

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI**

**ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

**FIZIKA FAKULTETI
ASTROFIZIKA KAFEDRASI**

**Qo`lyozma huquqida
UDK 520.16**

DONIYAROV SANJAR JAHONGIROVICH

QUYOSHNING GLOBAL TEBRANISHLARINI O`RGANISH

5A140401-Astronomiya (tatqiqot yo`nalishlari bo`yicha) mutaxassisligi

**Magistr
akademik darajasini olish uchun yozilgan
DISSERTATSIYA**

**Ish ko`rib chiqildi va himoyaga
ruxsat berildi.**

**“Astrofizika” kafedrası mudiri
M.O`.**

**Ilmiy rahbar:
_____ prof. Sh.A.Egamberdiyev**

_____ dots. A.Q. Ajabov

SAMARQAND-2014

MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

I-BOB. Quyoshning ichki tuzilishi.

1.1§. Quyoshning ichki tuzilishi haqida umumiy tushuncha.....	8
1.2§. Quyosh modellari.....	13
1.3§. Quyoshni energiyasi manba'lari.....	28
1.4§. Nuriy o'tish va konvektiv sohalar.....	30
I bob bo'yicha xulosa.....	33

II-BOB. Quyoshning ichki tuzilishini gelioseysmologiya usullari yordamida o'rganish.

2.1§. Quyosh netrinosi muammosi.....	34
2.2§. Quyosh tebranishlari va ularni kuzatish usullari.....	39
2.3§. IRIS loyihasi va spektrofotomerning ishlash prentsiipi.....	44
II bob bo'yicha xulosa.....	51

III-BOB. Global gelioseysmologiya sohasida olingan asosiy ilmiy natijalar.

3.1§. Quyoshning akustik modalarining chastotalari.....	52
3.2§. Katta va kichik tilinishlarni aniqlash.....	57
3.3§. Quyosh aylanishining gelioseysmologiya usuli bilan aniqlanishi.....	61
III bob bo'yicha xulosa.....	64

Xulosa	65
Adabiyotlar.....	68

Kirish

Astrofizikaning fundamental muammolaridan biri Quyosh va yulduzlarning tuzilishi va dinamikasini tahlil qilishdan iborat. Magnit maydonining generatsiya va bo'linish jarayoni ko'rinishli yuzaga va to'g'ri kuzatishda ko'rinmagan holatda kechadi. Artur Eddington o'zining "Yulduzlarning ichki tuzilishi" kitobida yozishicha. Bir qarashdayoq Quyoshning chuqur ichki qatlami yer yuzining boshqa hududlarida nisbatan ilmiy tekshirish uchun yetarli emas. Bizning teleskoplar koinotning chuqurroq hududlarigacha tekshirish imkonini beradi, ammo biz qachonlar shuni bilishimiz mumkinki, chegara ortida nima yashirinib turibdi? Qaysi asbob yordamida yulduzlarning tashqi qatlami orqali va ichki xossalari chuqurroq o'lchash mumkin bo'ladi. Bu savollarga gelioseysmologiya javob beradi. Quyoshning ichki qatlami elektromagnit nurlanish uchun shishasimon emas. Lekin ular akustika to'lqinlari uchun oynasimondir. Shuning uchun Quyoshning akustik tebranishini kuzatish dinamik jarayonlar va ichki tuzilish asosiy xarakteristikasini o'rganish imkonini beradi. Quyoshning 5 daqiqalik akustik tebranishi Leyton va boshqalar yordamida kashf qilindi. Ammo uzoq vaqtlar bu tebranish lokal hodisa bo'lib, granulyatsion konvektsiya oqibatida Quyosh atmosferasining ostsilyasiyasi bilan bog'liq deb hisoblandi. Shuning uchun daslabki asosiy kuch uzoq davrli global tebranishlarni izlashga yo'naltirildi.

A.B. Severniy rahbarligi ostida KrAO da boshlangan Quyoshning global tebranishini kuzatish gelioseysmologiyaning rivojiga katta rol o'ynadi. Uzoq davrli tebranishlarni identifikatsiyalar va qidiruv ishlaridagi harakat, ichki yadro aylanish tezligi va strukturasini aniqlashga imkon berishi kerak bo'lgan, hozirgi kunga qadar davom etmoqda. Shu bilan birga tebranishning 5 daqiqali interpretatsiyasi va kuzatishlarda sezilarli jarayonga erishildi. Ko'rinishicha Quyoshning yuza osti qatlamida stoxostik konvektiv harakatlardan hosil bo'ladigan ushbu tebranishlar, rezonans *modasini* hosil qilish mumkin, uning chastotasi tovush tezligining tarqalishi, aylanish tezligi va Quyoshning boshqa

ichki parametrlari to'g'risida ma'lumot berishi mumkin. Shu bilan birga ularning Quyosh sikli bilan variatsiyasi (uyg'unligi) ni ham bildiradi.

Hozirgi vaqtda kosmik observatoriya SOHO va Yer usti stantsiya GoNG tarmoqlari orqali, Quyosh yuzasida dopplerov tezligini uzluksiz yuqori aniqlikda kuzatish o'tkazilishi natijasida olingan parametrlar 2000 multiplet akustik tebranishlardan ortiq bo'ldi (p-mod). Qisqasi ular yordamida Quyosh differentsial aylanishni yuqori aniqlikda o'lchash va asosiy konvektiv zonada tor o'tish zonasini aniqlash (unda qattiq jismlar aylanishi orasidagi nurli zona va konvektiv qobiqlarning differensial aylanishi orasidagi keskin o'zgarishi) imkoniyati paydo bo'ldi. Aytishlaricha ushbu zonada magnit maydoni generatsiyasi Quyoshli dinamo, asosiy jarayoni sodir bo'ladi. Shu bilan zona oqish strukturasi chuqurligi – “aylanuvchi tebranishlar”, ya'ni faol kenglik – o'rta kenglikda ekvatorga qarab 11 – yoz sikli davomida o'chib-yonadigan dog' hosil qiluvchi zonani ham aniqlash imkonini berdi. Bu kuzatishlar dinamoni izlashdagi muhim ma'limotlarni beradi. Bundan tashqari tebranish chastotasining yuqori aniqlikda kuzatish p-mod Quyoshning kimyoviy tarkibi va ichki strukturasi aniqlashtirish imkonini beradi. Quyoshli *modning* (xususiy tebranish) kuzatishlarga asoslangan tekshirishlar “global gelioseysmologiya ” nomini oldi.

Mavzuning dolzarbligi:

Quyoshning ichki tuzilishini o'rganish imkonini beradigan yagona usul – bu gelioseysmologiyadir. Shuning uchun Quyosh modelini yaratish va takomillashtirish, hamda, faollik hodisalari va ularning Yerga ta'sirini tushuntirish uchun bu usuldan ko'plab axborot kutilmoqda. Shu nuqtai nazardan mavzu dolzarb hisoblanadi.

Mavzuning maqsad va vazifasi.

Mavzu bo'yicha O'zbekistonda va jahonda qilingan ilmiy tadqiqotlar va ular bayon etilgan adabiyotlar bilan tanishish. Quyosh fizikasi fanini chuqur o'rganish maqsadida Quyoshning global tebranishlarini tadqiq etish orqali

Quyoshning ichki tuzilishini o'rganish. Tebranishlar xossalarini o'rganish va ularning quvvat spektrlarni qurish.

Ilmiy ahamiyati:

Gelioseysmologik tadqiqotlar asosan fundamental ahamiyatga ega. Amaliy ahamiyati esa Quyosh tebranishlari parametrlarining Quyosh faolligi sikli bilan o'zgarishi va ularga ta'siri orqali baholanishi mumkin.

Ishlab chiqarishga bog'liqligi va hamkorlik.

Mavzu fundamental bo'lgani uchun ishlab chiqarishga bog'liq emas, lekin, ushbu mavzu O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Astronomiya Instituti bilan hamkorlikda amalga oshiriladi.

Tadqiqot ob'ekti.

Quyosh va uning tebranishlari ichidan, global tebranishlar xossasini kuzatish.

Tadqiqot predmeti.

Global tebranishlarni hosil qiluvchi akustik modalar va l, m, n uzal chiziqlari.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi.

Gelioseysmologiya astrofizikaning nisbatan yosh bo'limi bo'lib, u o'tgan asrning 80 yillarida o'z amaliy tadqiqotlarini boshlagan. Hozirda bir nechta xalqaro gelioseysmologik loyihalar faoliyat yuritmoqda va ulardan yangi kuzatuv ma'lumotlari olinmoqda.

Himoyaga olib chiqiladigan holatlar.

- Gelioseysmologiya
- Quyoshning global tebranishlari parametrlari (akustik to'lqinlar)
- Quyoshning tebranishlarini kuzatish dasturlari va usullari
- O'zbekistonda, mavzu doirasida qilingan ishlar

Natijalarning e'lon qilinganligi: 1). Samarqand tibbiyot instituti qoshidagi 1-son akademik litseyning "sog'lom va barkamol avlodni tarbiyalashda o'qish va o'qitishning dolzarb muammolari" mavzusidagi II ilmiy-amaliy anjuman materiallari. 2013 yil, 40-41 betlar. 2) Samarqand VPKQTMOI "Ziyokor" ilmiy,

uslubiy, ijtimoiy, adabiy va badiiy jurnali. 2013/12, 59-61 betlar. 3). Samarqand oliy harbiy avtomobil qo'mondonlik muhandislik bilim yurti "Tabiiy-ilmiy fanlardan mashg'ulotlar o'tishda informatsion texnologiyalarning qo'llanilishi" mavzusidagi ilmiy-uslubiy anjumanining maqolalar to'plami. 2014 yil 26 mart 111-112 betlar. 4). SamDU magistratura bo'limi tomonidan tayyorlangan "Magistrlar ilmiy ishlar to'plami" 2014yil.

Dissertatsiya birinchi bobida Quyoshning ichki tuzilishi haqida umumiy ma'lumotlar berilgan.

Dissertatsiya ikkinchi bobida Quyoshning ichki tuzilishini gelioseysmologiya usullari yordamida o'rganish to'g'ri ma'lumotlar to'plangan.

Dissertatsiya uchinchi bobida global gelioseysmologiya sohasida olingan asosiy ilmiy natijalar va dissertatsiyani yozish davomida ba'zi hisoblash ishlarini batafsil kiritib o'tilgan.

Dissertatsiya oxirida xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati keltirilgan.

Dissertatsiya ishining strukturasi.

Bajarilgan ushbu magistrlik dissertatsiyasi ishi kirish, ___bob, ___ta jadval, ___ta rasm, xulosalar va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Ishning hajmi kompyuterda terilgan ___sahifani tashkil etadi.

2010 yil 12 noyabr kuni hurmatli prezidentimiz **I.A.Karimov** O'zbekiston Respublikasi Oliy majlisi qonunchilik palatasi va senatining qo'shma majlisida **"Mamlakatimizda demokratik islohotlarni ya'nada chuqurlashtirish va fuqarolik jamiyatini rivojlantirish konsepsiyasi"** mavzusida ma'ruza qildilar[2]. O'z ma'ruzalarida oltita yo'nalishni eng muhim ustuvor vazifalar sifatida belgilab berdilar. Bu yo'nalishlar quyidagi yo'nalishlardir.

1. Davlat hokimiyati va boshqaruvni demokratlashtirish
2. Sud-huquq tizimini isloh qilish
3. Axborot sohasini isloh qilish, axborot va so'z erkinligini ta'minlash

4.O'zbekistonda saylov huquqi erkinligini ta'minlash va saylov qonunchiligini rivojlantirish

5. Fuqarolik jamiyati institutlarini shakllantirish va rivojlantirish

6. Demokratik bozor islohotlarini va iqtisodiyotini liberallashtirishni yanada chuqurlashtirish

Oltinchi yo'nalishda raqobat to'g'risida to'xtaldi. Raqobatlasha oladigan har qanday mahsulot yoki shu mahsulotni ishlab chiqaruvchi ilmiy asoslangan bo'lsagina yoki uni ishlab chiqaruvchining ilmiy saviyasi yuqori darajada bo'lganligini bu mahsulot raqobatlasha olishi mumkin ekanligini anglash mumkin. Ushbu konsepsiya O'zbekiston zaminida yashayotgan fizik, ximik, biolog, vrach, injener, iqtisodchi, moliyachi, talaba va hokazo, kim bo'lishdan qat'iy nazar hamma uchun dasturul amal bo'lib xizmat qiladi.

I-BOB. Quyoshning ichki tuzilishi

1.1 §.Quyoshning ichki tuzilishi haqida umumiy tushuncha

Quyosh, Quyosh sistemasining markaziy va eng katta jismidir. Quyosh massasi barcha sayyoralarning massasidan 750 marotaba Yer massasidan esa 333000 marotaba kattadir. U kuchli energiya manbai hisoblanib, rentgen va ultrabinafsha to'liqlardan tortib radio to'liqlargacha nurlantiradi. Bu nurlanish Quyosh sistemasidagi barcha jismlarga ta'sir etadi, issiqlik nuri uzatadi va u hayot manbaidir. Quyosh bizga eng yaqin kosmik jism hisoblanadi, bu jihatdan uni o'rganish, yulduzlarni o'rganishda, kosmik nurlar fizikasida va butun koinotni o'rganishda katta rol o'ynaydi.

Quyoshning ko'rinma burchak diametri Yerning orbitasi elliptik bo'lganligi sababli yil davomida o'zgarib turadi. O'rtacha hisobda Quyosh ko'rinma burchak radiusi 960" ga tengdir. Bundan Quyosh diametri 1/107 astronomik birlikka (a.b.) yoki taqriban 1400000 km ga tengligi kelib chiqib, Yer diametridan 109 marotaba kattadir.

Er atmosferasidan tashqarida Quyosh nurlariga perpendikulyar bo'lgan 1 m² yuzaga 1360 Vt Quyosh energiyasi tushadi bu 2 kal/sm²*min ga mos keladi. Bu sonni radiusi Yer va Quyosh orasidagi masofaga teng bo'lgan shar sirtiga ko'paytirib, Quyosh nurlanishining quvvatini topish mumkin, u $\sim 4 \cdot 10^{23}$ kVt ni tashkil etadi. Quyosh radiusi 696000 km ga teng va 6000° K gacha qizdirilgan jism ana shuncha energiyani nurlantiradi. Yerning Quyoshdan oladigan energiyasining oqimi Quyosh to'la energiyasining 1/2000000000 hissasiga tengdir.

Koinotning boshqa jismlari singari Quyosh qizigan gazdan iborat bo'lgan shar shaklidagi jismdir. Quyosh asosan vodoroddan tashkil topgan bo'lib, unga biroz geliy aralashgandir (atomlar mikdoriga ko'ra -10%). Qolgan elementlar atomlarining yig'indisi bundan -1000 marotaba kamdir. Lekin massa jihatidan bunday og'ir elementlar Quyosh massasining 1-2 foizini tashkil etadi.

Quyosh muhiti kuchli ionlashgandir, ya'ni muhitining atomlari tashqi qobig'idagi elektronlarini to'la yo'qotgan. Erkin elektronlar ionlashgan plazma gazining erkin zarralarini tashkil etadi. Quyosh muhiti o'rtacha zichligini topish uchun uning massasini hajmiga bo'lamiz:

$$\bar{\rho} = \frac{3M_0}{4\pi \cdot R_0^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{33}}{4 \cdot 3.14 \cdot 696 \cdot 10^8 \text{ sm}} = 1.41 \text{ g / sm}^3 \quad (1.1)$$

Zichlikning bu qiymati suv zichligiga yaqin bo'lib, Yer sirtidagi havo zichligidan -1000 marotaba kattadir. Lekin Quyosh muhitining uning markazidagi zichligi bundan yuzlab marotaba katta bo'lsa, yuzidagi zichligi minglab marotaba kichikdir.

Quyoshning markaziga qarab yo'nalgan gravitasion kuch ta'siri ostida markazida juda yuqori bosim hosil bo'ladi. Quyosh ichida muhit bir tekis, o'rtacha zichlik bilan taqsimlangan deb, uning radusining yarmiga teng chuqurligidagi bosim qiymatini topamiz.

Bunday chuqurlikda og'irlik kuchi radiusi $1/8 R_0$ bo'lgan shar ichdagi massa orqali aniqlanadi. Bunday shar hajmi Quyosh to'la hajmining $1/8$ hissasiga teng bo'ladi. Shuning uchun butun olam tortishish qonuniga ko'ra, bir jinsli Quyosh markazidan $1/2 R_0$ masofada erkin tushish tezlanishi quyidagicha:

$$g = \gamma \frac{\frac{1}{8} M_0}{\left(\frac{1}{2} R_0\right)^2} \quad (1.2)$$

bo'lib, ogirlik kuchi yuqori qatlamlar og'irliklarini yig'indisidan iboratdir. Bosim esa miqdoran balandligi $1/2 R_0$ bo'lgan asosining yuzi 1 sm^2 bo'lgan to'sin ichidagi muhit og'irligiga teng bo'ladi. Bu to'sin ichidagi modda massasi

$$m = \bar{\rho} \cdot \frac{R_0}{2} \quad (1.3)$$

bo'lib, bosim quydagicha bo'ladi:

$$P = \frac{mg}{S} = \gamma \frac{\frac{1}{8} M_0}{\left(\frac{1}{2} R_0\right)^2} \cdot \bar{\rho} \cdot \frac{R_0}{2} \frac{1}{2} \quad (1.4)$$

$S=1$ bo'lganligi sababli $P=6,6 \cdot 10^{13} \text{ N/m}^2 \approx 6,8 \cdot 10^8 \text{ atm}$ bo'ladi. Shunday qilib, Quyosh markazida bosim nihoyat darajada kattadir: qariyb bir milliard atmosferaga tengdir.

Gaz qonunlariga ko'ra, bosim zichlik va haroratga bog'liq, undan foydalayib, Quyosh qaridagi haroratni aniqlaymiz:

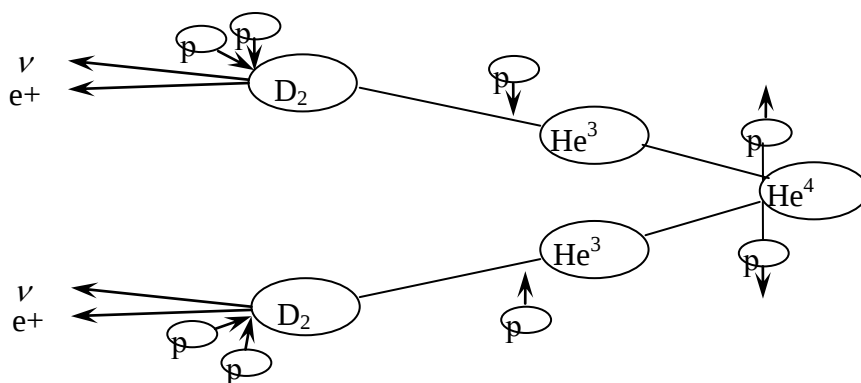
$$T = \frac{\mu P}{R \rho} = \frac{\mu}{4} \frac{\gamma M_0}{R R_0} = 2,8 \cdot 10^6 \text{ K} \quad (1.5)$$

Shunday qilib, biz Quyosh xarakteristikalarini uning ichidagi $R_0/2$ balandligida aniqladik:

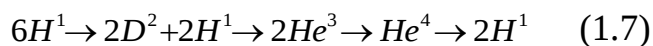
$$\begin{aligned} \bar{\rho} &= 1,4 \text{ G/sm}^3 (1,3 \text{ G/sm}^3) \\ P &= 6,6 \cdot 10^{13} \text{ H/ m}^2 (6,1 \cdot 10^{13} \text{ N/ m}^2) \\ T &= 2,8 \cdot 10^6 (3,4 \cdot 10^6) \text{ K} \end{aligned} \quad (1.6)$$

Qavslarning ichida bu xarakteristikalarining aniqroq metodlar bilan aniqlangan qiymatlari keltirilgan.

Bunday katta bosim va haroratlarda vodorod yadrolarining (protonlar) tezligi juda katta bo'lib, natijada ular Kulon itarishish kuchlarini yengib, o'zaro yaqinlashib ta'sirlasha oladilar. Bunday yaqinlashishlardan ba'zida yadro reaksiyalari vujudga kelib (1.1-rasm), geliy hosil bo'ladi va katta energiya ajraladi.

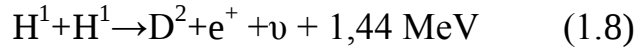


1.1.- rasm PP yadro reaksiyasining sxemasi.



(H^1 -proton, D^2 -deytriy yadrosi, He^3 va He^4 -geliy izotoplari, e^+ -pozitron, ν -neytrino)

PP - reaksiyasi bir-biriga yaqinlashgan protonlarning birining β bo'linishidan boshlanadi.



β - bo'linish natijasida proton neytronga aylanib, pozitron neytrino va energiya ajraladi. Hosil bo'lgan neytron ikkinchi proton bilan qo'shilib deytriy yadrosini hosil qiladi. Har bir juft rotonlar uchun bunda reaksiya 14 milliard yilda amalga oshadi. Hosil bo'lgan deytriy yadrosi boshqa proton bilan qo'shilib He^3 geliy izotopini hosil qiladi. Hosil bo'lgan ikkita geliy izotopi o'z navbatida o'zaro qo'shilishib, protonlari ajratib He^4 ga aylanadi. Natijada Quyoshning markaziy oblastida vaqt o'tishi bilan geliy miqdori oshib borsa, vodorod miqdori kamayib boradi. 4-5 milliard yil davomida vodorodning qariyb yarmi geliyga aylangan. Bunday reaksiyalar Quyoshning hozirgi evolyutsiyasida energiya manbaidir.

Quyoshning markaziy oblastlarida hosil bo'lgan energiya uning tashqi qismlariga keyinchalik butun koinotga uzatiladi, natijada Quyosh muhiti gazning harorati uning sirtiga yaqinlashgan sari avval tez keyin sekinroq kamayib boradi [4,14,20].

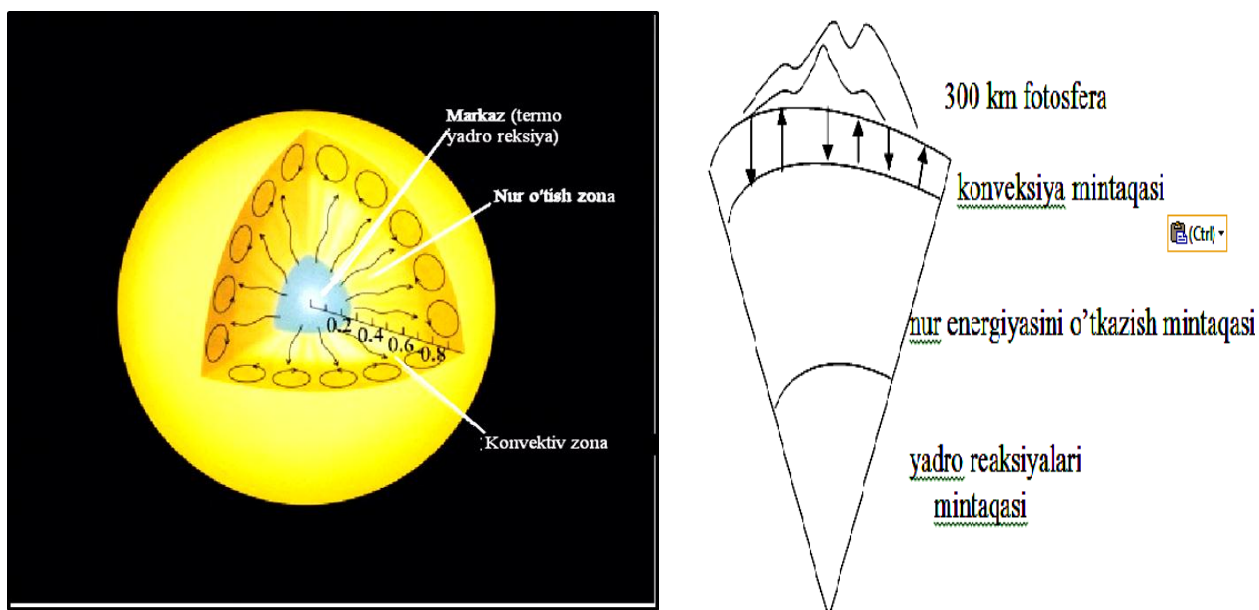
Haroratiga va Quyosh tarkibida o'tuvchi jarayonlarga bog'liq ravishda Quyoshni 4 ta ichki mintaqalarga ajratish mumkin:

1)Quyoshning markaziy mintaqasi. Bu sohada harorat va bosim termoyadro reaksiyalari vujudga kelishi kerak bo'lgan qiymatlargacha yuqori bo'ladi. Bu soha markazdan boshlab $1/3R_0$ gacha davom etadi.

2)Nurli mintaq (1/3 R_0 dan 1/3 R_0 gacha). Bu mintaqada energiya muhit tomonidan kelayotgan elektromagnit energiya kvantlarini ketma-ket yutish va chiqarish natijasida amalga oshadi.

3)Konveksiya mintaqasi shu nurli mintaqadan boshlab Quyoshning ko'rinuvchi sathigacha cho'zilgan. Bu sohada Quyosh sathiga yaqinlashgan sari harorat keskin kamayib boradi, shuning uchun muhitning aralashuvi "konveksiya" yuz beradiki, pastidan isitilayotgan suvning qaynashiga o'xshaydi.

4)Quyosh atmosferasi u konveksiya sohasidan boshlab Quyosh nurining ko`rinuvchi sohasigacha davom etadi.



1.2.-rasm Quyoshning ichki tuzilishi.

Atmosferaning pastki kavatlarini siyrak gazdan iborat bo`lib, Quyosh nurlarida ko`rinuvchi sohasiga to`g`ri keladi. Quyosh atmosferasining yuqori qatlamlarini Quyosh tutilganda yoki maxsus asboblardan yordamida kuzatish mumkin.

Atmosfera ham shartli ravishda bir nechta sohalarga ajratiladi: fotosfera, xromosfera va Quyosh toji sohalari. Fotosfera 200-300 km qalinlikdagi atmosferaning chuqur qismi hisoblanadi. Spektrning ko`rinuvchi qismiga to`g`ri keluvchi va quvvat jihatdan boshqa barcha Quyosh sohalariidan chiquvchi energiyadan katta bo`lgan energiya Quyoshning fotosferasiga to`g`ri keladi. Fotosferaning yuqori qatlamlarida harorat 4000°K bo`lsa, pastki qatlamlarida 6000°K ga yaqinlashadi.

Atmosferaning harorati balandlikka bogliq ravishda oshuvchi qismiga xromosfera deyiladi. Xromosferada vodorod, geliy ionlashgan bo`ladi. Xromosferada harorat o`nlab, yuzlab ming gradusga yetadi. Quyoshning to`la tutilishi paytida xromosfera Quyosh kursi atrofida rangli xoshiya shaklida

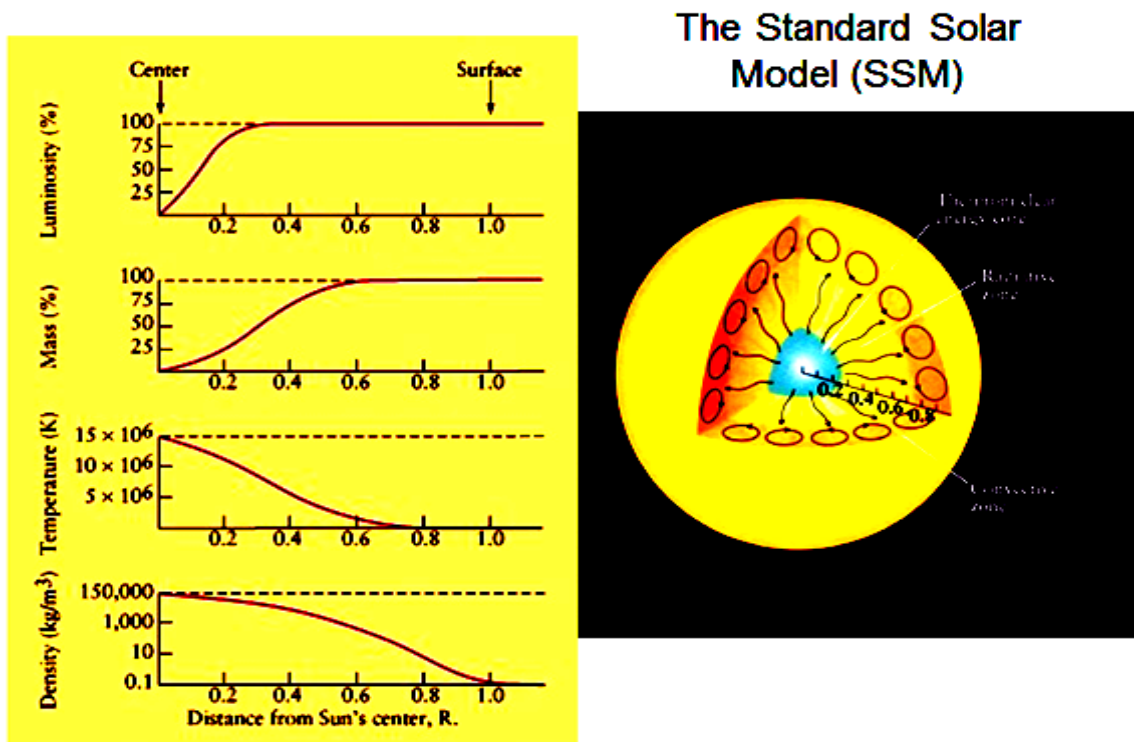
ko`rinadi. Xromosferaning yuqori qismida harorat  $1000000-2000000^{\circ}\text{K}$  ga yetadi va bundan yuqoriroq qismidagi Quyosh radiusidan bir necha marotaba katta bo`lgan balandlikda joylashgan qismida harorat o`zgarmas qoladi. Atmosferaning bunday issiq va siyraklashgan qismiga Quyosh toji deyiladi. Quyosh tojini ham Quyosh to`la tutilishi davrida kuzatish mumkin. U rangli, juda chiroyli ko`rinadi. Tojdan yuqori qismida Quyosh toji muhiti sayyoralararo fazoga chiqib, oqib turadi. Bu siyraklashgan muhit oqimiga Quyosh shamoli deyiladi [23].

1.2 §. Quyoshning ichki tuzilishi modeli

Quyosh va yulduzlarning ichki tuzilishi haqidagi nazariyaning vazifasi bu obyektlar bag`ridagi modda qanday sharoitda ekanligini o`rganish va ularning nurlanish manbalarini aniqlashdir. Quyoshning sirtidan uning markaziga tomon temperatura, bosim va zichlikning qanday o`zgarib borishini bevosita bilish mumkin emas. Kuzatishlar bizga faqat Quyosh sirtida hukmron bo`lgan sharoitlar haqidagina ma`lumot beradi, xolos.

Gaz holati tenglamasini qo`llab, $h = \frac{R_{\odot}}{2}$ chuqurlikda Quyosh temperaturasi uch million gradus atrofida ekanligi topiladi. Haqiqatdan ham, Quyosh ionlashgan vodoroddan $\mu = (\frac{1}{2})$ iborat deb hisoblab, ideal gaz holatining asosiy tenglamasi $PV = \frac{m}{\mu} R \cdot T$ dan $T = \frac{\mu P}{R \rho_{\odot}} = \frac{\mu \gamma M_{\odot}}{4\pi R_{\odot}} = 2,8 \cdot 10^6 \text{ } ^{\circ}\text{K}$ ni topamiz.

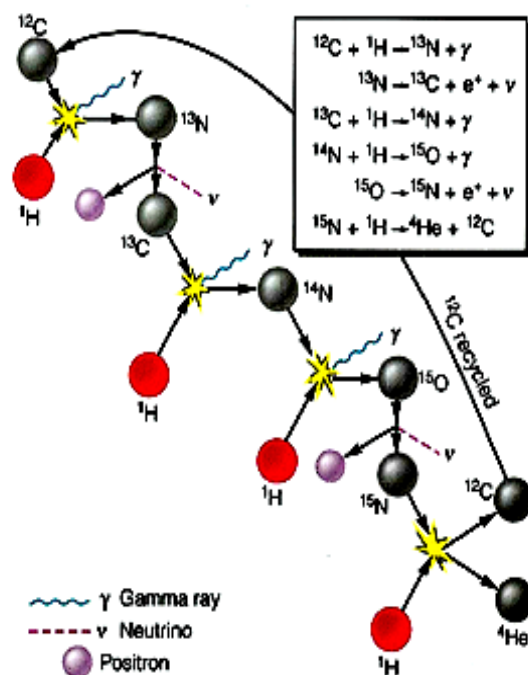
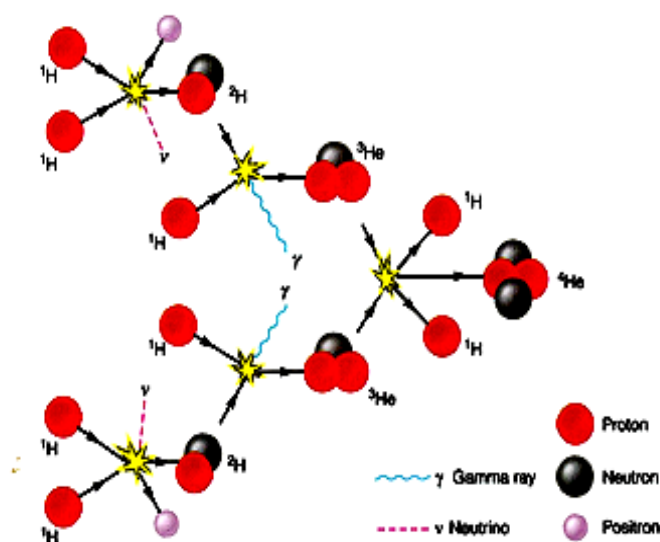
$mgh = \frac{mR \cdot T}{\mu}$ dagih $= \frac{R \cdot T}{\mu g}$ ga balandlik shkalasi deyiladi. Quyoshdagi modda aslida hamma joyda teng taqsimlangan emas. Buni hisobga olgan holda ham, Quyoshning asosiy xarakteristikalarini va yuqori topilgan qiymatlar uncha ko`p farq qilmagani aniqlangan. Yanada aniqroq hisoblangan modellarda ham Quyoshning markaziga tomon temperatura, bosim va zichlik ortib boradi.



1.3-rasm. Quyoshning ichki qatlamlarida T , ρ va P laming radius bo'ylab o'zgarishi.

Bu hisoblashlardan Quyosh markazida temperatura 13 million gradus, bosim $2,2 \cdot 10^{17} \frac{\text{dina}}{\text{sm}^2}$ va zichlik $130 \frac{g}{\text{sm}^3}$ atrofida bo'lishi kerak degan xulosaga kelindi. Bunda sharoitda Quyoshning ichki markaziy qismlaridagi atomlar birlari bilan juda tez to'qnashib turadi. Ba'zi to'qnashishlarda, zarrachalar atom yadrolari ichiga kirishi natijasida, yadro reaksiyalari vujudga keladi. Yadro reaksiyalarining tezligi tempratura va bosim ortishi bilan tez ortib boradi. Bu juda muhim hodisa. U Quyosh va yulduzlar markazida ro'y beruvchi yadro reaksiyalarining o'z-o'zidan boshqarilishini ta'minlaydi [21,23]. Quyosh (yoki yulduz) yadro issiqligi hisobiga kuchli isib ketganida u bir oz kengayadi, tempratura va bosim bir oz pasayadi va ortiqcha issiqlik ajralishi to'xtaydi. Yadro reaksiyalari to'xtab qolsa, bir oz siqilish vujudga keladi va yadro energiyasining hosil bo'lishi kombensatsiya qilish uchun kerakli miqdorda kuchayadi (ortadi).

(P-P) proton-proton sikli



(C-N) uglerod-azot sikli

1.4-rasm. Quyoshning markaziy qismlarida ikki turdagi yadro reaksiyasi.

Quyoshning markaziy qismlarida ikki turdagi yadro reaksiyasi muhim rol o'ynaydi. Bular (1.4-rasm)da ko'rsatilgan proton-proton (p-p) va uglerod-azot (C-N) reaksiyalaridir. Bu ikki siklda ham to'rtta proton hisobiga bitta α zarra hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan geliy yadrosining massasi $m_{\text{He}}=4,0026$ to'rtta proton massasidan (4,032) deyarli 1% kichik bo'ladi. Bundan, massa defekti $\Delta m = 1,0078 \cdot 4 - 4,0026 = 0,0286$. Δm ni grammlarda ifodalasak, har bir gramm vodorod massasiga $0,286 : 4 : 1,0078 = 0,0071g$ massa diffekti to'g'ri keladi. Eynshteyn formulasi $E = \Delta mc^2$ ga binoan, bu miqdor $6,4 \cdot 10^{18} \text{ erg}$ energiyaga to'g'ri keladi.

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

$$\frac{dP(r)}{dr} = -\frac{M_r G}{r^2} \rho(r), \quad (1,9)$$

$$\frac{dL_r}{dr} = \varepsilon(r) \rho(r) 4\pi r^2 \quad (1,10)$$

$$\left(\frac{dT}{dr}\right)_{nur} = -\frac{3}{64\sigma T^3} \frac{L_r}{4\pi r^2} \rho \quad \text{va} \quad \left(\frac{dT}{dr}\right)_{ad} = \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{T}{P} \frac{dP}{dr} \quad (1,11)$$

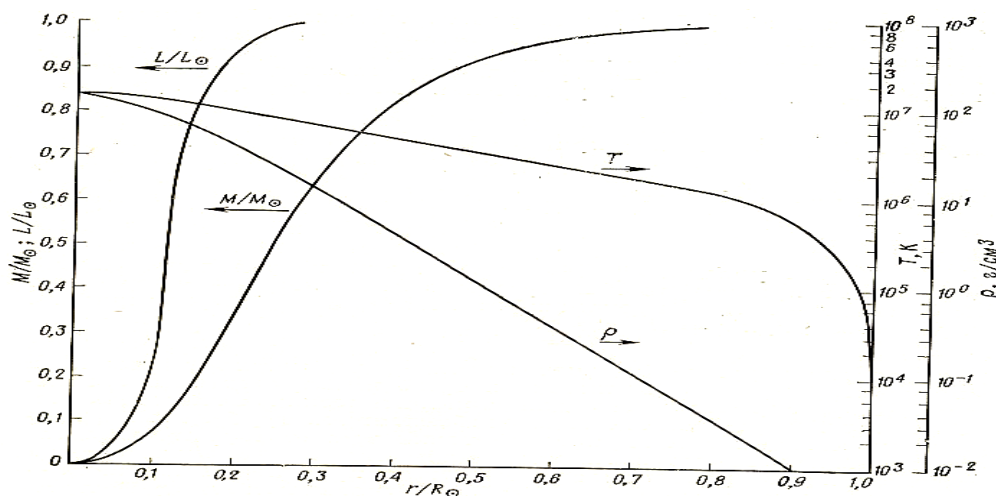
Bu tenglamalar quyidagi chegaraviy hollar uchun birgalikda yechiladi:

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;

3) $r=R$ bo'lganda, $P = GT^{\gamma/\gamma-1}$. $G = \frac{1}{15}$ 2 oraliqda o'zgaradi. Quyosh massasi

$M = 2 \cdot 10^{30}$ kg bo'lgan gazni gravitatsion siqilishidan hosil boigan deb faraz qilinadi va yadro reaksiyasi boshlanishi arafasida gaz shaming kimyoviy tarkibini bir jinsli bo'lgan deb qabul qilinadi.



1.5-rasm Quyoshning standart modeli.

Yuqoridagi tenglamalardan har xil vaqt momentlari $t < 4.5 \cdot 10^9$ uchun

Quyoshning ichki tuzilishi hisoblanadi. Bu nuriy gradiyentni keskin ortishiga va $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ni bu qatlamlarda kamayishi bilan birgalikda konvektiv oqimlarning hosil bolishiga sabab bo'ladi. Chizmalardan ko'rinib turibdiki, Quyosh sirti $r = R_0$ yaqinida bosim keskin kamaya boshlaydi. Bu esa balandlik shkalasi $H = \frac{RT}{g\mu}$ va T ni tez suratlar bilan kamayishini ko'rsatadi[4,22].

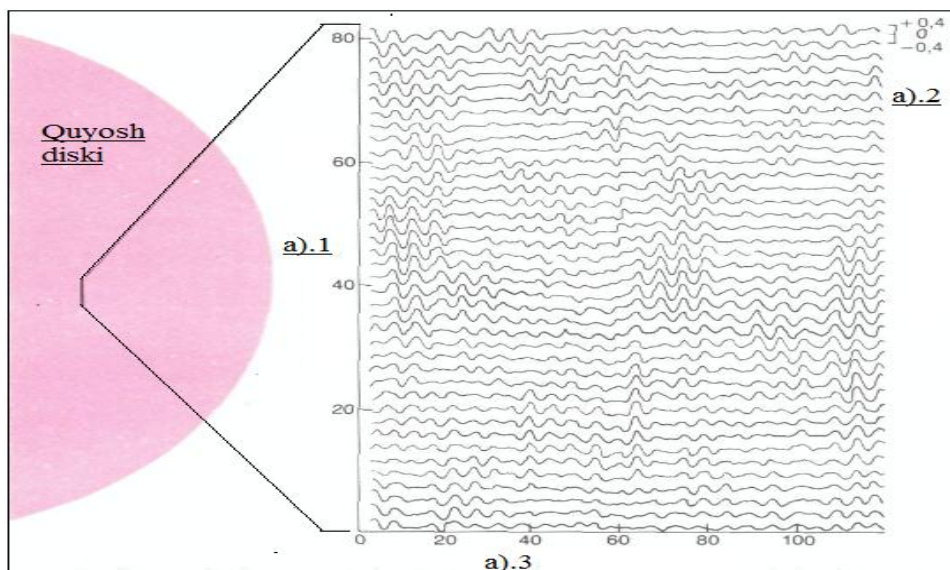
Buning uchun nazariy hisoblash natijalarini eksperimental yo'li bilan tekshirish talab qilinadi. Nazariy hisoblangan yorug'lik nurlarida Quyoshning yorqinligi L o'lchashdan olingan yorqinlik L_0 ga, Quyosh radiusi R esa hozirgi kuzatiladigan radius (R_0)ga tengligi tekshirib ko'rilgan va bu sohada model 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.

Besh minutli tebranish va Quyoshning ichki qatlamlarini tekshirish. Sokin Quyosh sirtining ko'ndalang kesimi 5000-10000 km bo'lgan ko'plab qismlari 5^m davr bilan vertikal yo'nalishda 0.1-1.6 km/s tezlik bilan sinusoidal ko'rinishda tebranib turadi.

Bunday sohalar Quyosh sirtining 2/3 qismini bir tekis qoplaydi va har bir soha 4—5 marta (ayrim hollarda 9 martagacha) ketma-ket tebrangandan keyin 30 minut davomida tinchlanadi va juda kichik amplituda bilan tebranib turadi, shundan keyin yana 23m davomida 4—5 marta tebranadi. Kattaligi 30000 km bo'lgan supergranula ichiga to'g'ri keladigan bunday sohalar (3—5) bir xil faza bilan tebranadi (1.6 -rasm).

Tebranish tezligi fotosferada 0.4 km/s ga teng va balandlik bo'ylab ortib boradi. Vertikal va gorizontal yo'nalishda faza tezligi 30-100 km/s oraliqqa to'g'ri keladi. Ko'tarilib-tushish jarayonida sohaning yorug'ligi, demak temperaturasi (600 K) ham tebranadi. Yorug'lik maksimumi yuqoriga yo'nalgan tezlik maksimumdan oldin ro'y beradi, ya'ni yorug'likni ortishi va vertikal harakat tebra-nishlari 90° faza siljishiga ega. Bunday holatdagi tebranishlar

yuguruvchi emas, balki turuvchi bo'ylama gaz bosimi to'lqinlari ekanligini ko'rsatadi. Tebranishlar Quyosh yuzasida aks etganda, yuzada ikki turdagi mahalliy (yuzaning ba'zi qismlaridagi) va global tebranish (yuzaning barcha qismida ro'y beradigan) tebranishlar orqali farqlanadi. Tekshirish jarayonida tebranishlar xossasini namoyon qiluvchi p va g *moda* lar chastotasini hisoblash orqali aniqlanadi. Quyosh va yulduzlarning tuzilishi, dinamikasini tahlil qilishdan asosiy maqsad ularda bo'ladigan ichki jarayonlarni yani ko'zga ko'rinmaydigan sohalardagi sir-sinoatlarni gelioseysmologik usul bilan o'rganishdan iborat.

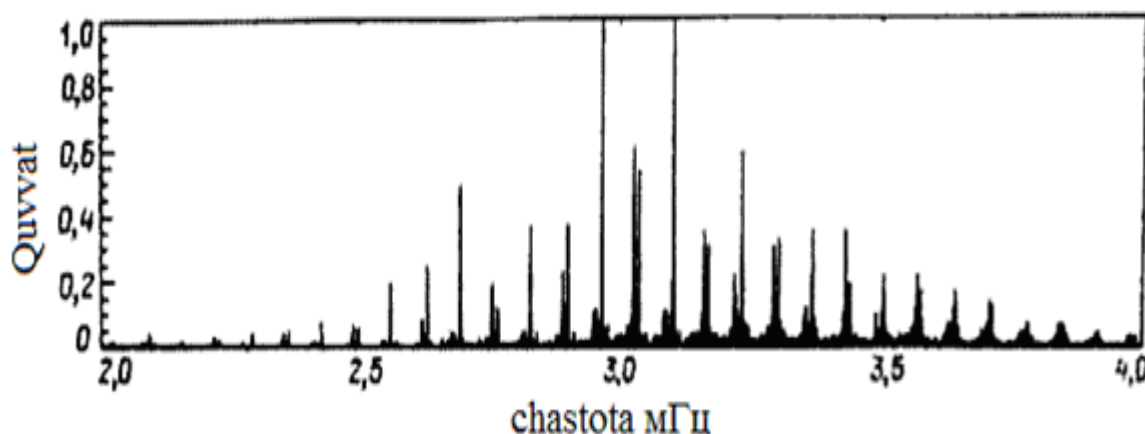


1.6. - rasm. Besh minutli tebranishlarning yuzadagi aks etishi. a).1-oraliq ming.km, a).2-tezlik. km/s, a).3-vaqt. min

Besh minutli tebranishlar butun Quyoshni yaxlit holatda kuzatganda ham borligi aniqlangan. Buning uchun interferesion filtr yordamida sariq qismi ajratib olinib, Quyosh nuri kuchli magnit maydonda joylashtirilgan natriy bug'i (uyasi) orqali o'tkaziladi [12].

Magnit maydonda Zeeman effekti ta'sirida energetik sathlari tashkil etuvchilarga ajralgan natriy atomlari ularga tushayotgan nurlanishni o'zlariga mos keladigan chastotalarda sochadi. Quyosh sirtining davriy tebranishi uning spektridagi natriy chizig'ini davriy siljitadi. Bu esa natriyli uyadan sochilayotgan

nur intensivligini o'zgarishiga olib keladi. Agar endi natriyli uyadan o'tayotgan Quyosh nuri intensivligi uzoq vaqt davomida (bir necha haftadan bir necha oygacha) o'lchab borilsa va to'plangan material sferik garmonik tahlil qilinsa, quvvat spektrida davriy tebranishlar maksimal amplitudani ko'rsatadi. Bunday tekshirishlar fotosferada sferik azimutal garmonika 1 ni 0 dan 4 gacha qiymatlarida davri 3 minutdan 10 minutgacha bo'lgan 75 ta turli modda borligini ko'rsatdi. Bu moddalarning amplitudasi 4—40 sm/s oraliqqa, maksimal amplituda esa 5^m ga to'g'ri keladi. Quyosh tebranishlarini o'rganishga mo'ljallangan eng sezgir maxsus zamonaviy asboblarda yordamida tebranishlarni yuzaga keltiruvchi turli *modal*ning chastotalari qayd qilingan bo'lib, o'lchashlar 10^{-5} gacha nisbiy aniqlikda bajarilgan. 1.7-rasmda Quyoshning 5 daqiqalik tebranishlarning spektr quvvati keltirilgan.



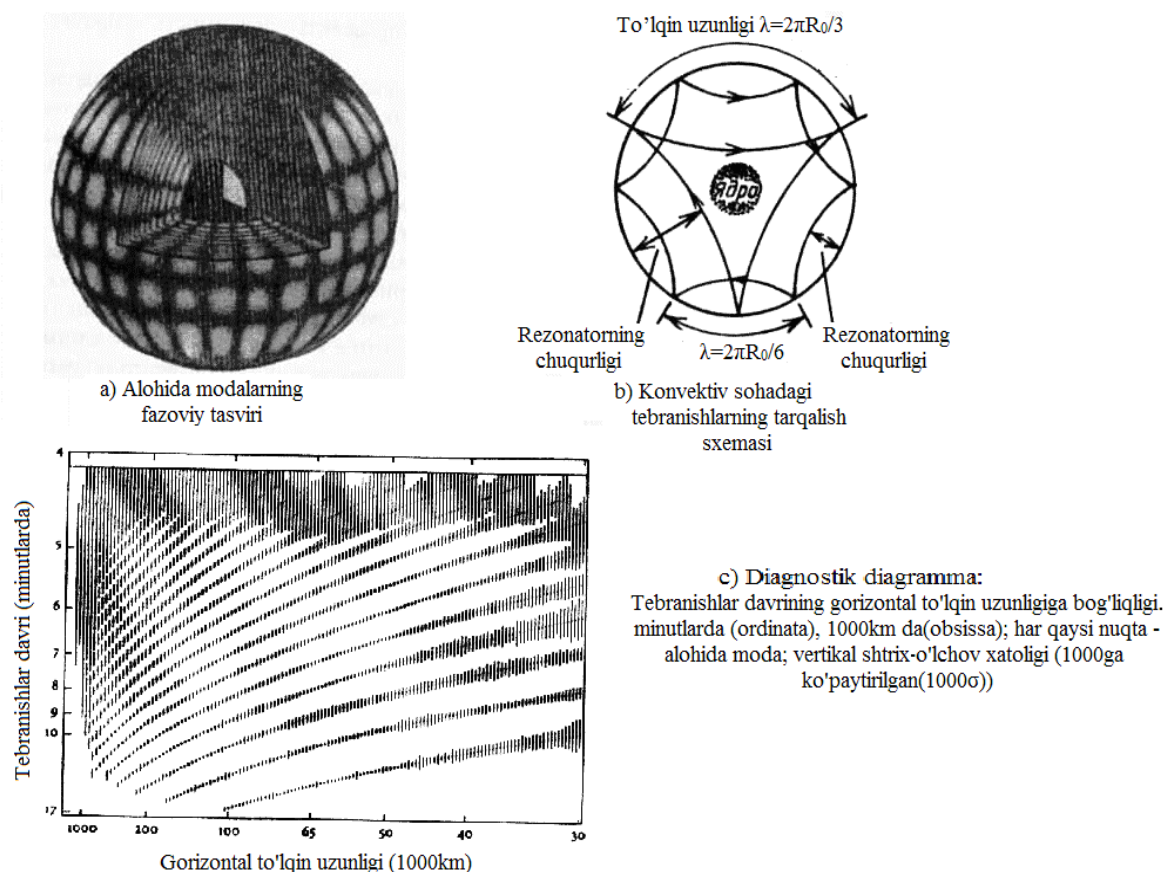
1.7-rasm. *Quyosh diskining barcha integral yorug'ligida kuzatiladigan eng kichik ℓ qiymatli 5 daqiqalik tebranishlarning spektr quvvati.*

Gelioseysmologiya bo'yicha tadqiqot ishlarining rivojlanishi Quyosh ichki tuzilishining standart modelini ishlab chiqish imkonini berdi. Natijada Quyosh konvektiv zonasining qalinligi o'lchanganida, u Quyosh radiusining 29 foizini tashkil etishi ma'lum bo'ldi. Konvektiv zonada hosil bo'ladigan akustik shovqin kuzatilayotgan Quyosh tebranishlarining manbai bo'lib hisoblanadi. Bu shovqin barcha yo'nalishlarda akustik to'lqin ko'rinishida tarqaladi. Quyosh ichkarisiga qarab harakatlanayotgan to'lqin zichligining ortib borishi tufayli refraksiyaga uchrab o'z traektoriyasini o'zgartiradi va yuzaga qaytadi. Quyosh

sirtida esa bosim gradiyentining ortishi (balandlik shkalasining kamayishi) natijasida akustik devor hosil bo'ladi va tovush to'qlini shu devorga urilib, orqaga qaytadi. Shu tarzda to'qlin ko'p marta urilib qaytgandan keyin, ma'lum fazaviy munosabatlar bajarilganda harakatlanuvchi akustik to'qlin turg'un to'qlinga aylanadi va xuddi shu to'qlin Quyosh global tebranishlarining xususiy *modasi* hisoblanadi. 1.8-rasmda Quyoshning 5 daqiqalik tebranishlar ketma-ketligi aks etgan [5,12,13] .

Quyosh haqidagi bu g'ayri odatiy tovushsiz to'qlin tovushlarini o'rganish orqali nimalarni bilib olishga erishdik degan savol tug'ladi. Dastlab ularning tabiati haqidagi tassavurlar Yer qobig'i tebranishlari haqidagi tassavurlardan uncha farq qilmas edi. Olimlar Quyoshdagi jarayonlar (masalan: granulyatsiya) ushbu to'qlinlarni qo'zg'atadi deb tassavur qilishardi, chunki bu to'qlinlar bizning yoritkichimiz yuzasida xuddi dengiz to'qlinlari suv yuzasida harakat qilgani kabi o'zgarib turadi .

Ammo, keyinchalik juda qiziq faktlar aniqlandi, ya'ni Quyosh gardishi har xil qismlaridagi ayrim to'qlinlar o'zaro bo'g'liq (fiziklarning fikriga ko'ra bir fazaga ega). Buni shunday tassavur qilsa bo'ladi, qaysiki hamma yuza to'qlinlarining bir o'lchamli to'ri bilan qoplangan ammo, ayrim joylarida ko'rinmaydi, boshqalarida yaqqol namoyon bo'ladi. Demak, har xil hududlari shunga qaramasdan osiliyatsiyaning kelishilgan ko'rinishiga ega. Tadqiqotchilarning xulosasiga ko'ra, Quyosh tebranishlari global harakterga ega: to'qlinlar juda katta masofani bosib o'tadi va Quyosh gardishining har xil joylarida o'sha yagona to'qlinning ko'rinishi 1.8 –rasmning a) va b) tasvirlarida yaqqol ko'rinib turibdi. Shunday qilib, Quyosh bir butun bo'lib xuddi “qo'ng'iroq kabi jaranglaydi”.

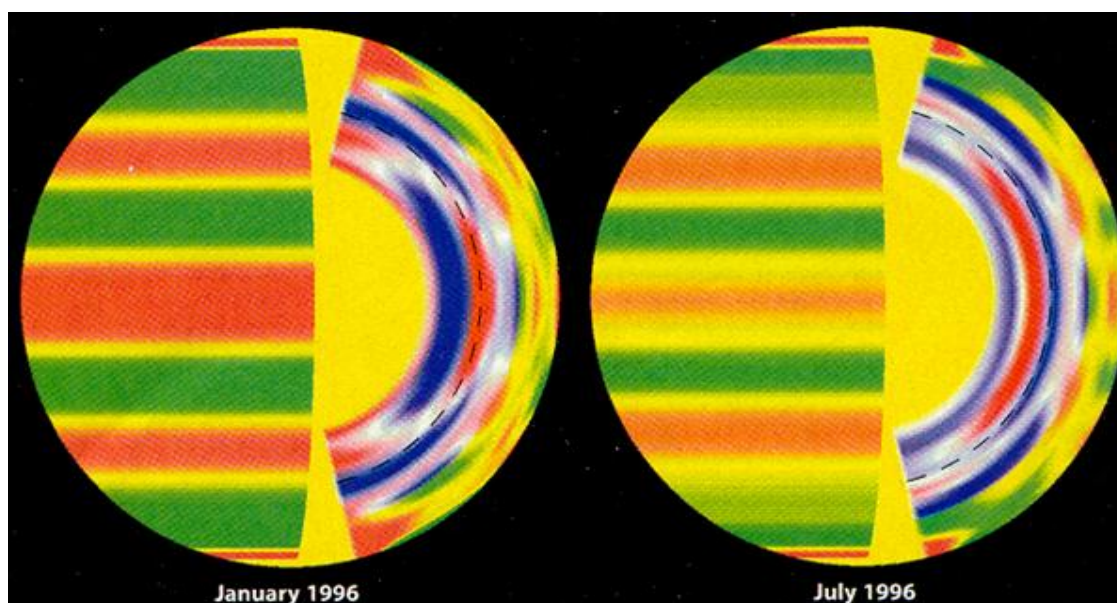


1.8-rasm. Quyoshning 5 daqiqalik turli tartiblarga mos keluvchi tebranishlar ketma-ketligi.

Fotosferadagi bu 5 minutli tebranishlar temperatura minimumi ostidagi qatlam tomonidan tutib olingan turuvchi akustik to'lqinlardir. Chunki fotosfera ostidagi konvektiv zonada suzib chiqaruvchi kuch turbulent harakatlar hosil qiladi. Bu harakatlar o'z navbatida, akustik to'lqinlar sifatida tarqaladigan bosim notekisliklarini hosil qiladi. Akustik modalar esa fotosferada turuvchi to'lqinlarga aylanadi.

Fotosferadagi bu 5^m li bosim to'lqinlari Quyoshning ichki va tashqi qatlamlari tomon tarqaladigan tovush to'lqinlarini hosil qiladi. Tashqi qatlamlarda yuguruvchi to'lqin hosil bo'ladi va u yuqoriga ko'tarilgan sari zarb to'lqinga aylanadi. Ichki qatlamlar tomon tarqalayotgan bu bosim to'lqinlari esa Yer qimirlashlar hosil qiladigan seysmik to'lqinlar singari Quyoshning bir tomonidan ikkinchi tomoniga ichki qatlamlari orqali o'tadi va fotosferaga

chiqadi, undan aks qaytadi va yana Quyosh qari tomon yo'naladi.



1.9-rasm. (SOHO, MDI) kosmik stansiyalar yordamida yanvar va iyul oylarida olingan tasvir.

Agar Quyoshning ichkarisida zichlik yoki aylanish tezligi keskin o'zgaradigan qatlam bo'lsa, bunday harakat davomida uning chastotasi va amplitudasi o'zgarishi mumkin hamda bunday o'zgarish tebranishlar spektrida namoyon bo'ladi. Bunday usul bilan Quyoshning ichki tuzilishini tekshirish geoseysmologiya deb ataladi va u oxirgi 15 yil ichida muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Bu yo'nalishda bir necha xalqaro dasturlar amalda bo'lib, bularning ayrimlari (GONG- Quyoshning global tebranishlarini tekshiruvchilar guruhi) Yer yuzidagi ko'plab observatoriyalarni o'z ichiga olgan. Bunday tekshirishlar kosmik stansiyalar yordamida (SOHO, MDI) ham bajarilmoqda (1.9-rasm).

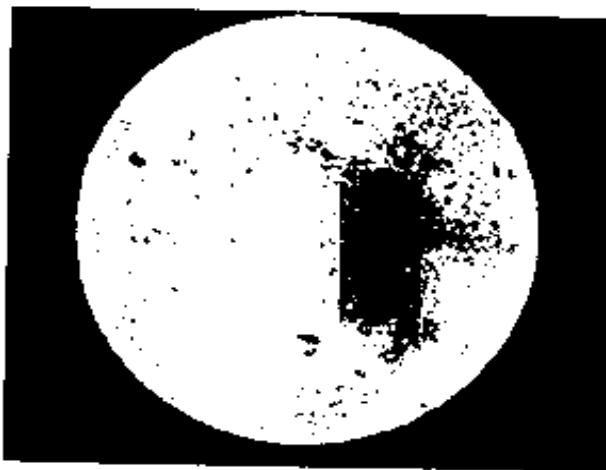
Biz yuqorida sokin (tinch) Quyoshning atmosfera qatlamlarini tuzilishi bilan tanishib chiqdik. Bunda avval atmosferani birinchi qatlam deb hisoblab unda o'rtacha temperatura, zichlik va bosimning o'zgarishi, atmosfera modeli

bilan, keyin esa tinch Quyosh atmosferasida kuzatiladigan mayda tuzilmalar bilan tanishdik va ularning hosil bo'lish, rivojlanish mexanizmlarini o'rib chiqdik. Quyoshning umumiy ko'rsatkichlari: massasi (M_0), o'rtacha zichligi (ρ), radiusi (R), yorqinligi (L), 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.

Magnit maydon ko'rsatkichlari (kuchlanganligi, qutbi, yuzasi va maydonda magnit oqim) undagi atomlar hosil qilgan spektral chiziqlarning ajralishiga va ulardan sochilayotgan nurlanishning qutblanishiga (Zeeman effekti) ko'ra o'lchanadi. Agar maydon kuch chiziqlari qarash chizig'i bo'ylab yo'nalgan bo'lsa, u holda ayrim spektral chiziqlar (masalan, FeI $\lambda = 5250 \text{ \AA}$, temir atomiga tegishli spektral chiziqning toiqin uzunligi) oddiy magnitli ajralishni ko'rsatadi: chiziq ikkita tashkil etuvchiga ajraladi, ular qarama-qarshi yo'nalgan aylanma qutblanishga ega va chiziq markazidan to'lqin uzunligi bo'yicha $\Delta\lambda = \pm 4.67 \cdot 10^{-13} \lambda^2 g H \text{ \AA}$ masofaga siljigan bo'ladi. Bu yerda, λ — chiziqning to'lqin uzunligi (A); g — chiziqning magnit maydonda ajralishini tavsiflovchi koefitsiyent (Lande faktori); H — maydon kuchlanganligi (gs, gausslarda). Maydon kuchlanganligi $H = 1000 \text{ gs}$ bo'lganda yuqorida ko'rsatilgan temir chizig'i ($g = 3.0$) ning ajralishi $\Delta\lambda = \pm 0.04 \text{ \AA}$ bo'ladi. Bu chiziqning kengligi ham shunday qiymatga teng, ya'ni chiziqni tashkil etuvchilari bir-biri bilan

yonma-yon joylashdi. Agar $H \leq 100$ gs bo'lsa, ular bir-biri bilan qariyb ustma-ust tushadi. Bunday hollarda tashkil etuvchi chiziqlar bir-biridan qutblanishiga ko'ra ajratiladi.

Quyoshning magnitogrammasini olish uchun spektrografning kirish tirqishi oldiga qarama-qarshi qutblangan nurlanishlar bir-biriga nisbatan 90° faza siljishi beradigan faza plastinka qo'yiladi. Aylanma qutblangan nurlanishlar faza plastinadan o'tgandan keyin bir-biriga tik yo'nalgan chiziqli qutblangan nurlanishga aylanadi. Endi bu nurlanishlarni polyaroid yordamida va bir-biridan ajratish mumkin va ularning intensivligi elektrofotometr bilan qurollangan spektrograf spektromagnitograf deb ataladi va uning yordamida kuchlanganligi $H = 0.1$ gs gacha bo'lgan magnit maydon qutbi ishorasini, kuchlanganligi va shu maydonda moddaning nuriy tezligi-ni (± 50 m/s) o'lchash mumkin; Quyoshning magnit maydoni va nuriy tezliklar xaritalarini chizib olish mumkin.



1.10-rasm. Magnit elementlar fotosferada ko'rinishi.

Ana shunday magnit xarita 1.10-rasmda keltirilgan. Kulrang sahndagi oq joylar shimoliy (N), qora joylar esa janubiy (S) magnit qutbni ko'rsatadi. Yuqori ajratilish bilan olingan magnitogrammalarda sanab o'tilgan barcha turdagi maydonlar, mayda, nuqtasimon magnit elementlardan tashkil topganligini ko'rish mumkin (1.9-rasm). Bu magnit elementlarning ko'ndalang kesimi 150 km ga, maydon kuchlanganligi esa 1500 gs ga tengligi aniqlangan. Bunda

maydonlar bir-biridan ularda magnit elementlar konsentratsiyasi bilan farq qiladi. Aktiv sohalar (a.s.) markazida magnit elementlar shu darajada zich joylashganki, ularni ajratib bo'lmaydi. A.s. chetlarida va bunday soha qoldiqlarida katta o'lchamli unipolyar maydonlarda magnit elementlar supergranulyatsion to'r tugunlarida joylashgan va to'r maydon deb ataladi.

Aktiv soha qoldiqlari (1.10-rasmda) va katta o'lchamli magnit maydonlarda magnit elementlar supergranulyatsion to'r tugunlarida joylashgan.

Magnit elementlar fotosferada kuzatiladigan va ichki qatlamlar tomon yo'nalgan kuchli (1—2 km/s) modda oqimi bilan bog'langan va taxminan 1 soat davomida kuzatiladi[4].

Magnit element Quyosh sirtiga tik joylashgan magnit naychani fotosferadagi kesimi bo'lib, bu naycha granular orasida joylashadi va ular naychani betartib dam u tomonga, dam bu tomonga 1 km/s tezlik bilan silkitib turadi. Bu o'z navbatida naycha bo'ylab tarqaladigan alven to'lqinlarini hosil qiladi va naycha bo'ylab oqayotgan to'lqin oqim $\rho v = 2 \cdot 10^{-10}$ Vt/m quvvatga ega. Bu to'lqin oqim yuqori qatlamlarda (tojda) zarb to'lqinlarga aylanadi va tojni qizdiradi (bu to'g'rida yuqorida to'xtalgan edik)

Magnetogrammada qutblari yonma-yon va zich joylashgan kichkina (≈ 30000 km) kuchli (~ 2000 gs) bipolyar sohalarni ko'rish mumkin. Bu efemer soha deb ataladi. (1.11-rasm, b da 3) va u fotosfera ostidan chiqayotgan yangi magnit oqimini ko'rsatadi bunday magnit oqim o'rtacha $2 \cdot 10^{-10}$ mks (mks — magnit oqim birligi, maksvell) bo'lib, u fotosferaga 1.8 dan 2.6 km/s tezlik bilan chiqadi va o'rtacha ≈ 12 soat yashaydi. Efemer sohalar yashash vaqti va o'lchamlari bo'yicha keng intervalni ishg'ol qiladi va bu intervalning bir chetida aktiv sohalar, ikkinchisida esa magnit elementlar joylashadi.



1.11-rasm. Fotosfera ostidan chiqayotgan yangi magnit oqimini ko`rsatadi

Odatda, aktiv va efemer soha magnit maydoni bipolyar boladi, bular bilan birgalikda magnetogrammada geliografik uzunlik va kengliklar bo'yicha yuz minglab kilometrgacha cho'zilgan bir xil (S yoki N) qutbga ega magnit maydonlar kuzatiladi. Bu maydonlar katta o'lchamli unipolyar (1.10-rasmda,) maydonlar deb ataladi. Ular, odatda $\varphi > 60^\circ$ yuqori geliografik kengliklardan boshlanib, Quyoshning qutblarigacha yetib boradi. Bunday sohalarda maydonning o'rtacha kuchlanganligi 1 gs bo'lib, ular ustida toj nuri jadalligi eng past bo'lgan toj teshiklari deb ataladigan soha kuzatiladi. Toj teshiklarida magnit maydon kuch chiziqlari radial yo'nalishda Quyosh atmosferasidan tashqariga, sayyoralararo muhitga chiqib ketadi. Bu sohalar ochiq magnit konfiguratsiyaga ega deyiladi. Aktiv soha maydoni esa yopiq magnit konfiguratsiya hosil qiladi, ya'ni a.s ning N qutbidan chiqqan kuch chizig'i toj qatlamlari orqali yoy shaklida o'tib uning S qutbiga kiradi.

Quyoshning shimoliy va janubiy qutblari atrofida N yoki S magnit qutbga ega to'rsimon maydonlar kuzatiladi. Bu maydonlar eng uzoq (10 yil) yashaydigan magnit maydonlar bo'lib, agar shimoliy qutb yaqinida S qutbli

maydon kuzatilsa, janubiy qutb atrofida albatta, N qutbli maydonlar kuzatiladi. Bular Quyoshning qutbiy magnit maydonlari bo'lib, o'rtacha kuchlanganligi 0.6 gs ga teng. Qutbiy maydon qutblari 11 yillik davr bilan qarama-qarshisiga almashinib turadi va bu qutbiy maydonlar keyingi maksimumgacha saqlanadi. Bu hodisa pastki geliografik kengliklardan kelayotgan unipolyar magnit maydonlarga bog'liq holda Quyosh aktivligi maksimumga yetgandan keyin 1-2 yil o'tgach ro'y beradi.

Aktiv sohalarda magnit qutblarning joylashishi qat'iy qoidalarga bo'ysunadi. Birinchidan, a.s. magnit maydoni qutblarini tutashtiruvchi chiziq maydon o'qi, ekvator bilan 10° burchak hosil qiladi. Ya'ni maydonning g'arb tomonidagi qutbi (sardor qutbi) sharq tomonidagi qarama-qarshi qutblisi (dumgi qutb)ga qaraganda ekvatorga yaqinroq joylashgan. Ikkinchidan, agar shimoliy yarim sharda sardor N qutbga ega bo'lsa, janubiy yarim shardagi sardorlar S qutbli bo'ladi. Aktiv sohaning kengayishi shundayki, sardor qutblar ekvator tomon, ularni sheriklari (dumgi qutblar) esa Quyoshning qutblari tomon siljiy boradi. Aktivlik maksimumga yetganda dumgi qutblardan hosil bo'lgan unipolyar maydonlar Quyoshning qutblari yaqiniga yetib boradi va u yerdagi qutbi ularnikiga qarama-qarshi bo'lgan maydonlar bilan to'qnashadi va ularni yemira boshlaydi. Uchinchidan, yangi aktivlik siklida unipolyar qutblarning joylashishi oldingi sikldagining teskarisi bo'ladi. Hozirgi №23 siklda Quyoshning shimoliy yarim sharidagi bipolyar sohalarning sardori N, janubiy yarimshardagilarniki esa S qutbdir. Shimoliy qutb atrofida S, janubiy qutbda esa N qutbli maydonlar joylashgan. 2007-yilda Quyosh aktivligining №24 sikli boshlanadi. Bu yangi siklda endi shimoliy yarimshardagi aktiv sohalarning sardor qutbi S, janubiy yarimshardagilarniki esa N bo'ladi. Shunday qilib, Quyosh yuzidagi magnit maydonlar o'zgaruvchan bo'lib, qutblarining joylashishi 22 yillik davr bilan takrorlanadi. Bu hol ular fotosfera ostida hosil boisa kerak degan xulosaga olib keladi.)

1.3 § Quyosh moddasining energiya chiqaruvchanligi

a) Quyosh moddasining energiya chiqaruvchanligi.

Quyosh barcha tomonga $L_{\odot} = 4 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$ 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 $E \cong L_{\odot} t = 3.6 \cdot 10^{44} \text{ J}$ energiya sochgan. Bu energiyani Quyosh massasi ($M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$) ga bo'lsak, Quyosh moddasining energiya chiqaruvchanlik qobiliyatini topamiz, ya'ni u $\Delta E = 1.8 \cdot 10^{13} \text{ J/kg}$ Portlovchi modda eng katta energiya chiqaradi va uning uchun $\Delta E = 10^7 \text{ J/kg}$, ya'ni Quyosh moddasinikidan juda (10^6 marta) kam. Qanday jarayon Quyoshnikidek ΔE bera oladi? Faqat termoyadro jarayoni Quyosh moddasinikidek yuqori energiya chiqaruvchanlikka ega. Haqiqatdan to'rtta protondan bitta geliy atomi yadrosi hosil bo'ladi va 3% massa energiya ($\Delta E \cong 4 \cdot 10^{-12} \text{ J}$) 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^{15} J energiya ajralib chiqadi. Bu Quyosh moddasinikidan 50 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 ($\Delta T = 20 \text{ K/km}$) oddiy ekstropolyatsiya qilish yo'li bilan ko'rsatish mumkin.

b) Quyoshning ichki qatlamlarida modda fizik ko'rsatkichlarining o'zgarib borishi.

Quyosh statsionar (muqim) yulduz va sferik simmetrik plazma shardir, uning fizik ko'rsatkichlari ($R_{\odot}, T_{\odot}, \rho_{\odot}, M_{\odot}, L_{\odot}$) vaqt bo'yicha deyarli o'zgarmaydi. Bunday statsionarlik uning ichida qatlambaqatlam 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.

$\frac{Gm_r}{r^2} \rho(r)$ ga moduli bo'yicha teng va qarama-qarshi yo'nalgan.

$$dP = -\frac{Gm_r}{r^2} \rho(r) dr \text{ yoki } \frac{dP(r)}{dr} = -\frac{Gm_r}{r^2} \rho(r) \quad (1.12).$$

Bunga gidrostatik muvozanat tenglamasi deyiladi. Bu yerda,

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

Quyosh markazidan r masofada joylashgan sferik sirtdan tashqi qatlam tomon sekundiga

$$L_r = \int_0^r \varepsilon(r') \rho(r') 4\pi(r')^2 dr' \quad (1.13)$$

energiya chiqadi. Bu yerda, $E(r)$ - Quyosh moddasining energiya chiqaruvchanligi. Sferik qatlamdan energiyaning o'tishini quyidagi tenglamani yichish yo'l bilan topish mumkin:

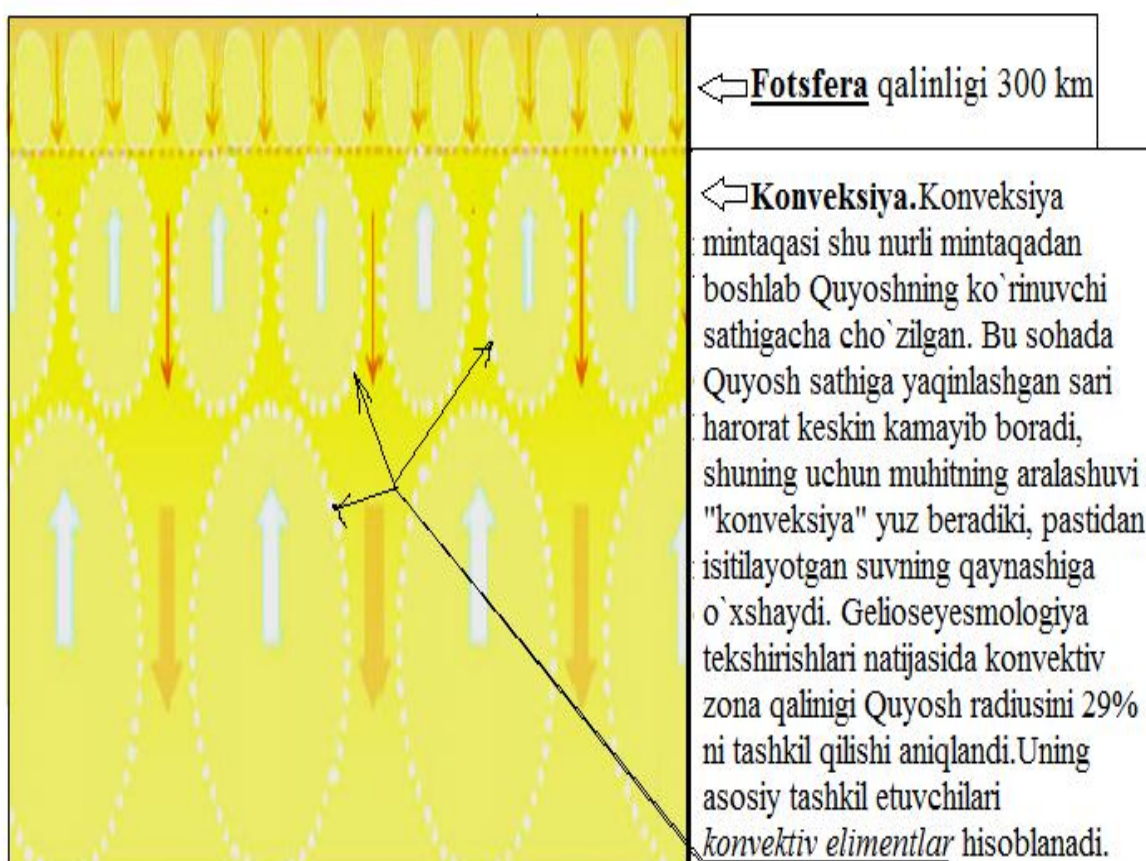
$$\frac{dL_r}{dr} = \varepsilon(r) \rho(r) 4\pi r^2 \quad (1.14)$$

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

1) Termoyadro reaksiyasi va Quyosh neytrinosi muammosi. Hozirgi Union tasavvuriga ko'ra Quyosh energiyasi vodorod atomi yadrolaridan geliy Itomi yadrosi hosil bo'lish jarayonida ajralib chiqadi. Bu jarayon 15 mln gradus tempraturada 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. Ular quyidagi jadvalda berilgan.

1.4 §. Quyoshning Nuriy o'tish va konvektiv sohalar

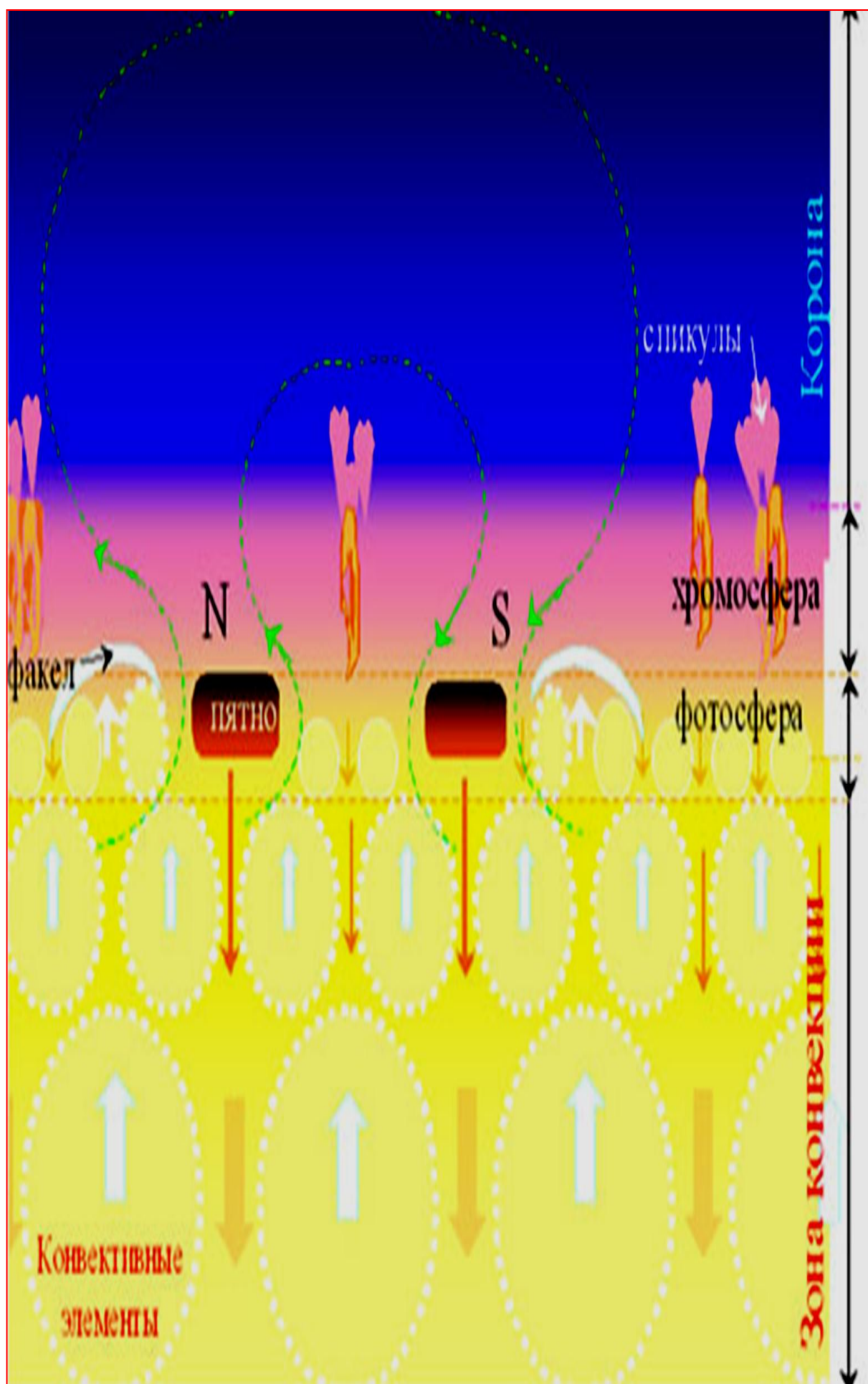
“Nuriy o'tish zonasi”- bu Quyosh radiusining $1/3R_0$ dan $1/3R_0$ gacha (ya'ni). Bu mintaqada energiya muhit tomonidan kelayotgan elektromagnit energiya kvantlarini ketma-ket yutish va chiqarish natijasida amalga oshadi. Bu zona ham Quyosh ichki qatlamlaridan biri bo'lib asosiy o'rinni egallaydi.



1.12-rasm. Konvektiv zona va uning elementlari.

Konveksiya mintaqasi shu nurli mintaqadan boshlab Quyoshning ko`rinuvchi sathigacha cho`zilgan. Bu sohada Quyosh sathiga yaqinlashgan sari harorat keskin kamayib boradi, shuning uchun muhitning aralashuvi "konveksiya" yuz beradiki, pastidan isitilayotgan suvning qaynashiga o`xshaydi. Demak, Quyoshning ichki qatlamlarining uchinchi konektiv zona deyiladi. U nur zonasining tashqi qismidan to Quyoshning ko`rinma zonasigacha bo`lgan

masofani egallaydi. Bu zonadan Quyoshning ko'rinma chegarasigacha sari temperatura tez pasaya boradi. Natijada modda aralashuvi konveksiya boshlanadi. Quyoshning o'zagi atrofida elektronlar va atom yadrolaridan tashkil topgan. Temperatura bir necha million gradus uchun bu qatlamlarda atom yadrolari elektronsiz bo'ladi va bunday muhitda yutilish jarayoni diyarli ro'y bermaydi. Tashqi ($r > 0,6R_{\odot}$) qatlamlarga o'tgan sari temperatura tez pasaya boradi va yadrolarning elektron qobig'i elektronlarga to'la boshlaydi. Natijada nuriy energiyaning bir qismi yutiladi va moddaning temperaturasi ortadi. Bunday sharoit nuriy gradiyentni $(dT / dr)_r$ ning kamayishiga olib keladi va u adiabatik gradiyentdan kamayadi. Absolyut qiymati $(dT/dr)_r > (dT/dr)_{ad}$. Bunday sharoitda oqimlar hosil bo'ladi va energiyaning uzatilishi nuriy yo'l bilan emas, balki vertikal yo'nalgan konvektiv oqimlar vositasida ro'y beradi. Yuqoridagi tengsizlik Shvartssild kriteriysi deb ataladi. Shu singari bir qancha kuzatishlardan olingan ma'lumotlar qatorida geliosyesmologiyadan olingan eksprement natijasiga ko'ra konveksiya sohasini qalinligi Quyosh radiusining 29% tashkil qilishi aniqlandi. (1.12-rasm)da konvektiv sohani asosiy tashkil etuvchilari ya'ni konvektiv elementlar va unda energiya muhit tomonidan kelayotgan elektromagnit energiya kvantlarini ketma-ket yutish va chiqarish natijasida amalga oshirilishi tasvirlangan. Boshqa bir (1.13-rasm) rasmdan Quyoshning ichki qismlaridan biri konveksiya sohasidan tortib Quyosh tojigacha bo'lgan qatlamlar va undagi ro'y beradigan jarayonlar (konveksiya sohasi uning elementlari, fotosfera, dog'lar, fakel, xromosfera, spikula va Quyosh tojlari) yaqqol ko'rsatib o'tilgan. Shu bilan birga vertikal oqimlar Quyosh sirtidan 200000 km chuqurlikda boshlanadi. Bu qatlamlarda gigant o'lchamli vertikal oqimlar hosil bo'ladi. Ular gigant yacheykalarni hosil qiladi. Gigant yacheykalar ustida supergranulyatsiya deb ataladigan gaz oqimlari kuzatiladi. Ularning ko'ndalang kesimi 30000 km ga teng bo'ladi. Supergranulyatsiya ustidan granulyatsiya kuzatiladi. Granulyatsiya donador ko'rinishga ega bo'ladi. Donalarning o'rtacha ko'ndalang kesimi $d=1800$ km gacha bo'ladi [4,14,25].



I bob bo'yicha xulosa

Dissertatsiya ishimning I bobida Quyoshning ichki tuzilishi haqida ma'lumotlar to'plangan bo'lib, unda barcha Quyoshga doir parametrlar o'z ifodasini topgan. Shu bilan birga bugungi kunda qilinadigan ilmiy ishlar va ilmiy adabiyotlardan olingan ma'lumotlar bilan tanishib qu'shimcha ma'lumot ba'zasi sifatida kiritib o'tilgan.

Quyosh haqidagi umumiy ma'lumotlar bazasiga maktab darsliklaridan, so'ngra kollej, litsey, universitet va qo'shimcha adabiyotlaridan ega bo'lganmiz. Dissertatsiya yozish davomida ushbu olingan ma'lumotlarga tayanib Quyosh ichki tuzilishi va undagi fizik, ximik jarayonlarni chuqurroq o'rganib chiqishga erishdim. Quyosh va yulduzlar evolutsiyasi, unda kechadigan jarayonlar, ichki-tashqi tuzilishi haqida 1.1§. 1.2§. 1.3§. va 1.4§. larda batafsil yoritib o'tilgan. Yana shu ma'lumotlar qatorida, astrofizikada asosiy masala bo'lgan "Quyoshning standart modeli" haqida ma'lumotlar o'rin olgan.

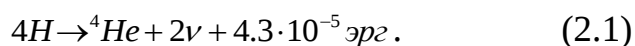
Quyoshni konvektiv sohasi va termo-yadro reaksiyalari to'g'risidagi gelioseysmologiya sohasida olingan yangi ma'lumotlari keltirilgan bo'lib ular: konvektiv soha Quyosh radiusini 29 % ni tashkil qilishi va Yadro reaksiyalari Quyosh o'zagida, uning markazidan r ($r = 1/5R_{\odot}$) uzoqlikkacha bo'lgan sohada ro'y beradi, chunki o'zakdan tashqarida temperatura (T) bunday reaksiyalar uchun yetarli emas.

II-BOB. Quyoshning ichki tuzilishini gelioseysmologiya

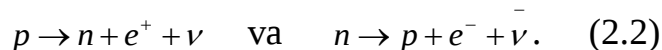
usullari yordamida o'rganish

2.1 § Neytrino astronomiyasi asoslari

Quyosh va Yulduzlar energiyasi manbai. Hozirgi zamon nazariy tasavvuriga ko'ra, Quyosh va Yulduzlarning energiyasi ularning o'zagida kechayotgan termoyadro reaksiyalar natijasida hosil bo'ladi.



Bu reaksiya to'rtta vodorod atomi yadrolaridan (protonlardan) bitta geliy atomi yadrosi (alfa-zarra) hosil bo'lishdan iborat. Alfa-zarra (He) ikkita proton va ikkita neytrondan iborat bo'ladi. Demak, bu reaksiya jarayonida proton neytronga aylanadi va pozitron ajralib chiqadi. Elementar zarralarning o'zaro almashishi qoidasiga ko'ra yadro reaksiyasida, birinchidan reaksiyagacha va undan keyin zaryadlar soni ikkinchidan og'ir zarralar, ya'ni barionlar (proton (p), neytron (n)), hamda yengil zarralar, leptonlar (elektron (e^-), pozitron (e^+)), soni o'zgarmasligi kerak. Proton va neytronlarni o'zaro almashishini ko'raylik:



Proton va pozitron musbat zaryadga ega, elektron esa manfiy. Zaryadlar soni teng, og'ir va yengil zarralar soni ham teng bo'lishi uchun yana bittadan yengil zarra (ν) hosil bo'ldi. Bu zarralarning biri neytrino (ν) ikkinchisi esa antineytrino deb ataladi. Haqiqatdan ham, neytrino tezlatgichlarda o'tqazilgan termoyadro reaksiyalarida ajralib chiqishi aniqlangan[15].

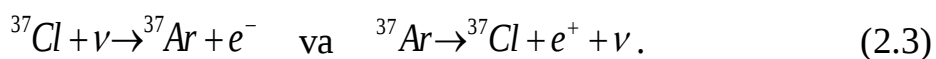
Neytrino astronomiyasi. Quyosh har sekunda $3.96 \cdot 10^{33}$ erg energiya sochadi. Demak, uning o'zagida har sekunda shuncha energiya hosil bo'ladi. Agar bu energiya Yuqorida ko'rilgan protonlardan alfa-zarralar hosil bo'lish reaksiyasi (2.1) bo'lsa, u holda har sekunda taxminan 10^{38} ta neytrino hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan bu ulkan neytrino oqimi Quyosh ichida qanday tarqaladi? Buni tushinish uchun, hosil bo'lgan neytrinoning harakatini reaksiya natijasida

hosil bo'lgan gamma (nurlanishni) fotonning tarqalishi bilan solishtiraylik. Ularning ozod harakat yo'li $l \approx 1/\kappa\rho$, bu yerda, κ - Yulduz moddasining notiniqligi (u zarralarning Yutish koefitsientiga asosan topiladi va Yuza birlikka ega), ρ - modda zichligi.

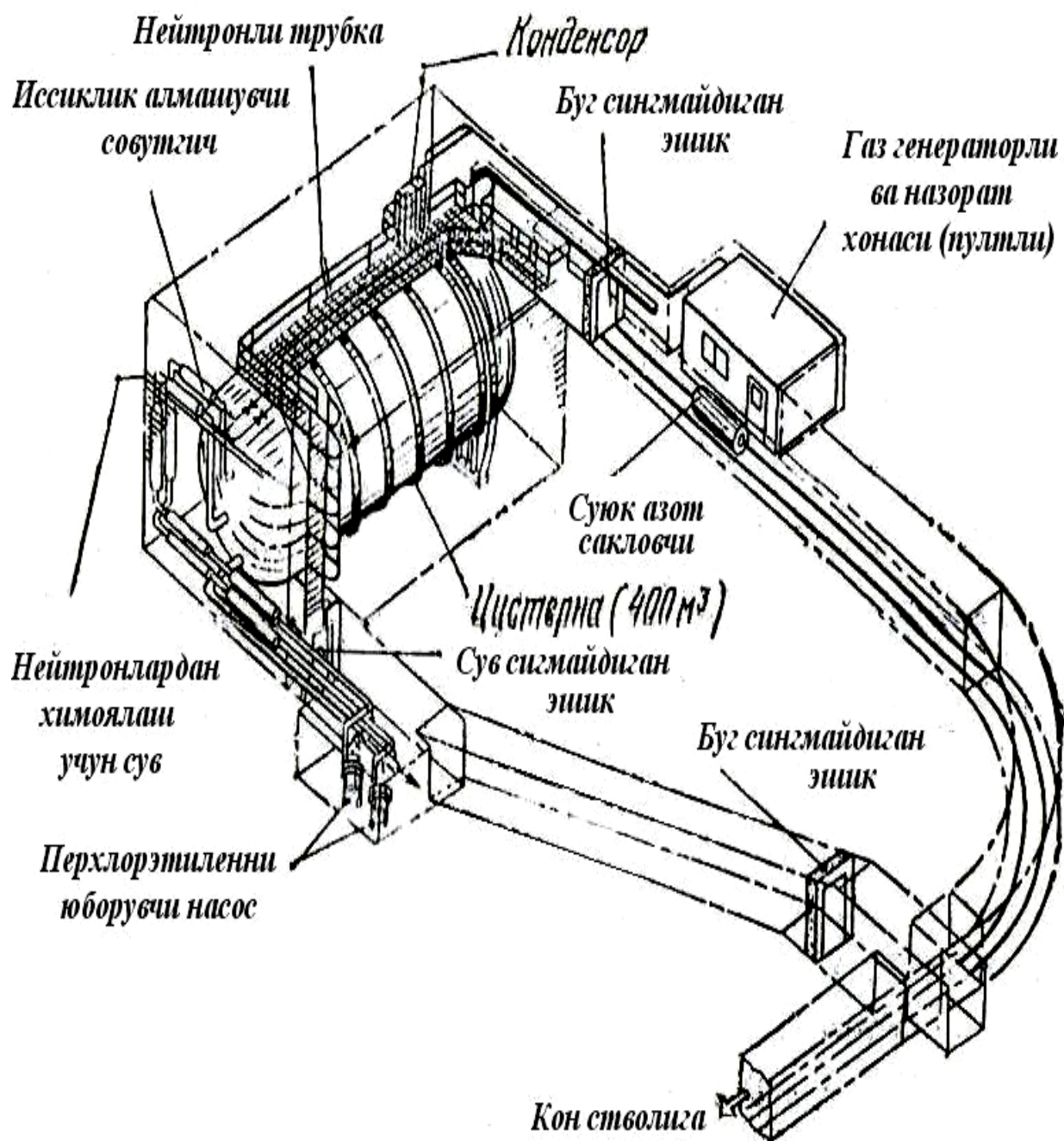
Yulduzlar o'zagida zichlik o'rtacha $\rho=100 \text{ g/sm}^3$, temperatura 10^6 , foton uchun bir gramm moddaning notiniqligi $\kappa=100 \text{ sm}^2/\text{g}$. Unda, fotonning ozod uchish yo'li $l = 1/\kappa\rho=0.0001 \text{ sm}$ bo'ladi. YA'ni gamma fotonning ozod uchish yo'li juda kichik va u Quyosh sirtiga chiqishi uchun Yuz ming yil kerak bo'ladi. Endi neytrinoning ozod Yurish yo'lini hisoblaylik. Nazariy hisoblashlarga ko'ra, neytrino yoki antineytrinoning yutilish koefitsienti bitta bunday zarra uchun $\kappa_\nu \approx 6 \cdot 10^{-44} \text{ sm}^2$, ya'ni fotonnikidan (10^{-17} sm^2) ancha kichik. Yukorida keltirilgan Yulduz o'zagidagi zichlikka $N \approx 10^{26} \text{ sm}^{-3}$ mos keladi. Demak, neytrinoning ozod harakat yo'li $l \approx 1/\kappa_\nu N \approx 10^{17} \text{ cm}$. Bu Quyosh radiusidan Yuzlab marta katta va neytrino hosil bo'lgandanoq Yulduzni tark etadi. Koinotning dastlabki rivojlanish bosqichlarida neytrino ko'p hosil bo'lgan, keyinchalik, Yulduzlar o'zagida termo-yadro reaksiyalari boshlangandan keyin, ular nurlanish bilan birga neytrino ham chiqaradi. Eng kuchli neytrino oqimi Quyoshdan kelishi kerak.

Agar Quyosh o'zagida har sekunda $2 \cdot 10^{38}$ ta neytrino hosil bo'layotgan bo'lsa, u holda yerda, Quyosh nurlariga tik qo'yilgan, har bir sm^2 Yuzadan bir sekunda $6.5 \cdot 10^{10}$ neytrino o'tadi! Neytrino astrofizika Quyoshdan kelayotgan neytrino oqimini qayd qilish masalalari bilan shug'ullanadi.

Neytrino «teleskopi». Quyoshdan kelayotgan neytrino oqimini qayd qilishning bir necha usullari ishlab chiqilgan. B.M.Pontekorvo (Rossiya) xlor izotopi ^{37}Cl neytrinoni Yutganda radioaktiv argon izotopi ^{37}Ar va elektron va keyin ^{37}Ar yarim parchalanish davri 34 kun bilan yana ^{37}Cl ga aylanishiga asoslangan reaksiyani taklif etdi:



Elektronni pozitron bilan annigilyatsiyasi natijasida 2-3 ta yorug'lik kvanti hosil bo'ladi[3].



2.1-rasm. Neytrino teleskopi.

1955 yilda R.Devis (AQSH) Quyoshdan kelayotgan neytrinoni qayd qilishga kirishdi. Avval, xlor-argon (3900 litr) keyin uglerod-xlor aralashma

C_2Cl_4 (perxloretilen) solingan qurilma qo'llanildi. Dastlabki qurilma natijalari qoniqarli chiqmagach, 1967 yilda yana ham quvvatli 400000 litr perxloretilen solingan uzunligi 14.4 m diametri 6 m keladigan silindrsimon bak yer ostiga, 1490 m chuqurlikka, o'rnatildi (Janubiy Dakote, AQSH) (2.2rasm). Bu qurilmadagi har to'rttadan bitta atom xlor izotopi ^{37}Cl va u reaksiya bo'yicha neytrino Yutishi va chiqarishi kerak. Buni hosil bo'lgan argon izotopi ^{37}Ar miqdori ko'rsatishi lozim. Argon izotopi miqdori quyidagicha aniqlandi.



a)



b)

a) Yer ostidagi diametri 6m silindrsimon bak

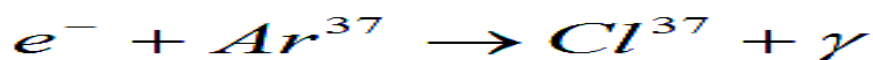
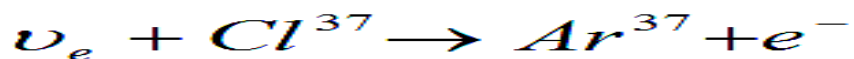
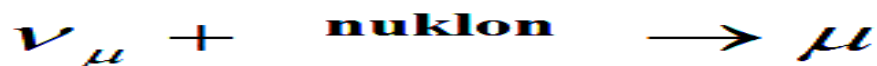
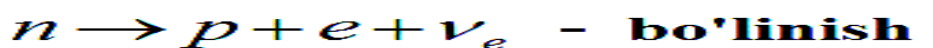
b) R. Devis va guruh a'zolari neytrino teliskopini nazorat qilmoqda

2.2-rasm. 1490 m chuqurlikda o'rnatilgan neytrino teleskopida R. Devis guruhining ishlash jarayonidan.

Har 100 kundan keyin bak orqali 20 000 litr gazsimon geliy o'tqaziladi. Geliy gazi bakda Quyosh neytrinolari ta'sirida hosil bo'lgan ^{37}Ar ni (hisoblashga ko'ra har o'lchashda ular bir necha o'nta bo'lishi kerak) o'zi bilan bakdan olib chiqib ketishi kerak. Hosil bo'lgan bu aralashma 77 K gacha sovutilgan ko'mir konteyner orqali o'tqaziladi. Devisning neytrino «teleskopi» yuqori energiyali

neytrinoni qayd qila oladi. Shu bois Devisning tajribalaridan quyidagi natijasini isbotlab berdi.

Neutrino



Devis tajribasi

Yutilgan neytrinolar birligi sifatida $1 \text{ SNU} = 10^{-36}$, ya'ni bitta xlor atomida bir sekunda Yutilgan Quyosh neytrinosi miqdori (Solar Neutrino Unit ya'ni Quyoshiy neytrino birligi), qabul qilingan. Devis o'lchashlari bakda bir kunda o'rtacha 0.43 ± 0.05 argon izotopi hosil bo'lishini ko'rsatdi. Bunga $Q = (2.2 \pm 0.4)$ SNU to'g'ri keladi. Bu nazariy hisoblashlar bashorat etgandan ($Q_n = 7.6 \text{ SNU}$) 3.5 marta kam. Buning sababi, yoki argon izotopiga asoslangan tajriba qayd qiladigan neytrino energiyasi Quyoshiy neytrinolarnikidan judda katta, yoki, nazariy hisoblashlar xato. Bu borada tekshirishlar davom etmoqda.

Quyosh teleskoplarini boshqa teleskoplardan farqi.

Quyosh sirti ko'rinadigan va tekshirish mumkin bo'lgan yagona yulduzdir. Uni tekshirishdan olingan bilimlar Yulduzlarni tekshirishda fundamental rol o'ynaydi. Shuning uchun Quyosh teleskoplarida tasvir masshtabi katta bo'ladi va bu Quyosh Yuzidagi mayda strukturali tuzilmalarni batafsil tekshirishga imkon beradi.

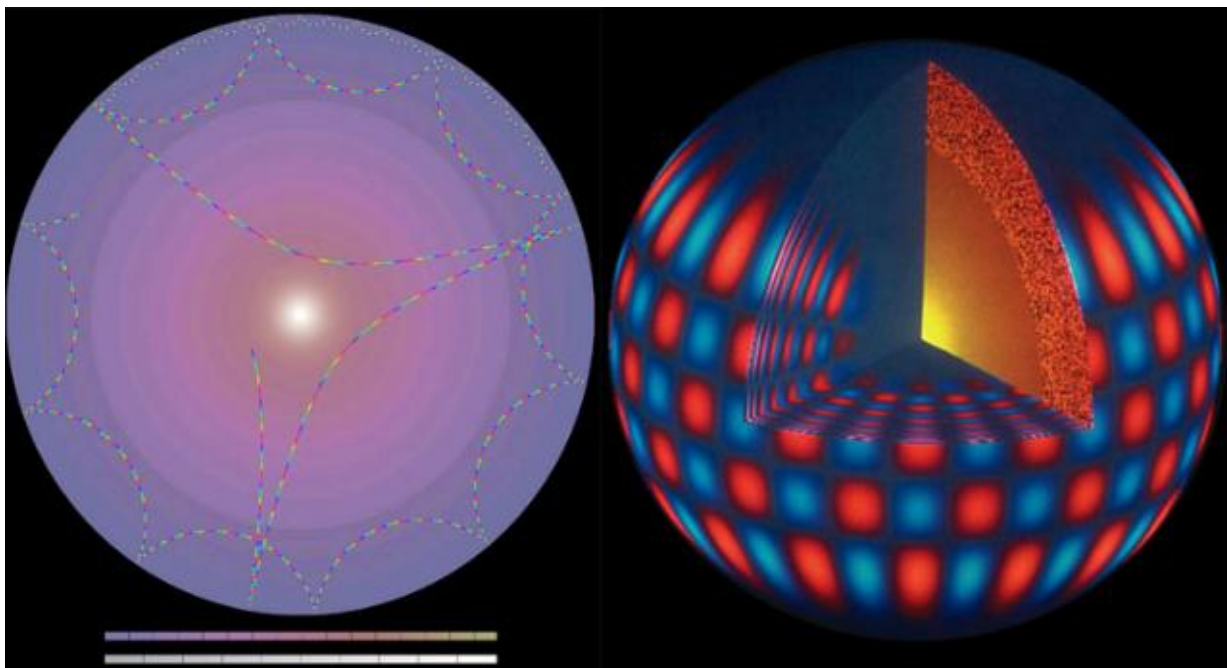
Quyoshning yorug'ligi yetarli darajada kuchli bo'lganligi uchun odatda, Quyosh teleskoplari kam optik kuchga ($D/F \approx 1/10$ dan $1/30$ gacha) ega bo'lishi, ya'ni ob'ektivining fokus masofasi uning diametridan bir necha o'n marta katta bo'lishi mumkin. Bunday tekshirishlarda Quyosh teleskopidek kam optik kuchga, demak, uzun fokus masofaga ega spektrograflar qo'llaniladi.

Spektrografning fokus masofa qancha katta bo'lsa uning dispersiyasi (spektrga yoyilish darajasi) shuncha yuqori bo'ladi. Quyosh spektrini tekshirishlarda reflektorlar va tor ($\Delta\lambda \approx 0,025 \text{ nm}$) o'tkazish polosaga ega filtr yordamida bajariladigan tekshirishlarda esa, refraktorlar ham qo'llaniladi[3].

2.2.8. Quyosh tebranishlari va ularni kuzatish usullari

1960 yilda Leyton gruppasi tomonidan Maunt Vilson observatoriyasida bir nechta spektral chiziqlarning ko'k va qizil qanotlarida spektrogeliogrammlar olindi. Bu spektrogeliogrammlar asosida Quyosh atmosferasida besh minutlik tebranishlar mavjudligi aniqlandi. Bu hodisani tushuntirib berish uchun Ulrich, Leibacher va Stain, kuzatiladigan hodisa- ichki qismlardagi Quyosh sirti qamrab olgan akustik to'lqinlarning yuqorida nomoyon bo'lishi, degan fikrni ilgari surdilar. 1975 yilga kelib, Debner o'zi o'tkazgan tajribalar orqali to'lqin chastotalari quvvat spektrida qat'iy muayyan chiziqlarda yotishini aniqladi va bu fikr tasdiqlandi.

Konvektiv zonada hosil bo'ladigan akustik shovqin kuzatilayotgan Quyosh tebranishlarining manbai bo'lib hisoblanadi. Bu shovqin barcha yo'nalishlarda akustik to'lqin ko'rinishida tarqaladi. Quyosh ichkarisiga qarab harakatlanayotgan to'lqin zichlikning ortib borishi tufayli refraksiyaga uchrab o'z trayektoriyasini o'zgartiradi va yuzaga qaytadi. Quyosh sirtida esa bosim gradientining ortishi (balandlik shkalasining kamayishi) natijasida akustik devor hosil bo'ladi va tovush to'lqini shu devorga urilib orqaga qaytadi [25,17]. Shu tarzda to'lqin ko'p marta urilib qaytgandan keyin, ma'lum fazaviy munosabatlar bajarilganda, harakatlanuvchi to'lqin turg'un to'lqinga aylanadi va xuddi shu to'lqin Quyosh global tebranishlarining xususiy modasi hisoblanadi (2.3-rasm).



2.3-rasm. Konvektiv zonada hosil bo'ladigan akustik shovqin kuzatilayotgan Quyosh tebranishlarining manbai bo'lib hisoblanadigan akustik to'lqin harakati tasvirlangan.

Gelioseysmologik tadqiqotlar asosini tebranishlarni qayd qilish, ularning chastotalarini aniqlash, chastotalar va amplitudalar variatsiyasini Quyosh aktivligi sikli bilan bog'lanishini analiz qilish kabi masalalar tashkil qiladi. Hozirgi paytga kelib ma'lum bo'ldiki, spektrning 2-4,5 mGs oralig'idagi juda tor (bosim modalari yoki p-modalar) sohasining o'zida bir necha million alohida tebranish modalari mavjud ekan[5,13]. Ularni bir-biridan ajratib olish katta ajratish qobiliyatiga ega bo'lgan quvvat spektri qurishni va bu esa o'z navbatida, davomiyligi juda katta bo'lgan uzluksiz kuzatuvlar o'tkazishni taqozo etadi. Bunga, asosan, kun va tunning almashinishi turli xil ob-havo va atmosfera sharoitlari kabi tabiiy shart-sharoitlarni hisobga oluvchi kuzatuv usulini tanlash yoki kuzatuv asbobini o'z ichiga olgan kosmik kemani orbitaga chiqarish kabi texnik iqtisodiy masalalarni hal qilish orqali erishish mumkin. Umuman katta doimiylikka ega bo'lgan kuzatuvlar o'tkazishning uchta usuli mavjud.

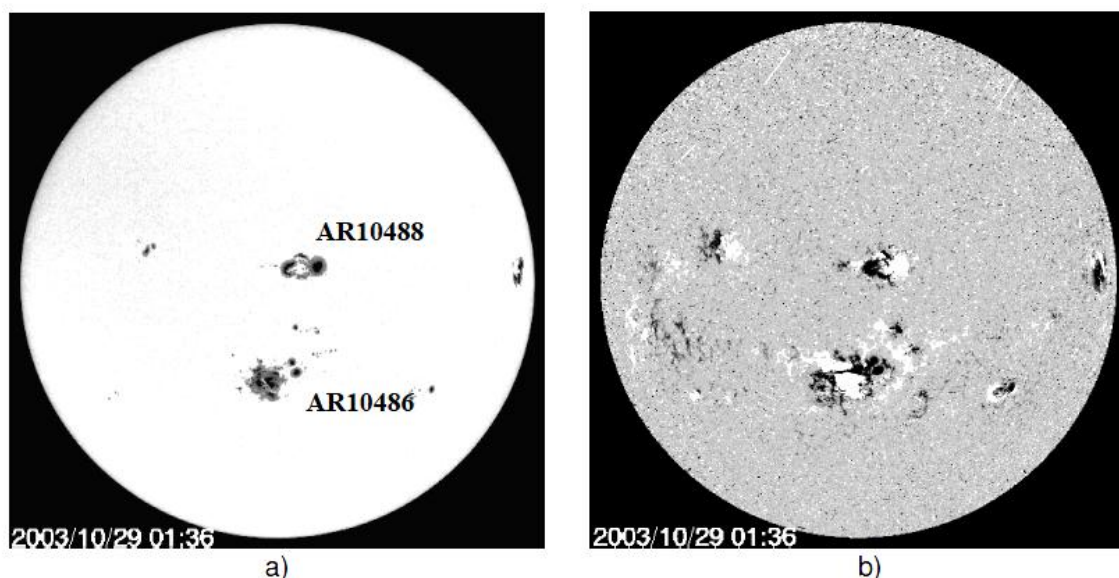
Birinchi usul, Quyosh tebranishlarini janubiy qutbda qayd qilish usulidir. U yerda atmosfera sharoitlari doimiylik bir hafta atrofida bo'lgan kuzatuv

o'tkazish imkonini beradi. Bu yerda Fransuz guruhi va uning guruh rahbari E.Fossat o'zining spektrogeliogramma asbobi bilan janubiy qutbdagi kuzatishlaridan biri keltirilgan[13].



2.4-rasm. Fransuz tadqiqot guruhi va guruh rahbari E.Fossat o'zining spektrogeliogramma asbobi bilan janubiy qutbdagi kuzatishlar jarayonida.

Ikkinchi usul, asboblarni kosmosga, Yer soyasini kesmaydigan orbitaga chiqarishdan iborat. Bu imkoniyat 1995 yilda SOHO (Solar Orbital Heliospheric Observatory) kosmik apparati orqali amalga oshirilishi ko'zda tutilgan. SOHO va boshqa shunga o'xshash Yer sathidan tashqarida turib kuzatishlar juda aniq ma'lumotlar olish imkonini beradi. Ushbu usul orqali kosmik asboblari SOHO va MDI loyihalarida olingan natija navbatdagi rasmda keltirilgan [24].

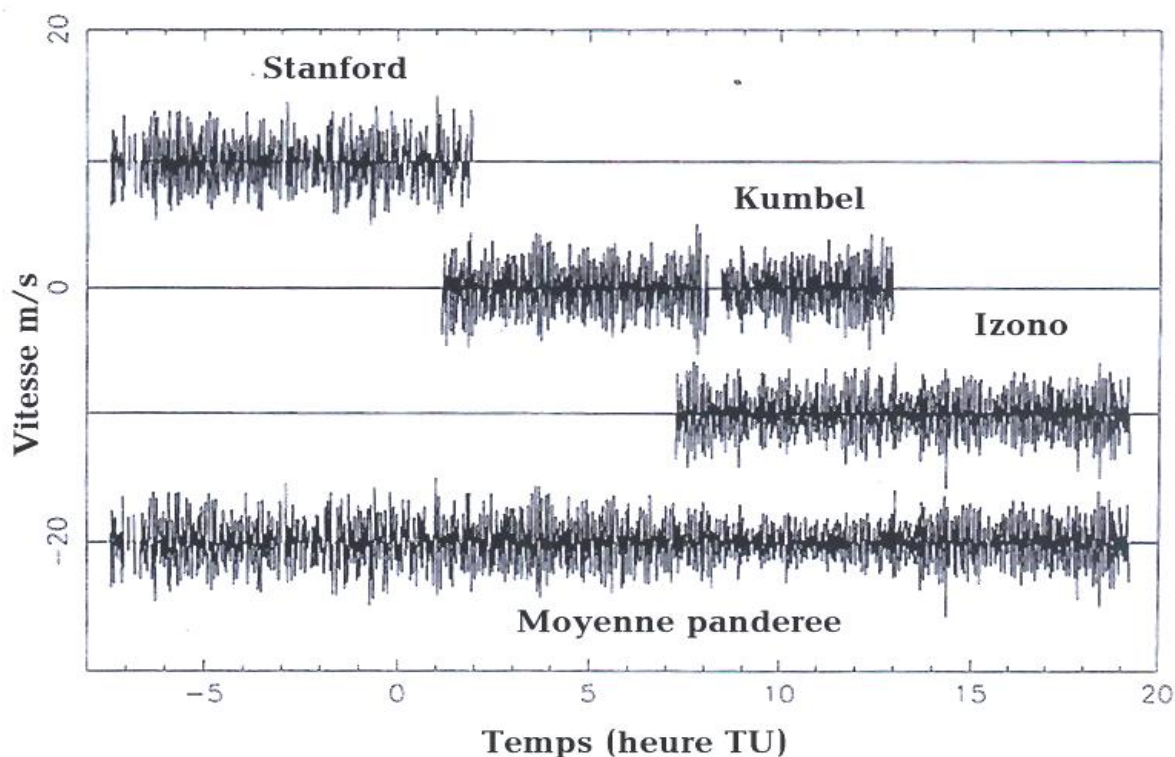


2.5-rasm. Yuzadagi quyidagi aktivliglar NOAA 10486-10488: a) tasvirni davomiyligi; b) SOHO/MDI magnitogrammasi orqali olingan tasvir.

Uchinchi usul, esa Yer sharida bir tekisda taqsimlangan va Quyoshni navbatma-navbat bir-biriga "uzatadigan" stantsiyalar tarmog'ini tuzishdan iborat. Hozirgi paytda uchta shunday tarmoq mavjud. Birinchi tarmoq-GONG (Global Oscillation Network Group) AQSh olimlari tomonidan tuzilgan. Bu eksperimentda Quyosh tasviri PZS-matritsaga tushiriladi va bu kichik mashtabdagi doppler siljishlarini qayd qilish imkonini beradi. Qolgan ikkita tarmoq butun Quyosh diski bo'yicha integrallangan doppler siljishlarini kuzatishga asoslangan. Bunday kuzatishlar orqali kichik darajali xususiy tebranish modalarini tadqiq qilish mumkin. Shuni aytib o'tish kerakki, bu tebranishlar Quyosh yadrosining ancha ichkarisigacha kirib boradi hamda ana shu sathlarning xossalari haqidagi informatsiyani o'zi bilan olib chiqadi. Birinchi tarmoq Bermengem olimlari tomonidan tuzulgan va Quyosh tebranishlarini qayd qilish kaliy chizig'iga mo'ljallangan rezonans spektrofotometr yordamida bajariladi.

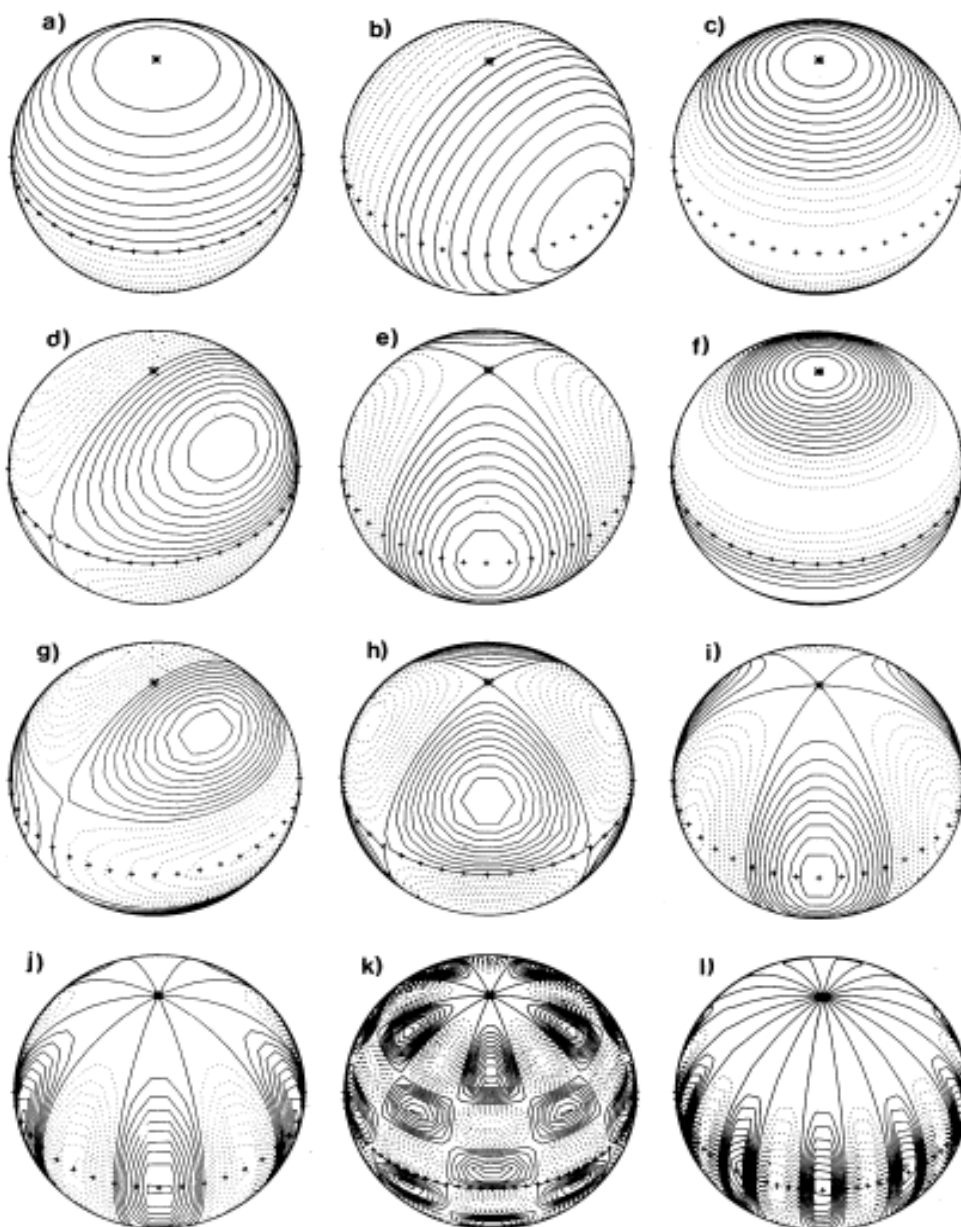
Yana bir tarmoq Nitsta universitetining astrofizika laboratoriyasi xodimlari tomonidan tashkil etilgan IRIS (International Research on the Interior of the Sun) tarmog'i bo'lib, bu tarmoqda natriyning D1(5896 Å) chizig'ida

kuzatish olib boriladi. Shunga o'xshash bir qancha tarmoqlarning olingan kuzatuv natijalari bir-biriga tikib borish bilan hal etiladi. Bu ishlarni yo'lga qo'yishda bir-biri bilan uzviy bog'lanishda bo'lish shu bilan birga barcha stansiyalar bir xil dasturda ishlaydigan kuzatuv asboblari bilan ta'minlangan bo'lishi zarur. Bu dasturlardan biri yuqorida takidlangan IRIS dasturida ishlagan va undan olingan kuzatuv natijalari 2.6–rasmda keltirilgan [6].



2.6-rasm. IRIS dasturida ishlagan Stanford, Qumbel va Isono kuzatuv markazlari orqali olingan natijalar.

Asosiy kuzatish parametrlari asosida nedraning tuzilishi to'g'risida ma'lumot olinishi mumkin, bu esa modalar chastotasining l , m va n qiymatlari bilan aniqlangan hisoblanadi. Kuzatishlardan n tartibi bevosita olinmaydi, kuzatilgan chastota qiymatlari va nazariy ma'lumotlarni taqqoslashdan aniqlanadi. l va m qiymatlardagi parametrlar bevosita yuzadagi tebranishlar tasviri bilan xarakterlanadi.



2.7-rasm. l va m ning har xil qiymatlarida moda tedranishlar amplitudasini yuzadagi taqsimlanishi. a) $l=1, m=0$; b) $l=1, m=1$; c) $l=2, m=0$; d) $l=2, m=1$; e) $l=2, m=2$; f) $l=3, m=0$; g) $l=3, m=1$; h) $l=3, m=2$; i) $l=3, m=3$; j) $l=5, m=5$; k) $l=10, m=5$; l) $l=10, m=10$. [11]

2.3§. IRIS loyihasi va spektrofotometrning ishlash prensipi

1980-yilda Nitsa universitetining bir guruh xodimlari tomonidan geografik janubiy qutbga ekspeditsiya tashkil etildi, natijada uzoqligi 120 soat atrofida quyosh diskining doplerov siljish chiqqlarini kuzatish natijasida bir qator ma'lumotlar olindi. D1 Na chizig'I (Erik Fassot, Pomepants, 1980, 1983). Bu

qatorni tahlili past darajali yakka tartibdagi modalarni katta qiymatdagi chastotalarni dastlabki o'lchash imkoniyati paydo bo'ldi. Bu yo'nalishdagi keyingi istiqbollar uchun o'nlab va undan ko'proq marta uzliksiz qatorni uzunligini orttirish kerak bo'lar edi. Ammo shimoliy qutb meteosharoyiti bir haftadan yuqori bo'lgan vaqt davomida uzluksiz ravishda kuzatish olib borish imkonini bermas edi. Faqatgina ikki imkoniyat qolgan edi, uzluksiz uzoq vaqtlar kuzatishlar olib borish yer qorong'uligi bilan kesishmaydigan orbitaga asbobni chiqarish va geografik uzunlik bo'yicha "Quyosh kuzatuvchi estafeta" bir-biriga bir xil taqsimlangan stansiya tarmog'ini hosil qilish. Nitsta universitetining tadqiqotchilari tomonidan D1 NaI chizig'iga ishlovchi rezonans spektrofotometr ishlab chiqilgan bo'lib, bu asbob bilan dastlabki kuzatishlar Janubiy qutubda o'tkazilgan. 80-yillarning o'rtasida bir nechta davlatlar bilan hamkorlikda IRIS xalqaro loyihasi tuzildi. Tarmoqning barcha stantsiyalari Nitsta universitetining astrofizika laboratoriyasida ishlangan bir xil asbob bilan ta'minlangan bo'lib, bu olingan ma'lumotlarni bir-biriga "tikish"ni osonlashtiradi. (2.6-rasmda) Tarmoqning stantsiyalari Stenford (AQSh), Tenerif (Ispaniya), Lukaimden (Marokash), La-Silla (Chili), Gavay orollari, Nitsta, Kulgura (Avstraliya) va Qumbel (Ozbekiston) da o'rnatilib, kuzatish ishlari olib borilgan [5,6].



2.7-rasm. IRIS xalqaro loyihasining tarmoqning stansiyalari.

1982-yilda MAC N12 komissiyasi Quyosh pulsatsiyasini qayt etish bo'yicha stansiya tarmoqlarini xalqaro koloratsiya tashkil etish g'oyasini qo'llab quvatladi. Bular GONG (Global Oscillations Network Group) va IRIS (International Research on the Interior of the Sun) edi. GONG (The GONG, 1984) loyiha shtab kvartirasi Arizonada N.O.A.O.da (National Optical Astronomy Observatories) joylashgan bo'lib, modalarning oraliq $4 \leq l \leq 200$ darajalarini o'z oldiga maqsad qilib qo'ydi. Birinchi kuzatuv ishlari 1995-yil o'rtalarida rejalashtirilgan edi. e'tiborga olish kerakki, amaliy jihatda GONG bilan bir vaqtda boshlangan IRIS loyihasi 5 harakatdagi stansiyaga va IRIS asboblari bilan ishlay oladigan malakali mutaxassislarga ham ega. Hamda katta miqdordagi ma'lumotlar va su'niy bo'lmagan haqiqiy aniq ma'lumotlar analizi

usullariga ham ega. Albatta bunday muvaffaqiyatlar bir tomondan IRIS tajribasidagi texnik masalalarning nisbatan soddaligi bilan belgilanadi. (ma'lumotlar, qiymatlar massivining bir o'lchamliligi, shu bilan birga GONG massivi kabi $\approx 60\,000$ o'lchamli!).

Hozirgi vaqtda bu ikki loyihadan tashqari Birmengem universitetidagi stansiya tarmog'i muvaffaqiyatli rivojlanib bormoqda. Dastlabki yuqori hal etuvchi quvvat spektorlari bir necha yillar oldin Gavay orollaridagi Tenerifda loyihalashgan stansiya orqali olingan edi. Afsuski, bu spektorlarning tahlili ijobiy natija bermadi. Birmengem loyihasi kuzatuv masalasi, IRIS loyihasi bilan bir xil (ya'ni past darajali modalarni qayt etish), lekin $\lambda\,7699$ kaliy chizig'iga bajariladi.

Sanab o'tilgan bu uchta eng yirik xalqaro Yer usti gelioseysmologik loyihalardan tashqari hozirgi vaqtda oraliq va yuqori darajali modalarni kuzatish Mount Vilson observatoriyasida ham muvaffaqiyatli o'tkazilmoqda, KrAO da yana bir asbobli qurulma o'rnatish rejalashtirilmoqda shuni qayd etish kerakki, Big Bsor observatoriyasida o'tkaziladigan yuqori fazoli yechimdagi kuzatishlar, shu bilan birga Janubiy qutbdagi k Gall chiziqdagi yorqinlik fluktatsiyasi qayd etiladi. MDH mamlakatlarida disk yorqinligini. Izmiran va GAO RAN Arizon Universiteti bilan birgalikda o'tkaziladigan o'lchash ishlari boshlandi. Qrim va Irkutskda o'tkaziladigan va odatiy (an'anaviy) kuzatuv bo'lib davom etmoqda.(katta u et. Al. 1991; Grigozyev Demidou, 1991; Grbgorey et. Al. 1991).90-yillarning o'rtalariga kelib kosmosdan turib gelioseysmologik loyihalarning to'qin qatorini hosil qilish rejalashtirilgan. Ulardan eng quvvatlisi SOHO (Solar Orbital and Heliospheric Obsirvatory) bo'lib. Bir vaqtning o'zida uchta gelioseysmologik (MDJ, SOJ, Virgo) va to'qqizta geliofizik dasturlarni (Domingo.1988) boshqarishga yo'naltirilgan. KAni ishga tushirish 1995-yilning o'rtalarida ko'zda tutilgan. 1988-yilda AMS "Fobos-2" ga JPNJR dasturi muvaffaqiyatli amalga oshirildi. Natijada 160 qator kunduzgi uch spektral oraliqda quyosh yorqinligini yuqori aniqlikda o'lchash ishlari boshqarildi. AK Koronasda, shu bilan birga Izmiran va GAO AN Ukrainada ishlab chiqilgan

uskunalar yordamida kuzatishlar dasturi bajariladi. Shunday to'liqlik fida IRIS loyhasi rivojlandi. 1984-1993-yillarda IRIS dasturi qamrab olgan asosiy muammolar tasvirlangan. Dasturning birinchi boshlang'ich etapi spektrofotometrlarni tayyorlash va ularning qurilmalarini o'rnatish joyini qidirishga bag'ishlangan 1984-yilda JNSY-Frantsshning astronomik agentligi asboblarni tayyorlash ishlariga mablag' ajrata boshladi [18,19].



2.8-rasm.1988yilda Toshkent viloyatining Qumbel tog'ida qurilgan IRIS dasturining asosiy binosi.



2.9-rasm. IRIS dasturining spektrofotomer asbobi.

IRIS dasturining asosiy binosida Quyoshning tebranish chastotalarini qayd qilishga mo'ljallangan spektrofotometr asbobi o'rnatilgan bo'lib, u NaI D1 chizig'iga ishlovchi rezonans spektrofotometr hisoblanadi. Quyoshdan kelayotgan nurlar bevosita bino tashqarisida o'rnatilgan (quyoshning harakati bo'yicha o'zgaruvchi) geliostatga tushadi. Geliostatdan chiqadigan nur oqimi $6\text{\AA}$ bo'lgan kiruvchi filtrga tushadi. L_1 linza Quyoshning filtrdan chiqadigan teshikdan 40sm masofada monoxromatik tasvirini ko'radi. Bu yerda quyosh diametri 1,5 o'lchamdagi diafragma o'rnatilgan. Linza L_2 yana oqimni ikkiga aylantiradi va L_1 linza tasvirini ko'radi, bu esa yacheyka ichida natriy jufti bilan monoxromatik svet(nur) bilan yoritilgan. Yacheyka doimiy magnit markaziga o'rnatilgan. Nurlanish, natriy jufti bilan (kvantomexanik) tarqalgan, 5 ta linza

tizimi yordamida fotoelektrik kuchaytrgichga tushadi. Bunday miqdordagi linzalar ikkita qarama-qarshi faktorlarni moslashtirish uchun kerak bo'ladi: FEK va yacheyka orasidagi bir muncha masofani mavjudligi va (FEK ni yaqinroq o'rnatish imkoniyati yo'q.) nur oqimining katta opperturasi borligi. Bundan tashqari oxirgi ikkita linza orasida fotoelastik modulyator o'rnatilgan, bu esa chastotasi 42 кГц bo'lib vaqti-vaqti bilan jadallikni ko'k va qizil qanotlarga o'tqazadi. Zeeman efikti oqibatida aylana polyaritsatsiya (maydonlanish) yo'nalishi farq qiladi.

II bob bo'yicha xulosa

Hozirgi zamon nazariy tasavvuriga ko'ra, Quyosh va Yulduzlarning energiyasi ularning o'zagida kechayotgan termoyadro reaksiyalar natijasida hosil bo'ladi. Bu natijalarni kuzatuv dasturlari orqali olingan bo'lib, bu dasturlar quyidagilardir: IRIS, GONG, TON, SOHO va boshqalardir. Bu Quyoshning global tebranishlarini kuzatishga mo'ljallangan dasturlardan II- bobda, O'z FA Astronomiya inistetuti bilan birga hamkorlikda ishlagan IRIS dasturi bo'yicha to'xtalib o'tilgan, bo'lib undagi spektrofotometr asbobi, ishlash parametrlari keltirilgan. Ushbu IRIS dasturi tarmoqli dastur hisoblanadi. Tarmoqli IRIS dasturida ishlaydigan bir nechta observatoriyalar ichida Qumbel observatoriyasi 45 % ma'lumotni berib turgan.

Bundan tashqari Yer ustida va kosmik loyihalarida hozirgi vaqtda oraliq va yuqori darajali *modalarni* kuzatish ishlari ham muvaffaqiyatli o'tkazilmoqda, KrAO da yana bir asbobli qurulma o'rnatish rejalashtirilmoqda shuni qayd etish kerakki, Big Bsor observatoriyasida o'tkaziladigan yuqori fazoli yechimdagi kuzatishlar, shu bilan birga Janubiy qutbdagi k Gall chiziqdagi yorqinlik fluktatsiyasi qayd etiladi.

III-BOB. Global gelioseysmologiya sohasida olingan asosiy ilmiy natijalar

3.1.§. Quyoshning akustik modalarining chastotalari

Quyoshning 10 millionga yaqin xususiy chastotalari mavjud. Quyoshning ichidagi ba'zi to'lqinlar uning ichki qismida tarqalib yuza qismida o'z aksini topadi. Quyoshning ichki tebranishlari modalar deb ataladi. Bu modalarni matematik modellash mumkin. Buni koordinatalar sistemasida tasvirlash kerak. Bilamizki, koordinatalar sistemasi *Dekart, sferik va silindrik* sistemalariga bo'linadi. Quyoshdagi global tebranishlarni sferik funksiya orqali o'rganish qulay. Uni quyidagi matematik ifoda orqali ifodalash mumkin.

$$E(l, m, n) \equiv K_{l,n}(r) Y_l^m(\vartheta, \varphi) \exp(i\omega_{l,m,n}t) \quad (3,1)$$

bu yerda $K_{l,n}(r)$ - radial to'lqin funksiya. Sferik garmonikalar quyidagi funksiya bilan ifodalanadi:

$$Y_l^m(\vartheta, \varphi) = P_l^m(\cos \vartheta) \exp(im\varphi), \quad (3,2)$$

bu yerda $P_l^m(\cos \vartheta)$ - Lejandr polinomlari.

Quyoshdagi tebranishlar 3 ta parametr bilan ifodalanadi – n, l, m .

Uchta fundamental parametr n, l va m quyidagi ma'noga ega:

n - radial modaning tartibi, radius bo'yicha tugunlar sonini aniqlaydi.

l - modaning darajasi.

m - azimutal tartib, ekvator (aylanish o'qiga perpenlikulyar bo'lgan katta aylana) bo'ylab tugunli chiziqlar soni. Azimutal tartib m $2l+1$ qiymatlarga ega bo'lishi mumkin, $+l$ va $-l$ oralig'ida. $m=0$ ga bo'lgan modalarni zonal deyiladi, $m=l$ - zonal moda, oraliq qiymatlarda esa (0 va l oralig'ida) – tesseral. Siklik chastota $\omega_{l,m,n}$ ushbu l, m, n parametrlarning qiymatlari bilan belgilanadi va modaning oddiy chastotasi va davri R bilan quyidagicha bog'lanadi

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{P} \quad (3,3)$$

Quyoshning ichki tuzilishini o'rganishda ishlatiladigan asosiy kuzatish parametr – l , m , n qiymatlar bilan belgilan modaning chastotasi hisoblanadi. n kuzatuvlardan olinmaydi, u nazariy va kuzatilgan chastotalar qiymati bilan aniqlanadi. l va m parametrlari esa yuzadagi tebranishlarni xarakterlaydi.

l ning qiymatiga nisbatan tebranishlar quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

past darajali - $0 \leq l \leq 3$

oraliq - $3 < l \leq 200$

yuqori darajali - $200 < l \leq 1500$

juda yuqori - $1500 < l$.

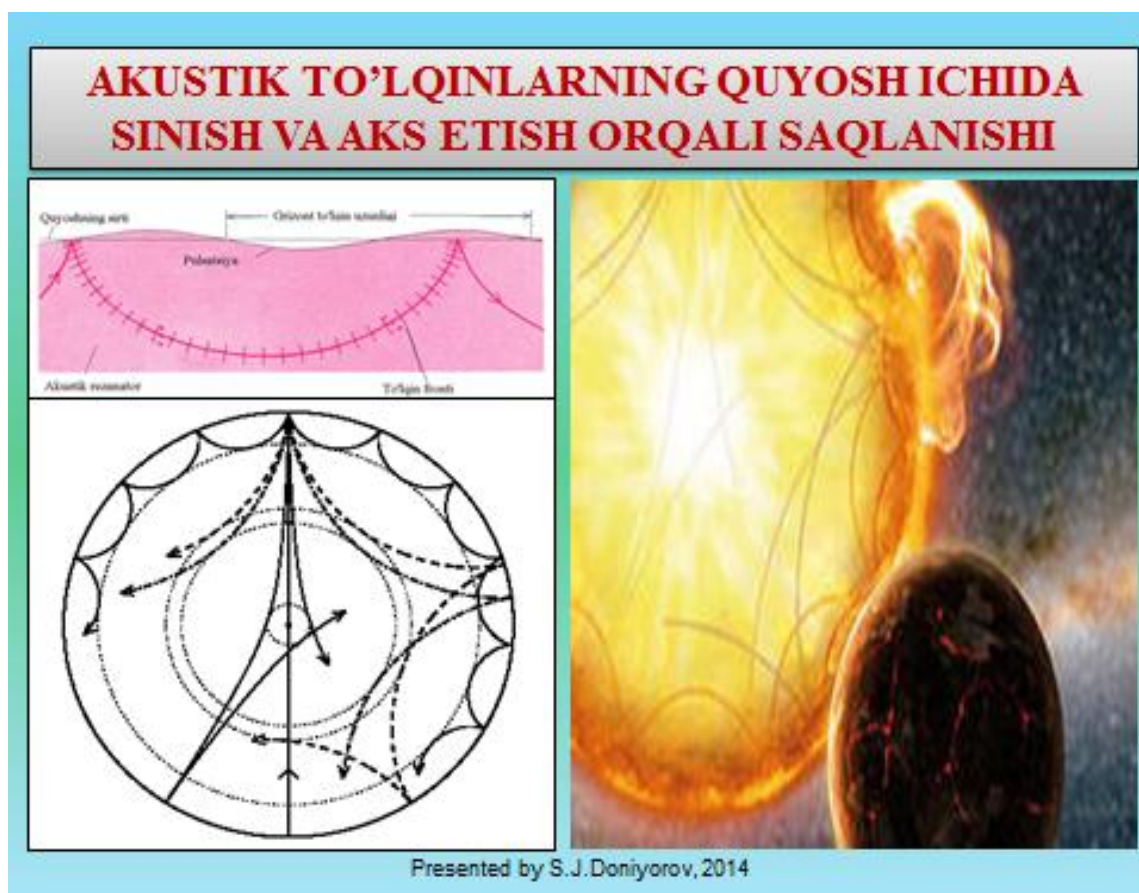
Hozirgi kunda Quyoshda 10 millionga yaqin akustik modalar aniqlangan. Agar shu modalarning hammasi bir vaqtda qayd etilganda, hech qanday tahlil usuli bilan ularni ajratib bo'lmas edi. Har bir kuzatuv programmasi belgilangan modalarni qayd etishi mumkin [5].

Yer yuzidagi seysmik to'lqinga o'xshash doimiy to'lqinlar harakati Quyosh kurrasini tebratadi. Bu tebranishlar Quyoshning yuzasiga global va lokal tebranishlar ko'rinishiga ega bo'ladi. Gelioseysmologiyaning uch yo'nalishi bo'lib, ular quyidagilar.

1.Quyosh seysmologiyasi butunligicha,

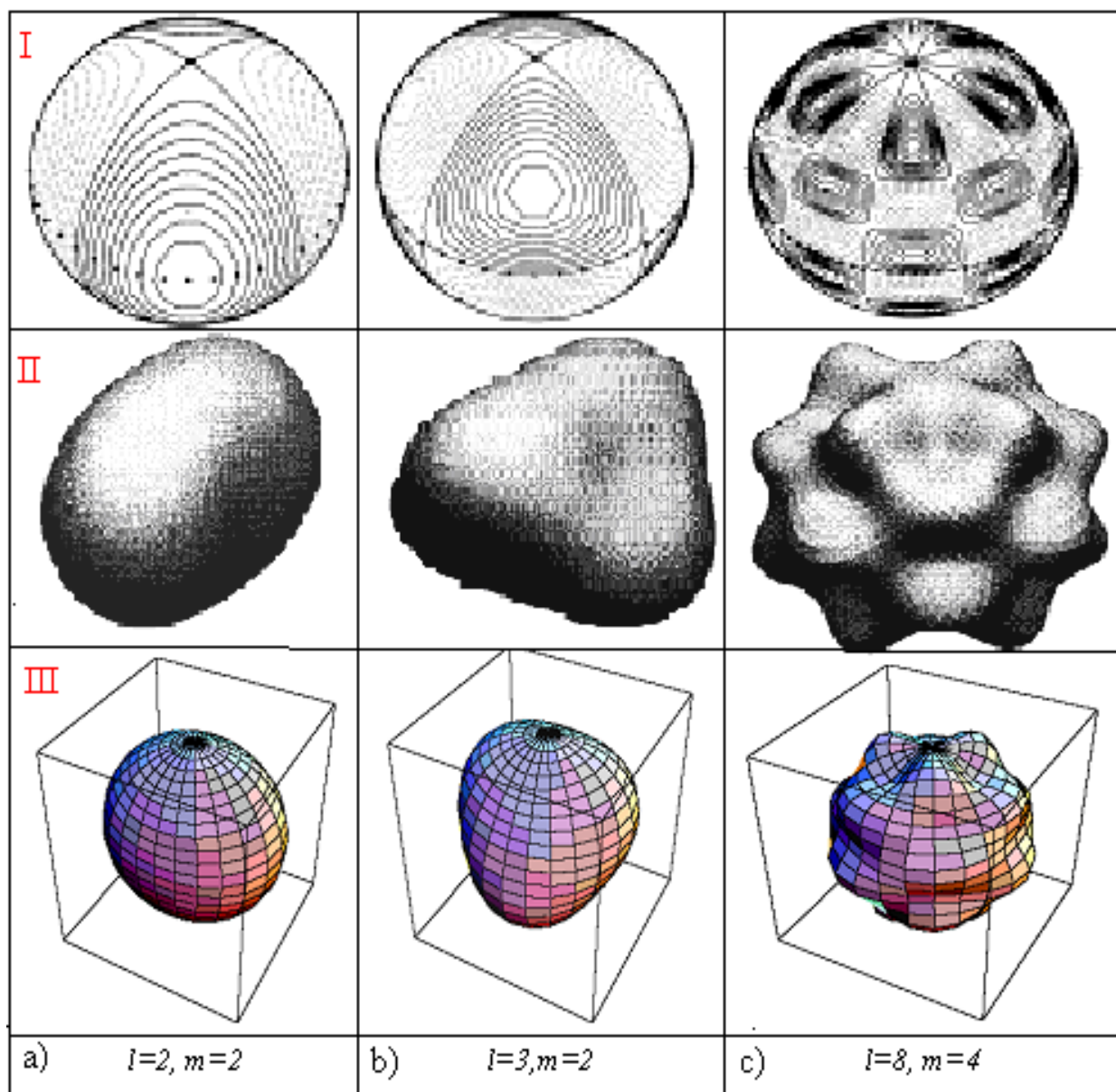
Quyosh seysmologiyasi ham Yer seysmologiyasi kabi tovush tarqalishi xususiyatlariga asoslangan. Ammo quyoshda seysmograf asbob (tuproqni tebranishini qayd qiladigan asbob) qo'yish mumkin emas. Shuning uchun Quyosh tebranishini butunlay boshqacha usullar bilan o'lchanadi. Ulardan asosiysi Dopler effektiga asoslangan. Chunki Quyosh yuzasi tartibli ravishda ko'tariladi va pasayadi (tebranadi), unda uning yaqinlashuvi-uzoqlashuvi nurlanuvchi yorug'lik spektriga ta'sir qiladi. Quyosh diskini har xil hududlaridagi spektrlarning tahlilida tezlikning tarqalish tasviri olinadi, albatta, vaqt o'tishi bilan ular o'zgaradi to'lqinlar yuguradi. Bu to'lqinlar davri taxminan 3 minutdan 10 minut oralig'ida bo'ladi. Ular birinchi marta ochilganida topilgan

qiymatlar davri taxminan $T = 5$ minut tashkil etadi. Quyosh rezonansi tovush tebranishlari, juda ko'p miqdordagi turli *modal*arning qo'shilishidan iborat.



3.1-rasm. Quyoshda ma'lum bo'lgan tovush to'qinlarining harakati.

Hozirgi vaqtda ma'lumki Quyoshda ma'lum bo'lgan tovush *modal*arining soni 10 million atrofida. Bu *modal*arning hammasi bir vaqtning o'zida qayd qilinmaydi, chunki unda tahlilni hech qanday usuli bilan ularni ajratib bo'lmas edi. l va m ning turli xil qiymatlarida *moda* tebranish amplitudasini yuzadagi taqsimlanishini ko'rsatib o'tilgan.



3.2-rasmd Quyosh yuzasida kuzatiladigan tebranishlarning, l va m ning turli xil qiymatlarida moda tebranish amplitudasini yuzadagi taqsimlanishini 3 ko'rinishi aks ettirilgan.

Bu yerda l - moda darajasi bo'lib Quyosh yuzasidagi moda uzelli chiziqlar soni yoki ekvator bo'ylab $\arccos(m/(l(l+1)))$ burchak hosil qiluvchi katta xalqa bo'ylab uzellar soniga teng.

m - azimutal tartib bo'lib ekvator bo'ylab uzelli chiziqlar soniga teng.

I- Quyoshda kuzatiladigan tebranishlarning nazariy ma'lumotlarga asoslangan tasviri.

II- Quyoshning yuzasidagi tebranishlarning nazariy ma'lumotlarga asoslangan moduli.

III- l va m ning turli xil qiymatlarida olingan uch o'lchamli animatsion moduli.

2.Fotosfera strukturali seysmologiya,

Gassimon Quyoshli muhitda to'liqlar siqilgan va siqilmagan tarqalishida bo'lishi mumkin. Tovush to'liqlar va ichki gravitatsion to'liqlar qaytuvchi kuchlar ya'ni tortish kuchlari bo'lib hisoblanadi. Asosiy e'tibor tovush to'liqlarga qaratiladi, chunki ular yaxshi kuzatiladi. Tovush to'liqlarni Quyosh ichida tarqalishini bevosita kuzatish mumkin emas. Lekin Quyosh yuzasiga yetib boruvchi to'liqlar ta'siri ostida gazning tashqi qatlami ko'tarilib, tusha boshlaydi. Bu esa nurlanuvchi yorug'likda spektr chiziqlar chastotasining o'zgarishiga, yuza yorug'ining va haroratining o'zgarishiga olib keladi. Bu yuzada elementlarni ossilyasiyalanishi kuzatiladi, ya'ni elementlarning ossilyasiyalanishini qizil va ko'k rangdagi hududda ko'zga tashladi.

3. Toj strukturali, seysmologiya

Toj-bu eng yuqori, quyosh atmosferasining eng issiq qismi, uning strukturali magnit maydonlari bilan aniqlanadi. Quyosh toji harorati million gradusdan ortiq bo'lgan deyarli to'liq ionlashgan H(vodorod) va He(geliy) aralashmasi plazmasidan tarkib topgan. Toj strukturali o'z navbatida; ochiq holdagi, yopiq holdagi va boshqa toj strukturalariga ajraladi. Toj strukturali seysmologiya boshqa Quyosh qatlamlaridagidan bir muncha farqlanib tebranishlarning asosiy xossalari kam kuzatiladi, shu sababdan ham Quyoshning global tebranishlariga xos tebranishlar faqatgina fotosfera qatlamida yaqqol kuzatish imkonini beradi. Bundan tashqari toj strukturali tebranishlar ikki qismdan iborat ya'ni ochiq va yopiq ko'rinishdagi toj seysmologiyasi [7.8].

3.2§. Katta va kichik tilinishlarni aniqlash

Quyoshning akustik tebranishlarini chastotalari l -ning keng diapazoni uchun identifikasiya qilingan (ya'ni kuzatilgan chastotalar qaysi nazariy (l, n) modaga mansubligi) va katta aniqlikda o'lchangan (0.001%).

Bugungi kunda standart modellarni o'lchangan chastotalar bilan mutanosiblikka keltirish borasida hali sezilarli natijalarga erishilgani yo'q. Nazariy va kuzatilgan chastotalarni farqi hali kuzatilgan chastotalarning aniqligidan ancha farq qiladi.

Eksperimental chastotalar bilan mutanosib Quyoshning ichki tuzilishining modelini tuzib chiqish qator prinsipial qiyinchiliklarda duch keladi. Masalan, modellar evolyusion xususiyatlarga ega bo'lishi kerak.

Lekin adiabatik tebranishlar nuqtai nazardan Quyosh modelini bitta-yu bir usul bilan ya'ni Quyoshning "seysmik" modeli bilan almashtirilishi mumkin. Seysmik model deganda zichlikning (ρ), tovush tezligining (s) va Brunt-Vyaysyal chastotasining radius bilan o'zgarishi nazarda tutiladi.

Bugungi kunda Quyoshning akustik tebranishlariga oid to'plangan eksperimental (kuzatuv) ma'lumotlarning hajmi va sifati gelioseysmologiyaning teskari masalasini yechish imkonini beradi. Teskari masala deganda Quyoshning seysmik modelini kuzatilgan chastotalar asosida aniqlash tushuniladi. Masalan yuqorida keltirib o'tilgan chastotalarni, r -modalar chastotasi quyidagi hisoblashga mo'ljallangan formulalar ko'rsatilgan (3,4 va 3,5).

Birinchi bosqichda bu masala faqatgina eksperimental ma'lumotlarga asoslanib bironta ham Quyosh modelidan foydalanmasdan yechilishi mumkin. Bunday imkoniyatni tebranishlarning asimptotik nazariyasi beradi.

Tebranishlarning asimptotik nazariyasi doirasida r -modalar chastotasi quyidagi formuladan topiladi:

$$v_{n,l} \approx \left(n + \frac{l}{2} + \varepsilon_p \right) \Delta v - \frac{l(l+1) + \delta_p}{n + \frac{l}{2} + \varepsilon_p} A_p \Delta v \quad (3,4)$$

Bu formuladan

$$\delta v_{n,l} = v_{n,l} - v_{n-1,l+2} \approx \frac{2(2l+3)}{n + \frac{l}{2} + \varepsilon_p} A_p \Delta v \quad (3,5)$$

Demak, quvvat spektridagi bir hil l va bittaga farq qiladigan $n, n+1$ r-modalar chastotalarining farqi Δv katta parchalanish deyiladi. Bir xil n lekin ikkitaga farq qiladigan l va $l+2$ r-modalar chastotalarining farqi $\delta v_{n,l}$ kichik parchalanish deyiladi. Bu ikkala paramentr modelning integral parametrlari hisoblanib ularning nazariy va eksperimental qiymatlarini solishtirish modellarni bir biri bilan solishtirish imkonini beradi[6]. IRIS loyihasining asosiy asbobi spektrofotometr orqali olingan akustik to'lqin chastotasining qiymatlari 1-jadvalda keltirib o'tilgan. Shu bilan birga jadvalning ikkinchi etapida kichik va katta parchalanishlar hisoblangan qiymatlar kiritilgan.

1-jadval

T/r	l uzul chiziqlar 0 bo'lganda	l uzul chiziqlar 1 bo'lganda	l uzul chiziqlar 2 bo'lganda	l uzul chiziqlar 3 bo'lganda	Katta parchalanis h formulasi	Kichik parchalanish formulasi
n	l=0	l=1	l=2	l=3	$\Delta v = v_{n+1} - v_{n,l}$	$\Delta v = v_{n,l} - v_{n-1,l+1}$
9			1536,07			12,52
10	1548,59	1612,79	1673,55		137,19	12,23
11	1685,78	1749,41	1811,88		135,94	9,84
12	1821,72	1885,57	1945,82		135,61	11,51
13	1 957,33	2020,83	2082,26	2138,24	136,34	11,41
14	2093,67	2156,79	2217,73	2273,57	135,09	11,03
15	2228,76	2292,07	2352,22	2407,61	134,06	10,6
16	2362,82	2425,73	2485,9	2541,78	133,43	10,35
17	2496,25	2559,28	2619,69	2676,1	133,31	9,87
18	2629,56	2693,56	2754,65	2811,63	134,51	9,42

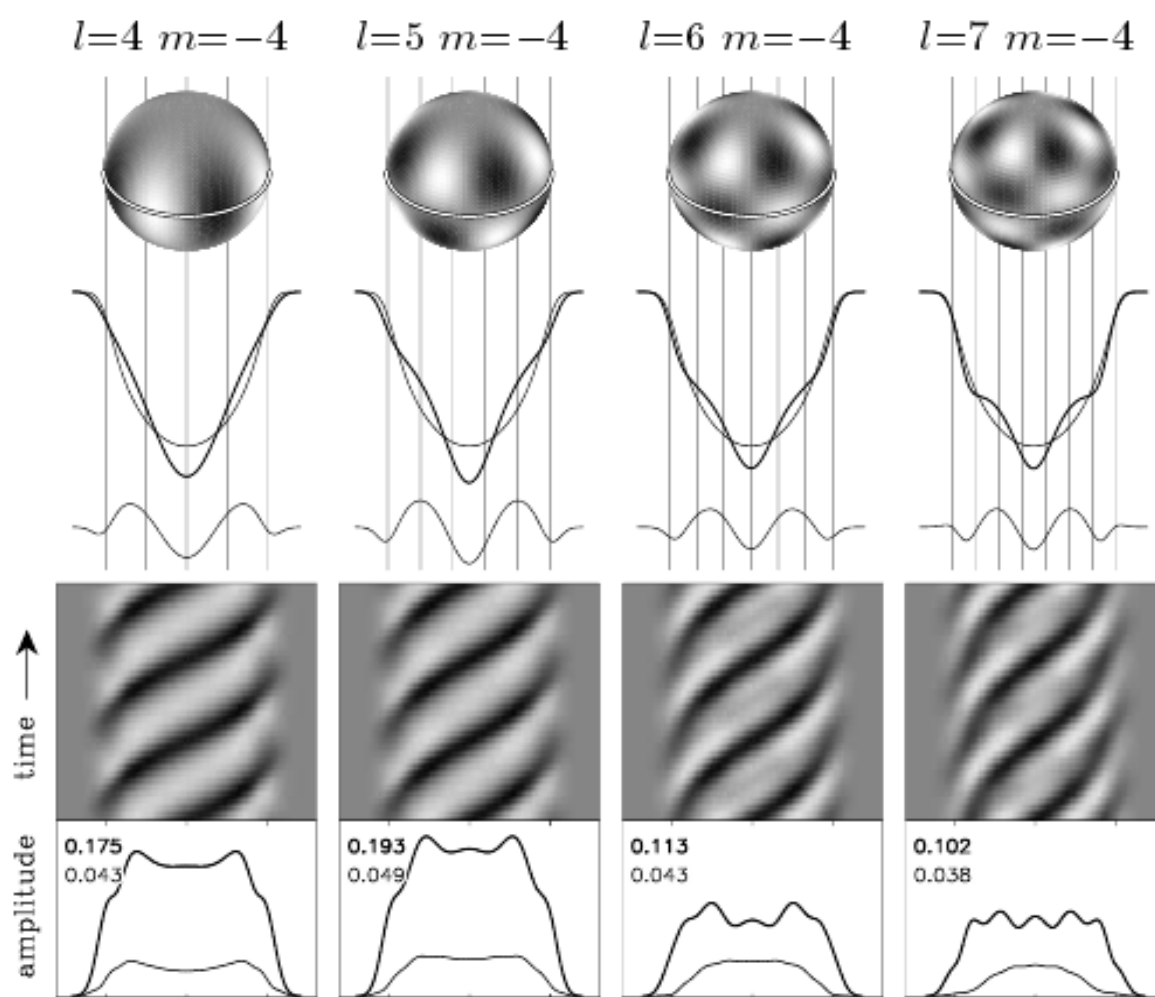
19	2764,07	2828,26	2898,66	2947,28	134,89	0,3
20	2898,96	2963,49	3024,9	3038,7	134,81	8,87
21	3033,77	3098,48	3160,04	3219,79	134,87	8,6
22	3168,64	3233,47	3295,17	3354,41	135,01	8,48
23	3303,65	3368,81	3431,02	3491,25	135,53	8,16
24	3439,18	3504,39	3567,46	3628	136,16	7,88
25	3575,34	3640,64	3703,37	3765,26	136,44	8,41
26	3711,78	3776,89	3840,34	3901,96	136,26	7,7
27	3848,04	3913,46	3975,96	4039,88	136,32	8,4
28	3984,36	4050,87	4114,45	4180,49	137,19	7,1
29	4121,55	4188,36	4252,5	4317,39	138,95	8
30	4260,5	4326,67	4390,97	4458,34	134,31	3,84
31	4394,81	4460,78	4527,99	4592,24	141,49	8,31
32	4536,3	4602,76	4661,17	4729,36	138,52	13,65
33	4674,82	4739,29	4800,13	4863,95	133,45	8,14
34	4808,27	4880,61	4941,56	5003,65	142,26	8,97
35	4950,53	5021,63				
18	2629,56	2693,56	2754,65	2811,63	134,51	9,42
19	2764,07	2828,26	2898,66	2947,28	134,89	0,3
20	2898,96	2963,49	3024,9	3038,7	134,81	8,87

jami

jami

3401,94 136,0776 233,59 8,984231

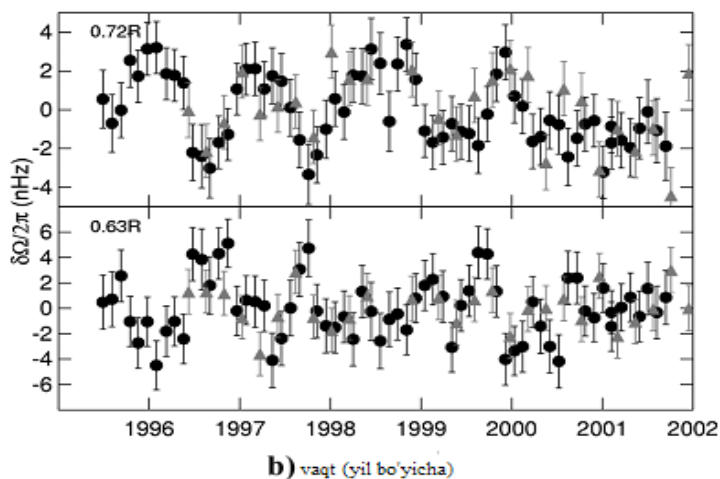
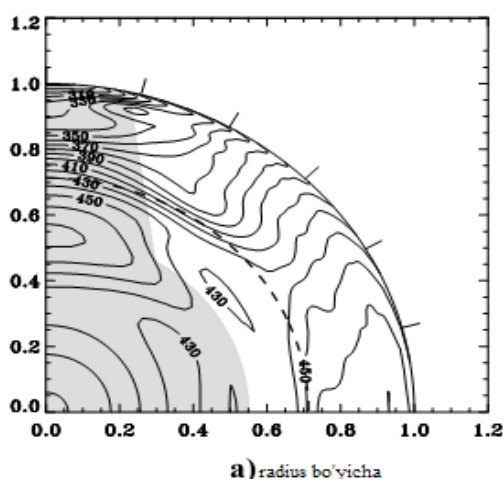
Bu jadvalda ko'rsatib o'tilgan barcha l ning turli qiymatlaridagi chastotalari yuqorida aytilganidek katta va kichik tilinishlar ya'ni parchalanishlar orqali hisoblab chiqilgan bo'lib bu dissertatsiya ishida katta ahamiyatga ega. Bu qatorni tahlili past darajali yakka tartibdagi modalarni katta qiymatdagi chastotalarni dastlabki o'lchash imkoniyati paydo bo'ldi. Bu yo'nalishdagi keyingi istiqbollar uchun o'nlab va undan ko'proq marta uzliksiz qatorni uzunligini orttirish kerak bo'lar edi. 3.3-rasmda Quyoshning yuzadagi global tebranishlari, yuqoridagi hisoblashlar asosida keltirib o'tilgan [10].



3.3-rasm. Quyosh yuzasidagi tebranish chastotalarining katta va kichik parchalanishlar orqali l va m ning har xil qiymatlarida moda tedranishlar amplitudasini yuzadagi taqsimlanishi.

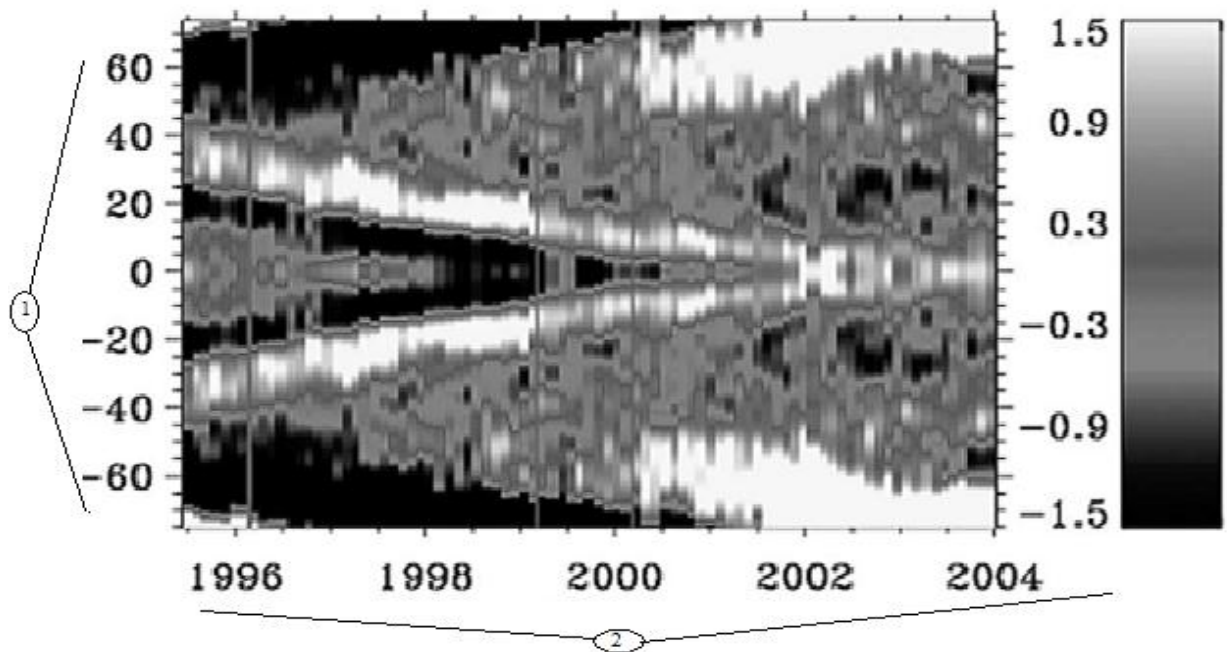
3.3§. Quyosh aylanishining gelioseysmologiya usuli bilan aniqlanishi

SOHO va GONG ma'lumotlariga ko'ra xususiy tebranishlar chastotasining ajralishi. Quyosh ichki aylanishining burchak tezligini yaxshi aniqlikda aniqlash imkonini berdi. Faqatgina markaziy yadro va maydon hududidan tashqari. (3.3a-rasm). Bu o'lchashlar kirib boradi va keyin keskin nurli zonada amaliy jihatdan qattiq jismlar aylanishiga o'tadi [17,24]. Qisqa o'tish zonasi $0.05 R_e$ enililikda taxoplinoy deb ataladi. Bu zonada magnit maydoni generatsiyasining asosiy jarayoni Quyosh dinamasi sodir bo'ladi, va 11 yillik sikl bunga ma'suldur. Ammo hozircha hech qanday ma'lumot 11 yillik taxoplindagi variatsiya uchun mavjud emas (ma'lumot yo'q). Shu bilan birga bu zonada 1,3 yil davrda aylanish tezligi variatsiyasida muammoli vaziyatlar kuzatiladi (3.3b-rasmda ko'rsatilgan). Vaholanki, ular noxizizqli effekt natijasida ko'rinadi—"fazoviy vaqtli fragmentatsiya". Ammo bu variatsiyaning haqiqiyliigi shubha ostida turibdi.



3.3-rasm. a) Quyosh ichki (nHz) doimiy aylanish izo chiziqlari. Gelioseysmologik ma'lumotlar bo'yicha. Qorong'ulashgan qismi hozirgi vaqtda olingan natijalar ishonchli emasligini ko'rsatdi. Shtrixovka chiziqlari konvektiv zona pastki chegarasi ya'ni taxoplinlarni joylashishini ko'rsatadi. b) taxoplinda variatsiya aylanish tezligini vaqt bo'yicha GONG ma'lumotlariga ko'ra (kumush simvollar) va SOHO, MDI (qora simvollar).

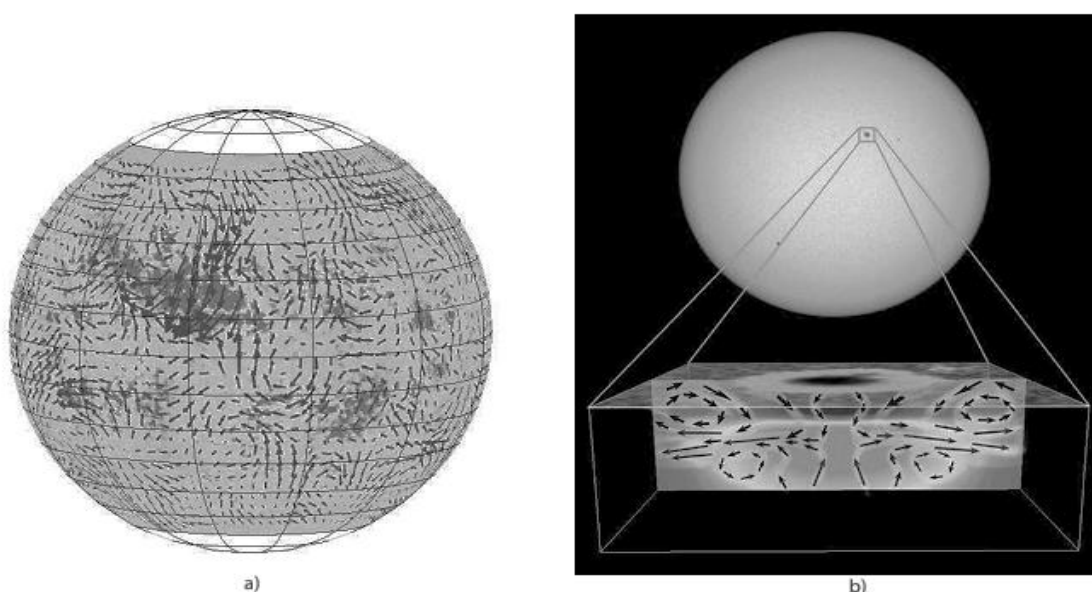
Quyosh aylanish variatsiyasi-11yillik sikl jadalligi bilan aniqlangan, yuqori konvektiv zonada kuzatiladi. Bu –ya’ni “aylanuvchi tebranishlar” sekin va tez aylanishlar zonasini tasvirlaydi, kenglik bo’yicha navbatlashuvchi va yuqori kenglikdan pastki kenglikka qarab sikl rivojlanishi bo’yicha o’chib-yonuvchi zona hisoblanadi (3.4-rasm).



3.4-rasm. Har xil kenglikda yuza osti qatlamda Quyosh ichki aylanish tezligining o’zgarishi (vaqt bo’yicha) Quyosh sekli o’zgarishini ekvatorga qarab o’chib-yonuvchi, zonali oqim “aylanuvchi tebranishlarni” ko’rsatadi. 1-amplitudasi, 2-vaqt.

Aylanuvchi tebranishlarni birinchi marta Quyosh yuzasida Bovard va Labont tomonidan aniqlandi va keyin konvektiv zonada gelioseysmologiya yordami bilan, fotosfera ostida topildi. Bu oqimning chuqurligi hozircha aniqlanmagan, lekin shunday ko’rsatma borki, ular konvektiv zona pastki chegarasiga qadar kirib borishi mumkin. Zonali o’chib-yonuvchi oqim Quyosh sikli mexanizmiga shubhasiz, katta rol o’ynaydi, chunki faol oblast sekin va tez oqimlar orasidagi chegarada yaqqol ko’rinadi, ammo ularning tabiati hali o’rganilmagan.

Lokal fazoviy-vaqtli gelioseysmologiya usullari va xalqali diagrafmalar yordamida fotosfera ostidagi oqimning sinoptik kartasi (xaritasi) olindi. Bu olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, faol oblast atrofida mavjud bo'lgan uchrashuvchi plazmali oqimlar taqriban 50m/s ga ega (3.5a-rasm). Bu turg'un to'lqin, uzoq yashovchi oqimlar meridianal serkulyatsiyani Quyosh maksimum davrida o'rtacha qadar kamaytiradi, bu esa oblast maydonida magnit maydonlarini o'tishiga va Quyosh maydonining global qayta qutblashuviga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi[11].



3.5-rasm. Yirik masshtabli fotosfera ostidagi oqim, faol oblast atrofida birlashadi: strelka oqim tezligining yo'nalishi va miqdorini ko'rsatadi; (maks tezlik 50m/s atrofida bo'ladi).

Qorong'u qismi yuzadagi magnit maydoni; b) Quyosh dog'ining vertikal kesimi, dog' ostidagi tezlik maydoni o'qisimmetrik va tovush qo'zg'alish tezligini ko'rsatadi. Qorong'u qismi bevosita dog' osti chuqurligi 4-5 mm bo'lgan zona yuqori tovush tezligiga mos keladi.

Yorug' va chuqur qismi yuqori tovush tezligi zonasini belgilaydi. Oqimning xarakterli tezligi taxminan 1 km/s. Yuqori panel dog'ning kontenumdagi tasvirini ko'rsatadi.

Qator qilingan ishlar va 3.5-rasmda tasvirlangan fotosfera faol oblastlari orqali Quyosh yuzasidagi global tebranishlarni o'rganishga katta imkoniyat yaratadi va tebranishlar xossalarini o'rganishga keng yo'l ochib beradi.

III bob bo'yicha xulosa

Quyoshning akustik tebranishlarini chastotalari l -ning keng diapazoni uchun identifikatsiya qilingan (ya'ni kuzatilgan chastotalar qaysi nazariy (l, n) modaga mansubligi) va katta aniqlikda o'lchangan. Bunday modda aralashuvi, Quyoshning butun evolyutsiyasi davomida ro'y bergan degan xulosaga kelindi. Dissertatsiya ishimning III bobida l va n modalar chastotasi katta va kichik parchalanishlar orqali yechib chiqishga va bu yechimni matlab dasturida modellashtirishga erishdim.

Ishni bajarish davomida Quyosh aylanishi va uning aktivlik yillari bir-biriga uzviy bog'liqligi keltirilgan bo'lib, Quyosh aylanish variatsiyasi-11yillik sikl jadalligi bilan aniqlangan, yuqori konvektiv zonada kuzatiladi. Bu –ya'ni “aylanuvchi tebranishlar” sekin va tez aylanishlar zonasini tasvirlaydi, kenglik bo'yicha navbatlashuvchi va yuqori kenglikdan pastki kenglikka qarab sikl rivojlanishi bo'yicha o'chib-yonuvchi zona hisoblanadi.

Ushbu global tebranishlarni o'rganishda quyidagi tadqiqot ishlarini olib borish va kerakli ma'lumotlar ustida ishlash shu bilan bir qatorda Quyoshning akustik modalarining chastotalari, katta va kichik tilinishlarni aniqlash va Quyosh aylanishining gelioseysmologiya usuli bilan aniqlanish sohalari batafsil ko'rib chiqildi.

Xulosa

Dissertatsiya ishimning I bobida Quyoshning ichki tuzilishi haqida ma'lumotlar bo'lib, II bobda esa Quyoshning ichki tuzilishini gelioseysmologiya usullari yordamida o'rganishga bag'ishlangan. Ishning III bobida, birinchi va ikkinchi boblarga o'zaro uygun holda global gelioseysmologiya sohasida olingan asosiy ilmiy natijalar keltirib o'tilgan. Ushbu mavzu doirasida to'plangan ilmiy manbalardan kelib chiqqan holda, ishimning so'ngi qismida ba'zi muhim ma'lumotlarni kiritish va xulosalash o'rinli deb topdim.

Gelioseysmologik tadqiqotlar Quyosh ichida plazmaning murakkab dinamikasini ochib berdi. Ko'pgina natijalar kutilmagan va mos kelmaydigan tassurotlar bilan bog'liq bo'lib zamonaviy nazariy model bilan tushuntirishni iloji bo'lmadi. Quyosh faolligi asosiy maxanizmini tushunish uchun, generatsiya, magnit energiyasining ajralib chiqishi va to'planishi, kabi hodisalarni juda chuqur va aniq o'rganish lozim. 11-yillik sikl bilan bog'liq bo'lgan differensial aylanish variatsiyasi va meredianal serkulyatsiya, ayniqsa faol ablasning hosil bo'lishi va magnit maydoni jarayonlari, ularning fotosfera ostidagi evalutsiyasi, oqimning tez siljishi, bu hammasi katta o'zgarishlarni keltirib chiqarishi va atmosferada magnit maydonning qayta qo'shilishi shu bilan birga tojda portlashga olib keladi.

Yangi kuzatuv ma'lumotlari gelioseysmologiya uchun ichki va atmosfera orasidagi bog'lanishlar magnit gidrodinamik hodisalarni yangi kosmik observatoriyalar yordamida olish va kuzatish mumkin. Bo'lajak tadqiqotlar uchun raqamli rialistik va plazmali modelni rivojlantirish noodatiy muhim hisoblanadi. Bunda tez o'suvchi hisoblash imkoniyatlaridan foydalanish zarur. Raqamli modellar gelioseysmologik tahlilni natijalarini interpretatsiya qilish uchun, xuddi shunday tadqiqot usullarini test qilish uchun ham juda muhimdir. Gelioseysmologiya Quyoshni ichki qismlarini o'rganadigan fan hisoblanadi. Uning asosiy usuli: Quyosh yuzasida ro'y beradigan tebranishlarni qayd qilish orqali uning ichki tuzilishini o'rganishdan iboratdir. Quyosh bamisoli 3 o'lchamli rezonator bo'lib, faqat unga xos

chastotalarda tebranadi. Biror musiqali astronomik asbobda Quyoshning rezonans chastotalari ko'pdir. Quyoshda bir vaqtda 10 millionga yaqin individual xususiy chastotalar modalar ko'rsatiladi. Har bir moda o'zining chastota va amplitudasiga ega, moda va amplitudasining kvadrati uning quvvatiga proporsionaldir.

Quyoshda mavjud modalarning biror uskuna yordamida barobar kuzatish mumkin emas. Agar bunday bo'lmaganda gelioseysmologiya usullari bilan biz hech qanday natijaga erisha olmasdik. Chunki Quyosh tebranishlarining quvvat spektrini devorini tashkil qilgan bo'lardi. Quyosh tebranishlari uning intensivligining va radiusining o'zgarishlari bilan kuzatiladi. Undan tashqari, tebranishlar spektral chiziqlarni Dopler siljishi orqali ham kuzatiladi. Lekin bu o'zgarishlar nihoyatda kichik bo'lgani uchun gelioseysmologik kuzatuvlar oxirgi 25 yildan beri amalga oshiriladi xolos. Misol uchun: Quyoshni 1 mln. ta lampochka bilan taqqoslasak shundan faqat 1 tasi o'chib yonishini farqlashga teng Quyosh nurlanishining unda ro'y berayotgan tebranishlar o'zgarishi 10^6 ni tashkil etadi. Bu tebranishlar akustik tebranishlar deyiladi va ular bir necha minutdan 30 minutgacha bo'ladi. Maksimal amplituda 20 sm/s ni tashkil qiladi. Gelioseysmologiyada muhim olingan natijalardan biri uni ichki qatlamini aylanishidir. Bungacha mavjud bo'lgan nazariy tahlillar natijasiga ko'ra Quyoshning sirtiga nisbatan 10 marta tezroq aylanishidir. Gelioseysmologik natijalar Quyoshni standart modelini aniqlashda hissasini qo'shdi. Natijada neytrino muammosini ham yechilishida gelioseysmologiya usullari katta hissa qo'shdi. Gelioseysmologiya bo'yicha tadqiqot ishlarining rivojlanishi bu usulda olingan ma'lumotlar, Quyosh ichki tuzilishining standart modelini ishlab chiqish imkonini berdi. Natijada Quyosh konvektiv zonasining qalinligi o'lchanganida, u Quyosh radiusining 29 foizini tashkil qilishi ma'lum bo'ldi.

Kuzatishlar, shuningdek, Quyosh nuriy zonasining qalinligini xam o'lchashga imkon berib, standart modelning nuriy energiyani tashish

masalasidagi qaror topgan qarashda kamchiliklar mavjudligini anikladi. Seysmik ma'lumotlar Quyosh plazmasining nurlanishining moda bilan o'zaro ta'sirlashuvi nazariyasida ko'zda tutilgan "tiniqmaslik" koeffitsiyentiga tuzatish kiritishga imkon yaratdi. Va, nihoyat, gelioseysmologiya yordamida Quyosh yadrosining tuzilishiga oid yangi ma'lumotlar olindi. Bu ma'lumotlarga binoan, yadroda moddalarning aralashuvi kuzatiladi. Bunday modda aralashuvi, Quyoshning butun evolyutsiyasi davomida ro'y bergan degan xulosaga kelindi.

Gelioseysmologiya asosiy muammolaridan biri, dissertatsiya mavzusiga doir, qilingan ishlarni va qilinishi zarur bo'lgan muhim bo'lgan tomonlarini o'rganib chiqib dissertatsiyani tayyorlash davomida quyidagi asosiy xulosaga keldim. Ushbu global tebranishlarni o'rganishda quyidagi tadqiqot ishlarini olib borish lozim.

- Quyosh faolligi asosiy mexanizmini tushunish uchun, generatsiya, magnit energiyasining ajralib chiqishi va to'planishi, kabi hodisalarni juda chuqur va aniq o'rganish lozim.
- Fotosfera ostki strukturasini uch o'lchovli tasvirini olish imkonini beradigan modelni yaratish lozim.
- Quyoshning global tebranishlarini o'rganishda, Quyoshning lokal tebranishlarini hisobga oladigan usullarni ishlab chiqishdan iborat.

Adabiyotlar

1. I.A.Karimov “Jahon moliyaviy-iqtisodiy inqirozi O'zbekiston sharoitida uni bartaraf etishning yo'llari va choralari” Toshkent O'zbekiston 2009yil
2. I.A.Karimov “Mamlakatimizda demokratik islohatlarni yanada chuqurlashtirish va bu fuqorolik jamiyatining rivojlantirish kontsepsiyasi” 12 noyabr 2010yil.
3. I.Sattorov. Astrofizika II-qism. Toshkent. “Turon-iqbol” 2007 y.
4. I.Sattorov. Astrofizika I-qism. Toshkent. “Turon-iqbol” 2008 y.
5. Sh.A.Egamberdiyev doktorlik “Dissertatsiya” si 1994 yil.
6. A.Serebryanskiy a.*, Sh.A.Ehgamberdieva, J. Sh. Kholikova, E. Fossatb, B. Gell/, F.X. Schmiderb, G. Grecc, A. Caccianid, P.L. Pallee, M. Lazrekr, J.T. Hoeksemag “An estimation of global solar p-mode frequencies from IRIS” network data: 1989-1996
7. Kononovich, Moroz. “Gelioseysmologiya Obshiy kurs astronomii” 2004g
8. K.Yevgeniy «Quyosh yuzasidagi tebranishlar» maqolasidan (20.08.11)
9. Conny Aetr, “Lecture notes by Conny Aerts”, Catholic University of Leuven, Belgium, 2005
10. Aerts, C., Christensen-Dalsgaard, J., Kurtz, D. W., “Astero-seismology”, Springer, 2010
11. Pijpers, F.P., “Methods in helio- and astero-seismology”, ISBN-13 978-1-86094-755-1 (HB. Published by Imperial College Press, London, UK, 2006
12. Voronsov S. V., Jarkov V.N., Gelioseysmologiya, Itogi nauki i texniki, ser. “Astronomiya”, VINITI, t. 38, 1988.
13. Eric Fossat “Helioseismology” Toshkent, oktober 7th 2011
14. D.Ya.Martynov, Kurs obshchey astrofiziki, M., “Nauka,
15. Bokal Dj. Neytrinnaya astrofizika. M.: Mir, 2003g.
16. www.nasa.com.
17. suntrack.edu
18. [solar cycle 24. edu](http://solar.cycle24.edu)

19. [solar cycle 24. com](http://solar.cycle24.com)
20. [www. Google.uz](http://www.Google.uz)
21. [www. Ziyonet.uz](http://www.Ziyonet.uz)
22. [www. Astronet .uz](http://www.Astronet.uz)
23. Alimov T.A., Maxmudov B.M., Sirajev. “Quyosh fizikasi”, uslubiy qo’llanma Samarqand 2010 y.
24. Antia H.M., Basu SOHO Helio and Astroseismology : Tawards a Golden Future. ESA 2004.
25. Gizon L. “Probing flows in uppen solar convection zona” Stanford Univer.2003