan spektri tutash spektrni beradi. Agar cho'g'langan jismdan kelayotgan nurlar yo'liga ma'lum bir gaz sham tutilsa, u holda tutash spektri fonida sham gazini tashkil qilgan atomlarning yutilish (fraungofer) chiziqlari paydo bo'ladi. Birinchi marta 1814 yili bu chiziqlar tabiatini tushuntirgan fizik Fraungofer sharafiga eslatilgan chiziqlar uning nomi bilan yuritiladi.

Shamning o'zi alohida hosil qilgan spektri esa, tutash spektrdan xoli bo'lib, birinchi holda yutilish spektri chiziqlari hosil bo'lgan joylarda paydo bo'lgan nurlanish (yorug') spektral chiziqlaridan tashkil topadi.

Fotosfera spektri-yutilish spektridan iborat bo'lib, uning ko'rinadigan zonasi  $3900\text{\AA}$  (angestrem,  $1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ) dan  $6900\text{\AA}$  gacha bo'lgan intervalni o'z ichiga oladi (1 – rasm).

Bu intervalda, vodorodning Balmer seriyasidagi chiziqlari, ionlashgan va neytral kalsiy, temir, marganets, magniy, titan va boshqa metall atomlarining chiziqlari keng tarqalgandir. Fotosfera spektrida ionlashgan kalsiyning N va K deb nomlangan chiziqlari (to‘lqin uzunliklari  $\lambda = 3900\text{\AA}$  va  $\lambda = 3990\text{\AA}$ ), vodorodning  $N_{\alpha}$  ( $\lambda = 6563\text{\AA}$ ) va  $N_{\beta}$  ( $\lambda = 4860\text{\AA}$ )

natriyning  $D_1$  ( $\lambda = 5896\text{\AA}$ ) va  $D_2$  ( $\lambda = 5890\text{\AA}$ ) chiziqlari eng intensiv hisoblanadi. Fotosfera spektrida Yer atmosferasidagi gaz molekularining, xususan suv bug‘lari, azot va kislorod molekularining ham chiziqlari hosil bo‘ladi. Bu chiziqlarni beruvchi gaz molekulari fotosferaga aloqador bo‘lmaganligi sababli, fotosferaning fizik tabiatini Quyoshning spektral chiziqlariga asosida o‘rganishda, Yer atmosferasining eslatilgan chiziqlariga tayaniladi.



1 – rasm.

Fotosferaning tutash spektrining  $4300\text{--}5000\text{\AA}$  li, ya'ni ko'k-yashil rangli zonasida intensivligi eng yuqori bo'ladi. Aslida Quyosh spektri uzoq ultrabinafsha va infraqizil soxalarga ham ega. Biroq nurlanishning bu sohalari, ko'zning ko'rish chegarasidan tashqarida va bu soxalar Yer atmosferasida kuchli yutilishi tufayli, dastlab ularni o'rganish katta qiyinchilik bilan kechdi. Keyingi yillarda, Yer sun'iy yo'ldoshlaridan foydalanib olingan Quyosh spektri, uning tabiatini  $2000\text{\AA}$  to'liq uzunligidagi ultrabinafsha zonasiga qadar ko'rinadigan uchastkasi bilan deyarli bir xilligini ko'rsatdi. Undan qisqa to'liqli sohada esa, tutash spektrining intensivligi keskin kamayib, yutilish chiziqlari nurlanish chiziqlariga aylanadi.

Spektrning infraqizil sohasining nurlanishi, to'liq uzunligi  $15\text{ mk}$  ga qadar, Yer atmosferasida qisman yutiladi va natijada spektrning bu zonasi suv bug'lari, kislorod va is gazi molekularining yutilish tasmlariga boy bo'ladi.  $15\text{ mk}$  dan to  $1\text{ sm}$  gacha bo'lgan sohaning nurlanishi esa, Yer atmosferasi tomonidan kuchli yutiladi.

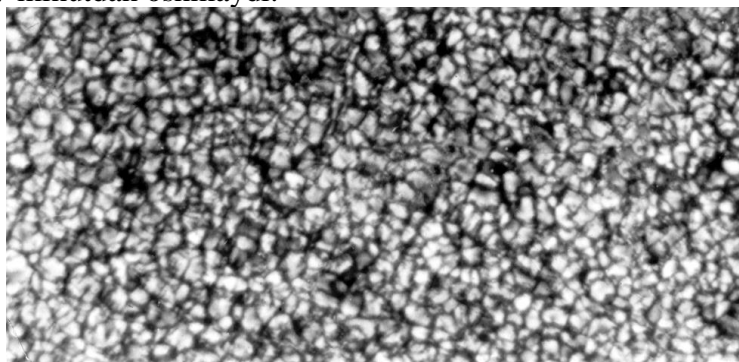
### Fotosfera obyektlari

Fotosfera qalinligi  $300\text{ km}$  ga yaqin bo'lib, boshqa qatlamlarga nisbatan yaxshi o'rganilgan fotosfera quyidagi obyektlarni kuzatish mumkin: granulyatsiya (donadorlik), mash'allar va Quyosh dog'lari.

Quyosh granulyatsiyasi birinchi marta XIX asr oxirlarida Jansen (Medon) va A.P.Ganskiy (Pulkovo) tomonidan olingan fotografiyalarda ko'rindi.

Fotosfera, oddiy ko'z bilan kuzatilganda, ko'rinadigandek bir tekis ravshanlikdagi sirdan iborat bo'lmay, asalari uyasini eslatuvchi donador strukturaga ega (2 – rasm). Bu donadorlik-granulyatsiya (“granul”-grekcha so'z bo'lib, donadorlik demakdir) deb yuritiladi. Granulyatsiyani kuchli ajrata olish qobiliyatiga ega bo'lgan yirik teleskoplarda, kuzatish uchun sharoit yaxshi

bo'lganda (yer atmosferasi changlardan xoli, xavoning turli yo'nalishlaridagi oqimi juda kamayganda) ko'rish mumkin bo'ladi. Keyingi yillarda granulyatsiya haqidagi tasavvurlar yer atmosferasidan tashqarida-strotosferada kuzatish natijalari bilan boyitildi. Quyoshni va boshqa osmon jismlarini o'rganish maqsadida strotosferaga uchirilgan astronomik stansiyalar, granulyatsiya donalarining kattaligi, fizik tabiati va ularda gaz massasi oqimining xarakteri bilan tanishtirdi. Bu uchishlar bilan sobiq SSSRda V.A.Krat raxbarligidagi grupp, AQShda esa M.Shvarsshild raxbarligidagi grupp shug'ullandi. 1970 yilda uchirilgan "Stratoskop - P" Quyosh stansiyasi yordamida olingan granulyatsiyaning spektriga ko'ra, granulyatsiyadagi donadorlik-konvektiv yacheykalar bo'lib, ularning markaziy qismida gaz oqimining ko'tarilishi ( $v = 0,2 \text{ km/c}$ ) uning chegarasi bo'ylab esa qayta tushishi kuzatiladi. Yacheykalarning kattaligi 300 kmdan 1000 km gacha, ba'zan undan kattaroq ham bo'ladi. Granullarning formasi fotosferaning dog'li sohalarida, dog'ning radial yo'nalishi bo'yicha cho'zinchoq bo'lishi, granul bo'ylab ko'tarilayotgan plazma oqimi, quyosh dog'ining magnit maydoni ta'siriga berilishidan darak beradi. Granular fotosferada yo'qolib va yangidan paydo bo'lib turadi. Ularning o'rtacha "yashash davri" 6-7 minutdan oshmaydi.

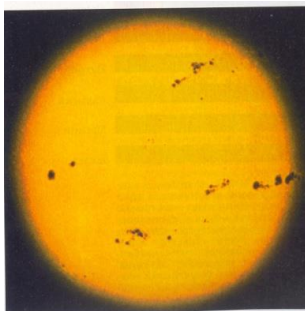


2 – rasm.

*Fotosferada kuzatiladigan mash'allar*, ravshanligi jihatdan ajralib turadigan zanjirsimon obyektlardir. Spektral analiz, mash'allarning ravshanligi fotosferanikidan 10-20 % ga ortiq ekanligini ko'rsatadi. Mash'allarni faqat Quyosh ko'rinma diskining chekkalari yaqinidagina kuzatish mumkin, disk markazi atrofida esa ular deyarli ko'rinmaydi. Buning sababi, Quyosh diski markazida nurlanish, uning chuqurroq oblastlaridan chiqayotganligi tufayli chetlariga nisbatan kuchliligidir. Mash'allar magnit maydonga ega bo'lib, maydon kuchlanganligi 50-100 erstedni tashkil qiladi. Fotosferaning muammolarga boy obyektlaridan biri Quyosh dog'laridir.

### Quyosh dog'lari

Quyosh dog'lari, dastlab granular orasida kichik nuqta shaklida tug'iladi. Dog'ning bu tug'ilish bosqichi-pora deb yuritiladi. Poralar asosan mash'alli sohada joylashgan granular orasida vujudga keladi. Quyosh dog'i ikki qismdan iborat bo'lib, uning markaziy timqora qismi *yadro* yoki *soya* deyiladi. Yadroni o'rovchi qismi esa *yarim soya* deb yuritiladi (3 – rasm). Dog'larda juda kuchli magnit maydoni mavjud bo'lib, maydon kuchlanganligi ayrim dog'larda 4000-4500 erstedgacha yetadi.



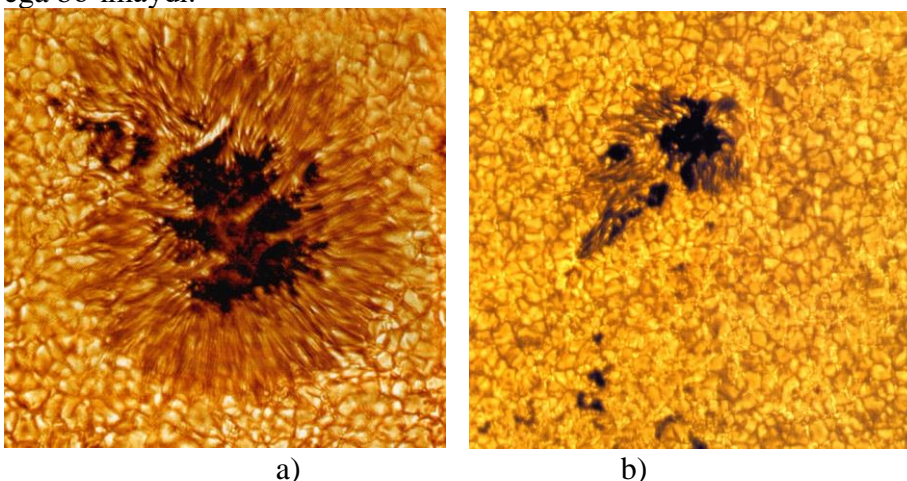
3 – rasm.

Dog'larning temperaturasi uni o'rovchi fotosfera haroratidan 1000-1500°gacha past bo'ladi, ya'ni 4500°K ga yaqin bo'ladi. Shuning uchun Quyosh dog'lari fotosferada qora obyekt

sifatida namoyon bo'ladi. Quyosh dog'larida magnit maydoning mavjudligi, Xeyning spektral kuzatishlaridan 1908 yilda ma'lum bo'ldi.

Dog'larning diametri 40000 kilometrdan ortiq bo'lsa, uni oddiy ko'z bilan ko'rish mumkin bo'ladi. Shuning uchun ham dog'larni juda qadimda xam kurishgan. Eramizdan bir necha yuz yil oldingi Xitoy qo'lyozmalarida Quyosh dog'larining kuzatilganligi qayd etilgan. Biroq qadimda, kuzatilgan dog'lar, Quyosh gardishi oldidan o'tayotgan birorta planetaning (Merkuriy yoki Veneraning) unda proyeksiyalanishi deb noto'g'ri talqin qilinardi. Birinchi bo'lib G.Galiley 1609 yilda, o'zi yasagan teleskopda dog'larni kuzatib, ular bevosita Quyosh sirtida tegishli obyektlar ekanligini ko'rsatdi.

Quyosh dog'lari yakka xolda kam uchraydigan obyektlar bo'lib, asosan guruh-gurux holda uchraydi. Dog' guruhlarida bir yoki ikki yirik dog' bo'lib, u yana bir nechta tartibsiz joylashgan mayda dog'chalar va poralardan iborat bo'ladi (4 – rasm). Qizig'i shundaki, guruhdagi ikki yirik dog'dan biri shimoliy magnit qutbga, ikkinchisi esa janubiy magnit qutbga ega bo'ladi. Guruhdagi bu ikki yirik dog'dan g'arbdagisi lider, sharqdagisi esa dumdagi dog' deb yuritiladi. Guruh dog'lari strukturasi ko'ra, sinflarga bo'linadi. Agar guruhda bir xil qutbga ega bo'lgan dog'lar yoki birgina dog' bo'lsa u unipolyar, qarama-qarshi qutblangan ikki dog' yoki dog'lar guruhidan tashkil topganda esa bipolyar deyiladi. Guruhdagi dog'lar qutblanishi jixatidan aniq bir qonuniyatga ega bo'lmaydi.



4 – rasm.

Quyosh dog'larining yashash vaqti turlicha bo'ladi. Poralarni e'tiborga olmaganda, dog'lar bir necha oygacha yashaydi. Bir necha oy yashaydigan dog'lar juda kam uchraydi. Poralar esa bir necha soatdan bir necha sutkagacha yashaydi yoki davr ichida dog'ga aylanadi.

*Quyoshda dog'larning soni* vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi. Dog'lar sonining o'zgarib turishi, ma'lum davriylik asosida kechishi, 1775 yili kopengagenlik P.Gorribov va keyinroq nemis astronomiya ishqibozi G.Shvabe tomonidan ko'p yillik kuzatishlar natijasida aniqlandi. Shvetsariyalik astronom R.Volf kundalik dog'lar sonini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalandi:

$$W=k(10g+f),$$

bu yerda k-teleskopning quvvatini ifodalovchi koeffitsiyent bo'lib, R.Volf foydalangan teleskop uchun  $k=1$ ; f-Quyoshdagi umumiy dog'larning umumiy sonini, g esa-dog' guruhlar sonini ifodalaydi.

Volf o'z observatoriyasida, bir necha yil davomida kuzatilgan Quyosh dog'lari sonining o'zgarishi va, Galiley zamonasidan buyon kuzatilgan dog'lar soniga tayangan holda, Quyosh dog'lari soni 11,1 yillik davr bilan o'zgaradi degan xulosaga keldi. Bu davr, Quyosh aktivligining davri deb yuritiladi.

Dog'lar, asosan Quyosh ekvatori atrofida  $\pm 40^\circ$  li kenglik zonasida chegarasida uchrab, undan katta kengliklarda deyarli kuzatilmaydi. Quyosh aktivligining minimumi davrida dog'lar,  $\pm 45^\circ$ li geliografik kengliklarda vujudga kelib, keyin uning ko'payishi davomida, ularning paydo



bo'lishi zonasi ekvator tomon yaqinlashib keladi. Bu hodisa Kerington tomonidan aniqlanib, G.Shpyorer tomonidan o'rganilgan va shu boisdan Shpyorer qonuni, yoki ba'zan ko'rinishiga ko'ra, «Maunder kapalagi» ham deb yuritiladi.

*Dog'larning o'lchami* xilma-xil bo'lib, ularning diametri bir necha ming kilometrdan bir necha yuz ming kilometrgacha boradi. 1858 yilda kuzatilgan yirik dog'ning diametri 230 ming kilometrni tashkil qilib, Yer diametridan 28 martacha katta bo'lgan.

Quyosh dog'larining yarim soyasi qismida gaz massasining uzluksiz tashqariga tomon oqib chiqishi kuzatiladi. Oqimning o'rtacha tezligi sekundiga 2 kilometrni tashkil qiladi. Yarim soyadagi bu hodisa, Dopler effekti asosida Kodaykanal (Hindiston) observatoriyasining astronomi J.Evershed tomonidan aniqlandi va bu hodisa olim sharafiga, Evershed effekti deb yuritildi. Yarim soyaning tuzilishini o'rganish, u, dog' radiusi yo'nalishida yotuvchi qora va yorug' tolalardan tashkil topganligini ko'rsatadi. Yarim soya bo'ylab gaz oqimi qora tolalar bo'ylab kuzatilib, yorug' tolalar bu harakatda ishtirok etmasligi, spektral tahlil asosida ma'lum bo'ldi.

**Dog'larning paydo bo'lish nazariyalari.** Quyosh dog'larining kelib chiqishi haqidagi dastlabki nazariyalar, nuriy muvozanat sohasida kuzatilayotgan gazning adiabatik sovushiga asoslangan. Bu nazariyalar biri 1921 yilda Ressel tomonidan, boshqa biri esa 1926 yilda Rosseland va Byerknis tomonidan ilgari surildi. Biroq, Quyoshning sirtqi qatlamida vodorodli konvektiv zonaning aniqlanishi, adiabatik sovish nazariyasi uchun hal qilish qiyin bo'lgan qiyinchiliklarni tug'dirdi.

Quyosh dog'larining sovishini, magnit maydonning ta'siri orqali tushuntiradigan gipoteza 1941 yili Birman tomonidan va keyinroq Xeyl tomonidan taklif qilindi. Birman nazariyasiga ko'ra, dog'larda magnit maydon konveksiyasi mavjud bo'lib, u dog' o'rniga yo'nalgan energiya oqimini susaytiradi va natijada bu jarayon, dog' sohasida temperaturani pasayishini vujudga keltiradi. Bu esa, o'z navbatida, dog'ni fotosfera fonida qora bo'lib ko'rinishiga sabab bo'ladi. Biroq, keyingi yillarda, dog'larning soya qismida ham donodorlik yacheykalarning kuzatilishi, bu nazariya obro'siga putur yetkazdi. Shuni aytish kerakki, kuzatilgan yadroddagi granulyatsion yacheykalar, fotosfera granulari bilan solishtirilganda, magnit maydonning konvektiv oqimga bevosita ta'siri borligi ma'lum bo'ldi. Natijada konveksiya, dog'da butunlay bo'g'ilmasada, harqalay tormozlanishiga shubha qolmadi.

Xeyl nazariyasiga ko'ra, konveksiya tufayli Quyosh sirtiga ko'tarilgan issiqlik energiyasi, uning katta sirt maydoni bo'ylab taqsimlanishi natijasida sovib, qora dog'ni hosil qiladi. Bu gipoteza tug'ilishida, konveksiya oqimi faqat magnit maydon kuch chiziqlari bo'ylab ko'tariladi va dog'larda, magnit maydoni haqidagi klassik tasavvurga binoan, uning kuch chiziqlari quyosh sirti bo'ylab yoyiladi.

Garchi Birman va Xeyl gipotezalari hozirgi zamon kuzatishlari natijalariga ko'ra o'zlarini to'la oqlay olmasalarda, dog'larda plazmaning sovishi, energiyani Quyosh sirtiga tashuvchi konveksiyaning magnit maydoni tufayli qisman tormozlanishidan ekanligiga bugun yetarlicha dalillar mavjud.

**Quyosh dog'larining spektri.** Quyosh dog'larining spektri, fotosfera spektri bilan bir xil ya'ni yutilish spektri bo'lib, unda uygonish potentsiali kichik bo'lgan spektral chiziqlar, fotosferanikiga nisbatan kuchaygani holda, uyg'onish potentsiali katta bo'lganlarining intensivligi, aksincha, kamaygan holda bo'ladi. Quyosh dog'lari spektridagi dog'ga tegishli fizik parametrlarni (harakat tezligi, magnit maydon kuchlanganligi va hokazo) aniqlash maqsadida, dog' spektrini olishda, spektrograf tirqishining balandligi shunday tanlanadiki, bunda spektr dog'ning ikki tomonidan fotosferani ham o'z ichiga oladi.

Dog' spektrida spektral chiziqlar, sokin fotosferanikidan farqli o'laroq, harakat borligidan darak berib, asosan dog'ning yarim soya qismida spektrning qizil yoki binafsha tomoniga siljiydi. Ma'lum  $\lambda$  to'lqin uzunligining siljishi  $\pm\Delta\lambda$  ni tashkil qilsa, u holda nuriy tezlik (tezlikning qarash chizig'i bo'yicha tashkil etuvchisi) Dopler effektiga ko'ra

$$v = \frac{\pm \Delta\lambda}{\lambda} c$$

Shuningdek, nurlanayotgan plazma atomlari dog'ning dog'ning magnit maydonida bo'lganda, spektral chiziqlarning bo'laklarga bo'linishi kuzatiladi (ayniqsa dog'ning yadroga tegishli qismida). Bu xodisa Zeyeman effekti deb yuritiladi. Zeyeman effektiga ko'ra, kuzatiladigan dog' sohasida magnit maydon kuchlanganligi vektorining qarash chizig'i yo'nalishiga nisbatan joylashganligiga qarab, spektral chiziq ikkita yoki uchta tashkil etuvchiga bo'linadi. Agar maydon kuchlanganligi vektori (N) qarash chizig'i bilan bir xil yo'nalgan bo'lsa, u holda spektral chiziq ikkita komponentaga ( $+\sigma, -\sigma$ ) ajralib, ular aylanma qutblangan bo'ladi. Agar N vektorining yo'nalishi, qarash chizig'i yo'nalishi bilan  $90^\circ$  li burchak tashkil qilsa, u holda spektral chiziq 3 ta komponentaga ( $+\sigma, \pi, -\sigma$ ) bo'linib, ular chiziqli qutblangan bo'ladi. Komponentalarning intensivligi birinchi holda o'zaro  $I_{-\sigma}=I_{+\sigma}$  nisbatda bo'lib, ikkinchi holda  $I_{-\sigma}=I_{+\sigma}=I_{\pi}/2$  nisbat ko'rinishida bo'ladi.

$$H = k\Delta\lambda_H,$$
$$\Delta\lambda_H = \frac{\lambda_{+\sigma} - \lambda_{-\sigma}}{2} = \lambda_{\pi} - \lambda_{-\sigma} = \lambda_{+\sigma} - \lambda_{\pi}.$$

Xromosfera Quyosh atmosferasining oʻrta qatlami boʻlib, qalinligi 12÷15 ming km ga yaqin. Xromosfera ("xromos"-grekcha rangli demakdir) nurlanishi fotosferaga nisbatan juda kuchsiz boʻlib, asosiy nurlanish bir necha spektral chiziqlarning toʻlqin uzunliklaridagina kuzatiladi. Bu spektral chiziqlar vodorod, geliy, ionlashgan kalsiy atomlarining chiziqlari boʻlib, xromosferani oʻrganish, bu chiziqlarning toʻlqin uzunliklarida kuzatish va rasmga tushirish imkoniyatini beradigan teleskoplarda olib boriladi. Bunday teleskoplar xromosfera – fotosfera teleskoplari deb ataladi.

Oddiy refraktor teleskopda Quyoshning tasviri yasalgach, xromosfera qaysi nurda tekshirilmoqchi bo'lsa, shu to'liq uzunligidagi nurnigina (ko'pincha  $N_{\alpha}$  - $\lambda$  6562 Å yoki  $Sa II$  ning  $N$  va  $K$  - $\lambda$  3968 Å, 3934 Å) o'tkaziladigan interferension – polarizatsion filtr (IPF) o'rnatiladi. Filtrdan so'ng xromosferani tanlangan spektral chiziqli to'liq uzunligidagi nurda ko'rish yoki kinokamerada rasmga tushirish mumkin. Xromosferaning biror spektral chiziqli to'liq uzunligidagi nurda olingan rasmi spektrogeliogramma deb yuritiladi.

Spektrogeliogrammadan ko‘rinishicha, xromosferaning strukturasi bir jinsli bo‘lmay, tolali xarakterga ega. Xromosferada Quyosh dog‘lari ham kuzatilsada, biroq unda dog‘lar, fotosferadagi aniqligini yo‘qotgan holda ancha xiralashib ko‘rinadi. Xromosferaning yuqori sifatli spektri Quyoshning to‘la tutilishi paytida olinadi. Oy diski bilan Quyosh gardishining to‘la to‘silishida (tutilishning ikkinchi kontakti momentida) Quyoshning sharq tomonida faqat xromosferaning “o‘rog‘i” yorqin shu‘lalanadi. Shundan so‘ng biroz o‘tmay, xromosfera “o‘rog‘i” Quyoshning g‘arb tomonida (tutilishning uchinchi kontakti momentida) shu‘lalanadi. Xromosferaning spektri sharqiy va g‘arbiy “o‘roq” o‘u‘eaëangan momentëarda oëinib o‘rganiladi. Undagi ravshan spektral chiziqlar-geliy, vodorod va ionlashgan kalsiy atomlariga tegishlidir. Spekrda oson uyg‘onuvchi (uyg‘onish potentsiali nisbati kam bo‘lgan) atomlarning emission chiziqlari xiralashib, ularning yuqori uyg‘onish potensialiga ega bo‘lgan chiziqlari ravshanlashadi.

Xromosferada tabiati jihatidan bir-biridan farqlanadigan qo'yidagi obyektlar kuzatiladi: *spikulalar*, *flokkulalar*, *protuberanetslar* va *chagnashlar*.

**Spikulalar**—xromosferadagi o‘lchamlari nisbatan kichik obyektlardir. Ular o‘tkir uchli konus ko‘rinishida bo‘lib, ularning o‘qi Quyosh radiusi bo‘ylab yo‘naladi. Spikulalar Quyosh diski chetida arrani eslatuvchi tishli aylana ko‘rinishida uni chegaralaydi. Spikulaning balandligi bir necha ming kilometrgacha, asosining diametri esa ming kilometrgacha bo‘ladi. Spikulalar uzoq vaqt yashamaydi va “hayotining so‘nggida” sekundiga 20-40 kiōmetr tezōik bilan Quyosh atmosferasining tashqi toj zonasigacha ko‘tarilib, ko‘pchiligi u yerda yo‘qoladi va qisman xromosferaga qaytadi. Binobarin, xromosferaning Quyosh toji bilan modda almashinuvi, asosan spikulalar vositasida amalga oshadi. Spikulalarning yashash davri 2-5 minutdan oshmaydi.

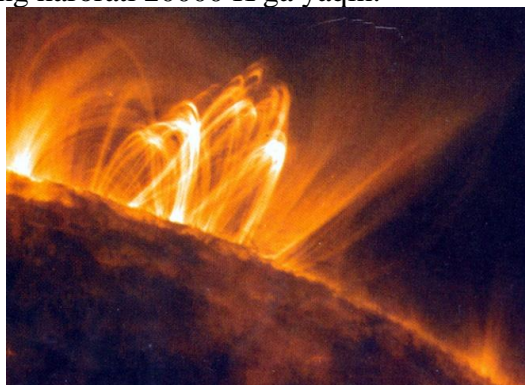
Ma‘lum bo‘lishicha, aktiv zonalarda (magnit maydonli) spikulalar aniq bir yo‘nalish bo‘yicha yotib, ularning dinamikasi ham bir xil kechadi. Spikulalar xromosfera panjarasi deyiluvchi yirik strukturani hosil qiladi. Mazkur struktura, fotosfera ostidagi to‘lqin harakati tomonidan vujudga keltiriladi deb taxmin qilinadi.

**Flokkulalar**—xromosferasining fotosfera mash‘allari ustidagi sohalari bo‘lib, ular ham mash‘allar kabi ravshanligi bilan atrofdan ajralib turadi. Faqat ionlashgan kalsiy (K va N) va  $N_{\alpha}$  chiziqlariga mos to‘lqin uzunliklaridagi nurlarni o‘tkaza oladigan filtrlar orqali olingan spektrogrammalar, balandlik ortgan sayin, xromosfera flokkulalari ravshanliklarining borishini ko‘rsatadi.

Kalsiyli va vodorodli flokkulalarning ravshan ko‘rinishining sababi, flokkulalar egallagan maydonning temperaturasi, atrof xromosferaga nisbatan yuqori beradi.

Ma‘lumki, xromosfera granulalardan kelayotgan to‘lqin oqimi bilan qizdiriladi. Mash‘allar ustiga to‘g‘ri keladigan xromosferaning qizdirilgan bu qismlari fotosferaning aktiv sohasidan ko‘tarilayotgan quvvatli oqimning natijasidir. Flokkulalarda temperaturaning balandlik bo‘ylab ortishi, eslatilgan quvvatli oqim bilan birga, balandlik bo‘ylab atmosferaning siyraklashishi bilan ham tushuntiriladi. Mash‘allar va flokkulalar tabiatining bir-biriga yaqinligi, ularni vujudga kelishida aniq bir mexanizm sabab bo‘ladi degan fikrning tug‘ilishiga asos bo‘ldi. Flokkulali sohalarda Quyosh dog‘lari bo‘lsa, uning ravshanligi va maydoni dog‘ning aktivligiga bog‘liq bo‘ladi. Agar Quyoshdagi dog‘ murakkab dog‘lardan bo‘lsa, u holda flokkula maydonining ayrim sohalarida ravshanlik o‘zgarib turadi. Bu, flokkulalar ham, fotosfera mash‘allari kabi, Quyosh dog‘lari bilan genetik bog‘lanishda ekanligidan xabar beruvchi dallilardan biridir.

**Protuberanetslar**—xromosfera gardishining chekka qismlarida limb chegarasidan bir necha yuz ming kilometrgacha ko‘tarila oladigan “olovli tillar” dir. Ular turli formalarda, xususan pichan g‘arami, halqasimon shakllarda bo‘lib, ko‘pincha Quyosh sirtiga perpendikulyar bo‘ladi. Protuberanetslarning asosi, xromosferada yotib, uch qismi Quyosh atmosferasining toj qismigacha boradi. Protuberanetslar xromosfera va Quyosh tojida modda almashinuvida asosiy “tomirlardan” hisoblanadi. Protuberanetslarning harorati 20000 K ga yaqin.



1- rasm

Protuberanets diskka proyeksiyalanganda uning ko‘rinishi qora tola shaklida bo‘ladi. Protuberanetslar Quyoshning eng yirik obyektlaridan bo‘lib, ularning uzunligi va balandligi bir necha 100 ming kilometrgacha, asosining qalinligi esa bir necha km gacha yetadi.

### **Protuberanetslarning sinflari. Xromosfera chaqnashlari**

Protuberanetslar fizik tabiatiga ko‘ra uch guruhga bo‘linadi: sokin, aktiv va eruptiv.



*Sokin protuberanetslar*, vaqt o'tishi bilan shaklini deyarli o'zgartirmadi va uzoq vaqt yashay olishi bilan boshqalardan farq qiladi. Bunday protuberanetslar vaqt davomida o'z ravshanligini ayrim uchastkalaridagina o'zgartirib, ichki harakat bilan chegaralanadi. Ular ko'pincha muqim Quyosh dog'lar bilan bog'langan bo'ladi. Protuberanets gardish chetida bo'lganda, yo'nalishi Quyosh meridiani bilan 40° atrofida burchak hosil qilib, so'ngra vaqt o'tishi bilan sharq-g'arb yo'nalishi yotishga intiladi.

Sokin protuberanetslarning ba'zilar o'z "hayoti"ning oxirida aniq trayektoriyalar bo'ylab, ko'pincha, fotosferadagi ma'lum dog' tomon oqib, so'ngra yo'qoladi. Boshqa birovlar esa o'z "hayoti"ni aktiv protuberanets ko'rinishi tugatadi. Protuberanetsni butunlay yo'qolishi uchun bir necha soat kifoyadir.

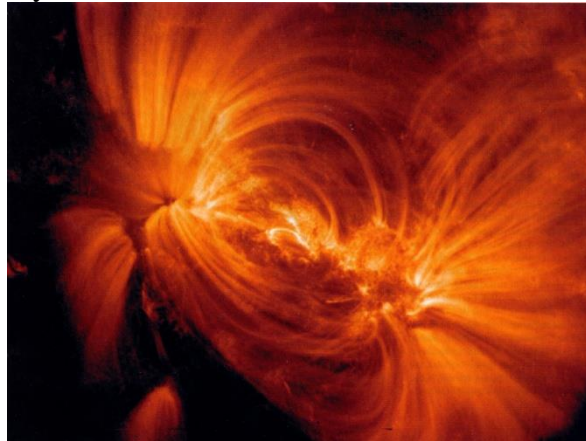
Sokin protuberanets paydo bo'lishi va Quyoshning bir necha bor aylanishi davomida, uni ushlab turuvchi kuch mexanizmi haqida turli nazariyalar mavjud. Ularning birida, Quyoshning toj qismida joylashgan protuberanetsning toj tomonidan qizdirilib, oqibatda unga butunlay singib (dissipatsiya) ketmasligiga sabab, bu soha magnit maydonining strukturasi va uning energiyasining roli alohida qayd qilinadi.

*Aktiv protuberanetslar* asosan Quyosh dog'lari bilan bog'langan bo'lib, uzluksiz turli harakatlarda ishtirok etadi. Ba'zan ular ma'lum kanal bo'ylab xromosferadagi "tortioiø markazi" deb yuritiladigan nuqtalarga tomon harakatlanadi. Ba'zida esa qo'shaloq protuberanets harakatida ularning o'zaro ta'sirlashayotgani yaqqol sezilib turadi. Bunda ta'sirlanuvchi protuberanetslar orasi bir necha yuz ming km gacha yetadi. Aktiv protuberanetslarning toji deb yuritilgan qismi Quyosh toji zonasida hosil bo'ladi va xromosferaning aktiv zonalar tomon oqadi. Ba'zan aktiv protuberanetslardagi harakat, parma tig'i yo'nalishini eslatuvchi trayektoriya ko'rinishida bo'ladi. Protuberanetsning bunday xillari torpedo deb yuritiladi. Aktiv protuberanetslar, asosan tartibli harakatda bo'lib, yashashi uzoq davom etmaydi. Ular ko'pincha sokin protuberanetslar evolyusiyasining ma'lum bir bosqichi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Dog'li sohadagi protuberanetslar, o'z faoliyati davomida bir necha marta aktivlashishi mumkin. Aktivlashgan protuberanets spektrida ionlashgan atomlarning chiziqlari ravshanlashadi va ko'pgina metall chiziqlari emission chiziqlarga aylanadi.

*Eruptiv protuberanetslarga* xos xususiyatlardan biri – ular kutilmaganda va katta tezlik bilan tartibsiz harakatda bo'lishlaridadir. Bunday protuberanetslarning harakat tezligi sekundiga 500 dan 1000 km gacha bo'ladi. Aktiv protuberanetslarning aksariyati murakkab Quyosh dog'lari bilan bog'langan bo'ladi. Dog' strukturasi o'zgarishi yoki yangi yirik dog'ning paydo bo'lishi, ayrim sokin protuberanetslarni ham eruptiv bosqichga o'tishiga imkon beradi. Eruptiv protuberanetslar uzoq yashamaydi. Yashash davri ko'pi bilan, bir necha minutdan oshmaydi. Eruptiv protuberanets portlagach, uning bir qismi tojga bir necha ming kilometr balandlikkacha ko'tarilib, boshqa bir qismi katta tezlik bilan Quyosh sirtiga qaytib tushadi.

**Xromosfera chaqnashlari.** Xromosfera kuzatilayotgan eng qiziq obyektlardan biri chaqnashlardir. Chaqnashlar asosan aktiv sohalarda, aniqrog'i, dog'li zonalarda kuzatiladi. Bu obyektlar juda murakkab bo'lib, chaqnash jarayoni quvvati jihatdan minglab vodorod bombasi portlaganda ajraladigan energiyasiga teng. Chaqnash davomida Quyoshdan yulduzlararo bo'shliqqa millionlab tonna korpuskulyar zarrachalar oqimi sekundiga 500÷1000 km tezlik bilan otildi. Chaqnash kuzatiladigan joyda ultrabinafsha, rentgen va radiodiapazonda nurlanish bir necha marta ortadi. Chaqnashlarning eng quvvatli lari kuzatilganda, u asosan protondan iborat kosmik nurlar bilan nurlanadi. Protonli chaqnash deb yuritiladigan bu chaqnashlarning nuri, Yer atrofida ochiq fazodagi kosmonavtlar hayoti uchun ayniqsa xavflidir. Garchi chaqnashlar xarakterli quvvati jihatdan turli xilda bo'lsada, aslida ular tabiatiga ko'ra bir-biriga o'zaro yaqin. Chaqnashlar protuberanetslardan farq qilib, toj qismiga ko'tarilmaydi va Quyosh gardishida ham ravshan ko'rinadi. Chaqnashning boshida dog' atrofidagi flokkulali sohada joylashgan ravshanroq nuqta, qisqa vaqt ichida, ravshanligini keskin orttirib, uning egallagan maydoni ham shunga proporsional ravishda tez ortadi. Ayrim quvvatli chaqnashlarni e'tiborga olmaganida, chaqnashlarning o'rtacha yashash vaqti bir necha minutdan oshmaydi. Dog'li sohalarda chaqnashni qayta-qayta hosil bo'lishi, ko'pincha ma'lum bir joylarda qaytarilishi bilan e'tiborli.

Shuni aytish kerakki, dog‘li guruhda turli qutbli magnit maydoniga ega bo‘lgan dog‘lar orasida magnit maydon kuchlanganligi nolga teng bo‘lgan chiziq (“nolli chiziq” deb yuritiladi) chaqnashlar kuzatiladigan asosiy zonalaridan hisoblanadi.



2- rasm

Chaqnashlarni Quyosh sirtida geliografik koordinatalr bo‘yicha taqsimlanishi, dog‘larning taqsimlanishi bilan deyarli bir xil bo‘ladi. Ular egallagan maydoni va ravshanliklariga ko‘ra, besh balli sistemada (-1, 1, 2, 3,+3) xarakterlanadi.

-1 balli chaqnash 20 minutcha davom etgani holda, +3 balli quvvatli chaqnashlar jarayoni qariyb uch soatcha davom etadi. Quyosh chaqnashlari asosan vodorodning  $N_{\alpha}$  ( $\lambda=6562\text{\AA}$ ) chizig‘ida kuzatilib, eng quvvatlilarinigina oq nurda ko‘rish imkoni tug‘iladi. Rasmda bir guruhga tegishli turli qutbli ikki dog‘ orasida tug‘ilgan xromosfera chaqnashi tasvirlangan.

Chaqnash vaqtida xromosfera strukturasi tashkil qilgan detallarning ravshanligi keskin ortib, chaqnash egallagan maydon milliardlab kvadrat kilometrgacha yetadi.

Chaqnashlarning spektri, Quyosh diski chekkasida olingan xromosferaning spektridan keskin farq qilmaydi va asosan vodorod, geliy, hamda ionlashgan kalsiyning emission chiziqlaridan iborat bo‘ladi.