

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI
ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND
DAVLAT UNIVERSITETI**

**FIZIKA FAKULTETI
ASTRONOMIYA YO'NALISHI
ASTROFIZIKA KAFEDRASI**

**QUYOSHNING ASOSIY FIZIK
KO'RSATKICHLARI
Malakaviy bitiruv ishi**

Bajaruvchi: Rajabov Jaxongir
Ilmiy rahbar: dots.S. Qurbaniyazov

Malakaviy bitiruv ishi Astrofizika kafedrasida bajarildi. Kafedraning 2012 yil 24 maydagi majlisida muhokama qilindi va himoyaga tavsiya etiladi (bayonnoma № 13).

Kafedra mudiri: dots.T.A.Alimov

Malakaviy bitiruv ishi YaDAKning 2012 yil “___”_____dagi majlisida himoya qilindi va _____ball bilan baholandi (bayonnoma № ____).

YaDAK raisi: _____

A'zolari: _____

Samarqand – 2012

Mundarija

Kirish

I BOB

1.1 Quyoshning asosiy fizik ko'rsatkichlari

1.2 Quyosh spektri

1.3 Quyoshning elektromagnit nurlanishi

1.4 Quyoshning tutash spektrida energiyaning taqsimlanishi va uning to'la energiyasi

1.5 Quyosh atmosferasi

1.6 Quyosh dog'lari va masha'llar

II BOB

2.1 Quyoshning ichki tuzilishi

2.2 Quyoshning ichi tuzilishi modeli

2.3 Quyosh aktivligi

2.4 Quyosh magnit o'zgaruvchan yulduz , aktivligi mexanizmi

2.5 Quyosh aktivligini yerga ta'siri

2.6 Quyosh energetikasi

2.7 Quyosh energiysidan foydalanish

2.8 Quyosh batareyasi

KIRISH

Osmonda Quyosh bizga taxminan yarim gradus burchak ostida, aylana shakldagi barkash sifatida ko`rinadi. Quyosh gardishining chetlari keskin chegaraga ega va uning radiusini yetarli darajada yuqori (bir burchakiy yoy sekundi) aniqlik bilan o`lchash mumkin. Bunday o`lchashlar yil davomida Quyoshning burchakiy diametri biroz [31'31"-afeliyda (iyul boshida), 32'35" perigeliyda (yanvar boshida) o`zgarib turishini ko`rsatadi. Bu o`zgarishlar orbitaning elliptikligi tufayli Quyosh bilan Yer orasidagi masofani biroz uzayishi va qisqarishi bilan bog`liq. Quyoshning haqiqiy radiusi uning pulsasiyalanishi tufayli biroz kattalashib va kichrayib turadi va u o`z o`qi atrofida aylanganligi tufayli aylanish o`qi bo`ylab biroz siqilgan bo`lishi ham kerak. Biroq bunday o`zgarishlar miqdori bir necha o`n km dan oshmaydi, shuning uchun ularni o`lchash mushkul masala va ular Quyoshning boshqa ko`rsatkichlarini hisoblashga katta ta'sir ko`rsatmaydi. Quyosh gardishining burchakiy kattaligi va Yerdan ungacha bo`lgan masofani (bu masofa har yillik Astronomik jadvallarda har bir sana uchun keltiriladi) bilgan holda uning radiusini hisoblab topish mumkin.

Quyosh plazma shar bo`lib, uning o`rtacha radiusi 696000 km. Quyosh gaz shar bo`lsada, u keskin chegaraga ega ekanligi uning moddasini nur yutish xususiyati bilan bog`liq. Bu to`g`rida keyinroq to`xtalamiz. Quyosh-ning hajmi  $1,4 \cdot 10^{27} \text{ m}^3$ , massasi  $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$  va o`rtacha zichligi 1410 kg/ m^3 . Quyosh sirtida og`irlik kuchining tezlanishi 274 m/s^2 .

Quyosh barcha tomonga, shu jumladan biz (Yer) tomonga ham nurlanish sifatida energiya sochadi. Yer atmosferasidan tashqarida, Quyoshdan bir astronomik birlik (a.b.) masofada uning nurlariga tik o`rnatilgan sirtga, o`rtacha $1366,5 \text{ Vt/m}^2$ quvvat tushadi. Agar bu yuza birligiga tushayotgan quvvatni radiusi bir a.b. ga teng sfera sirti yuzasiga ko`paytirsak, barcha tomonga sochilayotgan energiya quvvatini topamiz va u Quyoshning to`la quvvatiga teng, ya'ni $3,86 \cdot 10^{26}$

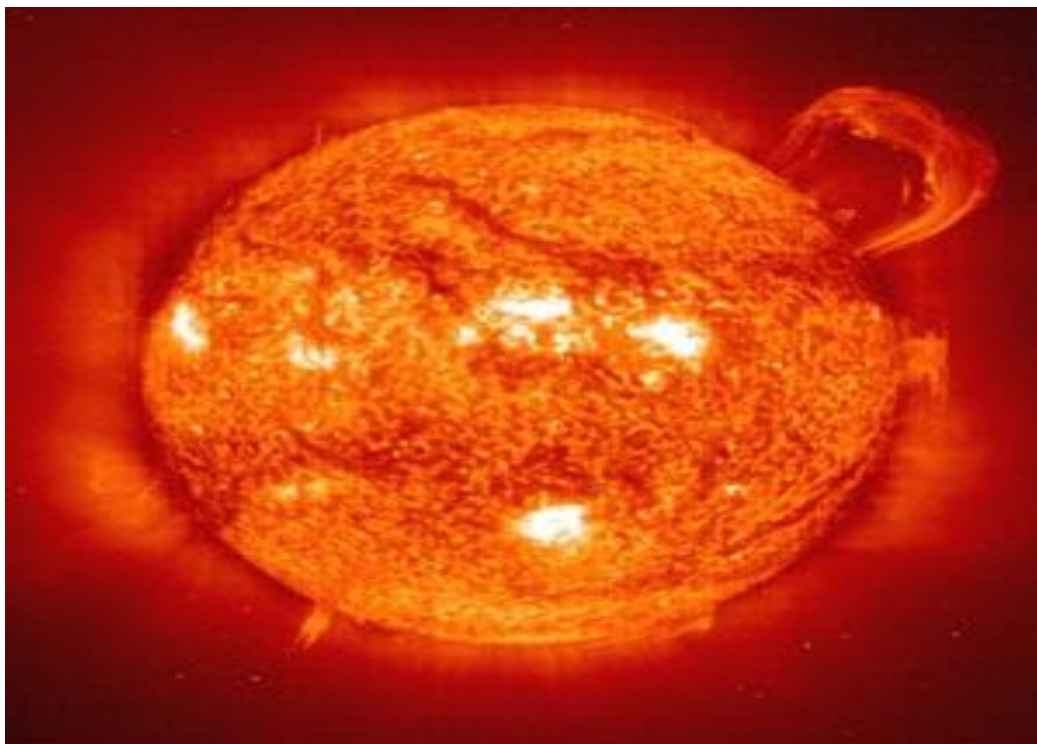
Vt. bo`ladi. Bu qiymat Quyosh aktivligining o`zgarishi bilan biroz (0,15 %) o`zgarib turadi. Agar Quyoshdan barcha tomonga sochilayotgan to`la energiyani uning sirti yuziga bo`lsak Quyosh sirti yuza birligidan sochilayotgan quvvatni topamiz va u  $6,35 \cdot 10^7 \text{ Vt/m}^2$ . Agar Quyosh absolut qora jism singari nurlanish sochadi deb hisoblasak, unga Stefan-Bolsman formulasini qo`llashimiz va Quyosh sirtining temperaturasi hisoblashimiz mumkin. Bunday hisoblash Quyosh yuzining effektiv temperaturasi 5785 K ekanligini ko`rsatadi.

Quyosh o`z o`qi atrofida aylanadi. Bu ekliptika tekisligi bilan 83 gradus burchak tashkil qiladi. Quyoshning o`q atrofida aylanishi Yerni uning atrofida aylanishi bilan bir xil yo`nalishida, sharqdan g`arbga qarab ro`y beradi. Aylanish tezligi Quyosh ekvatorida 2 km/s ga teng va ekvatoridan shimol va janubga tomon kamayib boradi hamda bu kamayish sharsimon qattiq jismlardan kuchli. Bu hodisa Quyosh o`z o`qi atrofida aylanishi differensial aylanish ekanligini va uning qattiq jism emasligini ko`rsatadi. Odatda, o`q atrofida aylanish burchak tezliklarda berilgani uchun Quyoshning differensial aylanish qonunini burchak tezlik orqali ifodalanadi. Quyosh ekvatorida ($\varphi = 0$), u 25 kunga qutblari yaqinida esa 30 kunga teng. Sinodik aylanish davri bundan taxminan 2 kunga uzun va u Yerni Quyosh atrofida aylanishi bilan bog`liq Quyoshning differensial aylanishi uning aylanish momentini fotosfera ostidagi oqimlar va maydonlar ta'sirida qayta taqsimlanishi bilan bog`liq va u Quyosh sirtida magnit maydonlar hosil qilishda, aktivlikning shakllanishida asosiy rol o`ynaydi.

I BOB

1.1.Quyoshning asosiy fizik ko`rsatkichlari

Quyosh barcha tomonga, shu jumladan biz (Yer) tomonga ham nurlanish sifatida energiya sochadi. Yer atmosferasidan tashqarida, Quyoshdan bir astronomik birlik (a.b.) masofada uning nurlariga tik o`rnatilgan sirtga,ortacha  $1366,5 \text{ Vt/m}^2$  quvvat tushadi. Agar bu yuza birligiga tushayotgan quvvatni radiusi bir a.b. ga teng sfera sirti yuzasiga ko`paytirsak, barcha tomonga sochilayotgan energiya quvvatini topamiz va u Quyoshning to`la quvvatiga teng, ya'ni  $3,86 \cdot 10^{26} \text{ Vt}$ . bo`ladi. Bu qiymat Quyosh aktivligining o`zgarishi bilan biroz (0,15 %) o`zgarib turadi. Agar Quyoshdan barcha tomonga sochilayotgan to`la energiyani uning sirti yuziga bo`lsak Quyosh sirti yuza birligidan sochilayotgan quvvatni topamiz va u $6,35 \cdot 10^7 \text{ Vt/m}^2$. Agar Quyosh absolut qora jism singari nurlanish sochadi deb hisoblasak, unga Stefan-Bolsman formulasini qo`llashimiz va Quyosh sirtining temperaturasi hisoblashimiz mumkin. Bunday hisoblash Quyosh



1.1-rasm . Quyoshning tashqi ko`rinishi.

yuzining effektiv temperaturasi 5785 K ekanligini ko'rsatadi.

Quyosh o'z o'qi atrofida aylanadi. Buoq ekliptika tekisligi bilan 83 gradus burchak tashkil qiladi. Quyoshning o'q atrofida aylanishi Yerni unmg atrofida aylanishi bilan bir xil yo'nalishida, sharqdan g'arbga qarab ro'y beradi. Aylamsh tezligi Quyosh ekvatorida 2 km/s ga teng va ekvatoridan shimol va janubga tomon kamayib boradi hamda bu kamayish sharsimon qattiq jismnikidan kuchli. Bu hodisa Quyosh o'z o'qi atrofida aylanishi differensial aylanish ekanligini va uning qattiq jism emasligini ko'rsatadi Odatda, o'q atrofida aylanish burchak tezliklarda berilgani uchun Quyoshning differensial aylanish qonunini burchak tezlik orqali ifodasi quyidagicha:

$\omega = 14.38^\circ - 2.7^\circ \sin^2 \varphi$ (1) Bu yerda: (ω - burchak tezlik (grad/sutka); φ - Quyosh sirti uchun geliografik kenglik.

Yuqorida keltirilgan formula yordamida Quyoshning siderik aylanish davrini hisoblash mumkin. Quyosh ekvatorida ($\varphi = 0$), u 25 kunga qutblari yaqinida esa 30 kunga teng. Sinodik aylanish davri bundan taxminan 2 kunga uzun va u Yerni Quyosh atrofida aylanishi bilan bog'liq Quyoshning differensial aylanishi uning aylanish momentini fotosfera ostidagi oqimlar va maydonlar ta'sirida qayta taqsimlanishi bilan bogliq va u Quyosh sirtida magnit maydonlar hosil qilishda, aktivlikning shakllanishida asosiy rol o'ynaydi.

1.2. Quyosh spektri

Optik, ya'ni yorug'lik nurlarida Quyosh spektri qora chiziqlar bilan kesilgan rang-barang tasma sahn (tutash yoki uzluksiz nurlanish) dan iborat. Odatda, spektr deganda ko'z oldimizga keladigan bu rang-barang nurlar ketma-ketligida har xil rangli (qizil, sariq, yashil, havorang, ko'k binafsha) nurlar biridan ikkinchisiga o'tishi asta-sekin ro'y beradi ikki xil rang nurlar orasida ularning aralashmasidan iborat rangli nurlar joylashadi . Masalan, qizil va sariq rangli nurlar orasida qirmizi va sarg'ish qizil nurlar o'rin egallagan, ya'ni har xil rangli nurlar orasida keskin uzilish yo'q va shuning uchun bunday rangli nurlar ketma-ketligi uzluksiz yoki

tutash spektr deb ataladi. Mazkur kursning birinchi qismida biz tutash spektrmng hosil bo`lish mexanizmlari (issiqlik va noissiqlik)ga to`xtalgan edik. Fizik nuqtayi nazardan har xil rangli nurlar bir-biridan ularni tashkil etgan fotonlarning har xil energiya (kvant)ga ega ekanligi bilan farq qiladi va bu energiya nurlanish chastotasi (ν) ga bogliqdir. Binafsha rangli foton (kvant)lar qizil ranglilarga qaraganda yuqori energiyaga ega. Shunday qilib, tabiatan biz tutash spektrda har xil rang nurlanishlar ketma-ketligi bilan birgalikda har xil energiyali kvantlar ketma-ketligini ko`ramiz. Quyoshning optik spektri to`lqin uzunliklari bo`yicha 3900 A dan 7600 A (bir A =  $10^{-10}$  m)gacha bo`lgan oraliqda bo`ladi. Bu oraliqdagi kvantlar energiyasi 3.0 elektronvolt (eV) dan to 1.6 eV gacha bo`lgan diapazonga to`g`ri keladi (1.2-rasm).

Quyosh energiyasining 99 % u optik diapazondagi tutash spektrda sochiladi. Bu energiya Quyoshning ichki qatlamlaridan uni yuza qatlamiga chiqadi va undan fazoga tarqaladi. Tutash spektr sahnida biz har xil qoralik va kenglik (intensivlik)dagi ko`plab (20 000 dan ortiq) chiziqlani ko`ramiz. Quyosh spektrida qora chiziqlarni birinchi bor 1814 yilda nemis optik olimi Fraungofer kuzatgan va shuning uchun bu chiziqlar fraungofer chiziqlari deb ataladi. Fraungofer chiziqlari fizik laboratoriyada kuzatiladigan qizdirilgan gazlarning emission chiziqlariga mos kelishini 1859 yilda nemis olimlari Kirxgof va Bunzenlar kashf etishgan. Hozirgi kunda Quyosh spektrida 72 kimyoviy elementning chiziqlari borligi aniqlangan. Bu chiziqlar orasida qoraligi va kengligi bo`yicha eng intensiv kalsiy ion (Ca II) ga tegishli bir juft chiziqlardir. Ular optik spektrni qisqa to`lqinli chegarasi yaqinida joylashgan ($\lambda_1=3968$ A va $\lambda_2=3933$ A). Bu chiziqlarni Fraungofer N va K chiziqlar deb belgilagan. Intensivligi bo`yicha keyingi o`rinlarni vodorodning balmer seriyasiga kiruvchi chiziqlar (N_α , N_β , N_γ ...) va ulardan keyin neytral metallar: natriy (Na), magniy (Mg), temir (Fe) atomlari chiziqlari egallaydilar.

Fraungofer chiziqlari yutilish (absorbsion) chiziqlaridir. Ular Quyoshning ichki qatlamlaridan chiqib kelayotgan tutash spektrga ega bo`lgan nurlanishni atmosfera qatlamidagi ionlar (Ca II) va atomlar (N, Na, Mg, Fe...) tomonidan yutilishi natijasida hosil bo`ladi. Atmosferadagi har bir ion yoki atom o`ziga xos va

mos chastota (to'liqin uzunlik)larda tutasli spektrda sochilayotgan nurlanishni yutadi va spektrning shu qismida intensivlik pasayadi, ya'ni yorug' tutash spektr sahnida qora chiziq hosil bo'ladi. Bunday murakkab spektr fizik laborotoriya sharoitida kuzatilmaydi va uni tushuntirish uchun Quyosh nisbatan past temperaturali siyrak gaz atmosferaga ega bo'lsa kerak, degan xulosaga kelinadi. Bunday atmosferada balandlik bo'yicha temperatura, zichlik va gaz bosimi kamayib borishi kerak. Quyosh va yulduzlarning bunday atmosfera qatlami fotosfera, ya'ni yorug'lik sferasi deb ataladi. Fotosfera Quyosh va yulduzlarda yagona qatlam emas, fotosfera ustida atmosferaning yuqori qatlamlari joylashgan..

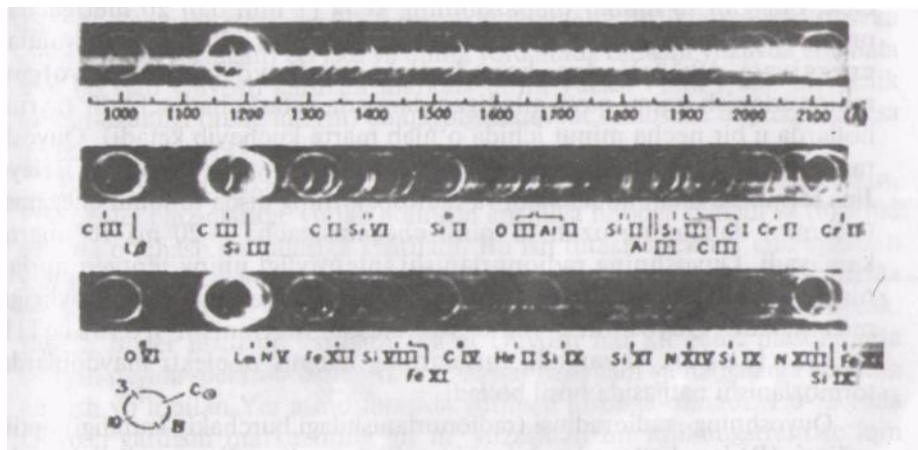
1.3. Quyoshning elektromagnit nurlanish tarkibi

Optik nurlarda ko'rinadigan spektr Quyosh nurlanishining kichik bir qismini tashkil etadi. Optik diapazondan chap tomonda ko'zga ko'rinmaydigan ultrabinafsha nurlar joylashsa, undan o'ng tomonda infraqizil nurlar ketma-ketligi o'rin egallaydi. Ultrabinafsha (UB) nurlar keng (0,01 I 0,39 inkm) elektromagnit to'liqlar diapazonini ishg'ol etadi.

Bu diapazonda sochilayotgan kvantlar energiyasi 100 eV dan 3 eV oraliqqa to'g'ri keladi. Yana ham qisqa to'liqli (yuqori cnrgiyali) nurlanish rentgen nurlari diapazonini tashkil etadi. Ular λ bo'yicha 0.0001 mkm dan 0.01 mkm gacha, kvantlari energiyasi bo'yicha esa 10^4 eV dan 10^2 eVgacha diapazonni egallaydi.

Quyoshning rentgen va UB nurlari Yer atmosferasida azot (N_2) va kislorod (O_3) molekulalari tomonidan yutiladi, shuning uchun ular Yergacha yetib kelmaydi. Quyoshning rentgen va UB nurlanishi (1-2960 Å) Yer atmosferasidan tashqariga ko'tarilgan teleskoplar hamda spektrograllar vositasida o'rganiladi. Bu asboblarda havo sharlari, raketalar va sun'iy yo'ldoshlariga o'rnatiladi. Bunday tekshirishlar Quyoshning bu diapazonlardagi nurlanishi optik diapazondagidan farq qilishini ko'rsatdi. Avvalo, rentgen nurlar tomon tutash spektrning intensivligi pasayib boradi va ~ 0.01 mkm da u nolga teng bo'ladi. Ikkinchidan uzoq UB nurlar

($\lambda < 0.2$ mkm) diapazonida avval yutilish chiziqlari bilan birgalikda chiqarish (emission) Chiziqlari, keyinchalik ($\lambda < 1000$ Å) esa faqat emission chiziqlar kuzatiladi. Bu chiziqlar tutash spektr sahnida unga nisbatan yorug` chiziq shaklda ko`rinadi. Bular ko`p marta ionlangan metallar chiziqlari bo`lib, UB spektr tasvirlarida ular orasida Mg X (to`qqiz karra ionlangan magniy),



1.2-rasm. Ultrabinafsha diapazon (1000—2200 Å) da uch xil ekspozitsiya bilan olingan, to`la tutilgan Quyoshning spektri tasvirlari, Ikkinchi va uchinchi qator tasvirlar ostida kimyoviy element ioni belgisi keltirilgan.

vodorod atomining layman seriyasi (L_a , ($\lambda - 1011$) = 1216 Å), kislorod (O IV, OV), uglerod ionlari (C II, C IV)ga tegishli chiziqlar yaqqol ko`zga tashlanib turadi. UB spektrogrammaning  $\lambda < 300$  Å diapazoni temir (Fe X dan Fe XVI gacha), kremniy (Si VIII dan Si X gacha), geliy (II. II), kislorod, kobalt, neon ionlarining yonmayon joylashgan ko`plab chiziqlaridan tashkil topgan. Yuqori energiyali rentgen diapazonda ($\lambda < 100$ Å) hatto temirning vodorodsimon ionlari (bitta elektronli) Fe XXVI ning chiziqlarini ham ko`rish mumkin.

UB hamda rentgen diapazonda to`la tutilgan Quyosh tasviri optik nurlarda olingan tasvirdan katta va yorug` halqa shaklga ega. Bu qatlamni Oy gardishi to`la to`sa olmaydi va u yorug` halqa shaklida ko`rinadi Demak, bu chiziqlar fotosfera ustida joylashgan atmosfer qatlamlarida hosil bo`ladi. Bu qatlamlarda temperatura yuz minglab gradus ( $T \geq 10^5$  K) dan oshadi. Chunki metallarni ko`p marta ionlantirish uchun shunday temperetura zarur.

Quyosh spektrining infraqizil (IQ) diapazoni ($0.76 < \lambda < 1000$ mkm) kam energiyali kvantlar ($1.6 > h\nu > 10^{-5}$ eV)dan tashkil topgan bo`lib, uning bir qismi

($0.76 < X < 15$ mkm) Yer atmosferasida H_2O va SO_2 molekulalar tomonidan qisman, qolgan qismi ($15 \text{ mkm} < \lambda$) esa to'la yutiladi va Yer yuziga etib kelmaydi. IQ spektr optik diapazon singari keng qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat va unda energiyaning taqsimlanishi optik diapazondagi taqsimot singari temperaturasi $T = 5000 \text{ K}$ bo'lgan nurlanishga mos keladi. Demak, Quyoshning IQ nurlanishi fotosferadan, uning past ($T \sim 4300 \text{ K}$) temperaturali tashqi chegarasidan sochiladi.

Quyoshning IQ spektrining o'ng tomonida uning radiospektri joylashgan. Radiospektr tutash (uzluksiz) radioto'lqinlar ketma ketligi bo'lib, u elektromagnit to'lqinlar diapazonining keng (1 mm dan 20 metrgacha) oralig'ini ishg'ol etadi. U radio shovqin sifatida qayd etiladi Radiokvantlar energiyasi 10^{-5} eV dan kam bo'lsada, Quyoshdan kelayotgan radionurlanish oqimi qayd qiladigan darajada yetarlicha kuchlidir (ayrim hollarda u bir necha minut ichida o'nlab marta kuchayib etadi) Quyosh radionurlanishi intensivligining to'lqin uzunligi bo'yicha o'zgarishi Reley-Jins formulasi bilan ifodalanadi va radiospektrning qisqa to'lqinli chegarasi ($\sim 1 \text{ mm}$) dan uning uzun to'lqinli chegarasigacha (20 m) 10^8 marta kamayadi. Quyoshning radionurlanishi intensivligi uning rentgen nurlanishi singari yuz minglab gradus temperaturaga ega manba intensivligiga mos keladi. Quyoshning radio va rentgen nurlanishi noisqlik nurlanishidir. U zaryadli zarralarning magnit va elektr maydonlarda tormozlanishi natijasida hosil bo'ladi.

Quyoshning radiator radiusi (radionurlanishdagi burchakiy kattaligi) optik radiusi (R)dan katta, shu bilan birgalikda radiator radius uni o'lchashda qo'llanilayotgan to'lqin uzunligiga bog'liq: λ qancha katta bo'lsa $R(\lambda)$ shuncha katta bo'ladi Ikkinchi tomondan, detsimetr diapazonda Quyosh gardishining ravshanligi uning markazidan chetiga tomon ortib boradi (optik nurlarda aksincha) va gardish chetida maksimal qiymatga ega bo'lgach, uning ortida keskin kamayadi. Biz yuqorida Quyoshning rentgen tasviri optik tasvirdan katta degan edik, endi radiotasvir ham optik tasvirdan katta ekanligini ko'rdik. Demak, Quyoshning rentgen va radionurlanishi fotosfera ustida joylashgan tashqi atmosfera qatlamlaridan sochiladi. Bu qatlamlar xromosfera va Quyosh toji deb ataladi. Har xil to'lqin uzunliklarda radiator ravshanlik temperaturasining gardish markazidan

uning cheti tomon o'zgaradi.

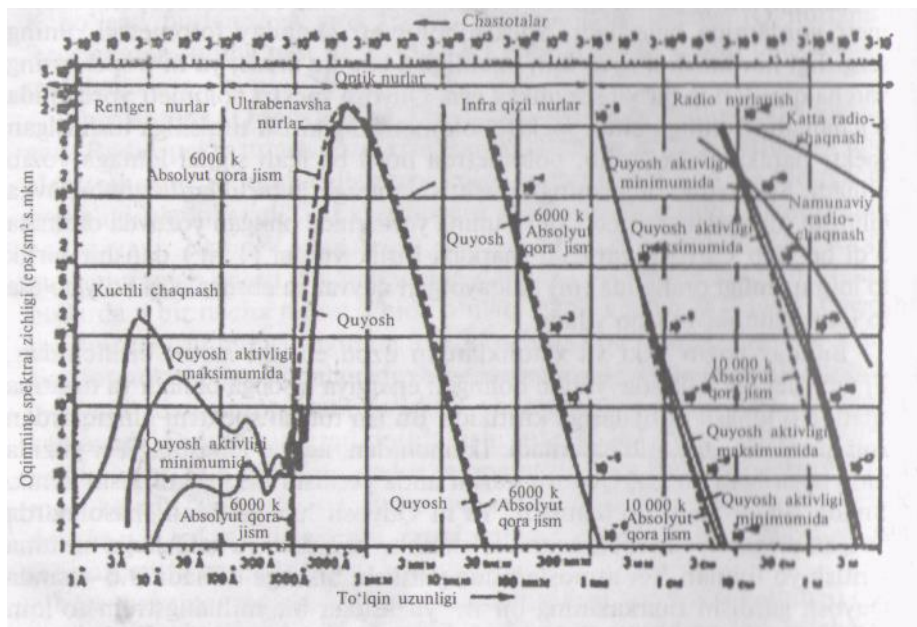
1.4.Quyoshning tutash spektrida energiyaning taqsimlanishi va uning to'la energiyasi

Energiyaning tutash spektrda taqsimlanishi maxsus asbob, spektrobolometr yordamida bajariladi. Spektrobolometr shunday fotometrki, uning sezgirligi nurlanishning to'liq uzunligiga bog'liq emas, ya'ni u spektrning barcha qismlarida bir xil sezgirlikka ega. Quyosh spektri bolometr yordamida o'lchanadi. Buning uchun spektrobolometrning kirish tirqishiga tushirilgan spektr harakatga keltirilib, bolometrda hosil bo'lgan signal lentaga yozib olinadi. Spektrobolometring ko'rsatishi energetik birliklarda graduировка qilingan (darajalangan) bo'ladi va uning yordamida olingan yozuvda ordinata o'qi bo'ylab Quyosh gardishi markazi birlik yuzasi (1 m^2) dan bir birlik to'liq uzunligi oralig'ida (m) chiqayotgan quvvat va absissa o'qi bo'ylab esa to'liq uzunligi (λ) qo'yiladi.

Bunday yozuv ikki xil xatoliklardan ozod etilishi zarur: birinchidan, Fraunhofer chiziqlarida yutilib qolingan energiya hisobga olinadi va tuzatma sifatida o'lchash natijalariga kiritiladi. Bu ish tutash spektrni chiziqlardan xoli qismlariga tayanib bajariladi. Ikkinchidan, agar o'lchashlar Yer yuzida turib bajarilgan bo'lsa, Quyosh nurini unda yutilishi hisobga olinishi kerak. Bunda Buger usuli qo'llaniladi. Ya'ni Quyosh har xil zenit masofalarda bo'lgan paytda spektrobolometrik o'lchashlar bajariladi va natijalarga tuzatma kiritish yo'li bilan Yer atmosferasida yutilishi hisobga olinadi. Quyosh gardishi markazining bir m^2 yuzasidan bir milliangstrom to'liq uzunligi oralig'ida 1 steradian fazoviy burchak ichida sochilayotgan quvvat, absissa o'qi bo'ylab esa to'liq uzunliklari (λ) qo'yilgan. Quyosh energiyasi maksimumi 5000 Å ga to'g'ri keladi va undan uzoqlashgan sari ikkala tomonga kamayib boradi. Plank formulasi yordamida har xil temperatura (T) uchun hisoblangan absolut qora jism spektrida energiyaning taqsimlanishi ham keltirilgan rasmdan ko'rinib turiptiki, optik diapazon ($\lambda > 0.4 \text{ mkm}$) da Quyosh spektrida energiyaning taqsimlanishi $T=6000 \text{ K}$ da hisoblangan

Plank taqsimotiga mos keladi. Yorug`lik va UB nurlarda taqsimotlar bir biriga mos kelmaydi, buning sababi fotosfera moddasining yutilish koeffitsenti bilan bog`liq, bu to`g`rida biz yuqorida, qo`llanmaning birinchi qismida, Quyosh singari yulduzlarning fotosferasi nazariyasida to`xtalgan edik.

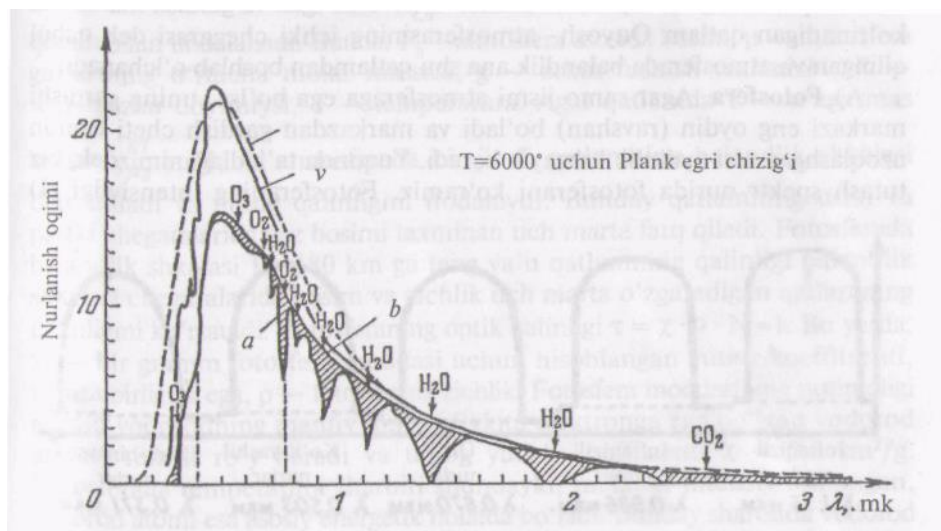
1.3-rasmda to`lqin uzunligi  $\lambda = 1$  mkm da tutash spektr intensivligi  $10^6$  erg/sm<sup>2</sup> • s • mkm ga teng ekanligi ko`rinib turipti. Ma`lumki  $\lambda kT \gg hc$  bo`lganda Plank formulasi Reley-Jins formulasi bilan almashtirilishi mumkin.



1.2-rasm. Quyoshning elektromagnit nurlanishida energiyaning yo`g`on egri chiziq bilan, Plank formulasi bo`yicha hisoblangan taqsimot chiziq bilan tasvirlangan.

Bunday amal radiodiapazonda o`rinli bo`lib, $\lambda = 1$ mm da radionurlanish intensivligi $\lambda = 1$ mkm dagidan yuz milliard marta kam, ya'ni 10^{-5} Vt/m² bo`lishi kelib chiqadi. Agar Quyoshning nurlanishini issiqlik nurlanishi deb, hisoblasak bu nurlanishga mos keladigan rentgen diapazonlarda intensivlikni hisoblash mumkin. Quyoshning radionurlanishini o`lchashlardan olingan natijalar bundan o`nlab va minglab marta kattadir. Ya'ni Quyoshning radionurlanishi temperaturasi  $T \sim 10^4 - 10^6$  K ga to`g`ri keladi. Bu nurlanish noissiqlik tabiatga ega va fotosferadan emas, balki uning ustida joylashgan xromosfera va toj qatlamlaridan chiqadi. Yuqoridagi singari oddiy hisoblashlarni rentgen diapazon uchun ham bajarish mumkin. Bunday hisoblash natijalari Quyoshning rentgen nurlanishi ham noissiqlik tabiatiga

va u 10^5 — 10^6 K temperaturaga mos keladi degan xulosaga olib keladi. Shunday qilib, Quyosh atmosferasi ichki va tashqi qatlamlarga bo'linadi. Ichki qatlam fotosfera deb ataladi va uning nurlanishi issiqlik tabiatga ega. Fotosferani Quyoshning to'la energiyasiga qo'shayotgan hisssasi 99%. Atmosferaning hisssasi 1% bo'lsa-da, bu qatlamdan chiqayotgan nurlanishning temperaturasi 10^5 — 10^6 K ga teng. 1.3-rasmda Quyoshdan kelayotgan nurlanish oqimida energiyaning taqsimlanishi tasvirlangan. Nurlanish oqimini Quyosh gardishining barcha qismlaridan chiqayotgan nurlanishlar hosil qiladi va uning maksimumi ($\sim 200 \text{ Vt/m}^2$ mkm) 0.5 mkm ga to'g'ri keladi. 1.3-rasmdan ko'rinib turiptiki, maksimumdan o'ng va chap tomonga nurlanish oqimi energiyasi kamayib boradi. Unda UB va IQ nurlar hisssasi o'n marta, rentgen va radio nurlanishlar hisssasi esa minglab marta kam. 1.3-rasmdagi egri chiziqlar



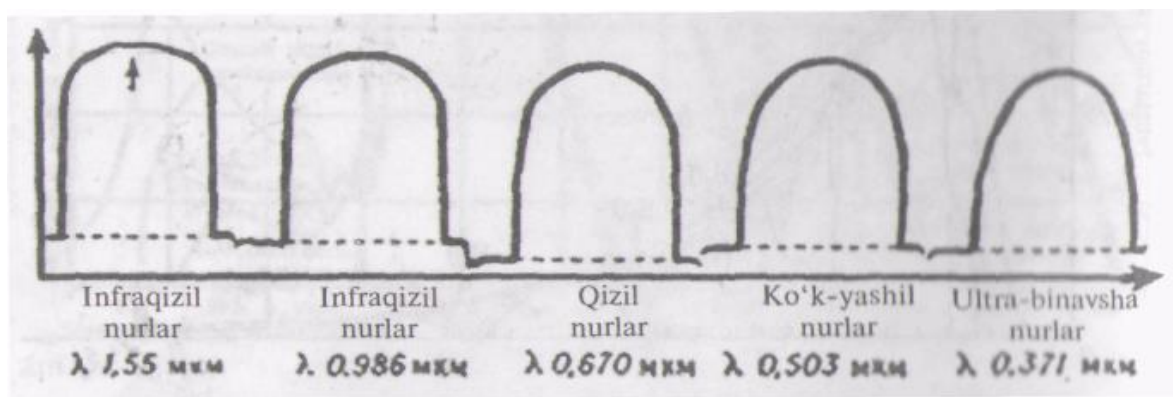
1.3-rasm. Quyosh spektrida energiyaning taqsimlanishi: a) spektrobolometr yordamida yozib olingan spektr; b) yutish chiziqlari hisobga olingandan keyingi silliqqlangan taqsimot; v) atmosferadan tashqarida bajarilgan o'lchash natijalariga asoslangan taqsimot. bilan absissa o'qi hosil qilgan chizma yuzasi Quyoshni to'la energiyasini beradi. Yer atmosferasidan tashqarida Quyosh nurlariga tik qo'yilgan 1 m^2 yuzani Quyosh 1366 Vt quvvat bilan isitadi. Bu quvvat 11 yillik davr bilan biroz ($1\text{--}2 \text{ Vt}$ ga) ko'payib, kamayib turadi va bunday o'zgarish Quyosh aktivligining kuchayishi va susayishi bilan bog'liq, Quyosh aktivligining kuchayishi uni UB, rentgen va radio nurlanishlarining katta miqdorda ortishiga

sababchi bo`ladi . Bu mavzuga keyinroq qaytamiz.

1.5. Quyosh atmosferasi

Samo jismini o`rab turuvchi shaffof gaz qobig`i uning atmosferasi deb ataladi. Bunga Yerni o`rab turuvchi shaffof gaz qobig`i misol bo`la oladi. Kunduzi, bulutsiz paytlarda Yer atmosferasi bizga ko`m- ko`k osmon sifatida ko`rinadi. Osmon(atmosfera)ning tiniqlik darajasi undagi zarrachalarning nurni yutish (sochish) qobiliyati (K_λ)ga, konsentratsiyasiga (N) va ko`rinish chizig`ining uzunligi (l)ga bogliq. Yutish (sochish) koefitsiyenti K_λ yuza birlikka ega va u nurlanishning to`lqin uzunligiga bog`liq. Bu uchala ko`rsatkichning ko`paytmasi birlikka ega bo`lmagan miqdor va u atmosferaning optik qalinligi ( $\tau = K_\lambda Nl$ ) deb ataladi. Atmosfera orqali o`tayotgan yorug`lik nuri intensivligi  $e^{-\tau}$  marta o`zgaradi, ya'ni $\tau = 1$ bo`lgan atmosferadan o`tayotganda yorug`lik kuchi 2,7 marta,  $\tau = 2$  bo`lganda 7,5 marta kamayadi. Ya'ni qatlamlar bizga deyarli ko`rinmaydi. Shunday qilib, Quyosh atmosferasi optik qalinligi  $\tau \leq 1$  bo`lganda qatlamlarni o`z ichiga oladi. Tutash spektrning  $\lambda = 0,5$  mkm uchun  $\tau_{05} = 1$  bo`lgan va gardish markazida ko`rinadigan qatlam Quyosh atmosferasining ichki chegarasi deb qabul qilingan va atmosferada balandlik ana shu qatlamdan boshlab olinadi.

A) Fotosfera. Agar samo jismi atmosferaga ega bo`lsa, uning gardishi markazi eng oydin (ravshan) bo`ladi va markazdan gardish cheti tomon uzoqlashgan sari oydinlik kamayib boradi. Yuqorida ta'kidlaganimizdek, biz tutash spektr nurida fotosferani ko`ramiz. Fotosferaning Intensivligi (I)



1.4-rasm. Har xil spektral diapazonlarda fotosfera intensivligining gardish

markazidan uning cheti tomon kamayishi. Intensivlikning markazdan chetga tomon kamayishi qisqa to'liqlik va yuqori energiyali diapazonlar tomon kengayib boradi. Gardish markazida eng yuqori (masalan, $\lambda = 0.5$ mkm da $I_0 = 4.6 \cdot 10^4$ vt/sm² steradian) va undan uzoqlashgan sari avval asta-sekin keyin gardish cheti yaqinida tez suratlar bilan kamayib boradi.

Buni shunday tushuntirish mumkin. Shar shakldagi samo jismi sferik qatlam shakldagi atmosfera bilan o'ralgan bo'ladi. Gardish markazida ko'rish chizig'i atmosferaning eng ichki ($T = 1$) qatlamlarigacha yetib boradi. Bu qatlamlar qaynoq va ulardan chiqayotgan nurlanish yuqori intensivlikka ega. Gardish cheti tomon (o'nga) surilgan sari ko'rish chizig'i etib boradigan $\tau = 1$ qatlam yupqalasha boshlaydi. Gardish cheti tomon intensivlik taqriban quyidagicha ifodalanadi:

$$I(r_\lambda) = I_0(1 - U_r + U_\lambda \cdot \tau_\lambda) \quad (2)$$

Bunda: $\lambda = 0.5$ mkm uchun $u_\lambda = 0.65$ ni va intensivlikning gardish cheti tomon pasayib borishini temperatura (T) va zichlik (ρ) ning balandlik bo'ylab kamayishi bilan tushuntirish mumkin. Bu yerda u_λ va τ_λ to'liqlik uzunligiga bogliq bo'lgan proporsionallik koeffisienti va fotosferaning optik qalinligi. Oq nurda gardish chetida intensivlik 0,5 burchakiy sekund masofa ichida nolgacha pasayadi. Demak, fotosferaning qalinligi 360 km dan oshmaydi.

Statsionar (muqim) gidrostatik muvozanatdagi atmosfera bosimning balandlik bo'yicha o'zgarishi quyidagi

$$P = P_0 e^{-\frac{Mg}{RT}h} \quad (3)$$

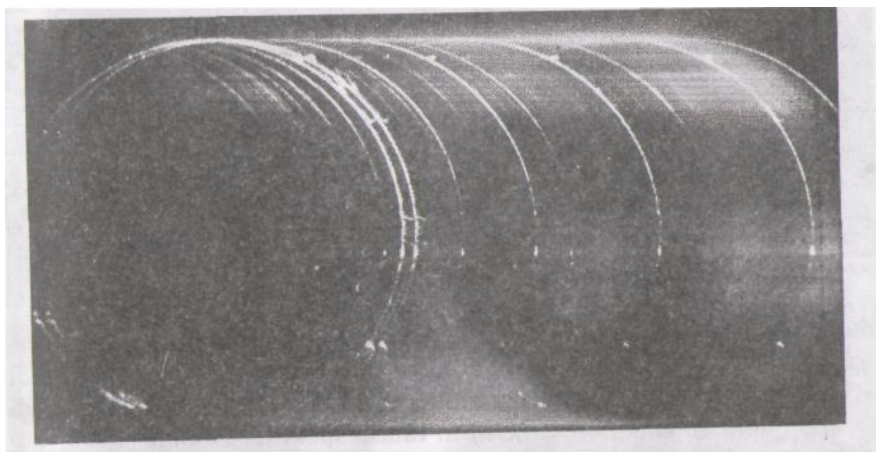
qonun bilan ifodalanadi. Bunda: P_0 — atmosfera asosida bosim, μ — atmosfera gazlarining o'rtacha molyar massasi, g — erkin tushish tezlanishi, R — ideal gazlar doymiyisi, T — temperatura. Agar qatlamda T — o'zgarmas bo'lsa, $\frac{RT}{\mu g} = M$ — atmosferada bir jinsli qatlamning balandlik shkalasi deb ataladi va uning qalinligini ifodalaydi. Bunday qatlamning ustki va pastki chegaralarida gaz bosimi taxminan uch marta farq qiladi. Fotosferada balandlik shkalasi $H = 180$ km ga teng va u qatlamning qalinligi balandlik shkalasi chegaralarida bosim va zichlik uch marta o'zgaradigan qatlamning qalinligini ko'rsatadi. Fotosferaning optik

qalinligi $\tau = \chi \cdot \rho \cdot N = 1$. Bu yerda: χ — bir gramm fotosfera moddasi uchun hisoblangan yutish koeffitsienti, u yuza birligiga ega, ρ — fotosferada zichlik. Fotosfera moddasining notiniqligi asosan vodorodning manfiy ionlari (ikkita elektronga ega boʻlgan vodorod atomi) tufayli roʻy beradi va uning yutish koeffitsienti $\chi = 0.6 \text{ sm}^2/\text{g}$. Fotosferada temperatura sharoiti shundayki, metallar intensiv ionlangan, vodorod atomi esa asosiy energetik holatda boʻladi. Bunday sharoitda vodorod atomi ikkinchi elektronni qabul qilib olishi mumkin boʻladi. Natijada manfiy vodorod ionlari hosil boʻladi. Bunga teskari boʻlgan jarayonda esa manfiy iondan ortiqcha elektron ajralib, fotosferada tutash spektrni shakllantiradi.

Endi $H \sim 180 \text{ km}$ ekanligini hisobga olsak, $\rho \sim 10^7 \text{ g/sm}^3$ ekanligini topamiz. Fotosferada balandlik boʻylab T , g va P_g (gaz bosim) ning oʻzgarib borishi jadvalda keltirilgan. Fotosferada hamma vaqt oʻrtacha statsionar holat hukm suradi deb hisoblash mumkin. Chunki fotosferadan fazoga qancha energiya sochilsa, unga ichki qatlamlardan shuncha energiya keladi. Fotosferada energiya nurlanishni yutilishi (manfiy vodorod ionlarining ioiilanishi) va qayta sochilishi (manfiy vodorod ionlari hosil boʻlishi) yoʻli bilan uzatiladi (nuriy uzatish). Bunda vodorodning manfiy ionlari asosiy rol oʻynaydi. Yuqori temperaturadagi gaz yuqori bosimga ega boʻladi Fotosfera moddasining bosim kuchi ogʻirlik kuchiga teng va unga qarama-qarshi yoʻnalgan, ya'ni fotosfera hamma vaqt gidrostatik muvozanatda boʻladi.

B) Xromosfera. Fotosfera ustida joylashgan xromosfera tutash spektr nurlarida toʻla tiniq boʻlib, uning ravshanligi fotosferanikidan yuzlab marta kam. Xromosferani Quyosh toʻla tutilgan paytda bir necha minut davomida qirmizi halqa sifatida yaqqol koʻrish mumkin. Halqaning kengligi $16'' - 20''$, ya'ni xromosferaning qalinligi 12—15 ming km. Xromosferaning spektri emission chiziqlardan iborat. Bu chiziqlar fotosfera spektrida (geliyniki bundan mustasno) qora chiziq shaklida koʻrinadi Biroq xromosfera spektrida ionlar va yuqori uygʻonish potensialiga ega boʻlgan atom va ionlarning spektral chiziqlari fotosferanikiga qaraganda intensivroqdir. Bu esa xromosferada temperaturaning yuqoriligini koʻrsatadi,

Xromosferani ionlangan kalsiy, vodorod va geliy chiziqlari markazida ham ko`rish mumkin. Bu intensiv chiziqlar markazida fotosfera notiniq (masalan,  $H_\lambda$  markazida intensivlik  $I = (0.09)$  va ularda quyoshdan sochilayotgan nurlanish xromosfera qatlamlaridan chiqadi. Hisoblashlarni ko`rsatishicha, xromosfera nurlanishi bo`lmaganda H va K Ca II, H chiziqlarning markaziy intensivligi nolga yaqin bo`lishi kerak edi. Demak, kalsiy ionlari va vodorod atomlari chiziqlari markazida xromosferani ko`rishimiz mumkin. Buning uchun o`tkazish polosasi $\lambda < 0,5 \text{ \AA}$ bo`lgan interferetsion-polyarizatsion filtrlar (IPF) qo`llaniladi. Bunday filtrlar vodorod (H_α) va kalsiy (CaH) ionlarining, geliyning infraqizil ($\lambda 10830 \text{ \AA}$) chiziqlari uchun yasalgan bo`lib, ular yordamida xromosfera oddiy sharoitlarda kuzatiladi.



1.5-rasm. Quyosh to`la tutilgan paytda Oy gardishi atrofida ko`rinadigan halqa (xromosfera)ning spektri: yorug` halqalar har xil spektral chiziqlardagi xromosferaning ko`rinishi (halqalar chetidagi do`ngliklar protuberaneslar). Bunday IPF bilan jihozlangan teleskop xromosfera teleskopi deyiladi. Bundan tashqari xromosferani spektrogeliograf deb ataladigan teleskop yordamida ham kuzatish mumkin. Spektrogeliografda Quyosh xromosfera chiziqlari (H va K Ca II, H_2 , He) nurida suratga olinadi

Toj. Xromosfera ustida joylashgan bo`lib u Quyosh atmosferasining eng keng ( $1 \div 2 \cdot R_\odot$ ) qatlamidir. Tojning shakli o`zgaruvchan va Quyosh aktivligi darajasiga bog`liq: maksimum yillarida deyarli simmetrik, minimumda asosan ekvator bo`ylab cho`zilgan bo`ladi. Tojning intensivligi fotosferanikidan million marta kam, shuning uchun uni Quyosh to`la tutilgan paytda oq nurda gardish

tashqarisida aniq ko`rish mumkin

Toj maxsus sharoitlarda (baland tog` yoki kosmik fazoda) koronograf yordamida suratga tushiriladi va tekshiriladi. Spektriga ko`ra tojni uchta qatlamga: ichki (E — emission toj),orta (K — kontinium toj) va tashqi (F — fraungofer toji) tojlarga bo`lish mumkin. Ichki yoki emission tojning (E) qalinligi (0.2—0.3)  $R_0$  ( $R_0$  — Quyosh radiusi), spektri ko`plab marta (25 martagacha) ionlangan metallarning emission chiziqlaridan iborat. Ichki toj (E)da uzoq UB va rentgen diapazonda kuzatiladigan ko`plab emission chiziqlar hosil bo`ladi. Ular orasida Fe XIV (o`n uch marta ionlangan temir atomi) ga tegishli yashil (A.5303 A) va Fe X ga tegishli qizil (X6374 A) emission chiziqlar intensivligi bilan ajralib turadi. Fe X ni hosil bo`lish ionizatsiya potentsiali $X=210$ eV. Bu energiyaga $T=2.10^6$ mos keladi.O`rta (K) tojning qalinligi bir  $R$  va spektri fotosferanikiga o`xshash tutash spektrga ega, biroq unda fraungofer chiziqlari kuzatilmaydi, nurlanishi sezilarli darajada ($r = 0,5 R_0$ da 50%) qutblangan; o`rta toj nurlanishi fotosfera nurlanishini toj elektronlarda sochilishi (tomsoncha sochilish) natijasida hosil bo`ladi. Unda elektron konsentratsiyasi $n_e=10^{14}$ m^3 . Tashqi (F) toj o`rta tojni o`rab turadi, qalinligi $2 \div 3 R_0$, spektri fotosferanikiga o`xshash qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat. Tashqi toj fotosfera nurlanishini Quyoshdan 2—3 Quyosh radiusi uzoqlikdagi chang zarrachalarida sochilishi natijasida hosil bo`ladi.

Toj yorug`lik nurlarida tiniq bo`ladi, biroq radionurlanishni kuchli darajada yutadi. Tojning radionurlanishi protonlarning elektr maydonida ozod elektronlarning tormozlanishi natijasida hosil bo`ladi. Toj temperaturasi 1 — 2 million gradus, elektron konsentratsiyasi $10^{11}-10^{15}$ $1/m^3$.

1.6.Quyosh dog'lari va mash'allar

Mash'al aktiv sohaning fotosfera qismi va har biri albatta mash'al ko`rsatadi, biroq mash'alni faqat Quyosh gardishi yaqinida (gardish markazidan 0.7—1.0 masofada) ko`rish mumkin .Mash'al to`rsimon ko`rinishga (to`r tugunlarida yorug` nuqtalar) ega va fotosferani ustki qismida joylashadi. Uning yuzasi dog` yuzasidan o`nlab marta katta. Dog`lar a.s. ning o`zagi hisoblanadi va ular, odatda ko`ndalang kesimi 2500 km keladigan bir necha qora xol (pora)lar to`dasi sifatida ko`rinadi.

Poralar kuchli (2000 gs) magnit maydonga ega, ularning bir qismi N qutbli, qolganlari S qutbli. Quyoshning o'z o'qi atrofida aylanishi



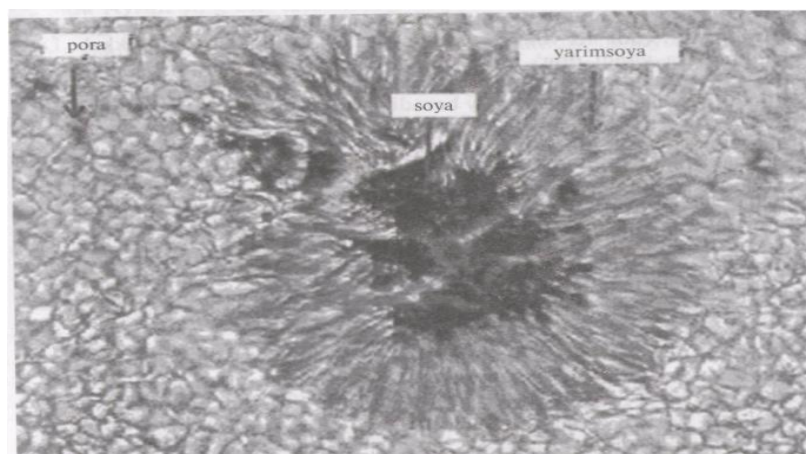
1.6-rasm. 2003-yil 27-iyulda olingan Quyosh tasvirining bir qismi. Unda ikkita katta dog'lar guruhini ko'rish mumkin. O'ngda multipolyar, chapda (gardishning sharqiy chegarasi yaqinida) bipolyar dog'lar guruhi.

yo'nalishida oldingi poralar (ular bir xil magnit qutbga ega) tez suratlar bilan olg'a harakatga keladi va 1-2 kun ichida qo'shilib, kattagina dog' hosil qiladi. Bu yetakchi dog' g'arbga tomon harakatini davom ettiradi va kattalasha boradi.

Yetakchi dog'ga qarama-qarshi qutbga ega poralar ham bitta katta dog'ga yig'iladi bu dog' birinchi poralar to'dasi hosil bo'lgan joyda qoladi va 10 kun davomida maksimal kattalikka yetgach parchalana boshlaydi va 10 kundan keyin ko'zdan g'oyib bo'ladi. Yetakchi dog' asta-sekin kattalasha borib, g'arbga tomon harakati to'xtaydi. U tim qora (yorug' fotosferaga nisbatan, intensivligi fotosferanikidan 10 marta kam) o'zak (soya)ni o'rab turuvchi yarimsoya (fotosfera intensivligini $\frac{3}{4}$ qismiga teng) bilan o'ralgan. Ulkan dog'larning diametri Yernikidan bir necha marta katta. Dog' o'zagining yuzasi uning to'la (yarim soya bilan birgalikda) yuzasidan olti marta kichik. O'zakda magnit maydon kuchlanganligi 3000—4000 gs yetadi va maydon kuch chiziqlari Quyosh sirtiga tik yo'nalgan bo'ladi. Yarim soyada kuch chiziqlari vertikallikdan tashqi tomonga ancha og'ib, yarim soyaning tashqi chegarasida gorizonttal yo'nalishni egallaydi va maydon kuchlanganligi yarim soyada 1000 gs va uning tashqi chegarasida 10 gs gacha kamayadi. O'zak ichida temperatura 4000 K, ya'ni atrof fotosferanikidan 2000 K ga past, shuning uchun dog' yorug' fotosferaga nisbatan qora bo'lib ko'rinadi. Soya ichida oydinroq qismlari ham bor. Bu qismlarda o'zak nuqtalari kuzatiladi va ularda magnit maydon kuchlanganligi 2500 gs va kuch chiziqlari

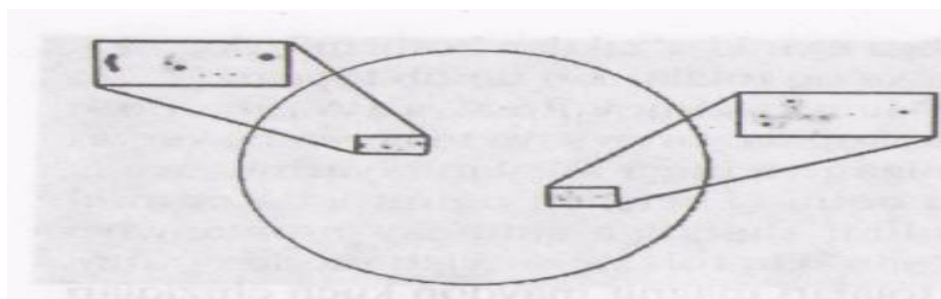
sirtga aniq vertikal holda yo'nalgan. O'zak nuqtalari fotosfera granularidan besh marta kichik va yarim soatdan ko'p yashaydi. Bu natijalar fizika-matematika fanlar doktori I. Sattorov tomonidan O'z FA Astronomiya instituti Quyosh teleskopida bajarilgan kuzatishlarga asoslanib birinchi bor topilgan va Xalqaro Astronomiya Uyushmaning 1982-yilgi muhim natijalari sifatida qayd qilingan. Bunday nuqtalar fotosfera magnit to'ri rasmlarida ham ko'rinadi va kuchli magnit maydonda fotosfera granulasining yangi holati sifatida qayd qilingan.

Yarim soya ham nafis mayda tuzilishga ega. U o'zakdan boshlanib dog'ning tashqi chegarasigacha cho'zilgan qora va oq tolalardan tarkib topgan. Pedagogika fanlari doktori M. Mamadazimov Rossiya FA ning Bosh Astronomik Observatoriyasi Quyosh teleskopida yarim soya tolalarining yuqori ajralishga ega spektrini birinchi bor olgan va unga asoslanib yarim soyada modda oqimini o'rgangan hamda bu oqim (Evershed oqimi - bu oqimni dastlab 1908-yilda kuzatgan ingliz olimi sharafiga shunday nomlangan) qora tolalar bo'ylab ro'y berishini topgan. Oq tolalar bo'ylab modda oqimi o'zakka tomon yo'nalgan. Yarim soya tolalari magnit maydon kuch chiziqlari bo'ylab yo'nalgan. Quyosh dog'lari qarama-qarshi qutbli ikkita yoki bir necha dog'lardan iborat (bipolyar) guruh tarzda kuzatiladi. Guruh dog'lari sharq-g'arb yo'nalishda qator hosil qiladi. Bu qatorning uzunligi 50 mingdan 100 ming km gacha etadi magnit o'qi, sutkai parallel bilan kichik (10 gradus) burchak hosil qiladi, ya'ni yetakchi dog'ning geliografik kengligi dumgi dog'nikidan 10 gradusga past yoki guruh (magnit) oqi ekvator tomon og'gan. Dog' guruhida yetakchi va dumgi dog'lar orasida nisbatan kichik dog'lar ham uchraydi. Ularning magnit qutblari shimoliy yoki janubiy bo'ladi. Hammasi bo'lib dog'lar guruhida bir nechtdan 50 tagacha alohida dog'lar bo'lishi mumkin.



1.7-rasm. Quyosh dog'i va uning atrofidagi fotosferada granuiyatsiya, soya, yarimsoya, poralar ko'rinishi. ozak ichi bir jinsli bir xil qoralikda emas, uning nisbatan yorug' qismlari dog' nuqtalardan tarkib topgan. Soyaning tim qora qismlarida ham dog' nuqtalari ko'rinadi.

Ular guruh a'zolari hisoblanadi va ularning geliografik



1.8 -rasm. Murakkab dog' guruhlari.

kengliklari bir necha gradusgacha, uzunliklari esa o'n gradusgacha farq qilishi mumkin.

Bipolyar guruh dog'lar guruhlarining yagona turi emas. Ayrim hollarda bipolyar a.s. bitta dog'ga ega bo'ladi. Bunday dog' unipolyar dog' deb ataladi. Bu dog' magnit maydonning ikkinchi jufti sochilganda bo'ladi va ular ustida mash'al kuzatiladi. Dog'lar guruhining yana biri katta yuza va zichlikka ega bo'lgan multipolyar (ko'p qutbli) guruhdir. Eng katta bunday dog' umumiy yarim soyaga ega va ko'plab qarama-qarshi qutbli o'zaklarni o'z ichiga oladi va yuzasi Quyosh gardishi yuzining mingdan 2—3 ga teng bo'ladi. Ularda kuchli, ko'plab Quyosh chaqnashlari va modda otilib chiqishlari ro'y beradi. Buning sababi ko'p qutbli

murrakkab dog'lar ustidagi a.s. magnit maydoni va kuchlanganligi nolga teng sirt (nol sirt yoki nol chiziq va nuqta) tuzilishi murakkab. Dog' guruhi ichida yangi dog' hosil bo'lishidan oldin bor magnit maydonni g'alayonlantiradi, tok qatlam hosil qiladi va unda katta tok oqa boshlaydi. Natijada Quyosh chaqnashi ro'y beradi va toj moddasi katta tezlikda otilib chiqadi.

Dog'lar guruhining yana bir turi uzunligi 200—300 ming km bo'lgan bir xil kattalikdagi (katta dog'lar, ko'ndalang kesimi 50 ming km) va yonma-yon joylashgan dog'lar qatoridir. Bunday dog' guruhlarini Quyoshni baland joylashgan tutun orqali kuzatilganda teleskopsiz ko'rish mumkin. Bu to'g'rida qadimgi Xitoy yozma yodgorliklarida bundan 2000 ming yil oldin yozib qoldirilgan. Quyosh dog'lari teleskop kashf etilgandan keyin (1610— 1611-yil) muntazam kuzatila boshlangan. Baland (10 m) tomdagi kichkina (2 sm) teshikdan qorong'i uy poliga tushayotgan aylana shakldagi yorug' gardish (u Quyosh tasviri) yuzida katta dog'larni ko'rish mumkin.

Birinchi kuzatuvchilar dog'lar Quyosh gardishi bo'ylab siljib borishini payqaganlar va buni Quyoshning o'z o'qi atrofida aylanishi bilan bog'laganlar. Dog'lar soni yil sayin ko'payib-kamayib turishini aniqlaganlar. 1843 yilda nemis dorishunosi va astronomiya ishqivozi Genrix Shvabe 40 yildan ortiq vaqt davomida kuzatishlarga asoslanib dog'lar soni 11 yillik davr bilan o'zgarishini topdi. 1848-yilda shveysariyalik (Syurix) astronom Rudolf Volf dog'lar sanog'ining nisbiy sonini R kiritdi. Unga ko'ra Volf soni quyidagi-cha hisoblanadi:

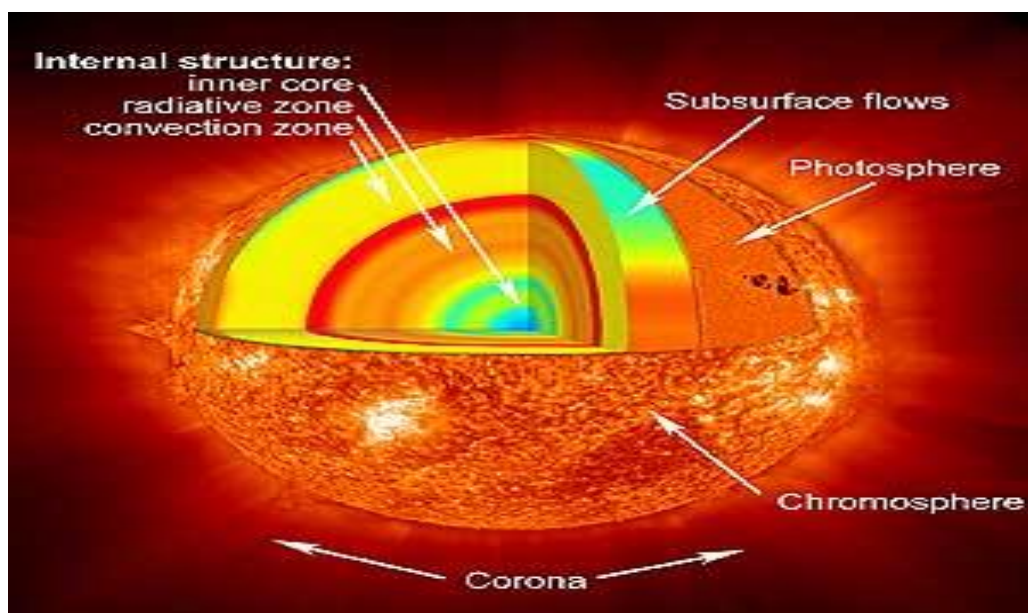
$$R=k(10g+f)$$

Bu yerda: k — kuzatish usuli va teleskopga bog'lik doimiy (u, odatda birga yaqin va har bir rasadxona uchun ma'lum qiymatga ega); g — Quyosh yuzida ma'lum vaqtda dog' guruhlar soni; f — barcha guruhlardagi dog'lar soni. Volf soni ma'lum bir vaqt momentida Quyosh gardishida kuzatilayotgan dog'larning nisbiy sonini belgilaydi. Bir kun davomida volf soni bir xil, keyingi kun u boshqa qiymatda bo'lishi mumkin. Dog'lar guruhi parchalanib ko'zdan g'oyib bo'lgandan keyin a.s. da faqat mash'allar qoladi va ular kengayib, xiralasha boradi. Ular katta o'lchamli unipolyar magnit maydonlar ustida joylashadi

II BOB

Quyoshning ichki tuzilishi.

Bizga faqat Quyoshning atmosfera qatlamlarigina ko'rinadi. Bu qatlamlarda fizik sharoit astronomik kuzatishlar (o'lchashlar) orqali o'rganiladi. Bunday tekshirishlarga asoslanib atmosferada balandlik bo'yicha temperatura (T), zichlik (p) va bosim (P) larni o'zgarish qonuniyatlari chiqariladi, atmosferaning kimyoviy tarkibi aniqlanadi va uni moddasining yutish koeffitsiyenti va notiniqlik darajasi hisoblab topiladi. Kuzatishlardan olingan bu ko'rsatkichlarni bir-biri bilan bog'liqligini (masalan, ideal gazlar qonunini) bilgan holda ularni atmosferada balandlik bo'yicha o'zgarishi, gaz qonunlarini qo'llash yo'li bilan tekshirib ko'riladi. Barcha ko'rsatkichlarni gaz qonunlariga mos keladigan sferik-simmetrik atmosfera modeli hisoblanadi. Bunday model bir jinsli atmosfera modeli bo'lib, unda T , p , P ni balandlik yoki radius bo'yicha o'zgarishi jadval tarzda beriladi. Shunday modelga ko'ra, fotosferada T , p , P ichki qatlamlar tomon tez suratlarda (20 K/km) bilan o'zgarishini ko'rish. Bu ko'rsatkichlar fotosfera ostidagi bizga ko'rinmaydigan qatlamlarda ham Quyoshning markazi tomon o'zgarishi va ular Quyosh markazida maksimal qiymatga yetishi kerak.



2.1-rasm. Quyoshning ichki tuzilishi.

Quyoshning fotosfera ostida joylashgan ichki qatlamlari bizga ko'rinmaydi. Bu qatlamlarda moddaning fizik holati to'g'risidagi nazariy tasavvur fotosfera qatlamlaridagi fizik sharoitni ichki qatlamlar tomon ekstrapolyatsiya (cho'zish) yo'li bilan shakllangan. Quyoshning ichki qatlamlarida T , p , P ni radius bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi modelga asoslanib, bu qatlamlar-da massa (m) va yorqinlik (L) larning o'zgarishi hisoblanadi. Ichki qatlamlarning kimyoviy tarkibi fotosferanikidek deb qabul qilingan holda, Quyoshning to'la massasi m va yorqinligi L hisoblanadi va ular o'lchashdan olingan massa va yorqinlik bilan solishtiriladi. Nazariy hisoblashlarning to'g'riligini ko'rsatuvchi me'yor o'lchash natijalariga mos kelishidir.

a) Quyosh moddasining energiya chiqaruvchanligi. Quyosh barcha tomonga $L_0 = 4 \cdot 10^{26}$ J/s quvvat bilan energiya sochmoqda. Har xil yoshdagi geologik topilmalar kimyoviy tarkibini tahlil qilishlarning ko'rsatishicha, oxirgi 3 milliard yil ichida Quyosh energiyasi quvvati sezilarli darajada o'zgarmagan. Demak, $t = 3$ mld. yil davomida Quyosh $E = L_0 t = 3.6 \cdot 10^{44}$ J energiya sochgan. Bu energiyani Quyosh massasi ($m = 2 \cdot 10^{30}$ kg) ga bo'lsak, Quyosh moddasining energiya chiqaruvchanlik qobiliyatini topamiz, ya'ni u $E = 1.8 \cdot 10^3$ J/kg. Portlovchi modda eng katta energiya chiqaradi va uning uchun $E = 10^7$ J/kg, ya'ni Quyosh moddasinikidan juda (10^6 marta) kam. Qanday jarayon Quyoshnikidek E bera oladi? Faqat termo-yadro jarayoni Quyosh moddasinikidek yuqori energiya chiqaruvchanlikka ega. Haqiqatdan to'rtta protondan bitta geliy atomi yadrosi hosil bo'ladi va 3% massa energiya ($E = 4 \cdot 10^{12}$ J) ga aylanadi. Agar yadro reaksiyasi tufayli 1 kg modda butunlay geliy moddaga aylanadi deb olsak, u holda bu termoyadro (proton-proton sikli) reaksiyasi natijasida 10^7 J energiya ajralib chiqadi. Bu Quyosh moddasinikidan ellik marta ko'p. Quyosh moddasining 80 % vodoroddan iboratligini hisobga olsak, uning energiyasi proton-proton sikli natijasida hosil bo'ladi degan xulosaga kelamiz. Bunday termoyadro reaksiyasi $T = 15$ mln K temperaturada ro'y berishi va bunday temperatura Quyosh markazida, uning o'zagida bo'lishi mumkin. Quyosh markazida temperatura mln lab gradusga etishini fotosferada temperaturani chuqurlik bo'yicha ortib borishini ($T = 20$

K/km) oddiy ekstropolyatsiya qilish yo'li bilan ko'rsatish mumkin.

. Quyosh statsionar yulduz va sferik simmetrik plazma shardir, uning fizik ko'rsatkichlari vaqt bo'yicha deyarli o'zgarmaydi. Bunday statsionarlik uning ichida qatlam-qatlam bajariladi. Quyoshning markazdan ixtiyoriy r masofada joylashgan dr qalinlikdagi sferik qatlam gidrostatik va energetik muvozanatda bo'ladi: qatlamning ichki va tashqi chegaralaridagi bosim kuchlari ayirmasi dP

Bo'lib, bu esa qatlamga ta'sir etayotgan tortishish kuchiga moduli bo'yicha teng va qarama-qarshi yo'nalgan. $(\frac{Gm}{r^2})\rho(r)$

$$dP = \frac{Gm_r}{r^2} \rho(r) dr \text{ yoki } \frac{dP}{dR} = -\frac{Gm(r)}{r^2} \rho(r) \quad (4) \quad \text{Bunga gidrostatik muvozanat}$$

tenglamasi deyiladi. Bu yerda,

$$M_r = \int_0^r \rho(r') 4\pi(r')^2 dr' \quad (5) \quad \text{— Quyoshning } r \text{ radiusga ega qismining massasi.}$$

Quyosh markazidan r masofada joylashgan sferik sirtdan tashqi qatlam tomon sekundiga energiya chiqadi. Bu $L_r = \int_0^r \varepsilon(r') \rho(r') 4\pi(r')^2 dr'$ yerda, $\varepsilon(r)$ — Quyosh moddasining energiya chiqaruvchanligi. Sferik qatlamdan energiyaning o'tishini quyidagi tenglamani yechish yo'li bilan topish mumkin:

$$\frac{dL_r}{dr} = \varepsilon(r) \rho(r) 4\pi r^2 \quad (6)$$

Yadro reaksiyalari Quyosh o'zagida, uning markazidan r uzoqlikkacha bo'lgan sohada ro'y beradi, chunki o'zakdan tashqarida ($r = \frac{1}{5} R_0$) temperatura (T) bunday reaksiyalar uchun yetarli emas.

Hozirgi zamon tasavuriga ko'ra Quyosh energiyasi vodorod atomi yadrolaridan geliy atomi yadrosi hosil bo'lish jarayonida ajralib chiqadi. Bu jarayon 15 mln gradus temperaturada ro'y berishi mumkin, shuning uchun u termoyadro reaksiyasi deb ataladi va ikki xil yo'li bilan kechishi mumkin: proton-proton (p-p) sikli va uglerod-azot (C = N) sikli. Ikkala reaksiyada ham protonlardan geliy atomi yadrosi hosil bo'ladi. Ular quyidagi jadvalda berilgan.

Geliy hosil bo'lish reaksiyasi

Reaksiya turi		Ajralayotgan energiya, MeV	Ro'y berish o'rtacha vaqti
p-p sikl	${}^1\text{H}+{}^1\text{H}\rightarrow{}^2\text{D}+e^++\nu$	1.44	14 mld yil
	${}^2\text{D}+{}^1\text{H}\rightarrow{}^3\text{He}+\gamma$	5.49	5c
	${}^3\text{He}+{}^3\text{He}\rightarrow{}^4\text{He}+{}^1\text{H}+{}^1\text{H}$	12.85	1 mln yil
C-N sikli	${}^{12}\text{C}+{}^1\text{H}\rightarrow{}^{13}\text{N}+\gamma$	1.95	13 mld yil
	${}^{13}\text{N}\rightarrow{}^{13}\text{C}+e^++\nu$	2.25	7min
	${}^{13}\text{C}+{}^1\text{H}\rightarrow{}^{14}\text{N}+\gamma$	6.54	2.7 mln yil
	${}^{14}\text{N}+{}^1\text{H}\rightarrow{}^{15}\text{O}+\gamma$	7.35	320 mln yil
	${}^{15}\text{O}\rightarrow{}^{15}\text{N}+e^++\nu$	2.71	82s
	${}^{15}\text{N}+{}^1\text{H}\rightarrow{}^{12}\text{C}+{}^4\text{He}$	4.96	110000 yil

Bu yerda: ${}^1\text{H}$ — vodorod atomi yadrosi, proton; ${}^2\text{D}$ — vodorod izotopi, deyteriy yadrosi; e^+ — pozitron; ν — neytrino; ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ — geliy atomi izotoplari; γ - gamma nurlanish kvanti; ${}^{12}\text{C}$, ${}^{13}\text{C}$ — uglerod atomi izotoplari; ${}^{13}\text{N}$ — azot izotopi; ${}^{15}\text{O}$ — kislorod izotopii.

Proton-proton siklida 1 kg moddadan 1 sek da ajralib chiqadigan energiya (ε_{pp}) zichlik (p) va temperatura (T) ga bog'liqlik formulasi quyidagicha:

$$\varepsilon_{pp} = 10^{-6} \rho X^2 \left(\frac{T}{10^{-6}}\right)^4 \quad (7)$$

Bunda: X — massa bo'yicha vodorodning nisbiy miqdori. Agar energiyani Quyosh markazidagidek va $T=14 \cdot 10^6$ K, $p=10^5$ kg/m³ va $X=0.8$ deb olsak, $\varepsilon_{pp}=2 \cdot 10^{-3}$ vt/kg kelib chiqadi. Bu Quyoshning 1 kg moddasi

chiqarayotgan $\varepsilon_0 = \frac{L_0}{m_0} = 2 \cdot 10^{-4}$ vt/kg energiyadan o'n marta ko'p demakdir.

Uglerod-azot siklida uglerod (C) katalizator rolini o'ynaydi va ajralib chiqadigan energiya p , T va X bilan bir qatorda uglerod va azotlarning nisbiy miqdori (X_{CN}) ga bog'liq bo'ladi:

$$\varepsilon_{CN} = 6.6 \cdot 10^{-24} \rho X X_{CN} \left(\frac{T}{10^{-6}}\right)^{20} \quad (8).$$

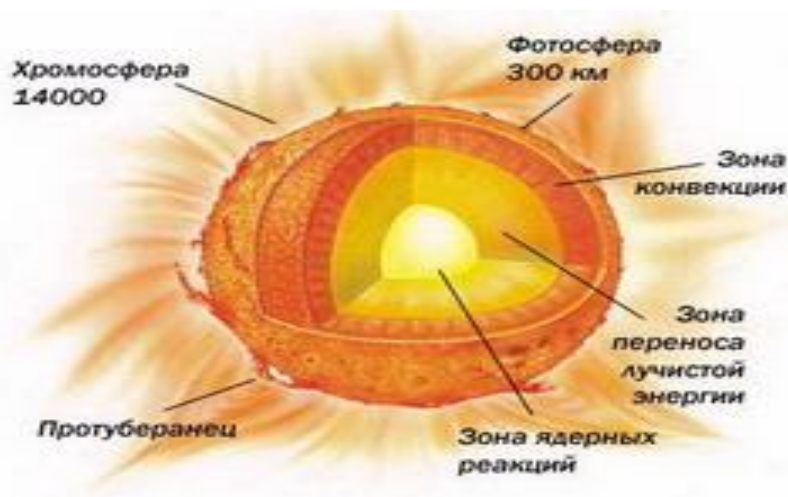
Quyoshda $X_{CN}= 0.003$ ekanligini hisobga olsak, CN-siklda Quyosh moddasining 1 kg miqdori $\varepsilon_{CN}= 10^{10}$ vt/kg energiya sochgan bo'lar edi. Yuqorida

keltirilganlardan ko'rinib turibdiki, Quyoshda p-p sikli asosiy rol o'ynaydi.

Termoyadro reaksiyalarida neytrino (ν) ajralib chiqadi. U hosil bo'lgan energiyani bir qismini o'zi bilan birga olib ketadi. Har bir geliy yadrosi hosil bo'lishida ikkita neytrino va $Ae = 4 \cdot 10^{-12}$ J energiya hosil bo'ladi. Agar endi Quyoshning barcha tomonga sochayotgan to'la quvvatini A ga bo'lsak, ajralib chiqayotgan neytrinolar sonini topamiz:

$$N = 2 \frac{L_0}{\Delta \varepsilon} = 10^{39}$$

Bu esa Yer orbitasida oqim hosil qiladi, ya'ni 1 m^2 yuzadan sekundiga $F = \frac{N}{4\pi a^2} = 10^{15} \frac{1}{\text{m}^2 \text{c}}$ ta neytrino o'tadi. Neytrino shunday zarraki, u boshqa zarralar (atomlar) bilan deyarli reaksiyaga kirishmaydi yoki bunday o'zaro ta'sir ehtimoli juda kam. Shunday reaksiyalardan biri $^{37}\text{Cl} + \nu \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e^-$ bo'lib, bunda hosil bo'lgan ^{37}Ar noturg'un bo'lganligi uchun $^{37}\text{Ar} \rightarrow ^{37}\text{Cl} + e^+ + \nu$ parchalanadi, hosil bo'lgan pozitron (e^+) elekt-ron (e^-) bilan qo'shilib ikki-uch yorug'lik kvantini beradi. Bu reaksiyaga asoslangan tajriba neytrino teleskopida 1967-y.da bajarildi va Quyoshdan $Q = (2.2 \pm 0.4) \text{ SNU}$ (quyoshiy neytrino birligi) miqdorda neytrinoni qayd qildi. Bu nazariy hisoblangan ($Q = 7.6 \text{ SNU}$)dan 3.5 marta kamdir. Sababi izotopiga asoslangan tajriba qayd qila oladigan neytrino Quyoshdan chiqayotganlarga nisbatan boshqacha energiyali bo'lishi yoki xisoblashlar natijalari xato bo'lishi, yoxud Quyoshning ichki tuzilishi modeli aniq bo'lmasligi mumkin. Bu masalalar hal qilinmoqda.



2.2-rasm

Yaponiyada Komiakande deb atalgan neytrino detektori ishga tushirildi va toza suv molekulalarida neytrino ta'sirlanishi eksperimenti o'tkazildi, natijada cherenkov nurlanishi hosil bo'ldi. Bu eksperiment Quyoshdan neytrino oqimini qayd qildi, biroq natija avvalgidek bashorat qilingandan uch marta kam chiqdi. Kanadada (Ontario) Sadbari (Sudbury) Neytrino Observatoriyasida og'ir suvga asoslangan tajriba o'tkazilmoqda. Bunda qayd qilingan neytrino miqdori nazariy hisoblashlar natijasidan 3 marta kamligicha qolmoqda. Bu yangi tajribalar o'tkazishga chorlamoqda. Masalan, galliy izotopi ^{71}Ga ga asoslangan tajribaga katta umid bog'lanmoqda. Bunday tajriba uchun 40 t galliy kerak. Biroq dunyoda olinayotgan galliy miqdori kam. Temperaturaning radius bo'ylab ozgarishi energiyani ichki qatlamdan tashqi qatlamlar tomon uzatilish mexanizmiga bogliq. Bunday mexanizm ikki xil bo'lishi mumkin: nuriy va konvektiv (Quyoshning ichki qatlamlarida issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmi past samaraga ega bo'lgani uchun hisobga olinmaydi).

Nuriy mexanizm asosiy energiya uzatuvchi bo'lgan holda (o'zak atrofida shunday) temperaturaning o'zgarishini hisoblash uchun tashqi qatlamlar tomon tarqalayotgan nurlanishni ichki energiyaga va harakat miqdoriga ega gazga qiyoslash mumkin. Bunday nurlanish tashqariga yo'nalgan nuriy bosim kuchiga ega. Agar nurlanish (gaz) oqimi biror tomonga harakat qilayotgan bo'lsa, u tomondagi modda oqim energiyasi bilan birgalikda uning harakat miqdorini ham yutadi.

Radial yo'nalishda yutilayotgan harakat miqdori tezligi $= \frac{1}{c} \frac{L_0}{4\pi r^2}$ bu yerda: c — yorug'lik tezligi; k_p — bir birlik yo'l uchun yutish koeffitsiyenti.

Nurlanish oqimidan yutilish natijasida modda olgan harakat miqdori oqim yo'nalishida nuriy bosimni o'zgarishiga teng bo'ladi. Radial yo'nalishda nuriy bosimning o'zgarish tezligi $= -d(\frac{4}{3c}\sigma T^4)$ bu yerda, σ — Stefan - Bolsman doimiysi; cT^4 — absolut (mutlaq) qora jism sirtidan chiqayotgan nuriy energiya tezligi. Ikkala ifodani bir-biriga tenglashtirib $(\frac{dT}{dr})_{nur} = -\frac{3}{16\sigma T^3} \frac{L_r}{4\pi r^2}$ ni topamiz. Bu

munosabat nur uzatishda temperaturaning radial yo'nalishdagi o'zgarishni ifodalaydi. Temperatura tashqi qatlamlar tomon — tarzda pasayib boradi. Biroq nuriy gradiyentni pasayish surati temperatura 10^6 K gacha tushgach yutish ko'effitsiyentining ortishi bilan orta boshlaydi, ya'ni nuriy energiya uzatish mexanizmi susaya boshlaydi. Bunday holatda konvektiv mexanizm kuchayadi va qatlamda radial yo'nalgan gaz oqimlari boshlanadi: qaynoq elementlar yuqoriga ko'tariladi va kengaya boshlagan sari sovib ichki tomon yo'nalgan sovuq oqimlarni hosil qiladi. Qaynoq oqimlarning ko'tarilishi adiabatik kengayishga o'xshash jarayondir. Shuning uchun konvektiv oqimlarda temperatura gradiyenti adiabatik jarayondagidek quyidagicha ifodalanadi:

$$\left(\frac{dT}{dr}\right)_{ad} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{mg}{K_B} \quad (9)$$

Bu yerda: γ — adiabatiklik dekrementi; K_B — Bolsman doimiysi. Demak, konvektiv mexanizm asosiy energiya uzatuvchi bo'lishi uchun nuriy temperatura gradiyenti absolut qiymati adiabatik temperatura gradiyenti absolut qiymatidan katta bo'lishi shart. Bu qoida Shvarsschild kriteriyi deb ataladi va Quyosh markazidan $r > 0.86 R_e$ uzoqliklarda bajariladi. Bunday masofada $T = 10^6$ K, nisbatan yuqori emas va bunday temperaturada elektronlar atom yadrolariga intensiv ravishda bog'lana boshlaydilar (rekombinatsiya jarayoni). Og'ir atomlarning ionlari hosil bo'la boshlaydi va bunday ionlar nurlanishni yutadi, muhitning notiniqlik darajasi k_p ko'tarila boshlaydi. Bu esa oz navbatida $|dT/dr|_{nur}$ ni ortishiga sabab bo'ladi.

Konvektiv zonaning tashqi chegarasi yaqinida noturg'unlikni kuchaytiruvchi ikkinchi omil ishga tushadi. Issiqlik sig'implar nisbati (γ) birga yaqinlashadi. Bunga sabab atom va ionlar tomonidan nurlanishni yutish erkinlik darajasiga ionlanish va uyg'onish bilan bog'liq erkinlik darajasi qo'shiladi. Bu effektini asosan vodorod atomlari va qisman geliy atomlari beradi, bu esa oz navbatida $|dT/dr|_{nur}$ ni oshiradi. Yuqori temperaturada, demak chuqurroq qatlamlarda geliy ionlanadi. Geliyni ionlanishi vodorodnikiga qaraganda kattaroq masshtabdagi konveksiyani hosil qiladi. Supergranulyatsiya geliyning ionlanishi va granulyatsiya esa

vodorodning ionlanishi natijasida ro'y beradi. Fotosfera ostida, uning sirti yaqinida gazning zichligi va temperaturasi ancha pasayib, konveksiya energiyani effektiv uzata olmaydi. Bundan tashqari, fotosferaning pastki chegarasidan nurlanish yutilmasdan chiqa boshlaydi. Bu qatlamlarda k_p va $|dT/dr|_{\text{nur}}$ ancha kamayadi va atmosferada yana turg'unlik qaror topadi.

Biz yuqorida granulyatsiya va supergranulyatsiyada modda aylanishining kuzatilishi to'g'risida to'xtalgan edik. Quyoshda eng ko'p miqdorda bo'lgan vodorodning ionlanishi bilan bog'langan granulyatsiya fotosferada intensivlikning yetarli darajada katta miqdorga (10%) o'zgarishiga olib keladi. Nisbatan kam (10 marta) geliyning ionlanishi bilan bogliq bo'lgan supergranulyatsiya intensivlikni sezilarli o'zgartirmaydi. Og'ir atomlarni ionlanishi bilan bog'liq bo'lgan konveksiya ham (gigant konvektiv uyalar) bo'lishi kerak. Bunday konveksiya sirt qatlamlar intensivligini juda kam o'zgartiradi va tezligi <100 m/s ga teng bo'lgan gorizontal gaz oqimini beradi.

2.2 Quyoshning ichki tuzilishi modeli.

Quyoshning ichki qatlamlarida T , p va P larning radius bo'ylab o'zgarishini topish uchun yoki modelini hisoblash uchun quyidagi differensial tenglamalardan foydalaniladi:

$$\frac{dP(r)}{dr} = -\frac{M_r G}{r^2} \rho(r), \quad \frac{dM}{dr} = 4\pi r^2 (\rho), \quad \frac{dL_r}{dr} = \varepsilon(r) \rho(r) 4\pi r^2 \quad (10)$$

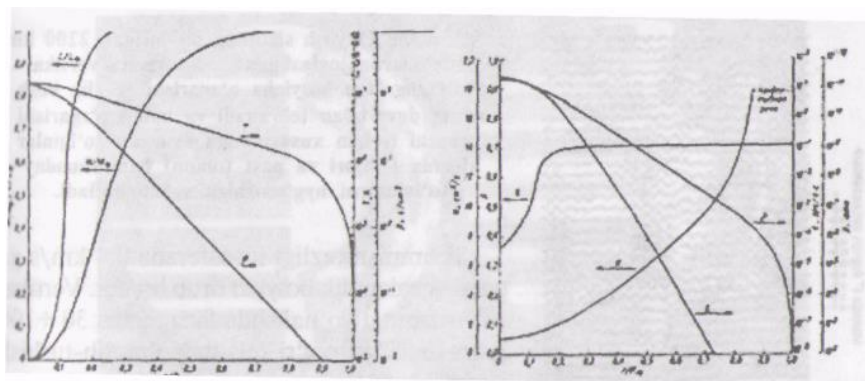
Bu tenglamalar quyidagi chegaraviy hollar uchun birgalikda yechiladi:

- 1) $r = 0$ bo'lganda, ya'ni Quyosh markazida $M_0 = 0$ $L_0 = 0$;
- 2) $r = R$ bo'lganda, ya'ni Quyosh sirtida $M_r = M_0$ va Quyoshning yoshi 4.5 mlrd yilga yetganda $R = R_0$ va $L_r(R_0) = L_0$. Bu shartlarni bajarilishi og'ir atomlar miqdori Z ga bog'liq;

Quyosh massasi $m = 2 \cdot 10^{30}$ kg bo'lgan gazni gravitatsion siqilishidan hosil bo'lgan deb faraz qilinadi va yadro reaksiyasi boshlanishi arafasida gaz sharning kimyoviy tarkibini bir jinsli bo'lgan deb qabul qilinadi. Yuqoridagi tenglamalardan

har xil vaqt momentlari $t < 4.5 \cdot 10^9$ uchun Quyoshning ichki tuzilishi hisoblanadi.

Agar Quyoshda yadro reaksiyalari boshlanishi arafasidagi uning kimyoviy tarkibi va Quyosh moddasining erkin yurish yo'lining balandlik shkalasiga nisbati to'g'ri qabul qilingan bo'lsa, oxirgi vaqt momentida, ya'ni hozirgi vaqtdagi $R = R_0 = 696\,000$ km va $L(R_0) = 3.96 \cdot 10^{26}$ Vt/s ekanligi kelib chiqadi. Hozirgi zamondagi Quyosh modeli chizmalarda keltirilgan. Bu modeldan Quyosh markazida zich va yuqori temperaturaga ega o'zakni ko'rish mumkin. Radiusi $r = 0.2 R_0$ bo'lgan bu o'zakda $M_r = 0.5 \cdot M_0$, ya'ni Quyosh massasining yarmi joylashgan va o'zakdagi $L = 0.99 L_0$ gatlamda Quyosh energiyasining 99 % hosil bo'ladi. $r = 0.25 \cdot R_0$ masofada temperatura (T) ikki marta, energiya chiqaruvchanlik 40 marta va hajm birligi chiqarayotgan energiya 300 marta kamayadi. o'zakda vodorod miqdori (X) 50 % ga kamayib, o'zakdan uzoqlashgan sari moddaning yutish koeffitsiyent k tez suratlarda bilan ortib boshlaydi va $r > 0.86$ masofada



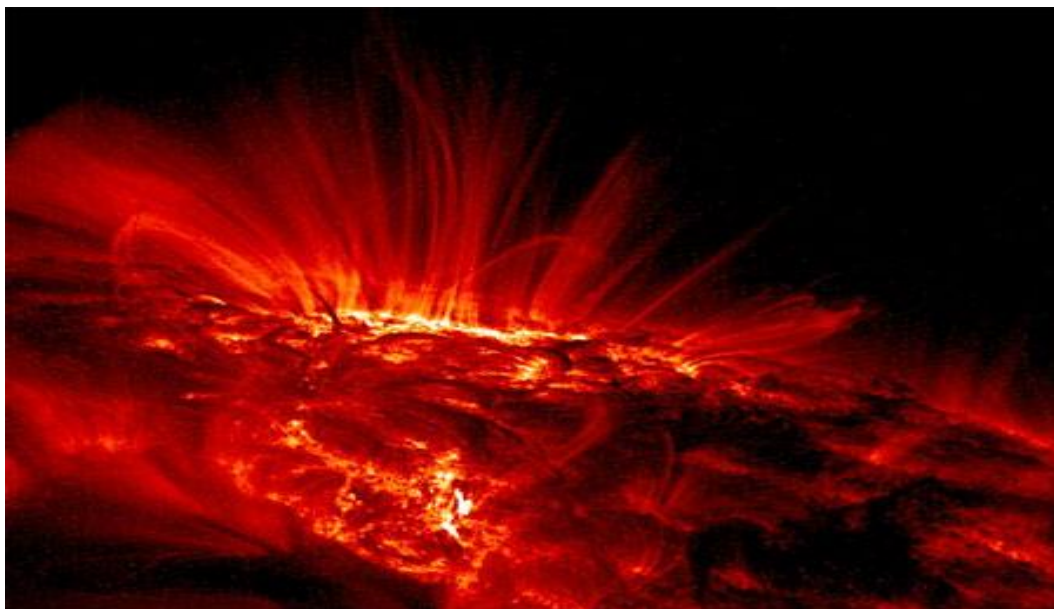
2.3-rasm. Quyoshning ichki tuzilishi modeli va berilgan ($X = 0.708$, $Y = 0.272$, $Z = 0.020$) kimyoviy tarkibda Quyosh moddasining fizik xususiyatlarining Quyoshning ichki qatlamlari tomon o'zgarib borish grafigi. Chapda temperatura (T), gaz bosimi (P), yorqinlik (L) va massa (M, Quyoshning to'la massasi birliklarida) larning radius bo'yicha o'zgarishi. O'ngda vodorodning nisbiy miqdori (X), zichlik, Quyosh moddasining yutish koeffitsiyentining o'zgarishi.

kcskin ortadi. Bu nuriy gradiyentni keskin ortishiga va bu qatlamlarda kamayishi bilan birgalikda konvektiv oqimlarning hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.

Chizmalardan ko'rinib turibdiki, Quyosh sirti $r = R_0$ yaqinida bosim keskin kamaya boshlaydi. Buning uchun nazariy hisoblash natijalarini eksperimental yo'l bilan tekshirish talab qilinadi. Nazariy hisoblangan yorug'lik nurlarida Quyoshning yorqinligi o'lchashdan olingan yorqinlik L_0 ga, Quyosh radiusi R esa hozirgi kuzatiladigan radius (R_0)ga tengligi tekshirib ko'rilgan va bu sohada niodeal haqiqiy Quyoshga mos keladi. Biroq yadro reaksiyalari natijasida hosil bo'ladigan neytrino oqimi masalasida moslik yo'q: o'lchangan oqim hisoblangandan 3,5 marta kam. Bu hozircha jumboq bo'lib qolmoqda.

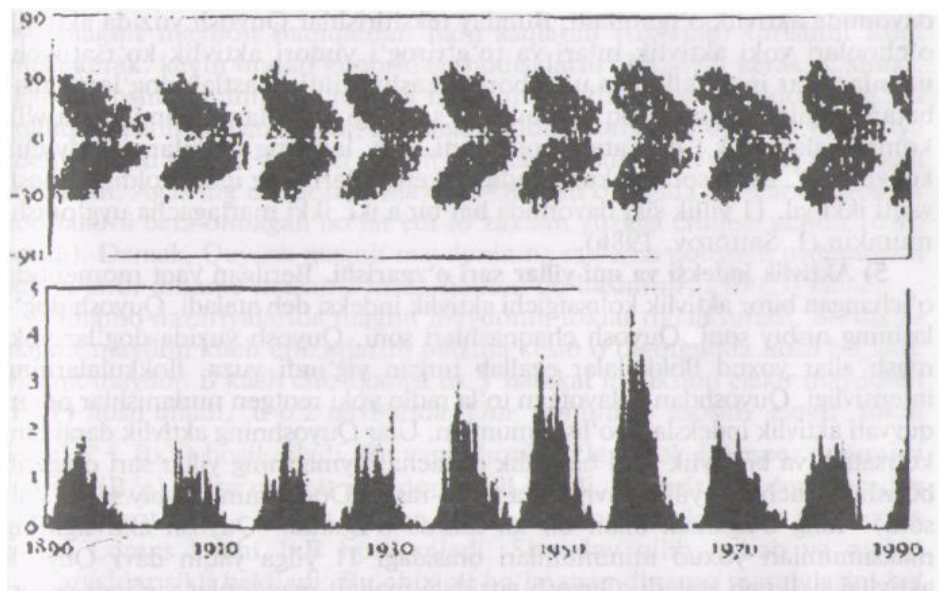
2.3 Quyosh aktivligi (faolligi)

Biz yuqorida sokin (tinch) Quyoshning atmosfera qatlamlarini tuzilishi bilan tanishib chiqdik. Bunda avval atmosferani birinchi qatlam deb hisoblab unda o'rtacha temperatura, zichlik va bosimning o'zgarishi, atmosfera modeli bilan, keyin esa tinch Quyosh atmosferasida kuzatiladigan mayda tuzilmalar bilan tanishdik va ularning hosil bo'lish, rivojlanish mexanizmlarini ko'rib chiqdik. Quyoshning umumiy ko'rsatkichlari: massasi (TU_0); o'rtacha zichligi (p), radiusi (R_0), yorqinligi (L_0), atmosfera qatlamlari borligi deyarli o'zgarmaydi. Biroq Quyosh sirtida va atmosferasida ko'plab o'tkinchi hodisalar kuzatiladiki, ular birgalikda Quyosh aktivligi darajasini ko'rsatadi. Bunday o'tkinchi hodisalarga quyosh dog'lari, mash'allar, protuberaneslar (Quyosh atmosferasida qora tolalar) va Quyosh chaqnashlari kiradi. Bu hodisalar Quyosh sirtining nisbatan katta bo'lmagan qismlarida ro'y beradi va ular aktiv (faol) sohalar deb ataladi. Bunday sohalar Quyosh ekvatori atrofida, $\pm 40^\circ$ geliografik kengliklar oralig'ida kuzatiladi. Bu o'tkinchi hodisalar yuqorida ko'rib o'tilgan atmosfera mayda tuzilmalari singari magnit tabiatga ega. Ular Quyosh yuzidagi kuchli magnit maydonda va maydon ustidagi xromosferada va tojda joylashadilar. Aktivlik tuzilmalari bilan tanishishdan oldin Quyosh yuzida ko'rinadigan magnit maydonlar bilan tanishib chiqamiz.



2.4-rasm Quyosh dog'idagi chaqnash jarayoni.

Dog'lar sikllari. Bir yillik o'rtacha Volf sonining yillar bo'ylab ko'payishi va kamayishi o'rtacha 11 yil davr bilan takrorlanadi. Dog'lar kam (volf soni $R < 10$) yil aktivlikka minimum yili, eng ko'p ($R > 2000$) yil aktivlik esa maksimum yili deb ataladi. Aktivlik minimumdan maksimumga 4 yilda ko'tariladi va maksimumdan keyingi minimumgacha 7 yilda tushadi. Ayrim aktivlik maksimumi ikki urkachli bo'ladi. Dog'lar sonining bir minimumdan keyingi minimumgacha o'zgarishi bir dog'lar siklini hosil qiladi. Dog'lar sikllari har xil maksimumga ega bo'lishi mum-kin. Maksimumlar yillar sari asta-sekin ko'tarilib va pasayib turadi. Maksimumlarning o'rtacha qiymati 80—100 yillik davr bilan o'zgarishi topilgan Xeyl qonuni va 22 yillik sikl .Bir sikl davomida shimoliy va janubiy yarimsharlardagi bipolyar dog'lar qutblarining joylashishi qarama-qarshi, agar shimoliy yarimsharda sardor dog' N qutbga ega bo'lsa, janubiy yarimsharda shunday dog' S qutbga ega bo'ladi. Ikkinchi siklda qutblarning joylashishi endi teskarisiga almashinadi, shimoliy yarimsharda sardor dog' S qutbga ega bo'ladi va janubiy yarimsharda shunday dog' N qutbga ega bo'ladi. Uchinchi siklda qutblarning joylashishi birinchidagidek bo'ladi, demak, qutblarning bir xil joylashishi 22 yillik davr bilan takrorlanadi. Bu 22 yillik yoki Xeyl (dogiar magnit maydonini kashf etgan amerikalik astronom olim) sikli deb ataladi.



2.5-rasm. Maunder kapalaklari (yuqorida) va volf sonining o'zgarishi (pastda). Quyosh yuzida dog' hosil bo'ladigan sohalar va Shperer qonuni.

Dog'lar Quyosh ekvatori [Quyoshning aylanish o'qiga tik va uning markazidan o'tuvchi tekislikni Quyosh sirti bilan kesishish chizig'i (katta aylana)] atrofida, shimoliy va janubiy aktivlik belbog'larda (5 gradusdan to 40 gradusgacha) kuzatiladi. Quyosh aktivligi sikli boshida dastlabki dog'lar yuqori ($\pm 40^\circ$) kengliklarda ko'rinadi. Aktivlik oshgan sari dog'lar pastroq kengliklarda ham ko'rina boshlaydi, dog' hosil qiladigan soha ekvator tomon kengaya boshlaydi, bu kengayish aktivlik maksimumigacha davom etadi va undan keyin sohaning yuqori kengliklar chegarasi pasaya boshlaydi. Siklning oxirgi dog'lari $\pm 5^\circ$ da ko'rinadi. Bu qonuniyatni Shperer kashf etgan va uning nomi bilan ataladi. Shimoliy va janubiy yarimsharlardagi dog'lar geliografik kengliklari o'rnini vaqt bo'yicha o'zgarishi diagrammasi kapalak ko'rinishga ega bu diagrammani birinchi bor Maunder tuzgan va u Maunder kapalaklari deb ataladi.

Aktiv geliografik uzunlamalar intervali. Quyosh yuzida aktivlik tuzilmalarning, shu jumladan dog'larning taqsimlanishini o'rganish maqsadida angliyalik astronom Kerrington 1856-yilda Quyosh bilan birgalikda aylanuvchi koordinatalar tizimini kiritdi. Astronomik kalendarda, Quyoshning fizik parametrlari bo'limida, Quyosh aylanish o'qining rasm tekisligiga og'maligi (B_0) va shimol-janub yo'nalishi bilan hosil qilgan (P_0) burchagi hamda Quyosh markaziy meredianining boshlang'ich

merediandan uzunligi (Kerrington uzunlamasi, L_0) beriladi. Bu koordinatalar tizimida Quyosh sirtining ma'lum bir qismida uzoq vaqt (bir yil) davomida aktivlik o'rganiladi. Bunday tekshirishlar Quyosh yuzida aktivlik o'choqlari yoki aktivlik inlari va to'g'rirog'i yuqori aktivlik ko'rsatuvchi uzunlamalar intervallari (a.u.i.) borligi kashf etildi. Dastlab dog'larga nisbatan belgilangan bu uzoq yashovchi a.s. oxirgi 30 yillar davomida aktivlik komplekslari (a.k.) deb atala boshlandi. A.k. larining uzunlama bo'yicha kengligi 90° , aktiv sohalar kuzatiladigan kengliklarni o'z ichiga oldi, yashash vaqti ikki yil. 11 yillik sikl davomida har bir a.u.i. ikki martagacha uyg'onishi mumkin. Aktivlik indeksi va uni yillar sari o'zgarishi. Berilgan vaqt momentida o'lchangan biror aktivlik ko'rsatgichi aktivlik indeksi deb ataladi. Quyosh dog'larining nisbiy soni, Quyosh chaqnashlari soni, Quyosh yuzida dog'lar yoki mashallar yoxud flokkullar egallab turgan yig'indi yuza, floklarning intensivligi, Quyoshdan kelayotgan to'la radio yoki rentgen nurlanishlar oqimi quvvati aktivlik indeksleri bo'lishi mumkin. Ular Quyoshning aktivlik darajasini ko'rsatadi va bir oylik yoki bir yillik o'rtacha qiymatining yillar sari o'zgarib borishi o'rtacha 11 yillik davrga ega Dog'larning nisbiy soni (Volf soni) ning o'zgarishi bilan bir xil fazada o'zgaradi. Quyosh aktivligining maksimumlari yoxud minimumlari orasidagi 11 yilga yaqin davr Quyosh aktivligi sikli deb ataladi. Quyosh yuzidagi magnit maydonlar yig'indi yuzasi ham 11 yillik davr bilan o'zgaradi.

2.4. Quyosh magnit o'zgaruvchan yulduz, aktivligi mexanizmi

Yuqorida keltirilganlardan ko'rinib turibdiki, Quyosh aktivligi, uning magnit aktivligi nishonasidir. Magnit aktivlik Quyosh yuzidagi magnit maydonlarning kuchlanganligi yuzasi hamda magnit oqim miqdori bilan belgilanadi. Quyosh yuziga magnit maydonlar (magnit oqim) uning ichki qatlamlardan chiqadi. Demak, magnit aktivlikni va u bilan bog'liq aktivlik indekslarini Quyoshning fotosfera osti qatlamlaridan chiqayotgan magnit oqimi vujudga keltiradi va aktivlik mexanizmini shu qatlamlardan izlash kerak.

Aktivlik mexanizmi quyidagi qonuniyatlarni bildiradi:

- 1) Quyosh dog'lar sonini 11 yillik davr bilan ko'payib va kamayib turishi;
- 2) Quyosh dog'larini faqat ikkita (shimoliy va janubiy) kenglama belbog'larida paydo bo'lishi;
- 3) bu belbog'larni sikl bo'ylab kengayishi va ekvator tomon siljishi;
- 4) dog'lar guruhi (magnit) oqining ekvatorga 10 gradusga og'ganligi;
- 5) qutblarni joylashish qonuniyatlari (Xeyl qonuni);
- 6) Quyosh dog'lari maksimumi yaqinida qutbiy (umumquyoshiy) magnit maydonlar ishorasining almashinuvi.

Bu hodisalarni bizga ko'rinmaydigan konvektiv zona qatlamlarida ishlaydigan, plazma bilan magnit maydonning o'zaro ta'siriga asoslangan, dinamo mashina hosil qiladi deb hisoblanadi. Biroq bu plazma bilan magnit maydon o'zaro ta'sirining detallari oxirigacha aniqlanmagan. Avvalo, fotosfera osti magnit maydon haqiqatdan ham saqlanib (tiklanib) turishini isbot qilish kerak, keyin undan yuqoridagi hodisalarni chiqarish kerak. Chunki, agar Quyoshning umumiy magnit maydoni (qutbiy dipol maydon) tug'ma qoldiq maydon bo'lganda edi, fotosfera ostidagi turbulent oqimlar (diffuziya koeffitsiyenti $10^9 \text{ m}^2/\text{s}$) uni 10 yil ichida butunlay yo'q qilib yuborgan bo'lar edi. Agar tug'ma qoldiq maydon Quyosh o'zagida bo'lganda u siklik hodisalarni bera olmagan bo'lar edi (o'zakdan yuzaga chiqish uchun 10 yil ketadi). Demak, Quyosh magnit maydonining saqlanib qolishini tushuntirish uchun biror dinamo mashina mexanizmini qo'llashimizga to'g'ri keladi.

Dinamo nazariyalarida magnit maydonni toklar tiklab turadi. Bu toklar magnit maydon kuch chiziqlarini plazma kesib o'tayotganda hosil bo'ladi. Magnit maydon B kuch chiziqlariga tik V harakat induksion elektr maydonni ($B \times V$) hosil qiladi, u o'z navbatida Om qonuniga asosan elektr tokni $J = \sigma (E + B \times V)$ hosil qiladi. Bu yangi hosil bo'lgan tok J Amper qonuniga $J = \text{rot} (B/i)$ ko'ra magnit maydon hosil qiladi. Magnit maydon Faradey qonuniga $\text{rot} E = - dB/dt$ asosan elektr maydon va plazmani harakatiga qarshi Lorens kuchi $J \times B$ hosil qiladi. Shunday qilib, sabab va oqibat bog'lanishlar sikli bekiladi. Bu chiziqli bo'lmagan

dinamo masalalarini hal qilish uchun to'la magnitogidrodinamik tenglamalar sistemasini yechish va quyidagini kuzatish kerak:

- 1) almashinib turuvchi magnit maydonni tiklab turuvchi harakat mavjudligi;
- 2) bu harakatni o'zi bor kuchlar tomonidan ta'minlanib turishi.

Gelioseysmologik tekshirishlar haqiqatdan ham konvektiv zonada ulkan aylanma plazma oqimlari borligini ko'rsatdi. Bu oqimlar (a — mexanizm) va Quyoshning differensial aylanishi (w — mexanizm) birgalikda umumiy poloidal (fotosfera osti qatlamlar orqali o'tib Quyosh qutblaridan chiqadi) magnit maydondan Quyoshning o'z o'qi atrofida bir necha marta aylanishi jarayonida toroidal magnit maydon va undan zich eshilgan magnit arqon hosil qiladi. Bu magnit arqon (naycha) ichida bosim gaz va magnit bosimlar yig'indisidan tashkil topadi va u tashqi bosimga teng bo'ladi. Bunday magnit arqon ichida zichlik undan tashqaridagi zichlikdan kam, u yengil bo'lgani uchun Quyosh yuziga qalqib chiqadi va fotosfera bilan kesishgan qismi bir juft qarama-qarshi qutbli Quyosh dog'lari sifatida ko'rinadi.

2.5. Quyosh aktivligining Yerga ta'siri

Yer atmosferasidan tashqarida, Quyoshdan bir astronomik birlik uzoqlikda, uning nurlariga tik o'rnatilgan bir m^2 yuzani Quyosh 1366 vatt quvvat bilan yoritib va isitib turadi. Bu to'la quvvat yillar sari Quyosh aktivligiga hamohang biroz (o'rtacha 1.5 vattga ya'ni 0.1 % ga) ko'payib va kamayib turadi (1.32-rasm). Aktivlik kuchayishi bilan, ayniqsa, chaqnashlar paytida, Quyoshning rentgen va uzoq ultrabinafsha nurlanishi quvvati bir necha o'n marta kuchayadi (1.7-rasmga, q). Quyosh nurlanishining bu qisqa ($k < 290$ nm) to'lqinli qismi Yer atmosferasining asosan yuqori (12 km dan baland) qatlamlarida azot va kislorod molekulalari tomonidan yutiladi va Yer yuziga yetib kelmaydi. Quyosh energiyasi bizga nuriy energiya sifatida yetib keladi va u Yer yuziga tushgach yutiladi va issiqlik energiyasiga aylanadi. Yer yuzidagi joyning isitilish darajasi shu joyning

yorug'likni yutish qobiliyatiga bog'liq: oq sirtlar (qor) kam, qora sirt (suv) ko'p yutadi. Oq bulut unga tushayotgan oq nurni, asosan, qaytaradi va sochadi. Sochilgan oq nur kuchsiz va Yer sirtini isita olmaydi.

Yer yuzidagi har xil joylar (ekinzorlar, ormonlar, kulrang va qora tuproq, toshli tog'lar, suv havzalari) turlicha isiydi. Qizigan Yer yuzi unga tegib turgan atmosfera qatlamini isitadi va unda konvektiv oqimlar hosil qiladi va atmosferada shamollar boshlanadi. Shuning uchun atmosferada temperatura Yer yuzi yaqinida eng yuqori bo'ladi va balandlik bo'yicha pasayib borib, 12 km balandlikda 220 K (-53 C) gacha tushadi.

Suvning yorug'lik yutishi kuchli, shuning uchun dengiz va okeanlar ustida katta havo uyurmaları hosil bo'ladi va ular nisbatan past bosimdagi quruqliklar tomon harakatlanadi, dengiz bilan quruqliklar orasida global atmosfera aylanishi ro'y beradi. Shunday qilib, sirtning isishi unga tushayotgan nurlanish quvvatiga va uning yutish koeffitsiyentiga bog'liq. Sirtga tushayotgan quvvat u bilan Quyosh orasidagi atmosferaning tiniqligiga bog'liq. Osmonni chang yoki tutun qoplaganda tushayotgan quvvat kamayadi.

Qadimda Yer sharida global sovib ketishlar ro'y bergan, buning sababi vulqonlar otilib atmosferani chang qoplaganidir. Yerda bir necha marta muzlanish davrlari ro'y berganini Quyosh energiyasining quvvati o'zgarishi bilan bog'lashadi. Oxirgi 27 yil ichida Yer yo'ldoshlariga o'rnatilgan radiometrlar yordamida bajarilgan o'lchashlar Quyosh energiyasi uning aktivligi o'zgarishi bilan birga ko'payib kamayib turishini ko'rsatdi (1.32-rasm). Quyosh dog'larini kuzatish 400 yil oldin boshlangan va 1610—2006 uchun aktivlik ma'lum. Melodning 1000 yilidan 1600 yilgacha Quyosh aktivligi to'g'risida ma'lumotlarni arxeologik qazilmalar (daraxt qoldiqlarida yillik halqalar, muzliklarda yillik qatlamlar) radio-uglerod usuli bilan yoshini aniqlab bilishgan. Oxirgi 1000 yil uchun Quyosh aktivligining o'zgarish egri chizig'i topilgan. Bu egri chiziqda Quyosh aktivligi juda pasayib ketgan davrlar (Maunder, Shperer minimumlari) bo'lganini ko'rish mumkin. Bu vaqtda temperatura pasayib havoning sovishi ro'y bergan. Bu to'g'rida tarixiy dalillar bor.

Yerda oxirgi 30 yil davomida temperaturaning ko'tarilishini (global isishni) Yer yuzida olib borilayotgan texnogen jarayonlar natijasida ajralib chiqayotgan ishazi (CO_2) miqdorining yil sayin ko'payib borishi bilan bog'lashmoqda. Atmosferaga ko'tarilayotgan ishazi Yerda parnik effektini kuchaytirmoqda.

2.6. Quyosh energetikasi.

Quyosh energiyasi – Noananaviy energetikaning yo'nalishi Quyosh nurlanishining va Quyosh energiyasining har xil turlarda ishlatishga asoslangan. Quyosh energiyasi tugamas energiya manbai bo'lib u ekologik toza xususiyatga ega ya'ni, zararli bo'lib hisoblanmaydi. Quyosh energiyasini maxsus QESlardan hosil qilish mumkin.

I. Quyosh spektrlarini foydali energiyaga aylantirish uchun fotoelementlarning 1 – va 2 – avlodidan foydalangan holda maxsus elektrostansiyalar uchun yer maydonlari bo'lishi shart. Misol uchun 1 Gvt quvvatidagi elektr stansiyani qurish uchun taxminan 1 – necha kvadrat kilometr maydon kerak. Lekin unaqa QES qurgandan keyin o'sha maydonida mikroklimat o'zgarishi kuzatilishi mumkin. Shuning uchun quvvatni 1 – 2 Mvt.li fotoelektr stansiyalari aholidan uzoq bo'lmagan masofada va individual holatda o'rnatilishi mumkin. Yirik QESlarning fotoelektr elementlari 1,8 – 2,5 metr balandlikda o'rnatiladi. Bunga sabab elektrostansiya ostidagi yerlarning qishloq xo'jaligi va chorvachilikda ishlatish imkonini beradi.

Ma'lum burchak ostida o'rnatilgan fotoelementlarga tushayotgan Quyosh energiyasining oqimi atrof – muhit klimatiga, faslga va joyiga bog'liq. Atmosferaning o'zgarishi ham tushayotgan yorug'lik nuri, spektri va intinsivligini o'zgartirmaydigan sochiluvchi va to'g'ri nurlarning o'zaro parametrlarini ham o'zgarishiga olib keladi. Bu o'zgarishlar QESlarning ishlash prinsipini o'zgartiradi. Amaliy tadqiqotlar.fotoelektr qurilmalar kunduz kuni to'liq ertalab va kuchli vaqtda kam quvvat bilan ishlaydi. Lekin elektr bilan ta'minlashning eng yuqori ko'rsatkichi kechki vaqtga to'g'ri keladi. Undan tashqari ishlab chiqariladigan

energiya ob-havo o'zgarishi tufayli keskin va tez o'zgarib turadi. Bu kamchiliklarni bartaraf etish uchun QESlarda elektr akumlyatorlar qo'llaniladi, yoki bu energiyani boshqa tur energiyaga o'tishini ta'minlaydi, undan tashqari u energiyani Hidro akumlyator stansiyasi yoki vodorod energetikasida ishlatiladi. Hozirda bu muammoni hal etish uchun umumiy energetik sistemalar qurish bilan hal etilmoqda. QESlarning ayrimlarini quvvatining o'zgarishi ob – havo sharoiti va kunning uzunligiga bog'liq muammolarga duch keladi va bu muammolarni hal etish uchun Quyosh aerostatik elektrostansiyasidan foydalaniladi.

b) Bu fotoelementlarning narxi juda baland bo'lib hozirda ularning narxi 1990 – 2005 yillarga qadar 4% dan kamaygan.

c) Fotopanellar va ko'zguli fotoelementlarning yuzasini har doim har xil changlardan tozalash kerak. Ayrim katta maydoni bir necha kilimetr bo'lgan Quyosh fotoelektrostansiyalarini tozalashda ma'lum qiyinchilik tug'dirishi mumkin. Lekin zamonaviy Quyosh batareyalarini ko'zgusining yuzasi polirovka bo'lgani uchun bu muammo hal etilmoqda.

d) Fotoelektr stansiyalarning isib ketishi natijasida effektivligi pasayadi. Shuning uchun ular sovutish tizimi bilan jihozlanadi. Fotoelementlarni ishlab chiqarishda zararlanish belgilangan zararlanish darajasidan oshmaydi. Zamonaviy fotoelementlarning ishlash muddati 30 – 50 yilgacha yetadi. Ayrim fotoelementlarning yuqori effektivlikda ishlatilishi uchun Kadmiy moddasidan foydalaniladi va muddati o'tgan Kadmiyni utivlizatsiya qilish uchun ma'lum ekologik nuqtai nazardan hech qanaqa chora tadbirlar topilmagan bo'lib, Kadmiyning o'rniga boshqa elementlardan foydalanish imkoni topildi. Hozirda tarkibida atiga 1% kremniydan iborat bo'lgan yupqa plyonkali fotoelementlarni ishlab chiqish yo'lga qo'yilgan. Shuning uchun ham bu kremniy fotoelementlari sanoatda keng qo'llanilmoqda. Lekin bu fotoelementlarning effektivligi va degradatsiyasi bo'lganligi uchun ma'lum noqulayliklarni olib kelmoqda. Quyosh konsentratorlari Yerning xususiyatlarini va o'simliklarining o'zgarishiga olib kelyapti. Quyosh batareyalarining joylashgan joyning, havosining o'sishi, ko'zgularning Quyosh nurini qaytarish bilan bog'liqdir. Bu hodisa atrof muhitning

namligini, issiqlik balansini va shamol yo'nalishini o'zgartirishi mumkin. Quyosh batareyalaridagi past haroratda qaynovchi suyuqliklar ko'p muddat ishlatilgandan keyin ichilik suviga salbiy ta'sir ko'rsatish mumkin.

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi fotoelektr elementlarning turlari

Kristalli (1 – avlod)

Monokristalli kremniy.

Polikristalli yoki multikristalli kremniy.

Yupqa plyonkali (2 – avlod)

Kremniyligi, amorfli, mikrokristalli, nano

Nokristalli.

Tellurid kadmiy asosida.

Selenida, (galiy) asosida.

Fotoelektr elementlar (3 – avlod)

Fotosensibilizli bo'yoqli.

Argonik (polimerli)

Neorgonik fotoelementlar

2.7 Quyosh energiyasining ommolashishi va undan foydalanish muammolari

2010 – yil Ispaniya elektr energiyasining 2,7%i, Quyosh energiyasidan olingan.

2010 – yil Germaniyada esa fotoelektr qurilmalar yordamida butun energiyasining 2%i, olingan.

2011 yil esa Italiyada elektr energiyasining 3% fotoelektr qurilmalar yordamida olingan.

2011 – yilning Germaniyada fotoelektr sanoatida 100000 dan ortiq ishchi, AQShda esa Quyosh energetikasi sanoatida 94000 ishchi ishlagan.



2.6.-rasm . Quyosh panellarining umumiy ko'rinishi.

2050 – yilga kelib odamzod elektr energiyasini 20 – 25 - %ni Quyosh nurlaridan oladi. Halqaro energetik ekspertlarning xulosasiga ko'ra 40 yildan keyin zamonaviy texnologiyalar yordamida 1 soatning ichida 9000 TeVt energiya yoki 20 – 25 - % elektr energiyasini ishlab chiqaradi va bu o'z o'rnida yo'lga 6 milliard tonna CO₂ garini tarqalishini qisqartiradi. Lekin 40 – yildan keyin butun jahon energetik inqiroz vujudga kelishini to'xtatolmaydi. Bu borada Quyosh energetikasining ahamiyati yuqori darajada emas. Chunki barcha sanoatlar hamda elektr elementlarini chiqaruvchi zavodlarning ishlash prinsipi ugle – vodorodli yoqilg'isiz ishlamaydi. Lekin Quyosh energiyasi odamzod ishlatadigan energiyaning 28 %ni tashkil etadi xolos. Quyosh energiyasi hozirda elektr energiyasini ishlab chiqarishda keng foydalanilmoqda. Quyosh kollektorlari alyumin, mis, po'lat va cho'yanli materiallardan foydalaniladi. Hozirda suvni qizdirishda Quyosh nurlarining ahamiyati katta. 2010 – yilda Quyosh termal energetikasining quvvati 1 GVt gacha yetdi. Ko'p rivojlanayotgan mamlakatlar termal energetikadan foydalanmoqda. Bu qurilmalar yordamida kechasi esa tabiiy gaz orqali elektr energiyasini ishlab chiqardi. Quyosh kollektorlari orqali taom tayyorlash mumkin. Kollektorning fokusidagi harorat $+1\cdot50^{\circ}C$ gacha yetadi. Bunaqa oshxona qurilmalari rivojlanayotgan mamlakatlarda keng qo'llanilishi mumkin. Ko'p davlatlarda taom tayyorlash uchun o'tindan foydalaniladi. Buning natijasida ko'pgina o'rmonlar yo'qolmoqda. Misol uchun Hindistonda 1 yilda

yo'qolgan biomassa atmosferaga 68 mln tonna CO₂ gari chaqaradi. Atmosferaga chiqarilayotgan zaharli moddalarning kamaytirish uchun Quyosh kollektorlari muhim rol o'ynaydi. *Quyosh energiyasining kimyo sanoatida ishlatilishi* 2005 – yil Quyosh bashnyalari yordamida oksidlanmagan sinkni ishlab chiqarish texnologiyasidan foydalanadi. Quyosh eng yuqorisida sink oksidini o'tin yordamida 1200°C gacha qidirish natijasida sof sink moddasini olish mumkin. Keyinchalik bu sinkni suv bilan qo'shish natijasida kimyobiy reaksiya vujudga kelib vodorod moddasi ajraladi. Vodorod elektr energiyasini ishlab chiqarishda yoki yonilg'I sifatida ishlatiladi.

Quyosh transport Fotoelementlar har xil transportlarga o'rnatilishi mumkin. Masalan: Kemalarda, elektromobilda, samalyot va drijablarda. Fotoelektr elementlardan ishlab chiqarilayotgan energiya elektr toki asosida ishlaydigan elektrodvigatellarni ishlatishda keng foydalaniladi. Shu bilan birga fotoelektr elementlar poerdlarda o'rnatiladi va bu elementlar, konditsioner, yorug'lik va avariya sistemasi ishlashi uchun kerakli bo'lgan energiyani ishlab chiqaradi. Quyosh energiyasi yordamida ishlab chiqarilgan samalyotlar havoda 24 soat parvoz qilishini ta'minlaydi. Bunaqa sistemalar yordamida Yerning sun'iy yo'ldoshlari ham uzoq muddatgacha ishlashi ta'minlangan.

Yer sharoiti 1 a.b. masofada joylashgan 1m² yuzaga perpendikulyar ravishda tushayotgan yorug'lik oqimining quvvati 1367 vt/m². Atmosferadan o'tayotgan yorug'lik nurlarining yutilishi natijasida suv qatlamiga tushayotgan quvvati 1020 vt/m². Shuni aytish kerakki 1 sutkada kelayotgan va birlik yuzadan o'tayotgan yorug'lik oqimi kun va tun o'zgarishi natijasida o'zgarib turadi.

Issiqlik va elektr energiyasini Quyosh energiyasidan olish usullari.

- 1) Fotoelement orqali elektr energiyasini hosil qilish.
- 2) Issiqlik mashinalar orqali Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish.
- 3) Geliotermik energetika.
- 4) Termohavo elektr stansiyasi
- 5) Quyosh aerostatik elektr stansiyasi.

Foydali tarafi va kamchiligi

- 1) Manbaning tugamasligi va ommaviyligi.
- 2) Atrof muhit uchun zararsiz va foydali.

Kamchiligi

- 1) Havo harorati, kun vat un o'zgarishiga bog'liqligi.
- 2) Har doim akumulatsiyalash zarurligi.
- 3) Qurilmaning qimmatligi.
- 4) Yorug'likni qaytaruvchi yuzani doim tozalash.
- 5) Elektrostansiya atrofidagi atmosferaning qurilishi.

2.8.Quyosh batareyasi.

Qadim zamonda odamlar Quyosh energiyasidan foydalanish haqida chuqur mulohaza yuritgan. Afsonalarga qaraganda yunon faylasufi Arximed ko'zgular yordamida dushmanlarning kemasini yo'qotgan. 1 – quyosh isitgichi fransiyalik J.Byuffon tomonidan yaratilgan. U katta qavariq shisha yaratib Quyosh nurlarini 1 ta fokusga yiqqan. Bu qurilma Yerning 68m balandlikda joylashgan bo'lib yerdagi quruq o'tishlarini yondirgan. Keyinchalik shved olim N.Sossyur 1 – suv isitgich moslamasini yaratdi. Bu qurilma taxtali idishning ichidagi suv 88⁰C gacha qurigan xolos. 1774 – yilda fransuz olimi A.Lauaze ilk bor linzalar uchun Quyosh issiqlik energiyasining konsentratsiyasini aniqlagan. Tez orada Angliyada juda katta ikkiyoqlama qavariq linza qaratilgan bo'lib, bu linza 3 soniyada cho'yan va muhitda granitni suyultirgan.

Birinchi Quyosh batareyalari Fransiyada yaratilgan bo'lib, Quyosh energiyasini mexanik energiyaga aylantirishga moslashtirilgan. XI – asr oxirida parijda o'tkazilgan ko'rgazmada O. Musho tomonidan apparat namoyish etildi. Bu

apparatda o'rnatilgan ko'zgular orqali nurlar fokusga yig'iladi. Vaqt o'tishi bilan ishlovchi chsolyator zamonaviylashtirilib 1953 – yilda haqiqiy Quyosh batareya qurilmasi yaratildi. Bu qurilmaning ish prinsipi Quyosh energiyasini elektr energiaysiga aylantirib berish edi.

Ko'p o'tkazilgan tajriba va texnologiyalar asosida sun'iy yuqori harorat yaratilib sun'iy Quyosh nurini hosil qilish Quyosh pechalari qurilyapti.

- QES sanoati 1 – bor 1985 – yilda Qrimda yaratildi. Uning quvvati 5 MVt edi. Xolos 10 yil davomida u atiga 2 mln, Kvt elektr energiyasini juda qimmat bo'lib, 90 – yillarda uni yopganlar.
- Quyosh energiyasining kundalik hayotda elektr tokiga aylantirmay ishlatish mumkin. Masalan, xonani yoritishda, suvni isitishda. Bu issiqlikni yig'uvchi, sochuvchi va saqlab qoluvchi qurilma Quyosh kollektori. Bu kollektorlarda suv 60 – 90°C gacha qizdirilishi mumkin va bu komunal to'lovlarni 50 – 70 % gacha qisqartiradi.
- Amerika tomonidan yaratilgan murakkab sistemalardan biri “Issiqlik tajribalari uchun Quyosh qurilmasi” deb nomlangan sistema yaratilgan. Bu sistema orqali harbiy raketalarining tashqi qatlamlarining issiqlikga chidamligini tekshiriladi.
- Koreyada 2008 – yilda quvvati 274 Mvtli Quyosh ponellari o'rnatildi.
- Yaponiyada esa yaratilgan QESning quvvati 3 Gvtga teng. Germaniyada esa o'rnatilgan QESning quvvati 5 Gvtga teng.

Quyosh panellarining ishlash prinsipi Energetik nuqtai nazardan kelib chiqqan holda Quyosh energiyasini elektr energiaysiga aylantirishda yarim o'tkazgichli fotoeffektli qurilmalardan foydalanish hozirda asosiy vazifani bajarmoqda. Chunki yarim o'tkazgichlar energiyaning bir bosqichli tekis o'tishini ta'minlaydi. Yarimo'tkazgichli fotoelektrda energiyaning hosil qilish uchun fotovoltali effektdan foydalaniladi. Bu hodisa 1 jinsli bo'lmagan yarim o'tkazgichlarga Quyoshning nurlanishi ta'sir etganda vujudga keladi. Fotovoltali effekt 1839 – yilda fransuz fizigi Edmond Bekkerelle tomonidan kashf qilindi. Edmon tajriba o'tkazayotgan vaqti 2 ta elektrod va elektrolit batareya orqali shuni aniqladiki ayrim materiyalar yorug'likda elektr energiaysini ishlab chiqarish xususiyatiga egaligini aniqladi.

Bu hodisa qanday ro'y beradi?

Shuni aytish kerakki Quyosh yorug'ligi tarkibida ma'lum miqdorda energiya bor. Yorug'likning to'lqin uzunligi bir xil bo'lmaganligi sababli biz bu har xillikni turli rangda ko'ramiz. Yorug'lik qabul qiluvchi yarim o'tkazgichning bir qatlamiga tushgandan keyin yorug'lik o'z energiyasini elektronga uzatadi, natijada atomda harakatlanayotgan elektron o'z orbitasini tark etadi. Vujudga kelgan elektronlarning harakati hosil bo'lgan elektr tokidan dalolat beradi. Lekin birinchi Quyosh batareyalarini yaratish uchun oradan 40 yil o'tdi. 1883 – yilda Charliz Frits kremniyli yarim o'tkazgichni juda yupqa oltin qatlami bilan qoplaydi va Quyosh batareyasini yaratadi. Bu batareyaning FIK 1%dan oshmaydi. Shunga o'xshash zamoaviy fotovolt elementlar 1946 – yil Ressel Oxol kampanyasi tomonidan palnetalashtirilgan. Birinchi fotovoltik elementlar bilan jihozlangan Yerning suniy yo'ldoshi 1957 – yilda uchirilgan. Shundan keyin geostatsionar yo'ldoshlarning energiya ta'minoti Quyosh batareyalari orqali ta'minlana boshladi. 2000 – yildan boshlab kremniyli mono va polikristatik elementlarning ishlab chiqarish sanoati juda yuqori darajaga yetdi. Quyosh planetalarining yerda ishlatilish sanoati ham o'z o'rnini topdi. Hozirda eng ko'p ishlatiladigan mono va polikristallik kremniylar jahon bozorini 87 %ni, amorf kremniyligi 5 % ni yupqa plyonkali Kadmiy – tellurli elementlar esa 4,7% ni egallagan. Quyosh fotoelektr panellarini ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan materiyalarning asosi kremniydir.

Quyosh nurlanishidan elektr va issiqlik energiyasini hosil qilish yo'llari.

Fotoelementlar yordamida elektr energiyasini hosil qilish.

Issiqlik mashinalar orqali Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish.

Bug' mashinalar orqali ya'ni suv bug'lari Korbonat – angidrid, propan – butan va freonlar asosi.

Stirling dvigateli orqali.

Geliotermal energetika orqali.

Termo havo elektr stansiyalari orqali.

Quyosh aerostatik elektr stansiyalar orqali.

Fotoelektr effekt .Yorug'lik ta'sirida moddadan elektronlarning chiqib ketish hodisasini o'rganadigan hodisa fotoelektr effekt. Bu hodisa 1887 – yil G.Gers tomonidan topildi. Gers o'z tajribasida shuni isbotladiki fotoelektr effekt hodisasi 2 – razryadli ultrabinafsha nurlanishlari bilan bog'liq. 1889 – yilda D.Tompson va F.Lenard shuni aniqladiki vakuumdagi metalning yuziga yorug'lik ta'sir ettirilsa ular elektronlar chiqarish qobiliyatiga ega bo'ladi. Lenard tajribani davom ettirib shuni aniqladiki metal yuzidan 1 sekund ichida chiqayotgan elektronlar soni yorug' intensivligiga teng. Elektronlarning energiyasi yorug'likning to'lqin uzunligi ya'ni uning spektriga bog'liq. Ma'lum sharoitlarda fotoeffekt hodisasi gazlarda va atomlarning yadrolarida hosil bo'ladi. bu holatda fotonlar katta energiya bilan protonlarni orbitasidan chiqarib yuborib mezonlar hosil bo'lishiga olib keladi.

Quyosh batareyasi .Hozirda turli xil energiyalarini hosil qilish aktual mavzuga aylangan. Odatda energiya olinadigan manbalarning zahiralari 50 yillardan keyin tugab qoladi degan ma'lumotlarga egamiz. Shuning uchun ham odamzod energiyani yangi usul bilan olish usullarini izlab topmoqdalar, bunga Quyosh nurlaridan olinayotgan Quyosh energiasi misolidir. Shunday qilib biz Quyosh energiyasidan unumli foydanlan unumli foydanlanyapmiz va shuni aytish kerakki yerdagi energiya manbalari Quyosh nurlari sababli vujudga kelgan.

Quyosh batareyalarini ishlab chiqarishda foydalaniladigan xomashyo. Quyosh batareyalarini ishlab chiqarishda asosiy xomashyo sifatida kremniy moddasi ishlatiladi. Yer yuzining $\frac{1}{4}$ qismi kremniydan iborat, lekin bun keremniy SO_2 dan sof kremniyni ajratib olish murakkab va muammolari.

Qanday qilib Quyosh batareyasini yasash mumkin .Odatda Quyosh batareyalari deganda bir – nechata o'zaro bog'langan fotoelektr o'zgartirgichlar, fotoelementlar nazarda tutiladi. Quyosh kollektorlaridan farqli ravishda Quyosh batareyalari elektr energiyasidan elektr tokini hosil qilish uchun Quyosh kollektorlaridan foydalaniladi. Quyosh batareyasini yaratish uchun quyidagi xomashyo kerak bo'ladi.

- 1) Fotoelement yoki diodlar
- 2) Yog'ochdan yasalgan ramka

Ko'rsatma:

- 1) Quyosh batareyasining asosiy elementlarini to'g'ri tanlash kerak (fotoplastinka). Bu elementga Quyosh batareyasining quvvati bog'liq.
- 2) Yog'och ramkaning ichiga bu elementlar ketma – ketlikda terilib chiqadi.
- 3) Barcha fotoplastinkalarni va fotoelementlarni o'zaro ulash kerak bo'ladi.
- 4) Barcha o'tkazgichlarni ketma – ket ulash zarur.
- 5) Quyosh batareyalarini ko'proq Quyosh nurlari tushadigan joyga o'rnatish kerak.

Foydali tomoni:

- 1) Energiyaning tugamasligi va ommabopligi.
- 2) Atrof – muhit uchun zararsizligi.

Kamchiligi:

- 1) Ob – havo va kun – tun o'zgarishiga bog'liqligi.
- 2) Qurilmaning qimmatligi
- 3) Elektrostansiya atrofidagi atmosferaning qizishi.

Quyosh energetikasi texnik va iqtisodiy nuqtai nazardan olib qaraganda ideal holatda emas. Foydali tomonlarini aytib o'tish kerakki yorug'lik nuri hech qachon tugamaydi. Salbiy tomoni esa konstruksiyaning qimmatligi.

Quyosh energiyasining texnologiyasi. Yarim asr ichida olimlar Quyosh energiyasini turli usullar orqali hosil qilish turlarini izladi. Ular qimmatbaho va kam foydali texnologiyalar o'rniga arzon narxdagi qurilmalarni ishlab chiqardi. Quyosh texnologiyalarining eng aktiv parametrlari bu Quyosh energiyasi orqali suvni isitish, vintilyatsiya va yoritish uchun foydalaniladi. Bu barcha klassifikatsiyalarini quyidagicha ifodalash mumkin.

Bu energetika odamzodning yashashi uchun qulay bo'lib hozirda keng ommalashib bormoqda.

XULOSA

Hozirgi zamon tasavuriga ko'ra Quyosh energiyasi vodorod atomi yadrolaridan geliy atomi yadrosi hosil bo'lish jarayonida ajralib chiqadi. Bu jarayon 15 mln gradus temperaturada ro'y berishi mumkin, shuning uchun u termoyadro reaksiyasi deb ataladi va ikki xil yo'l bilan kechishi mumkin: proton-proton (p-p) sikli va uglerod-azot ($C = N$) sikli. Ikkala reaksiyada ham protonlardan geliy atomi yadrosi hosil bo'ladi.

Temperaturaning radius bo'ylab o'zgarishi energiyani ichki qatlamlardan tashqi qatlamlar tomon uzatilish mexanizmiga bogliq. Bunday mexanizm ikki xil bo'lishi mumkin: nuriy va konvektiv (Quyoshning ichki qatlamlarida issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmi past samaraga ega bo'lgani uchun hisobga olinmaydi).

Nuriy mexanizm asosiy energiya uzatuvchi bo'lgan holda (o'zak atrofida shunday) temperaturaning o'zgarishini hisoblash uchun tashqi qatlamlar tomon tarqalayotgan nurlanishni ichki energiyaga va harakat miqdoriga ega gazga qiyoslash mumkin. Bunday nurlanish tashqariga yo'nalgan nuriy bosim kuchiga ega. Agar nurlanish (gaz) oqimi biror tomonga harakat qilayotgan bo'lsa, u tomondagi modda oqim energiyasi bilan birgalikda uning harakat miqdorini ham yutadi.

Konvektiv zonaning tashqi chegarasi yaqinida noturg'unlikni kuchaytiruvchi ikkinchi omil ishga tushadi. Issiqlik sig'implar nisbati (y) birga yaqinlashadi. Bunga sabab atom va ionlar tomonidan nurlanishni yutish erkinlik darajasiga ionlanish va uyg'onish bilan bog'liq erkinlik darajasi qo'shiladi. Bu effektini asosan vodorod atomlari va qisman geliy atomlari beradi, bu esa o'z navbatida $|dT/dr|_{\text{nur}}$ ni oshiradi. Yuqori temperaturada, demak chuqurroq qatlamlarda geliy ionlanadi. Geliyning ionlanishi vodorodnikiga qaraganda kattaroq masshtabdagi konveksiyani hosil qiladi. Supergranulyatsiya geliyning ionlanishi va granulyatsiya esa vodorodning ionlanishi natijasida ro'y beradi. Fotosfera ostida, uning sirti yaqinida gazning zichligi va temperaturasi ancha pasayib, konveksiya energiyani effektiv uzata olmaydi. Bundan tashqari, fotosferaning pastki chegarasidan nurlanish

yutilmasdan chiqa boshlaydi. Bu qatlamlarda k_p va $|dT/dr|_{nur}$ ancha kamayadi va atmosferada yana turg'unlik qaror topadi.

Quyoshda eng ko'p miqdorda boigan vodorodning ionlanishi bilan bog'langan granulyatsiya fotosferada intensivlikning yetarli darajada katta miqdorga (10%) o'zgarishiga olib keladi. Nisbatan kam (10 marta) geliyni ionlanishi bilan bogliq bo'lgan supergranulyatsiya intensivlikni sezilarli o'zgartirmaydi. Og'ir atomlarni ionlanishi bilan bog'liq bo'lgan konveksiya ham (gigant konvektiv uyalar) bo'lishi kerak. Bunday konveksiya sirt qatlamlar intensivligini juda kam o'zgartiradi va tezligi <100 m/s ga teng bo'lgan gorizonta gaz oqimini beradi.

Hozirda turli xil energiyalarini hosil qilish aktual mavzuga aylangan. Odatda energiya olinadigan manbalarining zahiralarini 50 yillardan keyin tugab qoladi degan ma'lumotlarga egamiz. Shuning uchun ham odamzod energiyani yangi usul bilan olish usullarini izlab topmoqdalar, bunga Quyosh nurlaridan olinayotgan Quyosh energiyasi misoldir. Shunday qilib biz Quyosh energiyasidan unumli foydanlanyapmiz va shuni aytish kerakki yerdagi energiya manbalari Quyosh nurlari sababli vujudga kelgan.

Adabiyotlar

1. Mursalimova G., Raximov A. Umumiy astronomiya kursi. Toshkent. „O’qituvchi “ 1976 y.
2. Dagayev M. M. Astronomiya. „ prosvesheniya “ 1983y.
3. Bakulin A. I. Kurs obshey astronomii. Moskva. „ Nauka “ 1982 y.
4. Mamadazimov M. M. Astronomiya. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. Toshkent. „ O’qituvchi “ 2003 y.
5. Zasov A. B. Kanonovich E. B. Astronomiya. „ Prosvesheniya “ 2000 y.
6. Levitan E. V. Astronomiya. Moskva. „ Prosvesheniya “ 2000 y.
7. Voronsov- Vel’yaminov B. A. Astronomiya – 11. Toshkent. „ O’qituvchi “ 1998 y.
8. Voronsov- Vel’yaminov B. A. va boshqalar. O’rta maktablarda astronomiya o’qitish metodikasi. Toshkent. „ O’qituvchi “ 1977 y.
9. Struve O. Elementarnaya astronomiya. Moskva. „ Nauka “ 1967 y.
10. Kulikovskiy P. G. Spravochnik lyubiteley astonomii. Moskva. „ Nauka “ 1971 y.
11. Internet saytlari:
[www. Google.uz](http://www.Google.uz)
[www. Ziyonet.uz](http://www.Ziyonet.uz)
[www. Astronet .uz](http://www.Astronet .uz)
12. I. F. Polak. Umumiy astronomiya kursi .O’qituvchi. Toshkent. 1965 y.