

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

ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

Qo'lyozma huquqida

UDK: 523(078)

SHIRINOV ODIL

**Samarqand observatoriyasining 48-sm teleskopida qalqonining deltasi
tipidagi yulduzlarni astroseismologik tatqiq etish.**

5A440302 – Astrofizika, radioastronomiya

Magistr

akademik darajasini olish uchun yozilgan

DISSERTASIYA

**Ish ko'rib chiqildi va himoyaga
ruhsat berildi.**

**“Astrofizika” kafedراسi mudiri
prof. MahmudovB.M._____**

Ilmiy rahbar:

dots Tillayev Yu._____

SAMARQAND-2011

Kirish

Tabiatda uchraydigan aksariyat yulduzlar o'z yorqinligini u yoki bu sabab bilan o'zgartirib turadi. O'zgaruvchan yulduzlar asosan uch turga bo'linadi:

- Qo'shaloq va karrali yulduzlar. Bu yulduzlar o'zlarining harakati va bir-birini to'sish orqali yerdagi kuzatuvchiga o'zgaruvchan bo'lib ko'rinadi. Zich qo'shaloq yulduzlar tizimi nostatsionar yulduzlar faoliyatida muhim o'rin egallaydi. Bunday tizimlarni tashkil etuvchilari orasida modda almashinuvi ro'y berib turadi, bu esa o'z navbatida, yulduz faoliyatida keskin o'zgarishlar (masalan, chaqnashlar) hosil bo'lishiga olib keladi. Qo'shaloq sistemalarni tatqiq qilish yulduzlar evolyutsiyasini tushunish uchun katta qiziqish uyg'otadi. Ma'lumki karrali sistemalarning yulduz Yer evolyutsiyasi alohida yulduzlar evolyutsiyasidan farq qiladi. Zich qo'shaloq sistemalar alohida qiziqish uyg'otadilar, unda massa yo'qotishi (eng muhim proseduralardan biri) qo'shni yulduzlarning ko'taruvchi kuchi tufayli juda sezilarli bo'lishi mumkin. Biroq bu tekshirishlar ba'zi qiyinchiliklar bilan kechadi, ularni hal qilish uchun sistemaning xarakteristikalarining shunigdek alohida tashkil etuvchilarining (massa, temperatura, radius) parametrlarining bo'lishi zarur. Misol uchun qo'shaloq tizim orbitasi parametrlarini shuningdek tutilish momentlari va davomiyligini, har bir qo'shaloq sistema yulduzlarini yorug'lik egrisi ajralishi imkonini beruvchi orbita og'ishini bilish har bir yulduzning temperaturasi massasi va radiusini bilish yulduzning astrosismalogik modelini bilish imkonini beradi. Bundan tashqari karrali tizimlarda yanada yuqori tartibli moddalarni ko'rish imkoniyati paydo bo'ladi.

- Yana shunday yulduzlar borki, ular yakka bo'lishlariga qaramay o'z yorug'liklarini o'zgartirib turadi. Bunga sabab yulduzning ichki sohalari va sirtida bo'layotgan fizik jarayonlardir. Bu turning dastlabki vakillari eruptiv o'zgaruvchan yulduzlardir. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar nisbatan kichik yorqinlikka ega bo'lgan yulduzlar (asosan, mitti yulduzlar) bo'lib, ularning o'zgaruvchanligi vaqti-vaqti bilan qaytalanuvchi chaqnash ko'rinishida bo'ladi. Bunday chaqnashlar mazkur yulduzlardan plazmaning uloqtirilishi (erupsiyasi) bilan tushuntirilgani uchun ham ular eruptiv

o'zgaruvchan yulduzlar deb yuritiladi. Eruptiv yulduzlarning tipik vakillari yangi va o'tayangi yulduzlardir.

- Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar fizik o'zgaruvchan yulduzlarning vakili. Pulsatsiyalanayotgan yulduzning yorug'ligini o'zgarishi bilan uning temperaturasi, spektri va spektral sinfi ham o'zgarib turadi. Yulduzning yorqinligi oshgan sari uning kengayishi tezlashadi va yorug'lik maksimumgacha yetadi. Bu paytda yulduzning ichki qaynoq qatlamlari ochiladi va u intensiv nur socha boshlaydi. Shundan keyin energiyasining ko'p qismini sohib bo'ladi. Bu minimumgacha davom etadi. Yulduz atmosferasida portlash ro'y bermaydi, balki yulduz sirtining kengayishi va siqilish siqilayotgan gazdagi geliy ionlari (Ne II hamda Ne III) ning hosil bo'lishi bilan bog'liq.

Astrosismalogiya astrofizikaning eng yosh va gurkurab rivojlanayotgan sohasidan biri. Astrosismalogiyaning geliosismalogiyadan kelgan metodlari va tekshirish uchun o'zgaruvchan yulduzlarning bevosita ichkarisiga kirish imkonini bermoqda va ularning ichki tuzilishini tadqiq qilish mumkin bo'ladi. [1-3] Uning metod (usul)lari moddaning global akustik (p) va gravitatsion (g) tebranishlarining xarakteristikalarini aniq o'lchash va keyinchalik xarakteristikalarini solishtirishga asoslangan, ular metodlardan olinadi. Hozirgi kunda ba'zi yulduzlarning massasi

δ Sst, γ Dor va qisqacha o'lchash yulduzlarining individual modda tebranishlarini kuzatish imkoni paydo bo'ladi. Bu tadqiqotlar butun holda barcha astrofiziklar uchun qator qiziqish uyg'otdi, chunki har xil evolyutsion bosqichlari yulduzlarining ichki tuzilishlarini fizik xarakteristikalari unchalik farq qilmaydigan massa va radius bo'yicha umuman boshqa va ichki tuzilishi eng yaxshi o'rganilgan yulduz Quyoshdan tuzilishi bo'yicha katta farq qiladi.

Qalqonning deltasi tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar bular – yorqinligi yulduz sirtining radial va noradial tebranishlari ta'sirida keskin o'zgarib turadigan yulduzlardir. Bu tipdagi yulduzlarga odatda gigantlar yoki spektral sinflari A0 dan F5 gacha bo'lgan yulduzlar kiradi. Bu yulduzlarning yorqinlik o'zgarishlari 0,003 dan 0,9 yulduz kattaligigacha qiymatini tashkil etadi, o'zgarish davrlari bir necha soatga teng bo'ladi. Yorqinlik egri chizig'ining ko'rinishi davri va amplitudasi har xil yulduzlarda keskin farq qiladi. Kuzatuvlar radial tebranishlar bilan bir qatorda noradial tebranishlar borligi

xaqida axborot beradi. Ba'zi yulduzlarda bu turdagi o'zgaruvchanlik to'satdan paydo bo'ladi va bazida bunday o'zgarish umuman yo'qoladi. Yorqinlik egri chizig'i odatda nuriy tezliklar egri chizig'ining aksini ko'rsatadi. Bu turda yulduzlarning dastlabki vakili qalqoning deltasi bo'lib uning yorqinligi $+4,6^m$ dan $+4,79^m$ gacha o'zgarib turadi, davriyligi 4,65 soatga teng. Shu sinifga arsloning β si kossapiyaning β si kiradi.

Dolzarblik. Bizga eng yaqin bo'lgan yulduz – Quyoshni tadqiq etish amaliy ahamiyatga ega, uni tadqiq qilish usullari esa o'z qulayliklariga ega va shu tufayli juda ilg'or hisoblanadi. O'z navbatida, Quyoshni o'rganish usullari yulduzlar astrofizikasi uchun foydali bo'lishi mumkin. Oxirgi yillardagi zamonaviy ilmiy-texnik taraqqiyotning jadal rivoji Quyoshni tadqiq qilish usullarini olis yulduzlarga tadbiq qilish imkonini bera boshladi. Bunga yorqin misol sifatida geliioseysmologiya fanidan astroseysmologiyaga o'tishni keltirishimiz, ya'ni Quyosh sirt tebranishlari orqali uning ichki qismlarini o'rganuvchi fan usullarining yulduzlarga nisbatan qo'llanayotganligini eslab o'tishimiz mumkin. Bunda albatta yorqinligi va uning o'zgarishlari katta bo'lgan pulsatsiyalanuvchi yulduzlar astroseysmologiya uchun dastlabki o'rinda qiziqish uyg'otadi. Bunday yulduzlar sirasiga Qalqon yulduz turkumining delta yulduzi tipidagi o'zgarishga ega bo'lgan yulduzlar kiradi.

Qalqonning deltasi aslida uch yulduzdan iborat qo'shaloq yulduzlar tizimi bo'lib, Quyoshdan 187 yorug'lik yiliga teng masofada joylashgan. Tizimning asosiy yulduzi Qalqon δ sining A yulduzi F2 sinfiga mansub sarg'ish-oq gigantdir. U 4.65 soatga teng davr bilan tebranib turadi va yorqinligini 4.79 dan 4.60 yulduziy kattalikkacha o'zgartirib turadi. Bunday o'zgarishlar dastlab shu yulduzda, keyinchalik esa osmonning boshqa sohalaridagi boshqa yulduzlarda uchragani uchun bu turdagi o'zgaruvchan yulduzlar Qalqonning δ si tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar deb nomlangan.

Astrofizikaning asosiy vazifalaridan biri bu yulduzlar shakllanishi va evolyutsiyasining xar-xil etaplarida sodir bo'ladigan fizik jarayonlarni tushunishdan iboratdir. Astroseysmologiya yulduzning ichki qismlarini yulduz tuzilishining u yoki bu nazariy modeli bilan kuzatuvdan olingan natijalarni solishtirish orqali tadqiq etadi. Yulduzlar ichki tuzilishi va evolyutsiyasini astroseysmologiya usullari yordamida tadqiq etish astrofizikaning yosh va jadal rivojlanayotgan yo'nalishlaridan biridir. Xozirgi paytda astroseysmologiya yulduzlar ichki tuzilishi va dinamikasini tadqiq qilishning yagona usuli

hisoblanadi. Bu izlanishlar nafaqat astrofizika nuqtai nazaridan, balki butun boshli fizika fani nuqtai nazaridan katta qiziqish va dolzarblik kasb etadi, binobarin, turli yulduzlarning ichki tuzilishi turlicha va juda yaxshi o'rganilgan yulduz, ya'ni Quyoshning ichki tuzilishidan tubdan farq qilishi mumkin.

I Bob.

O'zgaruvchan yulduzlar

Astrofizikada biz spektri yutilish (absorbsion) chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat, yorug'ligi va boshqa fizik ko'satqichlari (T, R) deyarli o'zgarmaydigan yulduzlar tabiati bilan tanishib chiqdik. Atmosfera qatlamlari bir jinsli yassi-parallel bo'lgan bunday yulduzlar statsionar (o'zgarmas) yulduzlar deb ataladi. Bunday yulduzlar ko'p. Biroq ular orasida yorug'ligi va spektrini tez va katta miqdorga o'zgartib turadiganlari ham uchraydi. Bunday yulduzlarning ayrimlarining yorug'ligi va unga mos ravishda spektri davriy ravishda o'zgarsa, boshqalariniki betartib va katta miqdorda o'zgaradi, uchinchilarining spektrida keng emission chiziqlar, to'rtinchilarinikida esa absorbsion chiziq bilan birgalikda emission chiziqlar ham ko'rinadi.

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, yulduzning nurlanishi va unga mos keladigan spektri uning atmosfera qatlamlarida hosil bo'ladi, demak, yulduzning yorug'ligi va spektridagi o'zgarishlar uning atmosfera qatlamlarida ro'y berayotgan fizik jarayonlar (chaqnash, portlash va otilib chiqish, kengayish va siqilish) bilan bog'liq. Bunday jarayonlar yulduz atmosferasida statsionarlikning buzilishi natijasida ro'y beradi. Shuning uchun yorug'ligi va spektri fizik jarayonlar natijasida o'zgartib turuvchi yulduzlar o'zgaruvchan (nostatsionar) yulduzlar deb ataladi.

- 1) yorug'ligini pulsatsiyalar ketma-ketligi sifatida o'zgartuvchilari — pulsatsiyalanuvchi yulduzlar deb ataladi;
- 2) spektrida yorug' emission chiziqlar ko'rinadigan yulduzlar;
- 3) chaqnovchi mitti yulduzlar;
- 4) yangi va o'ta yangi yulduzlar.

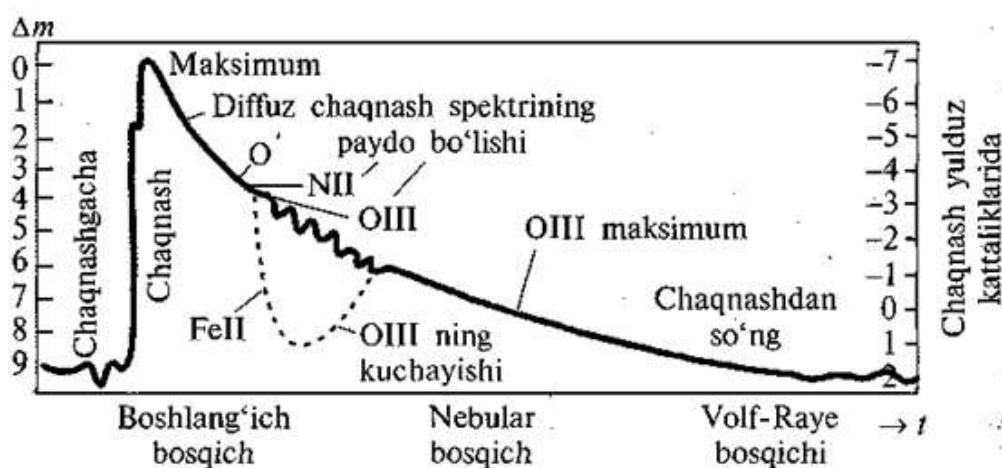
1.1 Fizik o'zgaruvchan yulduzlar

Fizik o'zgaruvchan yulduzlar ravshanliklarning o'zgarishi, tutiluvchi qo'shaloq yulduzlar ravshanliklarining davriy o'zgarishidan farqli o'laroq, shu yulduzlarning qa'rida kechadigan fizik jarayonlar tufayli sodir bo'ladi. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar, ravshanliklarining o'zgarish xarakteriga ko'ra eruptiv va pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlarga bo'linadi.

Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar

Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar nisbatan kichik yorqinlikka ega bo'lgan yulduzlar (asosan, mitti yulduzlar) bo'lib, ularning o'zgaruvchanligi vaqt-vaqti bilan qaytalanuvchi chaqnash ko'rinishida bo'ladi. Bunday chaqnashlar mazkur yulduzlardan plazmaning uloqtirilishi (erupsiyasi) bilan tushuntirilgani uchun ham ular eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar deb yuritiladi. Eruptiv yulduzlarning tipik vakillari yangi va o'tayangi yulduzlardir. Qisqa vaqt (1-2 kun) ichida yorug'ligini minglab yoki millionlab marta oshirib yuboradigan, ungacha hech qanday ko'rsatkichi bilan ko'zga tashlanmaydigan, chaqnash paytida esa atrofidagi yulduzlar orasida yaqqol ko'rinadigan yulduzlar *yangi yoki o'tayangi yulduzlar* deb ataladi. Ma'lum vaqt (o'nlab yillar) davomida yangi oldingi holatiga qaytadi, o'tayangi o'rnida esa neytron yulduz hosil bo'ladi. Yangi va o'tayangi hodisasi faqat yorug'likning o'zgarishi bilangina farq qilmaydi, balki ular yulduz faoliyatida butunlay boshqa-boshqa jarayonlardir. Yulduz bir necha marta yangi sifatida, bir marta o'tayangi sifatida chaqnaydi. Yangi yulduzlar qatori chaqnovchi mitti yulduzlarga ulanib ketadi.

Yangi yulduzlar. Yangi yulduzlar eruptiv o'zgaruvchan yulduzlarning ma'lum bosqichini o'zida aks ettirib, «yangi» degan nom ularga shartli ravishda berilgan. O va V sinfga mansub havo rang karlikning chaqnashi sifatida ko'rinadigan bunday yulduzlarni ikki guruhga bo'lish mumkin. Birinchi guruhga juda tez va tez yangilar kiradi, ularning so'nish fazasida yorug'ligining o'zgarish egrisi nisbatan tekis (**rasm 1**),



Rasm 1. Yangi yulduzning chaqnash egriligi

maksimumida absolut vizual kattaligi $M_v = -8 - 14^m$ oraliqda bo'ladi. Yorug'ligining o'zgarish amplitudasi $A=11.9^m$ gacha yetadi. Ikkinchi guruhga past darajada tez va juda sekin yangilar kiradi. Ularning yorug'lik egrisi silliq bo'lmay ichki tuzilishga ega va har xil yangilarniki bir-biriga o'xshamaydi. Bunday yangilarning absolut vizual kattaligi $M_v = -6 - 7^m$ oraliqda, yorug'ligining o'zgarish amplitudasi $A=9.2^m$. Yangilar boshqa galaktikalarda ham kuzatiladi. Masalan, Andromeda tumanligi (M 31) da 300 ga yaqin yangi qayd qilingan. Andromeda tumanligida va bizning Galaktikamizda (~ 200 ta) yangilar yulduz tizimining asosiy tekisligi yaqinida, tizim markazi tomon zichlashib boradigan holda kuzatiladi. Yangining maksimumida absolut vizual kattaligi ($M_{v, \max}$) bilan uning uch birlikka kamayishi uchun ketgan vaqt (t_3) orasida quyidagi statistik bog'lanish topilgan:

$$M_{v, \max} = -11.75^m + 2.5 \lg t_3.$$

1975-yil Oqqushda kuzatilgan yangi uchun $t_3 = 4.1^d$ va $M_{v, \max} = -10.2^m$. Ko'pchilik rasadxonalar ishtirokida o'tkaziladigan maxsus kuzatishlarda Andromeda tumanligida bir yilda 26 ta yangi qayd qilindi.

Yangilarni infraqizil (IQ) nurlarda kuzatishga ko'ra ayrim yangilarning IQ nurlanishi optik nurda maksimumdan keyin kamayish o'rniga ortishi ko'ringan. Misol uchun 1976-yilda chaqnagan NQVal yangining IQ ($\lambda \sim 3.2$ mkm) yorug'ligi 80 kun ichida 3^m birlikka ortdi. Bu esa yangi atrofida hosil bo'lgan ($T=1000^\circ$) ulkan chang qobig' bilan bog'liq.

Chaqnash paytida, yangining spektri o'tagigantga xos xususiyatlari maksimumgacha, kuchaya boradigan normal yulduz spektridan iborat. Bu xususiyatlar spektral chiziqlarni juda ingichkalashib va keskinlasha borishi sifatida namoyon bo'ladi. Bu yutilish chiziqlari spektrning binafsha qismi tomon siljigan va bu siljish kuzatuvchi tomon yo'nalgan bir necha yuz km/s tezlikdagi harakatga mos keladi.

Maksimumdan keyin spektrda keskin o'zgarishlar ro'y beradi: qisqa to'lqinli tomoniga absorbsion (yutilish) chiziqlar yopishib turgan ko'plab emission polosalar (tasma)lar paydo bo'ladi. Absorbsion chiziqlarga endi 1000 km/s dan ortiq harakat mos keladi. Maksimumdan keyin, yangi yorug'ligi 5—6^m birlikkacha kamaygach, tutash spektr juda xira, yulduzning spektri qaynoq gaz spektriga o'xshash emission chiziqlardan iborat bo'ladi. Bu paytda yangi spektri Volf-Raye yulduzlarinikiga o'xshaydi; chaqnashning oxirgi bosqichida emission chiziqlar yo'qoladi va yangi yorug'ligining pasayishiga mos keladigan tutash spektrga ega bo'lib qoladi.

Maksimumdan keyin yangi spektrining Volf-Raye yulduzlar spektriga o'xshashligi ularga qobig'i tez (1500 km/s gacha) kengayayotgan yulduz statusini berishga imkon beradi. Maksimumdan keyin yangi spektrida N, Ca II, Ni, Fe II, Ti II, OI va CI larni absorbsion chiziqlari kuzatiladi. Bu yangining bosh yutilish spektridir. Bulardan tashqari spektrda taqiqlangan chiziqlar [OI] $\lambda\lambda 5577, 6300, 6363$, [N II] $\lambda 5755$, shuningdek, kuchaygan He I $\lambda 5876$ chiziq ko'rinadi. Bosh spektr — diffuz chaqmoq spektrga aylanadi (chiziqlar keng, yoyiq v_H 1500 km/s). Yangining yorug'ligi 3.5^m birlikka pasaygach, yutilish spektri V sinfga mansub yulduzlarnikiga o'xshaydi. Bundan keyin yulduz o'tish fazasiga tushadi; bunda yoki yulduz yorug'ligi kichik tebranishlar ko'rsata boshlaydi, yoki 5^m birlikka keskin pasayib ketadi. Shundan bir necha hafta keyin yulduz yorug'ligi oldingi umumiy pasayish darajasigacha ko'tariladi va yangining so'nishi davom etadi. Spektrda yutilish chiziqlari yo'qoladi, faqat keng emission chiziqlar qoladi. Yangi bu fazasi nebulyar (tumanlikka o'xshash) faza deb ataladi va u yangi chaqnashdan avvalgi darajaga tushguncha davom etadi.

Yangi yorug'ligi va spektrining o'zgarishini «yulduz shishadi va yoriladi» deb tushuntirish mumkin. Haqiqatdan, chaqnash boshlanishida uning yorug'ligi ortishi va spektri deyarli o'zgarmay, uning radiusi kattalashadi yoki yulduzning yetarli darajada

qalin ($r \gg 1$) qobiq qatlami kengayadi. Yulduz diametri Quyoshnikidan bir necha yuz marta kattalashgach, qobiq optik yupqalashadi va bir necha bulutsimon bo'laklarga bo'linib ketadi. Bu bo'laklar yulduzdan barcha tomonga uzoqlasha boshlaydi. Yulduzdan ketma-ket bir necha qobiq qatlamlar uzilib chiqadi va kengayadi. Yulduz atrofida tumanlik hosil bo'ladi. Chaqnash natijasida yangi yulduzning $10^{-4} - 10^{-5} M_{\odot}$ massasi fazoga ulotqirib yuboriladi yoki uning atrofida gaz tumanlik hosil bo'ladi.

G-R diagrammasida yangilar bosh ketma-ketlik qaynoq yulduzlari bilan oq karliklar orasida joylashgan o'rtacha absolut vizual kattaligi $M_v = 4^m$ bo'lgan havo rang karliklardir. Ayrim yangilar zich qo'shaloq ekanligi aniqlangan. Misol uchun Gerkules yulduz turkumida 1934-yilda chaqnagan yangi N Her 1934 to'silma qo'shaloq bo'lib, uning yorug'ligining o'zgarish amplitudasi 2^m birlik, davri $4^h 39^m$ — qisqa. Shunday ko'rsatkichga ega yangilar T-Aur ($P = 4^h 54^m$), V603 Agl ($3^h 20^m$). Bu esa yangilarning massasi kam degan xulosaga olib keladi: $M = (0.87 \pm 0.33)M_{\odot}$

Bunday yulduzlar, aslida eskidan mavjud yulduzlar bo'lib, o'z evolutsiyasining ma'lum bosqichida chaqnash tufayli ravshanligi 10-13 yulduz kattaligigacha ortib, oddiy ko'z bilan ko'rinadigan ravshan yulduzga aylanadi, O'z chaqnashlarining maksimumida, ularning absolut yulduz kattaliklarining o'rtacha miqdori 8,5 yulduz kattaligigacha borib, bunda ular A-F spektral sinflarga mansub o'tagigant yulduzlar ko'rinishiga juda o'xshab ketadi.

Yangi yulduzlarning chaqnash egriligi alohida ko'rinishga ega bo'lib, u chaqnash jarayonini bir necha bosqichga ajratib o'rganishga imkon beradi. Chaqnashning dastlabki bosqichi juda tez, 2—3 sutkada ro'y berib, maksimumga erishishidan oldin bir «to'xtab oladi». Maksimumdan so'ng, yulduz yorqinligi pasaya borib, dastlabki holatiga yetishi uchun ba'zan yillar o'tadi. Yorqinlikning dastlabki 3 yulduz kattaligiga qadar pasayish bosqichi deyarli bir tekis kechadi. Yorqinlikning keyingi 3 yulduz kattaligi pasayishi o'rta bosqich deyilib, bunda yulduz yorqinligi bir tekis tushishi yoxud tushish tebranishlar bilan kechishi mum-kin va, nihoyat, chaqnash so'nishining oxirgi bosqichi yana bir tekis kechib, oqibatda yulduz chaqnashgacha bo'lgan yorqinligiga erishadi.

Yangi yulduzlarning chaqnash mexanizmi haqida hozirgacha aniq bir fikrga kelinmagan. Bu to'g'ridagi mavjud gipotezalarning biriga ko'ra, yulduzning chaqnashi

uning ichida kechayotgan fizik jarayonning oqibati deyilsa, boshqasida bu hodisada tashqi omillar ta'siri asosiy rol o'ynaydi deb qaraladi.

Yangi yulduzlarning portlash jarayoni, zich qo'shaloq yulduzlarning o'zaro modda almashinishi natijasida ro'y beradi, degan gipoteza bu borada e'tiborga sazovor gipotezalardan sanaladi. Bordi-yu, asosiy yulduzning vodorodga boy bir qism moddasi, yo'ldosh hisoblanmish oq mitti yulduz sirtiga tushsa, uning sirtida termoyadro sintezi bilan kechadigan portlash (chaqnash) ro'y berib, katta miqdorda energiya ajraladi. Yangi yulduzlar chaqnash davrida to'la nurlanish energiyasi 10^{38} — 10^{39} J ni tashkil etib, buni Quyosh bir necha o'n ming yildagina berishi mumkin.

Yulduz sirtida portlash ro'y berganda, uning sirtidan ulkan massali moddasi (taxminan 10^{-4} - $10^{-5}M_{\odot}$) 1500-2000 km/s gacha tezlik bilan uloqtiriladi. Oqibatda, yangi yulduz atrofida tarqa-layotgan gaz ulkan tumanlikni vujudga keltiradi. Kuzatishlar natijasida, nisbatan yaqinda joylashgan barcha yangi yulduzlarning atrofida, haqiqatan ham, kengayuvchi shunday gaz tumanliklar kuzatadi.

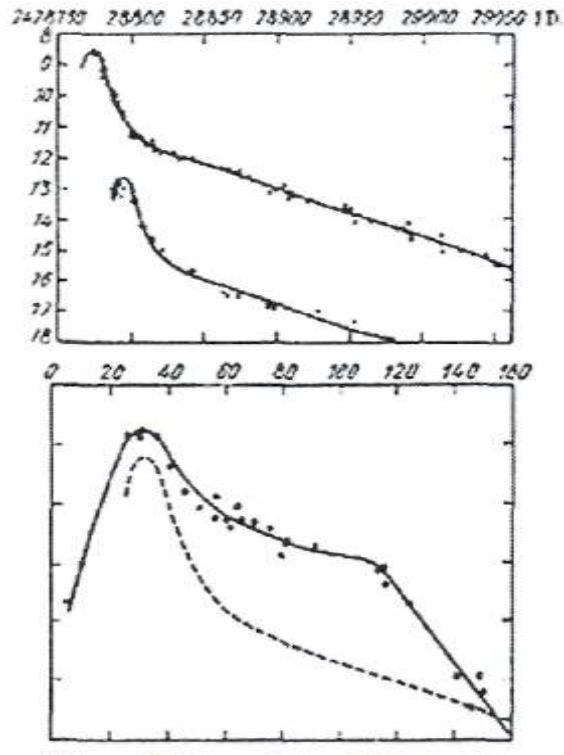
To hozirga qadar fanga 300 ga yaqin chaqnagan yangi yulduz ma'lum bo'lib, ularning 150 ga yaqini o'zimizning Galaktikamizda, 100 ga yaqini qo'shni Andromeda tumanligida kuzatilgan.

O'tayangi (SN) yulduzlar. O'tayangi yulduzlar ham eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar bo'lib, yorqinligi keskin o'zgaruvchi (chaqnovchi) yulduzlardir. Ularning chaqnashlari portlash hisobiga bo'ladi. Portlash tufayli bunday yulduzlarning ravshanligi bir necha kun davomida o'nlab million marta ortadi. Yulduz o'z ravshanligining maksimumiga erishganda o'zi joylashgan Galaktika rayshanligiga, ba'zan undan ham bir necha marta ko'p ravshanlikka ega bo'ladi. Ravshanligining maksimumida, uning absolut yulduz kattaligi -18 dan to -19 yulduz kattaligigacha yetadi. O'tayangi (SN) chaqnashi natijasida ajralib chiqadigan energiya butun bir galaktika sochayotgan energiyaga yaqin bo'ladi. 1885-yilda Andromeda tumanligida kuzatilgan SN 5.6^m yulduziy kattalikka ega boigan. Solishtirish uchun Andromeda tumanligi yig'ma yorug'ligi 4.4^m. Maksimumda SN larni absolut kattaligi o'rtacha $M_v = -15^m$, ya'ni yangilarnikidan 7^m birlikka yuqori. Ayrim o'tayangilar maksimumda $M_v = -20^m$ ga yetadi, bu Quyoshnikidan 10 mlrd marta ortiq demakdir. Bizning Galaktikamizda oxirgi

1000 yil ichida uch marta (1054-yilda Savrda, 1572-yili da Kassiopeyada, 1604-yilda Honeltuvchida) SN chaqnagan. 1572-yilda Kasseopeyada chaqnagan o'tayangi tasodifan qayd qilinmagan. Hozir bu yulduz atrofida gaz tumanlik kuzatiladi va u kuchli radionurlanish (Cas A) sochadi.

Boshqa galaktikalarda ko'plab SN kuzatilgan. O'rtacha har bir galaktika-da 200 yilda bitta SN chaqnaydi. 1957—61-yillarda o'tkazilgan maxsus xalqaro patrul natijasida 42 o'tayangi yulduz kashf etildi. Hozirgacha o'tayangilar soni 500 dan oshdi. Yorug'ligining o'zgarish egrisiga ko'ra SN larni ikki turga: SN I va SN II bo'lish mumkin. SN I maksimumi tez (bir hafta) o'tadi va undan keyingi 25 kun ichida yorug'ligi kuniga 0.1^m dan kamaya boradi. Shundan keyin yorug'ligining pasayishi sekinlashadi (rasm 2) va shu tarzda to yulduz qayd qilib bo'lmaydigan darajagacha xiralashguncha bir xil surat, (kuniga 0.014^m dan) bilan so'nadi. SN ning yorug'ligi eksponensial tarzda 55 kunda ikki marta kamaya boradi. Savr yulduz turkumida 1054-yilda chaqnagan yulduz maksimumida $m_v = -5^m$ kattalikka yetgan va bir oy davomida kunduzi ko'ringan, u kechasi 2 yil davomida teleskopsiz oddiy ko'zga ko'rinib turgan. SN I maksimumda $M_{Rg} = -19^m$, yorug'ligining o'zgarish amplitudasi $A = 20^m$ bo'lgan.

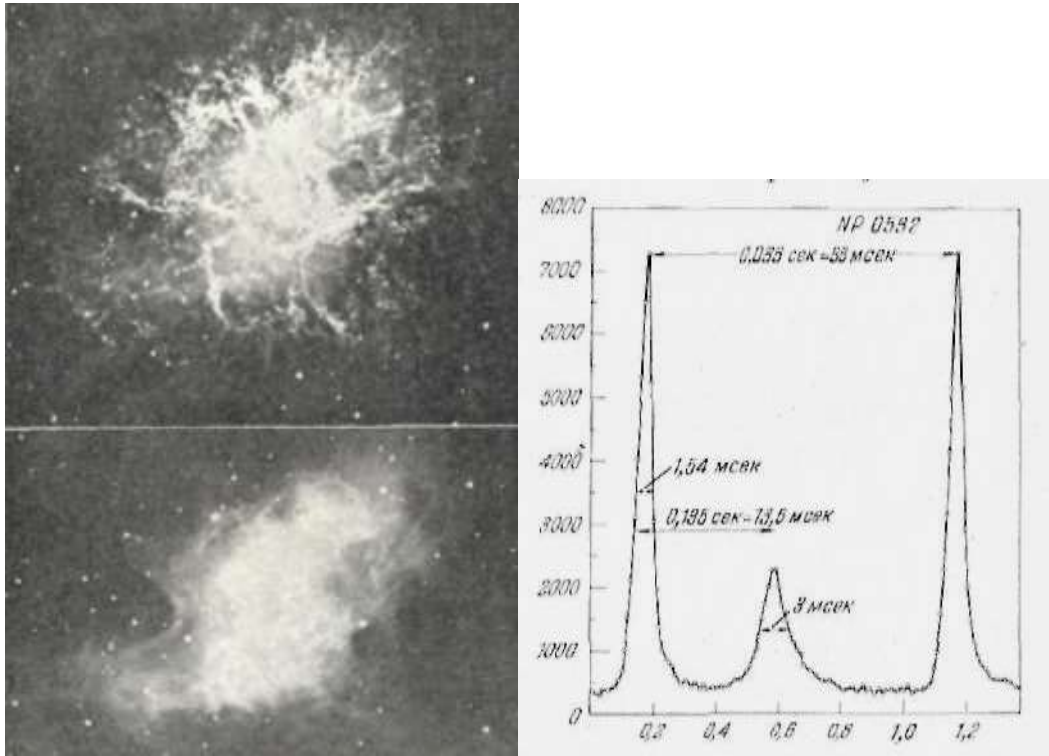
SN II ning yorqinligi pastroq: maksimumda $M_{Pg} = -17^m$, (amplitudasi noma'lum) va shu darajada bir necha vaqt (20 kun) turadi. Undan 100 kun keyin har 20 kunda $1m$ birlikka kamaya boradi (rasm 2).



Rasm 2. SN I (yuqorida) va SN II (pastda) turdagi o'tayangilar yorqinligining o'zgarish egriligi

SN lar galaktika tekisligi chegaralari yaqinida kuzatiladi. SN I — ixtiyoriy shakldagi galaktikalarda, SN II esa faqat spiral galaktikalarda kuzatiladi.

SN I spektri yangilarnikidan butunlay farq qiladi. Spektridagi keng emission tasmalar hech bir element atomi chiziqlarga mos kelmaganligi uchun bu tasmalar chiziq emas, balki tutash spektr sohalaridir. Ularni ajratib turuvchi qora sohalar ken-gaygan va siljigan yutilish chiziqlari degan xulosaga kelindi (E.R. Mustel, Yu.P. Pskovskiy, Rossiya). Bu qora tasmalarni tekshirish natijasida SN I paytida yulduzdan massasi $0.3 M_{\odot}$ ga teng bo'lgan qobig' ajraladi va 15 000 km/s tezlik bilan kengaya boshlaydi. Tezliklar keng oraliqni egallagan. Qobig' bo'laklarga ajralib ketgan. SN II spektri oddiy yangi yulduzlar spektriga o'xshash: qisqa to'lqinli tomoniga yutilish chizig'i yopishib turgan keng emission tasmalardan iborat. Vodorod atomi chiziqlari intensiv. SN I vodorodi yonib tugagan yulduzlar, SN II yosh yulduzlar. SN chaqnagan vaqtda unung atrofida gaz tumanlik hosil bo'lib, SN 1054 o'rnida Qisqichbaqasimon tumanlik sifatida ko'rinadi. SN 1054 va SN 1572 (Kassiopeya) o'rnida hozirgi kunda kuchli radionurlanish manbalari (Tau A va Cas A) joylashgan.



Rasm 3. Qisqichbaqasimon tumanlik (o'ngda) va unung ichida kuzatilgan pulsarning intensivligining o'zgarish chizig'i (chapda)

Qisqichbaqasimon tumanlik ichida 16^m kattalikdagi qo'shaloq yulduz joylashgan. Yulduzlardan biri quyi spektral sinfga mansub, ikkinchisi esa juda qaynoq, kuchli ultrabinafsha rang ortiqlikka ega yulduz. Qaynoq yulduz radio va rentgen diapazonlarda impulslar tariqasida nurlanish sochadi. Impulslar oralig'i davri 0.033 sek.

Bu neytron yulduz bo'lib, o'q atrofida tez aylanishi (sekundiga 33 marta) natijasida pulsar sifatida ko'rinadi. NP 0532 raqam bilan ro'yxatga olingan bu pulsarning davri sistematik ravishda ortib bormoqda (aylanish tezligi kamaymoqda): 2500-yilda 2.7 marta. Bunday sekinlashuv energiyani 10^{38} erg/s ga kamayishini ko'rsatadi (rasm 3).

O'tayangi yulduzlar ham eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar bo'lib, yorqinligi keskin o'zgaruvchi (chaqnovchi) yulduzlardir. Ularning chaqnashlari portlash hisobiga bo'ladi. Portlash tufayli bunday yulduzlarning ravshanligi bir necha kun davomida o'nlab million marta ortadi. Yulduz o'z ravshanligining maksimumiga erishganda o'zi joylashgan Galaktika rayshanligiga, ba'zan undan ham bir necha marta ko'p ravshanlikka ega bo'ladi. Ravshanligining maksimumida, uning absolut yulduz kattaligi -18 dan to -19 yulduz kattaligigacha yetadi. O'tayangi yulduzlar o'z

yorqinligining maksimumiga, portlash yuz bergandan keyin, 2-3 hafta o'tgach erishadi va so'ngra bir necha oy davomida uning yorqinligi 25-30 marta kamayadi. Chaqnash davomida, o'tayangi yulduzlarning umumiy nurlanish energiyasi 10^{41} — 10^{42} Joulni tashkil etadi.

Ma'lum galaktikada o'tayangi yulduzlarning chaqnashi taxminan 100 yil ichida 1-2 martagina bo'lishi mumkin. Tarixda Bizning Galaktikamizda ham bir necha o'tayangi yulduzlarning chaqnashi kuzatilgan. Bular ichida Savr yulduz turkumida 1054-yilda Xitoy astronomlari tomonidan kuzatilgani eng quvvat-lilaridan hisoblanadi. Bu yulduzni, uning portlashdan so'ng bir necha kun davomida kunduzi ham ko'rishning iloji bo'ldi. Chaqnash paytida bunday yulduzlar, 0,1 dan to 1,0 Quyosh massa-igacha miqdoriga teng o'z moddasini 6000 km/s gacha tezlik bilan yulduzlararo bo'shliqqa uloqtiradi. Salkam 1000 yilga yaqin vaqt o'tganiga qaramay, bu yulduzdan uloqtirilgan gaz massasi, hozirgi kunda ham, sekundiga salkam 1000 km tezlik bilan kengayishda davom etmoqda. Chaqnagan yulduz atrofida tarqalayotgan bu gaz massasi juda ulkan gaz tumanlikni hosil qilgan. Savr yulduz turkumidagi bu tumanlik Qisqichbaqasimon tumanlik nomi bilan mashhur. 1572-yili boshqa bir o'tayangi yulduz daniyalik astronom Tixo Brage tomonidan Kassiopeya yulduz turkumida, 1604- yili esa Kepler tomonidan Ilon Eltuvchi yulduz turkumida kuzatildi.

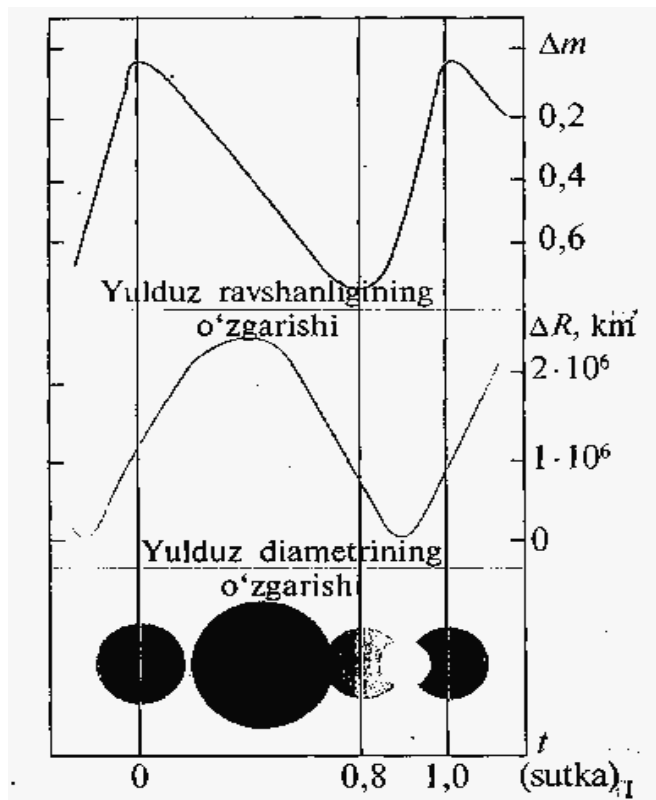
Garchi o'tayangi yulduzlarning chaqnash mexanizmiga doir masala hali uzil kesil hal etilmagan bo'lsa-da, biroq bu hodisa 2-3 Quyosh massasiga teng yulduzlar evolutsiyalarining oxirgi bosqichlarida vujudga keladigan nomuvozanatlikning oqibati ekanligi aniq.

1.2 Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar

Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar — ravshanliklarining bir maromda o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Bu xildagi o'zgaruvchan yulduzlar ravshanliklarining o'zgarishi, asosan, ularning sirt qatlamlarining pulsatsiyalanishi hisobiga bo'lgani uchun ham ular shunday nomlanadi. Yulduzlarni ko'pchiligi fizik ob'ektlarga o'xshashlari o'zining muvozanat holati atrofida tebranishlar sodir etadi. Oddiy holda biz yulduzlar barcha moddasini elementlari markazi bir xil masofali joylashganda, sferik-simmetrik pulsasiya radius bo'ylab sinxrom siljiydi. Bunday tebranishlar radial pulsasiya tebranishlar deb ataladi. Pulsatsiyalanish tufayli bunday yulduzlarning radiuslari ortayotganda ularning yorqinligi va temperaturasi maksimumga erishadi, aksincha kichrayayotganda (ya'ni yulduz siqilayotganda) esa yorqinligi va temperaturasi kamayadi. Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar davrlarining uzunligi va ravshanliklarining o'zgarish darajasiga ko'ra pulsatsiyalanuvchi yulduzlar bir necha turga bo'linadi: Radial pulsatsiyalanuvchi yulduz yerga Sefeyning delta (klassik Sefeylar) Liraning RR Sunbulaning W, Buzoqning RV va Kitning O (miridlar) tipidagi o'zgaruvchilar kiradi. Bunday yulduzlar tuzilishining muhim jihati 90% dan ortiq massasi kompakt yadroga to'plangan, radius yulduz radiusining o'ndan biridan oshmaydi. Radial pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchilarining tipiga bog'liq ravishda sirt kattaligi pulsatsiyalanish davomida radiusining o'ndan biridan (Sefeyning deltasi tipidagi o'zgaruvchilar) to yarimigacha (Sumbulaning W si va Buzoqning RV tipidagi o'zgaruvchilar.) masofaga siljiydi. Shunday qilib, radial pulsatsiyalanishlarda harakat yulduz hajmining katta qismini egallab oladi, biroq pulsatsiyalanuvchi sirtning massasi yulduz massasi bilan solishtirilganda unchalik katta emas. Modda harakatining tezligi sirt yaqinida sekundiga bir necha o'n kilometrni tashkil etadi. Mirid va Buzoqning RV tipidagi o'zgaruvchilarining tashqi qatlamlarida og'irlik kuchi tezlashishi shunchalik kichikki, bunday tezlikda gazning bir qismi ochiq fazoga qaytmas bo'lib otiladi. Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar atmosferasidan modda oqishi spektrning infraqizil diapazonida kuzatishdan, yulduzdan gaz oqishida kondensatsiyalanishida mayda chang zarralari borligidan topiladi. Bundan birinchi uchta turining pulsatsiyalanishi bir-biriga o'xshash va bir xil nazariyasi yaratilgan. Yulduzlarda yanada murakkab noradial

tebranishlar ehtimoli bor. Radial pulsasiyalardagi kabi, bunda ham modda radius bo'ylab siljiydi, biroq faza siljish harakatlanmaydigan sirtidagi koordinatalar nuqtasiga bog'liq bo'ladi. Natijada noradial pulsasiyalanuvchilarning sirt qatlamlari ikki qismga ajraladi, birida modda yulduz markazida harakatlansa boshqasida qarama – qarshi yo'nalishda. Noradial pulsasiyalanuvchi yulduzlarning eng mashhur vakillari Qalqonning deltasi va Sefeydning bettasi tipidagi o'zgaruvchilaridir. Radial pulsasiyalanuvchi yulduzlardan farqli ravishda, yorug'ligi yulduzning butun sirti radiusi va temperaturasi siklik o'zgarishi ro'y beradigan, noradial pulsasiyalanishda nurlanish oqimi o'zgarishi yulduz sirtining alohida qismining temperaturasi variatsiyasi bilan bog'liq. Shuning uchun noradial pulsasiyalanuvchi yulduzlarning yorug'ligi amplitudasining yig'indisi unchalik katta emas va odatda yulduz kattaligining yuzdan bir ulushlaridan oshmaydi. Aynan shu sababli ko'plab noradial yulduzlar oxirgi yillarda yulduz fotometriyasi va spetrokopiya metodlari juda rivojlanganligi tufayli juda ko'plab topildi.

Sefeidlar ravshanliklarining egriligi alohida shaklga ega bo'lib, ularning asosiy fizik kattajiklaridan hisoblangan ko'rinma yulduz kattaliklarining vaqt bo'yicha o'zgarish davri bir necha sutkadan bir necha o'nlab sutkagacha yetadi. Sefeidlar — Sefeyning δ -si ga o'xshash yulduzlar, pulsatsiyalanish davri 1^d (bir sutka)dan 70^d gacha (o'rtacha 7^d) amplitudasi $0.1^m < \Delta m < 2.0^m$; o'rtacha absolut kattaligi $M = -3^m$; F va G sinfga mansub o'ta gigantlar. O'rtacha modda zichligi $\rho = 10^{-5} \text{ g/cm}^3$. Galaktika tekisligida sefeidlar ko'p uchraydi. (Galaktikada I tur aholisi, yassi tashkil etuvchi a'zosi). Bunday yulduzlar ravshanligining egriligi Sefey yulduz turkumi δ yulduzining o'zgarishiga o'xshaganligi uchun ham ular sefeidlar deb ataladi (rasm 4).



Rasm 4. Sefeid (Sefeyning δ si tipidagi yulduz)ning ravshanligi Δm va radiusining ΔR o'zgarish egriliklari

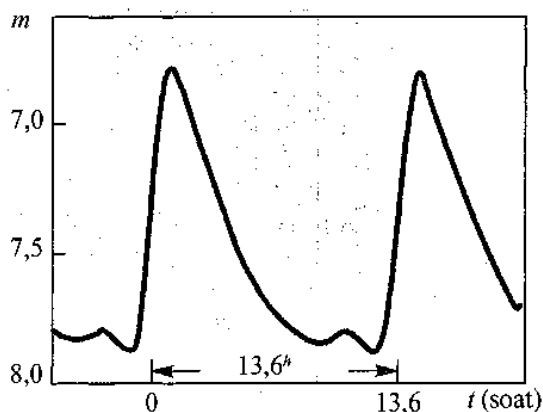
Sefeidlar ravshanligining o'zgarishi 0,1 dan 2,0 yulduz kattaligi chegarasida bo'ladi.

Sefeidlar chaqnashining maksimumida F spektral sinfga mansub yulduz ko'rinishida bo'lib, minimumida G sinfga mansub yulduz ko'rinishini oladi. Ravshanliklarining bunday o'zgarishi yulduz temperaturasining o'rtacha 1500 gradusga o'zgarishiga mos keladi. Sefeidlar spektrida kuzatiladigan chiziqlar uning ravshanligi o'zgarishining fazasiga mos ravishda qizil yoki binafsha tomonga siljib turadi. Bunday siljishlar ham davriy xarakterga ega bo'lib, qizil siljishning maksimumi sefeid ravshanligining minimumiga, binafsha siljishning maksimumi esa ravshanlikning maksimumiga to'g'ri keladi. Sefeidlarning davrlari va ravshanliklari orasida bog'lanish mavjud bo'lib, ular ravshanliklarining ortishi davrlarining ortishida o'z aksini topadi.

Sefeidlar F va G sinflarga kiruvchi gigant va o'tagigant yulduzlar bo'lganidan ularni Galaktikamizdan tashqaridagi obyektlarda ham ko'rishning imkoni bor.

Sumbulaning W-si singari yulduzlar: pulsatsiyalanish davri 2—75 sutka. Barcha pulsatsiyalanish ko'rsatkichlari bo'yicha sefeidlarga o'xshash, faqat yorug'ligi bo'yicha ulardan 1.5—2.0^m yulduz kattalikka xira. F va G sinfga mansub gigant yulduzlar $M=-1^m$. Galaktikani sferik tashkil etuvchisiga mansub F va G sinfdagi gigant yulduzlar. Sefeyning δ -si (Sefeidlar) va Sumbulaning W-si singari yulduzlarning 700 yaqini topilgan va tekshirilgan.

Liridlar — Liraning RR i singari pulsatsiyalanuvchi yulduzlar: davri 80 minutdan 1.2 sutkagacha, amplitudasi $\Delta m < 1^m$, A - spektral sinfga mansub gigant yulduzlar, o'rtacha modda zichligi $\rho = 10^{-2} \text{ g/sm}^3$, asosan sharsimon yulduz to'dalarida ko'rinadi. Liraning RR tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar A spektral sinfga kiruvchi gigant yulduzlar bo'lib, ravshanligining o'zgarish intervali 1—2 yulduz kattaligiga qadar boradi. Spektral sinflarining o'zgarishi A va F sinflar bilan chegaralanadi. Bu tipdagi yulduzlar ravshanliklarining o'zgarish davri 0,05 sutkadan 1,2 sutkagacha bo'lib, juda katta aniqlik bilan kuzatiladi (rasm. 5).



Rasm 5. Liraning RR o'zgaruvchi yulduzi ravshanligining o'zgarishi.

Sefey yulduz turkumining (β si yoki Katta It yulduz turkumining β si tipidagi fizik o'zgaruvchan yulduzlar ravshanligining eg riligi bo'yicha RR tipidagi yulduzlarni eslatmada, yorqinligining juda kam o'zgarishi (0,2 yulduz kattaligida) bilan ulardan farq qiladi. Bu tipdagi yulduzlarning o'zgarish davri 3 soatdan 6 soatgacha borib, sefeidlarniki kabi, ravshanliklarining o'zgarishi davriga bog'liq bo'ladi. O'zgaruvchan yulduzlarning bu ikki asosiy turidan tashqari uzun davrli o'zgaruvchi yulduzlar ham mavjud.

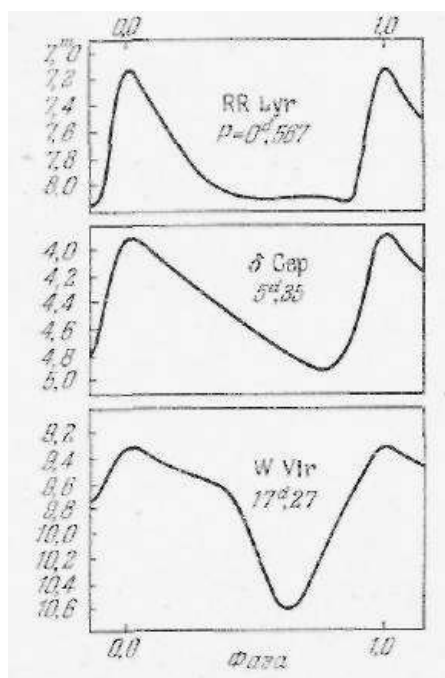
Savr yulduz turkumining RV tipidagi yulduzlar ravshanligining o'zgarish davri

nisbatan qat'iyligi bilan boshqa tipdagi fizik o'zgaruvchan yulduzlardan farq qiladi. Ularning davri 30 sutkadan 150 sutkagacha borib, ravshanliklari 3 yulduz kattaligiga qadar o'zgaradi. Bu tipdagi yulduzlarning spektral o'zgarish chegarasi G sinfdan K sinfgacha boradi.

Kit yulduz turkumidagi Mira tipidagi yulduzlar, uzun davrli o'zgaruvchan yulduzlardan bo'lib, ularning o'zgarish davri 80 sutkadan 1000 va undan ortiq sutkagacha boradi. Ravshanligining o'zgarish amplitudasi esa 5,5 yulduz kattaligigacha yetadi. Bunday yulduzlar yorqinligining maksimumida, ravshanligining minimumida uning spektrida kuzatilgan metall chiziqlar o'rnini vodorodning emission chiziqlari egallaydi.

Demak, Galaktikaning sferik tashkil etuvchisiga kiradi. Bu yulduzlar qisqa davrli sefeidlar deb ham ataladi. Hammasi bo'lib bunday yulduzlar soni 8000 ga etgan. Yulduzlar yorug'ligining o'zgarish egrisi (rasm 7) asimmetrik ko'rinishga ega: yulduz tez suratlarda yorug'lik maksimumiga yetadi va asta-sekin so'nadi.

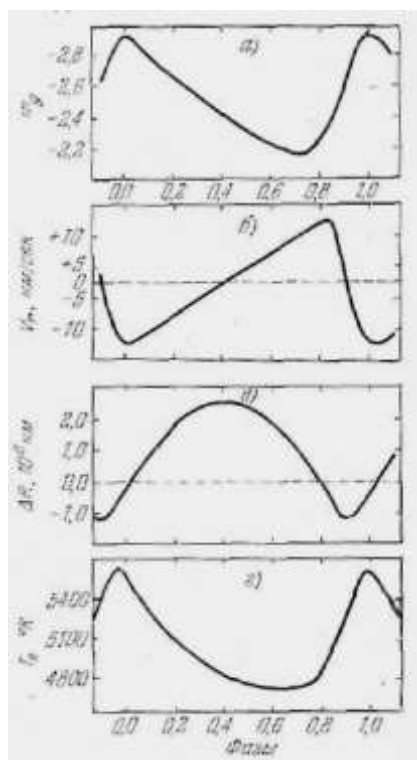
Yorug'ligi bilan birga temperaturasi va unga teskari holatda nuriy tezligi va radiusi o'zgaradi (rasm 6 ga qarang).



Rasm 6 . Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar namoyondalarining yorug'ligi o'zgarish egriligi

Yulduzning yorug'ligi oshgan sari uning kengayishi tezlashadi va yorug'lik

maksimumga yetganda kengayish tezligi (nuriy tezlik) 15 km/s ga, temperatura esa maksimumga yetadi. Bu paytda yulduzning ichki qaynoq qatlamlari ochiladi va u intensiv nur socha boshlaydi. Shundan keyin ortiqcha energiyasining ko'p qismini sochib bo'ladi. U sovib, siqila boshlaydi. Bu hodisa to minimumgacha davom etadi. Endi yulduzni siqilishi tez suratlar bilan sekinlashadi va nisbatan qisqa vaqtdan keyin yulduz yana tez suratlar bilan kengaya boshlaydi. Kengayish natijasida yulduzning ichki qaynoq qatlamlari oydinlasha boradi va u yerda to'planib qolgan energiya tez suratlar bilan sochila boshlaydi. Bu jarayon issiqlik mashinasidagi jarayonga o'xshab, siqilayotgan gaz qiziy boshlaydi va temperaturasi ma'lum darajaga yetganda portlab ketadi va porshinni itarib tashlaydi. Yulduz atmosferasida, albatta, portlash ro'y bermaydi, balki yulduz sirtining, kengayishi va siqilishi siqilayotgan gazdagi geliy ionlari (Ne II hamda Ne III) ni hosil bo'lishi bilan bog'liq.



Rasm 7. Sefeyning δ si singari yulduzlarning vaqt (faza) bo'yicha yorug'ligi (a), nuriy tezligi (b), radiusi (d), va temperaturasi (e) o'zgarish egri chiziqlari.

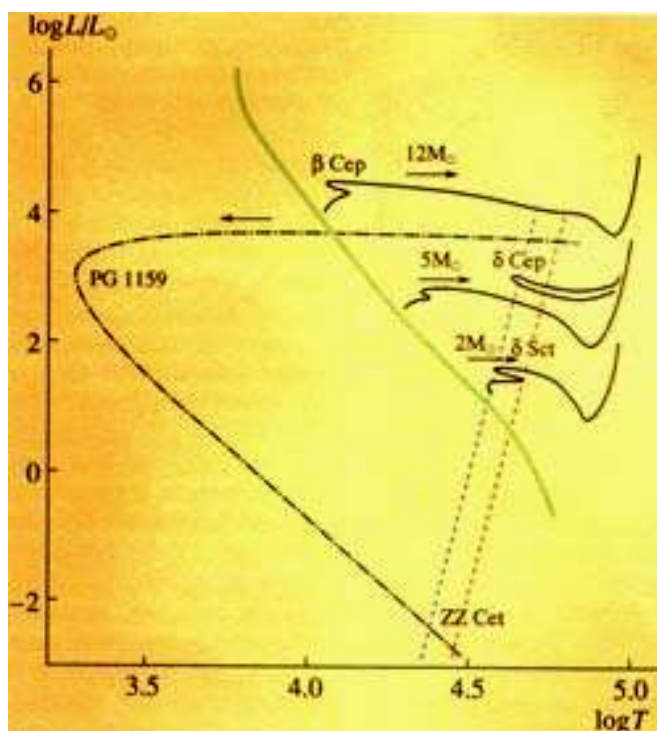
Bu jarayon yulduzning yupqa ($0.01-0.02R_*$) tashqi qatlamida ro'y beradi. Bu qatlamda $T=45\ 000$, $p=3 \cdot 10^{-8}$ g/sm³, qatlam massasining milliondan birini tashkil etadi. Uning ustki qismida bir marta ionlangan geliy (Ne II), ostkisida esa ikki inarta ionlangan geliy (Ne III) ko'p. He III sohasida yutish koeffitsiyenti $k \sim 1/\rho$ zichlikka

teskari proporsional, He II sohasida esa $k \sim p^{0.7}$ to'g'ri proporsional bo'ladi. Yulduzning tashqi soviyotgan va siqilayotgan He II sohasida zichlik orta boshlaydi. Bu esa qatlamning notiniqligini oshiradi, ichkaridan kelayotgan energiya unda intensiv yutiladi va T ko'tarila boshlaydi. Natijada yulduzning bu tashqi qatlami shishib, He II dan He III hosil bo'la boshlaydi. Bu esa k ni tez suratlar bilan kamayishiga (chunki $k \sim 1/\rho$) sababchi bo'ladi. Natijada qatlam oydinlashadi va ortiqcha energiya undan tashqariga chiqib ketib, T pasaya boradi (He III dan He II hosil bo'la boshlaydi), sovigan gaz yulduzga tusha boshlaydi, qatlam yana siqila boshlaydi, jarayon takrorlanadi.

Gersshupring –Ressel diagrammasida pulsatsiyalanuvchi yulduzlar.

Gersshupring – Ressel diagrammasidagi yulduzlarning holati ularning yuqori darajada evolyutsion momentini belgilaydi yani bir yosh guruhiga tegishli yulduzlar va massasi , yorqinligi , sirt temperaturasi va kimyoviy elementlari miqdori bilan ajralib turadi. Hozirgi vaqtda yulduzning sirt temperaturasi spektral tahlil metodlari yordamida ishonchli o'lchanadi, bu vaqtda yorqinlik yulduzlargacha masofa aniqmasligi bilan yetarlicha aniqlanmaydi. Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchilarning Gersshupring –Ressel diagrammasidagi joylashish muammosi ancha soddalashgan, ya'ni uning qo'shimcha ma'lumotlardan fodalanish mumkin: pulsatsiya davri, yorug'lik egrisining ampitudasi va shakli, pulsatsiya sikli davomidagi spektiral chiziqning alohida namoyon bo'lishi kabi.

Gersshupring-Ressel diagrammasida pulsatsiyalanuvchi yulduzlarni qarab chiqishda dastlab ko'zga tashlanadigan narsa ma'lum va ko'p sonli pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchilar joylashgan chegarada polasalar borligidir. Bu polasaning yuqori qismida radial pulsatsiyalanuvchi gigantlar joyashgan .

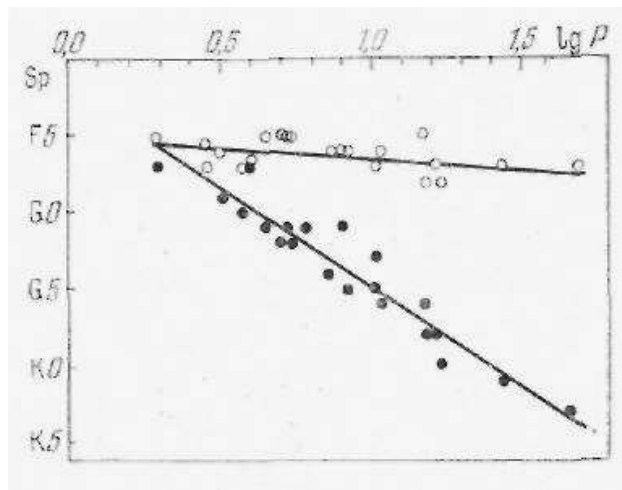


Rasm 8. Gersshupring –Ressel diagrammasida pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar

Gersshupring –Ressel diagrammasida pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar yashil polasa bosh ketma-ketlik, ko'k va qizil shitarixli chiziqli noturg'inlik polasasining chegarasi , tutash qora chiziq massasi $2M_{\odot}$, $5M_{\odot}$, va $12M_{\odot}$ bo'lgan yulduzlarning evolyutsion treklari, shitarix punkit chiziq – qizil gigant bosqichida yulduzlar vodorod qobig'ini o'tib yuborgandagi evolyutsion treklar. Strelkalar bilan trek bo'ylab harakat yo'nalishi ko'rsatilgan gorizontali o'q bo'ylab yulduzlarning sirt temperaturasi logarifimi, vertikal o'q bo'ylab –yulduz yorqinligining Quyosh yorqinligi birliklarida ifodalangan qiymati qo'yilgan.

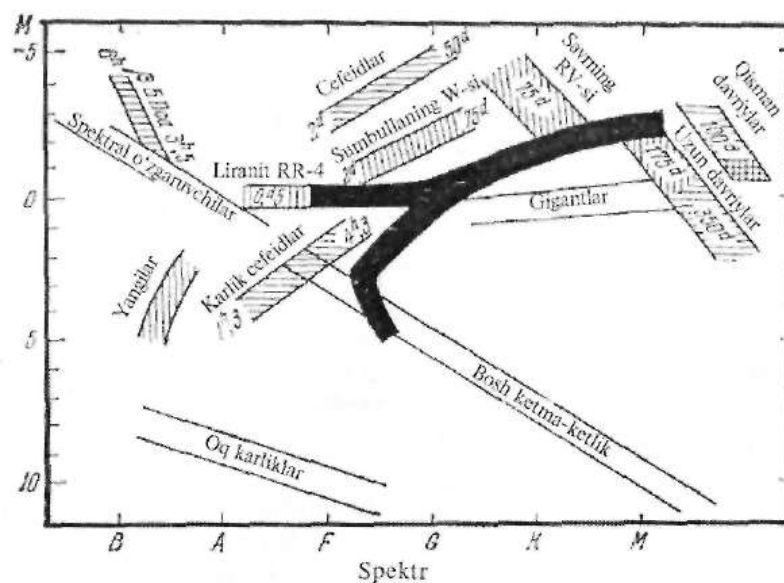
Pulsatsiyalanayotgan yulduzning yorug'ligining o'zgarishi bilan uning temperaturasi, demak, spektri va spektral sinfi ham o'zgaradi. **Rasm 10 da** sefeidlarning pulsatsiyalanish davri (P) bilan spektral sinfi orasidagi bog'lanish keltirilgan: halqachalar-maksimumda, qora nuqtalar minimumda spektral sinfi. **Rasm 9 dan** ko'rinib to'ribdiki P qancha katta bo'lsa spektral sinfning o'zgarishi shuncha keng bo'ladi.

Rasm 10 da Gersshprung-Ressel diagrammasida pulsatsiyalanuvchi yulduzlarning joylashishi ko'rsatilgan. Rasmlarda yulduzning pulsatsiyalanish davri bilan o'rtacha absolut kattaligi $M = (M_{\text{Max}} + M_{\text{min}}) / 2$ orasida bog'lanish borligini ko'rish mumkin. Bu bog'lanish $M_v = -1.18 - 2.90 \cdot \lg P$ va $(B-V) = 0.46 \cdot \lg P + 0.27$ pulsatsiyalanuvchi yulduzni absolut kattaligi (M) ni, demak, uzoqligini aniqlashda qo'llaniladi.



Rasm 9 . Sefeidlarda spektrning davr uzunligiga mos ravishda amplitude bilan o'zgarishi

Chizmadan ko'rinib turibdiki, P qancha katta bo'lsa, spektral sinfining o'zgarishi shuncha keng bo'ladi. Bu bog'lanish pulsatsiyalanuvchi yulduzning absolut kattaligini, demak, uzoqligini aniqlashda qo'llaniladi. Buning uchun yulduzning pulsatsiyalanish davri (P) topiladi, ko'rinma yulduziy kattaligi o'lchanadi yuqoridagi bog'lanishdan M topiladi va $lgr=0.2*(m-M)+1$ yoki $r=10^{0.2(m-M)+1}$ orqali masofa r (parseklarda) hisoblanadi. Bu bog'lanish boshqa galaktikalargacha bo'lgan masofani aniqlashda qo'llaniladi. Sefeidlarda, **rasm 10 da** Gersshprung — Ressel diagrammasida, bosh ketma-ketlikdan yuqorida joylashadi.



Rasm 10 . Har xil turdagi pulsatsiyalanuvchi yulduzlarni spektr – yorqinlik diagrammasida joylashishi

Katta Itning β -si singari yulduzlar. Bunday qaynoq yulduzlar B_1 — B_2 spektral sinfga mansub bosh ketma-ketlikning ustida, unga yopishgan holda joylashadi. Ularning pulsatsiyalanish davri juda qisqa, (3—6 soat), yorug'ligining o'zgarish amplitudasi 0.2^m dan oshmaydi. Bu yulduzlarning (5—160 km/s) nuriy tezligi ham shunday davr bilan o'zgaradi. Bu yulduzlarda tezlikning o'zgarishi sakrab (bir davr ichida 2 marta o'zgaradi) ro'y beradi. Bu hodisa yulduzdan gaz qobig'ining ajralishi bilan bog'liq. Ularda o'rtacha zichlik $\rho \sim 10^{-2}$ - 10^{-3} g/sm³. Davr yorqinlik bog'lanishi sefeidlarda kuzatiladiganga teskari bo'ladi, ya'ni davr ortishi bilan M ham, T ham ortadi.

Savrning RV-si va Kitning Mirasi. Savrning RV-si singari G va M spektral sinfga mansub o'tagigant yulduzlarning 100 ga yaqini ma'lum. Pulsatsiyalanish davri 30-150 kungacha, yorug'ligining o'zgarish amplitudasi 3^m dan oshmaydi. Qisqa davrlidan uzun davrligiga tomon o'tgan sari o'rtacha zichligi 10^{-4} dan 10^{-6} g/sm³ gacha oraliqda o'zgaradi. Nuriy tezligi sakrab o'zgaradi bu esa gaz harakati otilib chiqish xususiyatiga ega ekanligini ko'rsatadi. Yorug'lik egrisi Liraning p-si nikiga o'xshaydi.

Kitning Mirasi (0 Set) kabi M, C, S spektral sinfga mansub o'tagigant yulduzlar yorug'ligining o'zgarish davri 70 dan 1400 sutkagacha bo'ladi, yorug'ligini o'zgarish amplitudasi 3 dan 10^m gacha bo'ladi. Bunday uzun davrli o'zgaruvchan yulduzlar spektrida maksimumidan keyinroq vodorod, Fe I, Fe II va boshqa elementlarning emission chiziqlari ko'rinadi. Bu esa sovuq yulduzlar atmosferasiga emission chiziq beradigan qaynoq gazlarning otilib chiqishini ko'rsatadi. Kit Mirasining $R = 400R_O$, massasi $10M_O$ va o'rtacha zichligi 10^{-8} g/sm³ ga teng. Yuqorida keltirilganlardan ko'rinib turibdiki, yulduzning zichligi pasaygan sari uning pulsatsiyalanish davri orta boshlaydi. Eng oddiy holda bir jinsli shaming pulsatsiyalanish davri bilan zichligi orasida sodda bog'lanish bor, ya'ni

$$P = \frac{0,14}{\sqrt{\rho}}, \text{ sutka.}$$

Bu formula mayatnikni tebranish formulasidan chiqarilgan, mayatnik ipi uzunligi o'rniga R qo'yilgan va $P = \frac{GM}{R^2}$ ligi hisobga olingan. Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar G-R diagrammasida bosh ketma-ketligidan yuqorisida chapdan o'ngga tomon davri ortishi

bilan malum tartibda joylashadi (**rasm10 ga qarang**). Sefeidlarda $\rho = 10^5 \text{g/sm}^3$, uni yuqoridagi formulaga qo'ysak $R = 50^d$, Liridlarda $\rho = 10^{-2} \text{g/sm}^3$; $R=1.4^d$ (sutka); Kitning Mirasi uchun $\rho = 10^{-7} \text{g/sm}^3$ va $R=1400^d$ sutka. Agar yulduzning pulsatsiyalanishi yuqoridagi formulani chiqarishda faraz qilingan oddiy mexanik tebranish bo'lsa, u tez orada so'nib qolishi kerak edi. Biroq bu kuzatilmaydi, yulduz yuzlab-minglab yillardan buyon pulsatsiyalanib kelmoqda. Demak, uni bunday tebranishni tiklab turadigan jarayon sifatida ko'rish va u avtotebranish ko'rinishga ega bo'lishi kerak. Bunday hoi yuqorida, sefeidlar misolida ko'rilgan, yulduzning yuza qatlamida ($0.01—0.02 \cdot R$) ro'y berayotgan geliyning ionlanish darajasi o'zgarib turishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin: yulduzning bu qatlami kengayayotganda u yerda geliyning ionlanish darajasi pasayadi siqilayotganda esa ko'tariladi. Sefeidlarda bu jarayon aniq davriy turg'un tebranish xususiyatga ega bo'lsa, uzun davrli Savrning RV-si, Kitning Mirasi va qisqa davrli Katta Itning β -si singari yulduzlarda bu jarayon noturg'un bo'lib, u portlash va modda otilib chiqishlar bilan kechadi. Shuning uchun yulduz spektrida emission chiziqlar ko'rinadi.

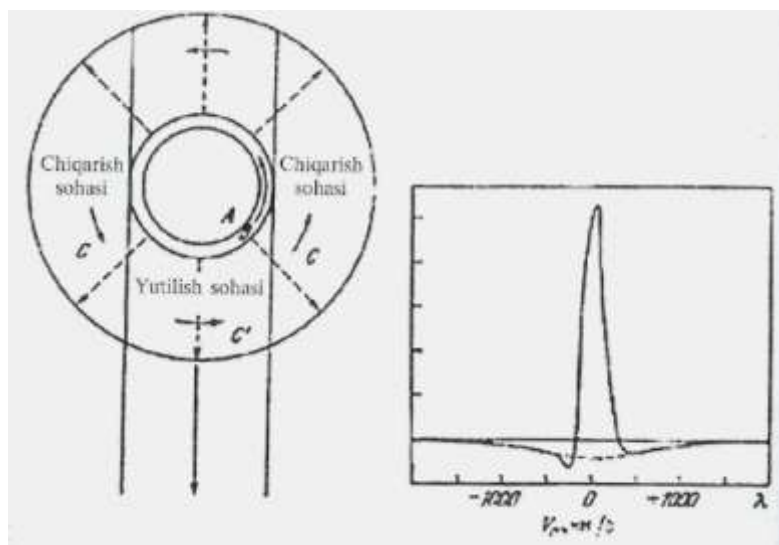
Spektrida yorug' emission chiziqlar ko'rinadigan yulduzlar

Ayrim yulduzlarning nostatsionarligi ularning spektrida emission chiziqlar ko'rinishida namoyon bo'ladi. Bunday chiziqlar yulduz atmosferasining juda yuqori temperaturaga ega qaynoq qatlamlarida hosil bo'ladi, ya'ni optik yupqa va shu'lalanadigan qaynoq gaz qatlam hosil qiladi. Bu qatlam orqasida tutash spektr beradigan zich va qaynoq soha yo'q. Yuqorida biz ko'rib chiqqan statsionar yulduzlar spektri yutilish chiziqlar bilan kesilgan tutash spektridan iborat edi. Tutash spektr yulduz fotosferasining pastki zich va qaynoq qatlamlarida, yutilish chiziqlari esa uni yuqori siyrak va nisbatan past temperaturadagi qatlamlarida hosil bo'ladi. O va V sinfga mansub yulduzlar spektrida emission chiziqlarning ko'rinishi atmosferasi yuqorida ko'rilgan statsionar yulduzlarnikidan farq qilishini ko'rsatadi. Ayrim yulduzlar spektrida emission chiziqlar bilan birgalikda yutilish (absorbsion) chiziqlari ham ko'rinadi. Bir vaqtning o'zida ham emission, ham absorbsion holatda ko'rinadigan chiziq hosil qiladigan yulduz atmosferasi nostatsionar yoki yulduzlaridan biri qaynoq O yoki V sinfga, ikkinchisi esa

G yoki K sinfga mansub zich qo'shaloq bo'lishi kerak. Bunday qo'shaloq energiyasining asosiy qismi (98 %) yulduzdan chiqishi kerak, chunki ko'rilayotgan nostatsionar yulduzlar O yoki V sinfga mansubdir. Spektrida ham emission, ham absorbsion chiziqlar ko'rinadigan nostatsionar yulduzlarning uch xili mavjud.

a) Of yulduzlar: O sinfga (06-07) mansub ko'p bo'lmagan bunday qaynoq yulduzlar spektrida yutilish chiziqlar bilan birgalikda He II $\lambda 4686$, NIII $\lambda\lambda 9634, 4640, 4641$ emission chiziqlari ko'rinadi. Ayrim yutilish chiziqlari nihoyatda kuchsiz yoki emission chiziq ustiga tushishi natijasida yo'qolib ketgan.

b) Oqqushning P-siga o'xshash yulduzlar. Bunday yulduzlar absolut yorqin ($M_v = -7^m - 9^m$) yulduzlar hisoblanib, spektrining qisqa to'lqinli tomonida absorbsion yo'ldoshi (C') bor. Kuchli emission (C) chiziq keng absorbsiya (A) sahnida ko'rinadi. Emission chiziq (C) yulduzning keng Qaynoq qobiq qatlamida, keng absorbsiya A esa tez aylanayotgan fotosferasida, yo'ldosh chiziq S' esa kuzatuvchi tomondagi qobiq qatlamda hosil bo'ladi (rasm 11). Yo'ldosh S binafsha tomon siljigan, demak, yulduzning qobig'i kengaymoqda.



Rasm 11. Qaynoq qobiq bilan o'ralgan yulduzning tuzilishi (a) va uning spectral chizig'i fotometrik profili ko'rinishi.

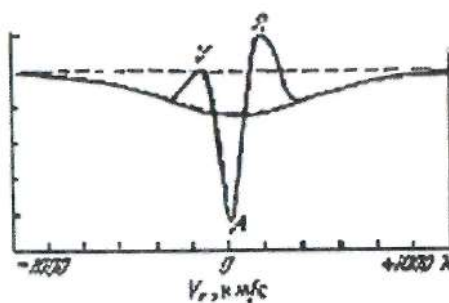
d) Be-yulduzlar. Spektrida vodorodning, ayrim hollarda Fe II ning emission chiziqlari ko'rinadigan V sinfga mansub 1000 dan ortiq yulduzlar Be-yulduzlar deb ataladi. **Rasm 12 da** Mezonning 48-yulduzi spektrida H_β (vodorod chizig'i) chizig'ining profili keltirilgan. Tutash spektr (punktir to'g'ri chiziq) sahnida H_β chiziq profilida intensivlikni o'zgartirishi murakkab ko'rinishga ega. Keng absorbsiya (A) ichida

ingichga yutilish chizig'i (C) bilan kesilgan keng emission (C) chiziqni ko'rish mumkin. Yulduzning qaynoq qobiq qatlami (rasm 11) da hosil bo'lgan keng emission chiziq (C)ni kesib turuvchi yutilish chizig'i (C) lining kuzatuvchiga qaragan qobiq qatlami (C') da hosil bo'ladi. Ingichka chiziq bilan kesilgan keng absorbsiya yulduzning tez aylanayotgan fotosferasida hosil bo'ladi. Emission chiziq ichida ko'rinadigan ingichka yutilish chizig'ining intensivligi va o'rni yoki u bu tomonga siljib turadi, natijada emission chiziqni qisqa to'lqin (V) li va uzun to'lqinli (R) li tashkil etuvchilarining nisbiy intensivligi o'zgaradi. Bu hodisa yulduzdan modda otilib chiqilayotganligidan dalolat beradi, uning nostatsionarligini ko'rsatadi.

Tez (~300 km/s) aylanayotgan yulduzdan otilib (~100 km/s) chiqayotgan qaynoq gaz undan uzilib chiqib, ekvator tekisligida aylanadigan yo'ldoshga aylanishi mumkin. Biroq bu qaynoq gaz soviydi va nurlanishi so'na boshlaydi va uni yorug' va qaynoq yulduz yonida ko'rish qiyin.

Agar yorug' yulduzning to'silma qo'shaloq a'zosi bo'lsa, bunday qaynoq gaz halqani ko'rish mumkin.

Savrning RW-si (RW Tau) shunday yulduz bo'lib chiqdi. U biri B9 ikkinchisi gKO sinfga mansub yulduzlardan iborat to'silma qo'shaloqdir. B9 yulduz atrofida qaynoq gaz yo'ldosh (halqa) ga aylanadi.



Rasm 12. Mezonning 48 ni spektrida H_{β} chizig'i profili

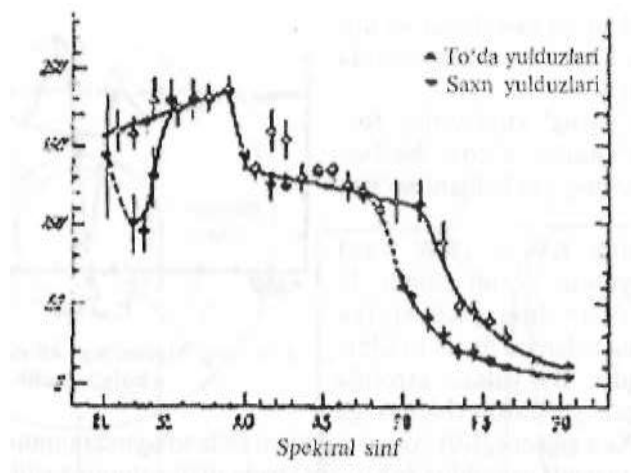
Xira gigant (gKO) yorug' yulduzni to'la to'sganda umumiy intensivlik 98%ga kamayadi va yulduz (gKO) spektrida qizil tomonga siljigan emission chiziq ko'rinadi. Siljish (aylanish) miqdori 350 km/s tezlikka mos keladi. To'silish tugashi oldidan spektrda yana emission chiziq ko'rinadi, endi u binafsha tomonga siljigan (- 350 km/s). Bunday to'la to'siladigan yulduzlarning yarmidan ko'pida kuzatiladi.

e) **Volf-Raye yulduzlari.** Kengayayotgan qaynoq qobiq bilan o'ralgan nostatsionar yulduzlarning bir turi Volf-Raye yulduzlari deb ataladi va ularning spektral sinfi W bilan belgilanadi. Bunday yulduzlar spektrida juda keng (50—100Å) emission, chiziqlar to'g'rirog'i emission tasmalar ko'rinadi. Tasmalarning kengligi 1500 km/s gacha tezlik bilan kengayadi, tasmalar orasidagi tutash spektri juda kuchsiz, yulduzning yorug'ligi asosan uning qobig'ida hosil bo'ladi. Absolut yulduz kattaligi o'rtacha $M = 3.4^m$, bolometrik kattaligi — 9^m ga yetadi. Spektrida He II $\lambda 4686$, CIV, NIV va NV ion chiziqlari ko'rinadi. Yulduz temperaturasi 60000 dan 100 000 K gacha, W yulduzlarning o'zagi sirtida temperatura 90 000 dan 110000 K gacha bo'lishi kerak. W yulduzlar ikki turga bo'linadi: WN azotli, WC -uglerodli, Volf-Raye yulduzlarining ko'pi qo'shaloq yulduzlardir.

W — yulduzlar o'z moddasini fazoga uzluksiz sohib turadi. Oqqush-ning V444 (V444 Cyg) yulduzi shundaylardan. Uning massasi $M = 12M_{\odot}$; Quyoshnikidan 12 marta ko'p; $R = 7R_{\odot}$; o'zagini $R_u = 2R_{\odot}$. Bir yilda $10^{-5} M_{\odot}$ massa va 100 000 yilda o'z massasining bir Quyosh massasiga teng qismini yo'qotadi. W yulduzlar massiv (15—20 M_{\odot}) hisoblanadi.

Shunday qilib, yuqorida ko'rilgan yulduzlars (Oqquning P-si, Be) ning nostatsionarligi ularning fotosfera va qobiq qatlamlarining tez aylanishi bilan bog'liq. Shuningdek, nostatsionarlik qo'shaloqlik bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Rasm 13 da bosh ketma-ketlik yulduzlarining o'q atrofida aylanish bilan ularning spektral sinfiga bog'liqligi tasvirlangan. Chizmadan ko'rinadiki, V (16 000°) va A (10 000°) sinfiga mansub yulduzlar o'z o'qi atrofida tez (150 km/s) va F (8 000°) va G (6 000°) sinfga mansublari sekin (10 km/s) aylanadi.



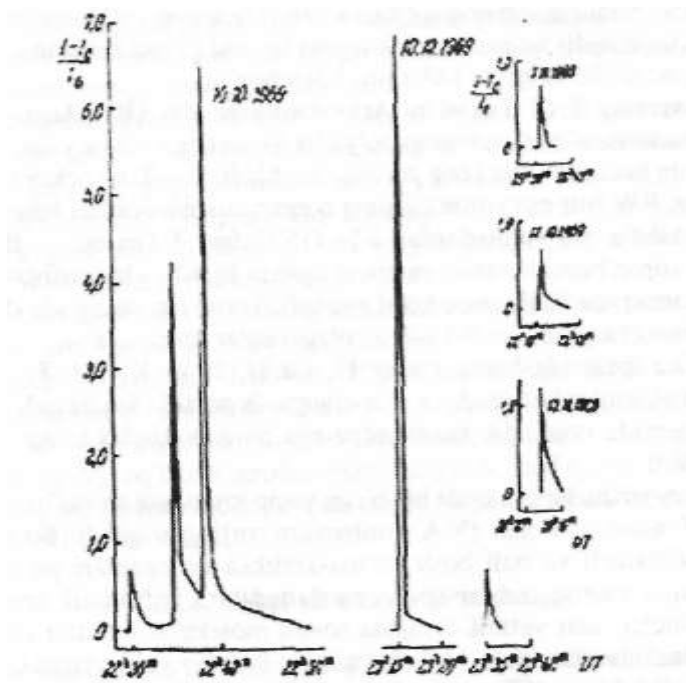
Rasm 13. Yulduzlarning o'q atrofida aylanishining ularning spectral sinfiga bog'liqligi
 O'tagigantlarning O va B3 sinfga mansublarining aylanishi 100 km/s, A-F ga mansublariniki -25 km/s. Gigantlarning, A-ga mansublari, F va G (75-100 km/s) ga mansublariga qaraganda sekin aylanadi.

Chaqnovchi mitti (karlik) yulduzlar

Yorug'ligini to'satdan, katta tezlik va miqdorga o'zgartiradigan, biroq davriyligi aniq bo'lmagan yulduzlar chaqnovchi yulduzlar deb ataladi. Chaqnash bilan birgalikda yulduz spektrida ro'y berayotgan o'zgarishlar nostatsionar jarayon natijasi ekanligini ko'rsatadi. To'plangan kuzatish natijalarini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, bunday chaqnovchi yulduzlar zich qo'shaloq a'zolaridan bin bo'lib, bunda chaqnash yulduzlarning o'zaro ta'siri tufayli ro'y beradi. Qo'shaloqning bin gigant bo'lsa, ikkinchisi karlik yulduz ekanligi va chaqnash karlik bilan bog'langanligi bashorat qilinmoqda. Chaqnovchi yulduzlarning yetti xili topilgan.

1) Kitning UV-si (UV Cet) singari chaqnovchi mitti (karlik) yulduzlar. UV Cet yorug'ligini 1—2 minut ichida 1—2^m birlikka (bir marta hatto 20 sekund ichida 5^m birlikka) orttirib yuboradi, maksimumdan keyin yorug'ligining tushishi birmuncha sekin ro'y beradi (rasm 14). Bunday yulduzlarning 50 dan ortig'i qayd qilingan va o'rganilgan. Ularning yorug'ligi bir necha minut ichida 1—6^m birlikka sakrab ortadi va yana eski holatiga qaytadi. Ularning massasi 0.16 dan 0.04M₀ (M₀ — Quyosh massasi) gacha oraliqda bo'ladi.

Kuchli chaqnash spektrida emission chiziqlar H_{α} , Ca II H va K ning ko'rinishi bilan davom etadi, maksimumda geliyning emission chiziqlari He I $\lambda\lambda 4026, 4471$ va $\lambda\text{He II } 4686$ ham ko'rinadi. Ultrabinafsha qismida tutash emissiya kuzatiladi, rang ko'rsatkichi U-B anomal darajada past.



Rasm 14. Chaqnash paytida UV Kitt yurug'ligining o'zgaroshi

Karlikning yorqinligi qancha kam bo'lsa, shuncha ko'p chaqnash kuzatiladi. O'rtacha 100 soat kuzatish davomida 15 ta chaqnash qayd qilingan. Chaqnashlar Quyosh chaqnashlariga o'xshash. Tabiati to'la ochilmagan.

2) Javzoning U-si (U Gem). Qat'iy davrga ega bo'lmagan tartibda yorug'ligi tez, sakrab chaqnaydi va maksimumda bir necha kun bo'lgach yana sakrab oldingi holatga qaytadi va shu holatda bir necha o'n yoki yuz kun bo'lgach, yana chaqnaydi. Chaqnash amplitudasi 2—3^m (ayrim hollarda 4—5^m). Minimumda spektri kuchsiz tutash, spektr yuzida H, He I va Ca II kuchli emission chiziqlari va bir necha yutilish chiziqlari ko'rinadi. Maksimumda tutash spektri kuchayadi va uning maksimumi qisqa to'lqinlar (binafsha) tomon siljiydi, yutilish chiziqlari oldingidek kuchsiz, emission chiziqlar g'oyib bo'ladi. Agar minimumda temperaturasi 4900 K (G — spektral sinf) bo'lsa, maksimumda 12-15 ming gradusga (spektr AO-A1) yetadi. Spekt-ridagi bunday kuchli o'zgarishlar U Gem zich qo'shaloq ekanligi, uning a'zolari har xil yulduz ekanligi aniqlangandan keyin qoniqarli tushuntirildi. Masalan, bunday yulduzlar tarkibiga

kiradigan Oqqushning SS-(SS Cyg) yulduzi spektral qo'shaloqdir (davri 6^h38^m). Uning a'zolaridan biri qaynoq (Be) subkarlik, ikkinchisi past temperaturali (G5) gigant yulduz. Subkarlik chaqnaydi. U Gem da a'zolar sdBe + dK, qaynoq sub karlik va sovuq karlik, aylanish davri $4^h 11^m$. Bunda chaqnash qaynoq subkarlik atrofida sovuq yo'ldoshdan (u Rosh sohasini to'ldiradi) kelgan modda oqimi ta'sirida hosil bo'lgan akkretsion diskning buzilishi va qayta tiklanishi bilan bog'liq.

3) Savrning T (T Tau)si va Aravakashning RW (RW Aur).

Bu yulduzlar o'zgaruvchanligi bo'yicha Javzoning U-si ga yaqin turadilar. Ular ayrim hollarda bitta keng guruhga kiritiladi. T —Tau spektri xususiyatlari bilan, RW Aur esa yorug'ligining o'zgarish xususiyatlari bilan U Gern ga o'xshashdir. Bu yulduzlardan F5—G5 sinfga, T Ori esa — B5 sinfga mansub yorug'ligini betartib va tez o'zgartib turadi, chaqnashlarni ayrim hollarda uzoq muddatli tinch holat ajratadi. Yorug'ligi chizig'ida (bir necha soat davom etadigan) tez $0.5 — 1.0^m$ o'zgarishlar ko'rinadi.

T Tau spektrida hamma vaqt H, Ca II, H va K, He, Fe va Fe II emission chiziqlar ko'rinadi va ular chaqnash paytida kuchayadi. Ultrabi-nafsha qismida noisliqlik xususiyatga ega bo'lgan kuchli tutash emissiya kuzatiladi.

Bunday yulduzlar osmonda bir-biriga yaqin joylashadi va ma'lum guruhlar O yoki T-assotsiatsiyalar (V.A. Ambarsumyan) hosil qiladi. Bu yulduzlar yosh hisoblanadi va hali bosh ketma-ketlikka qo'nganlari yo'q, siqilish gravitatsiya energiyasi hisobiga nurlanadilar. Infraqizil spektrining ko'rsatishicha, ular yetarli darajada sovuq molekular bulutlar (suv bug'i, muz zarrachalaridan iborat) bilan o'ralgan. Bunday yulduzlarga Orionning FO si, yoki fuor, (FO Ori), Oqqushning V1057 si, Savrning HL si misol bo'la oladi. T Tau-spektrida litiyning rezonans chizig'i Lil $\lambda 6708$ ko'rinadi. Bu kimyoviy element termo yadro reaksiyasi paytida butunlay yo'qoladi. Bu yulduzlar spektrida absarbsion chiziqlar qizilga ($150—200\text{km/s}$), emission chiziqlar esa binafsha tomonga (170 km/s gacha) siljigan. Bu holda biz bir vaqtning o'zida kengayayotgan qobig'ni va unga atrofdan yog'ilayotgan sovuq moddani kuzatamiz.

4) Simbiotik yulduzlar. Tutash va chizikli spektrida bir vaqtning o'zida ham yuqori (rentgen), ham past temperaturali nurlanish namunalari (spektral chiziqlar)

ko'rinadigan yulduzlar simbiotik yulduzlar deb ataladi. Bunga Andromedaning Z-ti (Z And), Oqqushning VF -i (VF Cyg), Pegasning AG (AG Peg)-si misol bo'la oladi. Ularning spektrida qaynoq yulduzlardan to sovuq M yulduzlargacha xos xususiyat ko'rinadi.

Bu yulduzlar atrofmi gaz-chang tumanlik o'rab turadi va qaynoq yulduz (Oq karlik) atrofida esa kuchli akkretsiyon disk mavjud bo'lishi kerak. Ayrim simbiotik yulduzlar (mas. Dalvning R yulduzi, R Agr) qo'shaloq yulduz bo'lib, uning tashkil etuvchilaridan biri qaynoq oq karlik, ikkinchisi bosh ketma-ketlik yoki gigant yulduz bo'ladi. Rosh sohasi to'lgan gigantdan oqayotgan modda oq karlik atrofida akkretsiyon disk hosil qiladi. Bunday zich qo'shaloq spektrida bir vaqtning o'zida yuqori va past temperaturadagi tashkil etuvchi spektrlar ko'rinadi.

1.3. Quyoshning sirt tebranishlari

Quyosh deyarli shar shaklida. Muvozanat holatida uning shakli sferik shakldan sekin aylanganini uchun bor yo'g'i radiusning bir necha yuz ming ulushiga farq qiladi. Biroq Quyosh qandaydir sabab tufayli muvozanat holatidan chiqsa murakkablik darajasi boshlang'ich g'alayonlashish xarakterlanadigan tebranma harakatlana boshlaydi.

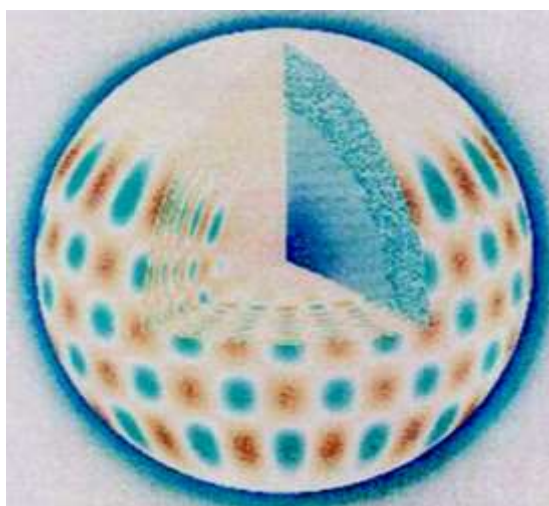
Pulsatsion noturg'unlik holatida bu tebranishlarning amplitudasi katta bo'lishi mumkin. Braqaror yulduzlardagi kuchsiz tebranishlar amplitudasi kichik bo'lgan tebranishlarga olib keladi. Yulduzlarning tebranishini Quyosh doimuysining variatsiyasini o'lchashdagi o'xshash nurlanish oqimining nisbiy bo'yicha hamda juda aniq spektrometr yordamida spectral chiziqlarning davriy siljishi bo'yicha kuzatish mumkin.

Quyosh va bir qancha yorqin yulduzlarda juda kichik amplitudali tebranishlarning o'ziga xos sinfini ajratishga erishilgan. Quyosh uchun nurlanish oqimining nisbiy o'zgarishi radius o'zgarishining ulushlariga proporsional bo'lib, 10^{-5} L_0 atrofida davrlarining qiymati esa 3-15 minutgacha oraliqda. Eng katta amplitudaga (tezlikning 20 sm/s qiymatigacha) davri 5 minutlik atrofida bo'lgan tebranishlarga ega bo'ladi. Shuning uchun butub diapazni 5 minutlik tebranishlar deb ataladi. Sefeidlardan farqli ravishda bunday amplitudali tebranishlarni chiziqli ya'ni bir-biriga ta'sir qilmaydigan deb hisoblash mumkin. Aslida yetarlicha kichik ixtiyoriy tebranishning alohida elementar tebranishlar xususiy modali tebranishlarning kombinatsiyasi orqali tasvirlash mumkin.

Tabranishlarning xususiy modalari – bu so'nish bo'lmaganda hat bir nuqta soda garmonik qonun bo'yicha tebranadigan tizimning mumkin bo'lgan tebranishlaridir. Alohida xususiy modalarning xili va chastotasi Quyosh yoki yulduzlarning ichki tuzilishi bilan aniqlanadi. Ma'lum ma'noda teskarisi ham bo'lishi mumkin. Aynan xususiy modalar tebranishlarining spektri ob'ektning tuzilishinin aniqlaydi, ya'ni Quyosh moddasining xossalarini kuzatilayotgan chastota va amplitudalari asosida aniqlash gelioseysmologiyaning prinsipial asosi hisoblanadi.

Izolyatsiyalangan xususiy modalarni ularni uyg'otishning o'ziga xos sharoitlarida kuzatish mumkin. Masalan tashqi ta'sir chastotasidagi rezonans vaqtida biroq maxsus tahlil usullari ixtiyoriy tebranishlar bilan bog'liq bo'lgan alohida modalarni ajratishga imkon beradi. Buning uchun masalan Quyosh atmosferasida kuzatilayotgan yopqinlik va tezlikning fazo – vaqt fluktatsiyalari uchun Fure almashtirishini bajarish mumkin. Bu kuzatilayotgan qiymatlarida ma'lum modalarni ko'rishga imkon bo'ladi. Fizika nuqtai nazaridan bunday imkoniyat tebranishning chiziqli ya'ni uning ta'sirlashuvi amalda yo'q ekanligi bilan asoslanadi. Qarab chiqilgan mulaohazalar Quyoshdagi kichik tebranishlarni o'rganishga imkon beradigan maxsus tadqiqot usullarining asosini tashkil qiladi. Zamonaviy kuzatishlarda uchdan bir necha o'n minutlargacha bo'lgan davrlar soxasidagi Quyoshning ko'pgina xususiy modalarni ajratish mumkin. Biroq kuzatishlarning natijalri mavjud bo'lgan xususiy tebranishlarning butun spektri qoplab olmaydi. Shuning uchun ulat Quyosh strukturasi qayta tiklash imkonin bermaydi. Bundan tashqari Quyoshning gidrostatik muvozanat haqidagi faraz bilan tebranishlar haqidagi mavjud axborotlar tovush tezligining Quyodh markazigacha bo'lgan masofaga bog'liqligini aniqlashga imkon beradi.

Quyoshda kuzatilayotgan tebranishlar ham Quyosh sirti bo'ylab ham Quyoshning ichki qismida tarqaladigan tovush to'lqinlarining modalari hisoblanadi. (rasm 15)

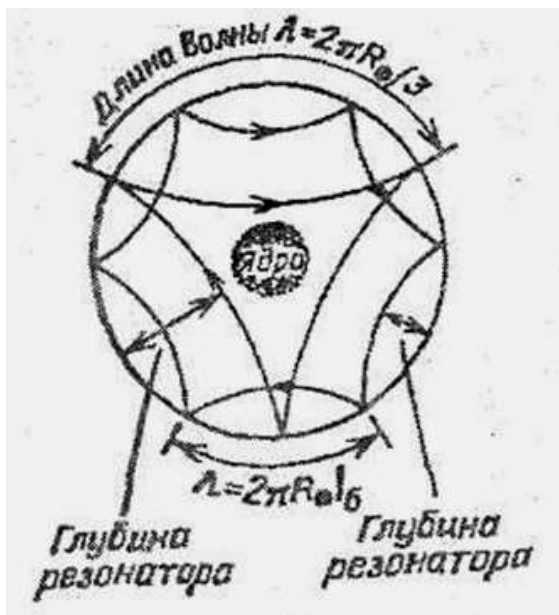


Rasm 15. Alohida modalarning fazoviy tasviri.

Uning tarqalishi sharoiti ma'lum darajada haroratning chuqurlik bo'yicha taqsimlanishi bilan aniqlanadi. Chunki ideal gazda tovush tezligi haroratning kvadrat ildiziga proporsional.

Stratifikatsiyalangan atmosferada (harorat va zichlik) balandlik funksiya bo'lganda tovush tezligiga qandaydir kiritik qiymatdan kichik bo'lishi kerak. Fotosferaning yuqori qatlamlarida haroratning minimumga erishishini hamda konvektiv zonada chuqurlik oshishi bilan haroratning o'sishini e'tiborga olib to'lqinlarning tarqalishi mumkin bo'lgan soxa fotosfera va konvektiv zonalarning tashqi qobiqlari bilan chegaralangan bo'lib mos qobiqning qalinligi tebranishlarning tarqalish yo'nalishi bilan aniqlanadi deyish mumkin. Shu tarzda Quyosh ichki tuzilishining o'ziga xosligi uning tebranishlarini qarab chiqishni soddashtiradi. Quyoshning o'ziga xos sferik konsentrik rezanator bo'lib qoladi.

Rasm 16 Bu rezanatorning strukturasi 5 minutli tebranishlarning spektrini aniqlaydilar.



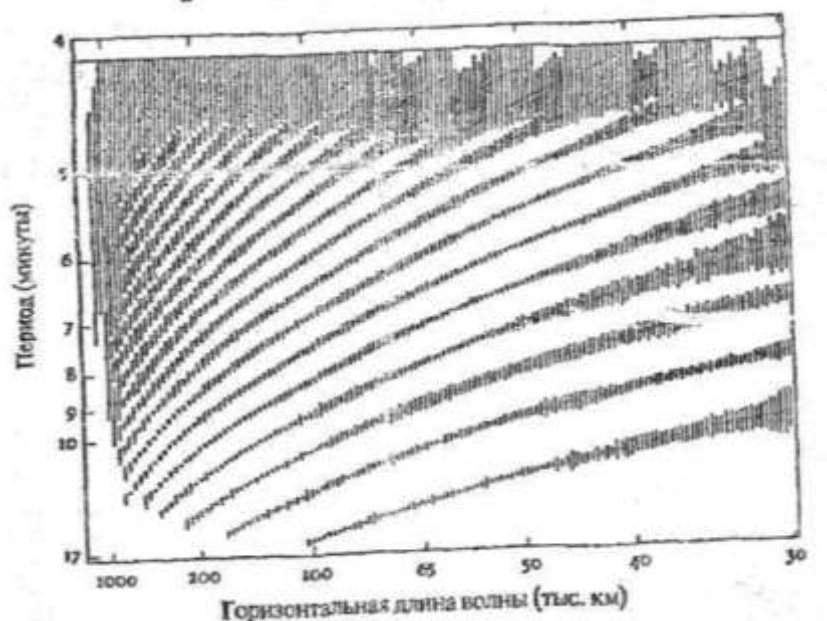
Rasm 16. Konvektiv zonadagi tebranishlarning tarqalish zonasi.

O'tgan asrning 60 yillarining boshlarida birinchi bo'lib gorizontalar tarqaluvchi to'lqinlar kashf qilingan. Bu ma'lumotlar asosida tebranishlar sirtida hosil bo'ladi va of local xarakterga ega deb faraz qilingan. O'tgan asrning 60 yillarining oxirlarida katta masshtablarda to'lqin fazasi bir soatdan ko'p vaqt davomida saqlanish, bu vaqt davomida esa to'lqin Quyosh atrofini aylanib chiqishga ulgurishi ma'lum bo'ldi. Shu bilan birga to'lqinlar sekin so'nuvchi ekanligi tufayli butun Quyoshni qoplab olishi ya'ni global ekanligi ma'lum bo'ldi. O'tgan asrning 70 yillari oxirlarida vertikalga yaqin yo'nalishlar bo'yicha ya'ni Quyoshning ichki tomoniga tarqaluvchi to'lqinlarni

kuzatish uchun eksperiment tashkil qilindi. Bu kuzatishlarning 5 minutli tebranishlar asosida Quyoshning ichki tuzilishini o'rganishda yangicha yondashuvni qo'lash uchun asos bo'ladi.

Ba'zi to'lqinlar 10 – 20 sutka tartibidagi vaqt davomida so'nmaydi deb hisoblashga asos bo'layapti.

Xususiy modalar ni shunday tebranishlar deb qarash mumkinki ularning chastotalari va to'lqin uzunliklari Quyosh aylanasiga butub son marta joylashadi va radius bo'ylab tugunlar orasi butun sonlar bilan ifodalanadi. Radiusdagi moda tugunlarning soni uning tarkisi deb ataladi. Sferik qobiq bo'ylab yopiq yo'ldosh tugunlar soni modaning gorizontal to'lqin uzunligiga teskari bo'lgan proporsional to'lqin sonini aniqlaydi. Unga bog'liq ravishda turli tartibdagi modalar uchun tebranish davrlarini grafikda tasvirlash mumkin. **Rasm 17.**



Rasm 17. Minutlardagi tebranish davrining (ordinata) gorizontal to'lqin uzunligining (absitssa) bo'g'ligining diagnostic diagrammasi. Har bir nuqta – alohida moda; Vertikal shtrix – 1000 (1000 δ) ga ko'paytirilgan o'lchash xatoligi; Turli xil tartiblarga mos keluvchi ketma – ketliklr .

Shunga o'xshash egri chziqlar Quyosh atmosferasida yorqinlik va tezlik fluktatsiyalarini kuzatishda olingan ma'lumotlarni koordinata va vaqt bo'yicha ikki marta Fure almashtirishi natijasida kuzatishlardan bevosita olinadi. Quyosh modeli **Rasm 17** tasvirlangan xildagi kuzatilayotgan va nazariy egri chiziqlarni taqqoslash yo'li bilan aniqlashtiriladi.

Gelioseysmologiyaning muhim natijalardan biri o'rtacha nuqtasi $0.29R_{\odot}$ ya'ni deyarli aniq 200 ming km chuqurlikdagi konvektiv zona asosining vaziyatini aniqlashtirish hisoblanadi. Gelioseysmologiyaning boshqa yutuqi 0,2 dan taxminan 0,98 R_{\odot} gacha oraliqda tovush tezligining Quyosh markazigacha bo'lgan masofaga bog'liqligini qayta tiklash hisoblandi. Bu ma'lumotlar asosan Quyoshning standart modelidagi ma'lumotlar bilan mos tushadi. Biroq uning muhim ahamiyati shundan iboratki uni hamon tushuntirish fizika va astrofizikaning muhim vazifasi bo'lib qolayotgan muammosi. Kuzatilayotgan neytrinolar oqimi yetarli emasligi bilan bog'liq bo'lgan taklif qilingan ko'plab nostandart modellarni istisno qiladi. Gelioseysmologiya chuqurlikka bog'liq holda Quyoshda differensial aylanish xarakterining o'zgarishini o'rganishning yagona imkoniyati hisoblanadi. Konvektiv zona tashqi qobiqlar aylanishining differensial xarakterini saqlashni aniqlagan. Burchak tezlikning ekvatorgacha o'rtacha qiymati kuzatilayotgan qiymat bilan mos tushadi ($2 \cdot 10^{-6}$ rad/s atrofida). Chuqurroq joylashgan nuriy o'tish zoni ham shunday tezlik bilan aylanadi. Biroq uning tezligi kenglikva chuqurlik bo'yicha o'zgarmaydi ya'ni qattiq jisn kabi aylanadi. Ko'p yillik gelioseysmik ma'lumotlarni qayta ishlash konvektiv zonada magnet maydonlar va Quyosh aktivligining kuchayish tabiati bilan bog'liq bo'lgan uzoq davrli dinamik to'lqinlar hosil bo'lishini ko'rsatadi. Markazdan $0,2 R_{\odot}$ dan kichik masofadagi aylanishlar haqidagi ma'lumotlar ishonchli balki markaziy soxalar boshqa qobiqlarning tezliklardan 1,5 – 2 marta katta bo'lgan burchak tezlik bilan aylanadi.

2 – Bob.

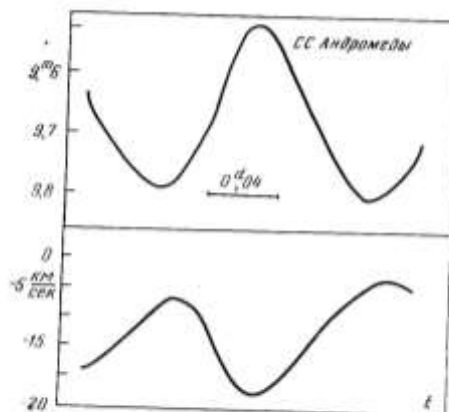
2.1. Qalqonning Deltasi va uning kuzatilish tarixi va fizik parametrlari

Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlarning yorqinlik o'zgaruvchanligi rodial pulsatsiyalanuvchi yulduzlarga o'xshaydi. Qalqonning deltasi turidagi o'zgaruvchan yulduzlarning pulsatsiyalanuvchi yulduzlardan farq va umumiyliigi. "Umumiy o'zgaruvchan yulduzlar katalogi"da o'zgaruvchan yulduzlarning xar xil turlari haqida ma'lumotlar yig'ilgan. Katalogning birinchi nashirida (1948 y) ammo bu Qalqonning deltasituridagi o'zgaruvchan yulduzlar mavjud bo'lmagan. 1970-yilgacha 13 yil davomida Qalqonning deltasituridagi o'zgaruvchan yulduzlar ajablantirmay kelgan.

1957-yilda taniqli ingliz astronomi O. Eggen G spectral sinfga mansub bo'lgan o'zgaruvchan yulduzni kuzatdi bu o'zgaruvchan yulduz qisqa davrda (0.2 sutkadan kamroq) va yorqinligining o'zgarishini kichik amplitudali edi. Bunday yulduzlar bor yo'g'i 5 ta bo'lib: ular DQ sefeya, CC Andromed, B Delfina, ρ korm, va Qalqonning δ si o'zgaruvchan yulduzlari edi. Bu turdagi yangi qo'shaloq yulduzlardan HR1706 va kassapeyaning β sidir.



Кривые блеска звезды I Эриданоса по наблюдениям 22 октября 1965 г. (слева) и 13 января 1966 г. Амплитуды кривых различаются в 10 раз



Кривые блеска (верх) и изменения лучевой скорости звезды CC Андромеды. Кривые являются почти зеркальным отображением одна другой

O. Eggenning izlanishlari davomida bunday yulduzlar Qalqonning deltasi tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar nomini oldi. Bunday tipdagi yangi o'zgaruvchan yulduzlar

tezda “O’zgaruvchan yulduzlarning umumiy katalogi”ning ikkinchi nashridan o’rin egalladi. (1958 y)

Qiziq 1966-yilgacha taniqli bo’lgan xuddi o’sha faqat 5ta klassik o’zgaruvchan yulduzlar butunlay yangi o’zgaruvchan yulduzlar hisoblanar edi. Biroq 1966-yilga kelib vaziyat birdan o’zgardi: 4 yil ichida xuddi shunday o’zgaruvchan yulduzlarning bir necha 10 tasi ochildi.

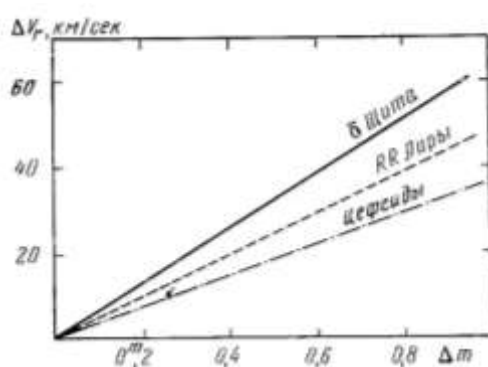
Savol tug’iladi. Nima uchun oldinroq Qalqonning deltasi tipidagi o’zgaruvchan yulduzlar ochildimagan? Chunki bu o’zgaruvchan yulduzlar visual yoki fotografik usulda kuzatilgan bu yulduzlarning juda ham amplitudasi va yorqinlik o’zgarish davri kichik bo’lgani uchun ularning o’zgarishni aniqlay olmagan. Haqiqatdan ham fotografik platinaning ekspozitsiya vaqti bilan o’zgaruvchan yulduz davrining davomiyligini solishtirilganda ularga bir-biriga teng. Ko’pchilik Qalqonning deltasi tipidagi o’zgaruvchan yulduzlarning yulduz kattaligini aniqlashda fotografik va visual kuzatishlarda xatoligi oshib ketgan.

Faqat fotoelektrik yo’l bilan o’zgaruvchan yulduzlarning yorqinligini o’lchash, qisqa davrini topish, yorqinligini kichik amplitudali o’zgarishni aniqlash imkoniyati paydo bo’ldi. Zamonaviy fotoelektrik usul yordamida quyosh atrofidagi sohalardan xuddi Qalqonning deltasikabi yorug’ 15-kattalikdagi yulduzlarni kuzatish mumkin. Baholash shuni ko’rsatadiki bunday yulduzlar 1500 dan ortiq. Ayni vaqtda bunday yulduzlar soni umumiy sefeidlar sonidan 2marta oshib ketadi.

Hozirgi vaqtda ma’lum bo’lishicha Qalqonning deltasi tipidagi o’zgaruvchan yulduzlar sinfi ko’p qirrali bo’lishi kerak bu yulduzlarning xarakteri va xossalarni qarab chiqamiz.

Bizga ma’lum bo’lishicha Qalqonning deltasi tipidagi o’zgaruvchan yulduzlarning yorqinligining kichik amplitudali va qisqa davrda ega ekanligi tufayli yuzaga keladi. Sefeid va Liraning RR tipidagi yulduzlarning odatiy amplitudali va yulduz kattaligi I tashkil etsa amplituda tipidagi o’zgaruvchan yulduzlarning yulduziy kattaligi bir yulduz kattaligining o’ndan bir ulushidan yuzdan bir ulushigacha bo’lishi mumkin. Shuningdek HR 1223 va HR 7501 yulduzlarning yorqinligining amplituda o’zgarishi 0.01 dan oshmaydi CC Aidromedia yulduzniki esa yulduz kattaligi 0.34 ga

teng. HR 812 yulduzning yorqinligining o'zgarishi davrning eng katta 50 minutiga teng. Qiziq Qalqonning deltasi tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar o'rtasida balki barcha pulsatsiyalanuvchi yulduzlar o'rtasida eng qisqa davr o'zgarishi ham mavjud ekan. Qalqonning deltasi tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar amplitudasi va yorqinlik egrilik shaklini ham o'zgartiradi. Bu Blajko effektini eslatadi yaxshi taniqlilaridan Liraning RR sinf vakillaridir. Ammo RR Lira va Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlarning davrining o'zgarishi turlicha: birichidan yorqinlik egrilik shaklining o'zgarish davri va amplitudasi asosiy yorqinlik tebranish davridan anchgina oshib ketadi, ikkinchidan atigi bir necha marta.



Зависимость между амплитудами изменения лучевой скорости и блеска для пульсирующих переменных звезд: чем больше изменяется лучевая скорость звезды, тем больше и амплитуда блеска

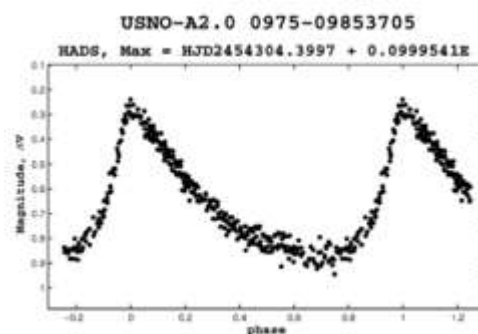
Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlarning yorqini o'zgarishi bilanbirgalikda nurni tezligi ham o'zgaradi kuzatuvdan qobiqning yaqinlashish yoki uzoqlashish tezligi o'zgaruvchan pulsatsiyalanuvchi yulduzlar ana shunisi bilan xarakterlanadi. Sababi RR lira tipidagi yulduzlar singari bu o'zgaruvchilarning egrilik nuriy tezligi yorqinlik egrilikininh aksi hisoblanadi. Demak Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlar pulsatsiyalanuvchi ammo Liraning RR tipi yulduzlarning tebranishidan kichik. Xulosa qilib aytganda Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlarning nuriy tezligining amplituda o'zgarishi chegarsi 2-3 dan - 27 km/s gacha. Bu esa Lira RR tipidagi yulduzlarga qaraganda va sefeidlarga nisbatan ancha kichik, Qalqonning deltasi tipidagi o'zgaruvchan yulduzlarning yorqinlik amplitudasi katta bo'lsa shunga ko'ra nuriy tezliklari kichik bo'ladi, bu esa sefeidlar va Lira RR tipidagi yulduzlarga o'xshaydi.

Ko'pgina Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlar zich qo'shaloq yulduzlardir. Ularning qo'shalqlari faqat spectral chiziqlarida topildi. 1900 yilda Qalqonning deltasi yulduzining, 1957 yilda "Kema dumi ρ si" ning, 1964 yilda "Delfin δ " sining qo'shaloqlari ochildi. Shunday qilib 5 ta o'zgaruvchan yulduzlarning 3 tasida yaqin yo'doshlari topildi. Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlar o'rtasida DQ Sefeya va CC Andromedia yulduzlarining hozirgacha qo'shaloqlari toplimagan. Demak qo'rqmasdan aytish mumkinki Qalqonning deltasi tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar o'zlarining yaqin tabiiy yoldoshlari borligi bilan xarakterlanadi. Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlarning ham spectral sinfi va rang ko'satgichlari Lira RR tipidagi o'zgaruvchan yulduzlarinikiga o'xshaydi, ammo Lira RR yulduzlar sinfiga qaraganda yorug'ligi kamroq.

Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlarning massasi spectral xarakteristkalri va bir qancha nazariy ma'lumotlarga baholanmoqda. Qalqonning deltasi tipidagi yulduzning massasi 1,5 – 2 Quyosh massasini tashkil etishi mumkin. Qalqonning deltasi tipidagi yulduzning massasi Lira RR tipidagi yulduzlarning massasidan bir necha marta kattaroq, Lira RR ning massasi Quyosh massasidan 2 marta kichikdir.

Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlarning yoshi unchalik katta emas, bunga o'xshash bir qancha o'zgaruvchan yulduzlar sochma yulduz to'dalarida ochildgan. Bunday sochma yulduz to'dalarida faqatgina yosh yulduzlar uchraydi. Sochma yulduz to'dalarida Sefeydlar mavjud biroq Lira RR tipidagi yulduzlar uchramaydi. Lira RR tipidagi yulduzlar sharsimon yulduz to'dalarining tipik vakili bo'lib, bunday to'dalar tarkibida qari yulduzlar mavjud.

Qalqonning deltasi tipidagi yulduzlar pulsatsiyalanuvchi yulduzlar tipiga kiradi. Qalqonning deltasi tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar bular – yorqinligi yulduz sirtining radial va noradial tebranishlari ta'sirida keskin o'zgarib turadigan yulduzlardir.



Bu tipdagi yulduzlarga odatda gigantlar yoki spectral sinflari A0 dan F5 gacha bo'lgan yulduzlar kiradi. Bu yulduzlarning yorqinlik o'zgarishlari 0,003 dan 0,9 yulduz kattaligigacha qiymatini tashkil etadi, o'zgarish davrlari bir necha soatga teng bo'ladi. Yorqinlik egri chizig'ining ko'rinishi davri va amplitudasi har xil yulduzlarda keskin farq qiladi. 1-jadvalda bu tipga mansub bir nechta o'zgaruvchan yulduzlar va ularning yorqinlik o'zgarishlari haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Kuzatuvlar radial tebranishlar bilan bir qatorda noradial tebranishlar borligi xaqida axborot beradi. Ba'zi yulduzlarda bu turdagi o'zgaruvchanlik to'satdan paydo bo'ladi va bazida bunday o'zgarish umuman yo'qoladi.

Yorqinlik egri chizig'i odatda nuriy tezliklar egri chizig'ining aksini ko'rsatadi. Bu turda yulduzlarning dastlabki vakili qalqoning deltasi bo'lib uning yorqinligi $+4,6^m$ dan $+4,79^m$ gacha o'zgarib turadi, davriyligi 4,65 soatga teng. Shu sinifga arsloning β si kossapiyaning β si kiradi.

Shimoliy osmoning eng yorug' yulduzlaridan biri Liraning α si (Vega) yulduzi ham shu sinfga mansubligi tahmin qilinadi.

Jadval 1

Nomi	Spektral sinfi	Ko'rinma yuduziy kattaligi	Amplituda variatsiyasi	Davri
Liraning α si	A0 V	-0,02	0,07	0,19
Arslonning β si	A3 V	2,14	0,025	-
Kassopeya β si	F2 III-IV	2,25	0,06	0,1043
Kema quyrug'i ρ □ si	F6 Iip	2,68	0,19	0,14088
Volopasning γ si	A7 III	3,02	0,05	0,2903
Kichik ayiqning γ si	A3 II-III	3,04	0,05	0,1430

Samarqand observatoriyasidagi ko'zgusining diametri 48 sm bo'lgan Grabb-Parsons teleskopida GSC 02007–00761 obyektining kuzatuvlari olib borilmoqda.

2.2. 48-sm Grab Parsons teleskopi

Samarqand ilmiy obdervatoriyasi 2006 yil mart oyidan faoliyat ko'rsata boshlagan. Samarqand ilmiy o'quv markazi obdervatoriyasi Samarqand Davlat Universiteti qoshida ochilgan bo'lib, u "Astronomiya ilmiy o'quv markazi" deb yuritiladi. Samarqand ilmiy obdervatoriyasi Samarqand shahar Sartepo massivida joylashgan. Samarqand ilmiy obdervatoriyasida Samarqand Davlat Universitetining astronomiya va fizika mutaxassisligi talabalari, magistrantlari, ilmiy tadqiqotchilar, aspersntlarlari hamda qo'shni viloyat Oliy o'quv yurtlarining talabalari, magistrantlari kuzatuvlarda ishtirok etishi mumkin.



Rasm 20. Samarqand ilmiy obdervatoriyasi povilonining tashqi ko'rinishi.

Samarqand ilmiy obdervatoriyasiga ko'zgusining diametri 0.48 m bo'lgan Grabb Parsons reflektor teleskopi o'rnatilgan. Grabb Parsons teleskopi ekvatorial telekop hisoblanib, optic sxemasi Kassigren sistemasida tuzilgan birlamchi ko'zgusining diametri 48 sm, focus masofasi 9540 mm.



Rasm 21. Grabb Parsons teleskopining ko'rinishi.

Samarqand ilmiy obdervatoriyasi kuzatuvchilar uchun qo'llanma.

Ushbu qo'llanma Samarqand o'quv observatoriyasidagi 0.48 m lik **Grabb Parsons** teleskopida **AP 10 kamera** sini qo'llagan holda kuzatishlar tartibini mujassam etgan. Kuzatishlar o'tkazish, avvalo teleskopning va mavjud asboblarning yaxshi saqlanishini ta'minlash maqsadida ushbu qo'llanmadagi ketma-ket berilgan ko'rsatmalarga qat'iy rioya qilish talab etiladi. Teleskopni kuzatishlar uchun qulay bo'lgan ob-havo sharoitida *“qulay sharoit”* ishga tayyorlashning bosqichma-bosqich amalgam oshirilishi ushbu qo'llanmaning asosiy qismini tashkil etadi. *“Noqulay sharoit”* jarayoni esa ushbu qo'llanmaning alohida bandida berilgan.

1. Kuzatishdan oldin (kunduzi)

Kuzatuvchi shom paytidan taxminan 1,5 - 2 soat oldin kuzatish joyiga kelib, kuzatish xonasini, teleskopni va asboblarni tungi kuzatuvga tayyorlashni boshlashi kerak.

Minora va teleskopning asosiy elektr tarmog'iga ulanganligini tekshirish (tarmoq ulagichlari binoning 1-qavatida, devorda joylashgan). Tarmoqdagi tok ulagichlar balandga tomon bo'lsa tok ulangan bo'ladi. (U erda 2ta ulagich bo'lib, ish paytida ikkalasi ham qo'shilgan holatda bo'lishi shart).

Teleskopning gumbazi Quyoshga teskari tomonga aylantiriladi va xonani shamollatish uchun ochiladi.

Teleskop trubasining qopqog'i ochiladi (bu qopqog' berkitilgan 2ta boltga nisbatan aylantirib ochiladi).

Asosiy kompyuter va kamera ulangan tarmoq filtri kabelini rozetkaga ulash. Agar qo'shilgan bo'lsa tarmoq filtrida qizil indicator yonadi.

Teleskopda **RA** va **DEC** datchiklarning vaziyatini tekshirish. Kuzatishdan oldin har ikkala datchiklar istalgan yunalishlarga harakatlanishi uchun teng yo'l zahirasiga ega bo'lib, ikkita ulagichlarga nisbatan markazda bo'lishi lozim. Datchiklar harakati (regulirovkasi) qisqa oraliq pulti (pult tonkogo navedeniya) yordamida amalgam oshiriladi.

Asosiy kompyuter qo'shiladi va kamera kerakli haroratgacha sovutiladi. Asbobni qo'shish jarayonlari: "AP10 kamerada kuzatish uchun mo'ljallangan qo'llanma" da berilgan.

Mazkur kecha uchun kuzatish rejasini tayyorlash.

2. Kechki shulalar (yassi maydon tasvirini olish)

2.1 Meridiandan $\sim +1-2$ soat keyin teleskop osmonning g'arb tomon qismiga, yoki osmonning bulutsiz, yorug' bo'lmagan tomoniga o'rnatiladi. Zarurat bo'lganda soat mexanizmi qo'shiladi (ulagich soat mexanizmi blokining chapdan pastida joylashgan).

2.2 **B(Blue)** filtr qo'yiladi.

2.3 Qachonki osmon fonining o'rtacha qiymati tasviri bo'yicha 15000ADU dan kam bo'lsa, sinov vaqti (15 sekund) qilinadi, shu vaziyatda yassi maydon tasvirini olishni boshlash mumkin. yassi maydonning barcha tasvirlari uchun har qaysi filtrda bir xil ekspozitsiyani qo'llash tavsiya etiladi.

2.4 Kechki shulalar uchun yassi maydon tasvirlari filtrlarning quyidagi ketma-ketligi: **B(Blue)**, **V(Green)**, **R(Red)**, **I(Infrared)** tasvirlarni $\sim 10-15$ arc.sec ekspozitsiya oralig'ida siljitish orqali yoki soat mexanizmining o'chirilgan holatida olinadi.

2.5 Tasvirda o'rtacha fon qiymatiga etibor berish zarur, u 15000 ADU dan oshmasligi kerak. Shuningdek fon qiymati 2000 ADU dan kichik bo'lganda ham tasvir olish tavsiya etilmaydi.

2.6 Yassi maydon tasvirini olib bo'lgach, xuddi shu holda 5-10 marta qora maydon (**Dark**) tasvirini ham olish kerak. (yani: yassi maydon tasviri uchun ekspozitsiya vaqti 15 sek. bo'lsa, qora maydonning har qaysi tasviri uchun ham 15 sek. bo'lishi shart.

3. Teleskopni fokusirovka qilish.

3.1 Teleskopni meridianga yaqin bo'lgan (shuningdek, ekvator qismiga yaqinroq bo'lgan) istalgan yulduzga tomon o'rnatish kerak. Soat mexanizmi qo'shiladi.

3.2 Bo'sh (**Empty**) filtr qo'yiladi, sinov tasvirlar seriyasi o'tkaziladi (5 sek., zarurat bo'lganda ekspozitsiya vaqtini o'zgartirish mumkin). Kamera nazorati dasturidagi, tasvirlar orasidagi vaqt 5 sek. bo'lgan Fokusing ilovasi qo'llaniladi.

3.3 Teleskop fokusirovkasi, teleskopni fokusirovka qilish pultidagi “+” yoki “-“ tugmachalar bosilib, ikkilamchi oynani siljitish orqali amalgam oshiriladi.

3.4 Tasvirlar fokuslangan hisoblanadi, agarda tasvirda “siing” qiymati kam bo’lsa.

3.5 Zarurat bo’lganda fokusirovka qilishni, kuzatish paytida ham istalgan vaqtda takrorlash mumkin.

4. Kuzatish.

4.1 Teleskopni kerakli manbaga yunaltirish (o’rnatish) uchun ish ctolidagi VI.3 dasturni qo’llang. Bu ilovaning ko’rsatmalari bilan tanishing. Teleskopni manbaga yunaltirish uchun “Teleskopning soat burchagi” va “Teleskopning og’ish burchagi” kabilarni faqat o’qish uchun ishlating.

4.2 Teleskopning manbaga to’g’ri yunaltirilganligiga ishonch hosil qilish uchun (istalgan filtr va ekspozitsiya vaqtini tanlab) sinov tasvirlari seriyasini o’tkazish kerak. Zarurat bo’lganda manbaning tasvirdagi vaziyatini nozik yunaltirish motori (motor tonkogo navedeniya) orqali o’zgartirish mumkin.

4.3 Kerakli filtrni qo’ying va ekspozitsiyani qo’shing. Har qaysi manbani kuzatish so’ngida, manba tasvirini olishdagi o’zgartish vaqti qancha bo’lsa, xuddi shunday qora maydon tasvirini olish ham tavsiya etiladi. Shuningdek, qora maydon tasvirini olishni kuzatish dasturi tugagach bajarsa ham bo’ladi.

5. Ertalabki shulalar (Yassi maydon tasvirini olish).

5.1 Teleskopni sharq tomonga, meridiangacha ~ +1-2 soat masofada, osmonning yorqin yulduzlar bo’lmagan qismiga yoki osmonning bulutlarsiz, ancha yorqin qismiga yunaltirish kerak. Zarurat bo’lsa coat mexanizmi o’chiriladi.

5.2 I (**Infrared**) filtr qo’yiladi.

5.3 Osmonning o’rtacha fon qiymati tasvir bo’yicha 2000ADU dan oshmasa, 15 sek. lik sinov ekspozitsiyaga qo’yib yassi maydon tasvirini olish mumkin. Har qaysi filtrda yassi maydonning barcha tasvirlari uchun bir xil ekspozitsiyani qo’llash tavsiya etiladi.

5.4 Ertalabki shulalar uchun yassi maydon tasviri, ekspozitsiyalar oralig'ida tasvirni ~ 10-15 arc.sek. ga o'zgartirish orqali filtrlarning quyidagi ketma-ketligi bo'yicha olinadi: **I(Infrared), R(Red), V(Green), B(Blue)**.

5.5 Tasvirda fonning o'rtacha qiymati 15000 ADU dan oshmasligi kerak. Shuningdek, 2000 ADU dan kam bo'lgan fon bilan ham tasvir olish tavsiya etilmaydi.

5.6 Yassi maydon tasvirini olish tugagach, xuddi shunday vaqt yig'indisi bilan qora maydon (**Dark**) ning ham 5-10 ta tasvirini olish kerak bo'ladi (yani: silliq maydon tasviri uchun ekspozitsiya vaqti 15 sek. bo'lgan bo'lsa, qora maydon tasviri uchun ham 15 sek. bo'lishi kerak).

6. Teleskopni yopish.

6.1 Teleskopning soat mexanizmi o'chiriladi.

6.2 Asbobni, AP10 kamerasida kuzatish qo'llanmasidagi ko'rsatmalarga asosan o'chiriladi.

6.3 Kompyuter o'chiriladi.

6.4 Teleskop trubasining qopqog'i yopiladi.

6.5 Teleskop quyidagi holatlarga qo'yiladi: RA=00:00:00 va DEC=-25:00:00.

6.6 Teleskop gumbazi "**Park**" vaziyatiga qo'yiladi. Teleskop gumbazi yopiladi.

6.7 tarmoq filtri kabeli manbadan uziladi (zarurat bo'lganda shnur rozetkadan chiqariladi).

6.8 Zarurat bo'lganda binoning asosiy tok manbai o'chiriladi.

6.9 Ketishdan avval binoning asosiy eshigi yopiladi.

7. noqulay ob-havo.

7.1 Agarda; qalin bulut, tuman, yuqori namlik (8% va yuqori), yomg'ir, qor yoki kuchli shamol kabilar tufayli kuzatish imkoni bo'lmasa, teleskop gumbazini ochmang.

7.2 agar kuzatish paytida, ob-havo keskin o'zgarsa (yomg'ir boshlansa yoki namlik birdaniga ko'tarilsa) zudlik bilan teleskop gumbazini yoping va 6-banddagi asbobni va teleskopni o'chirish ko'rsatmalariga rioya qiling.

7.3 momaqaldiroq paytida barcha qurilmalarni elektr manбайдan o'chirish kerak va binoning asosiy elektr manbaini o'chirish zarur.

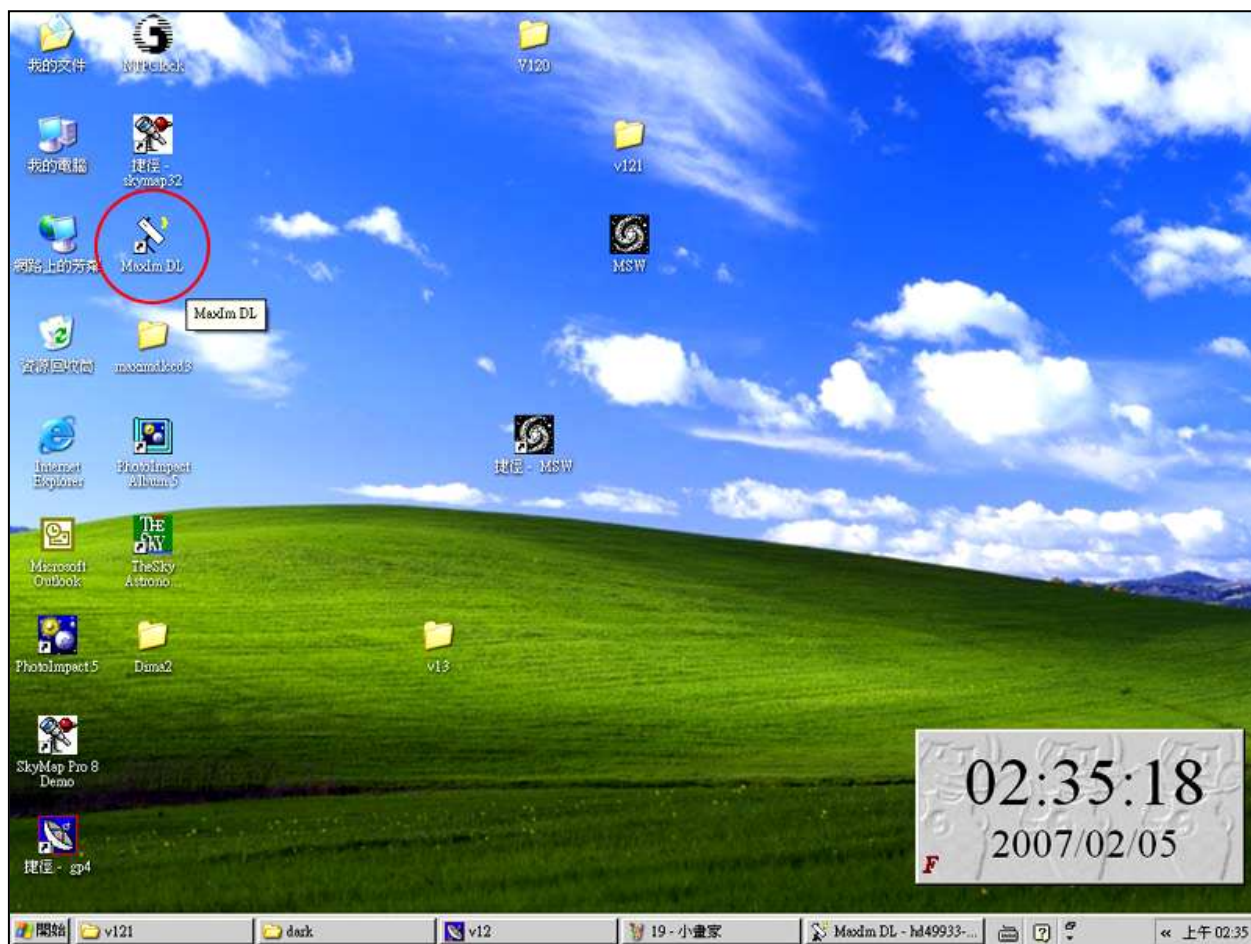
2.3. AP 10 zaryadli aloqa kamerasi

Samarqand o'quv observatoriyasining AP 10 kamerasini boshqarish dasturi bo'yicha yo'riqlar.

- Kamerani faollashtirish va o'chirish, sovutish va kerakli haroratgacha isitish.
- Birlamchi tasvirlarni olish, filtrni almashtirish.
- Tasvirning yorqinligini o'zgartirish.

AP 10 PZS kamerasini boshqarish dasturini ishga tushirish.

Kompyuter qo'shiladi, OS Windows yuklanishini kutish kerak. Kompyuter qo'shilgach, kamera avtomatik tarzda qo'shiladi. Quyidagi sistemaga kiring: (foydalanuvchi; student, kirish uchun *parol* ni tungi assistenddan so'rang). MaxIm DL dasturini ishga tushiring (Rasm 22).

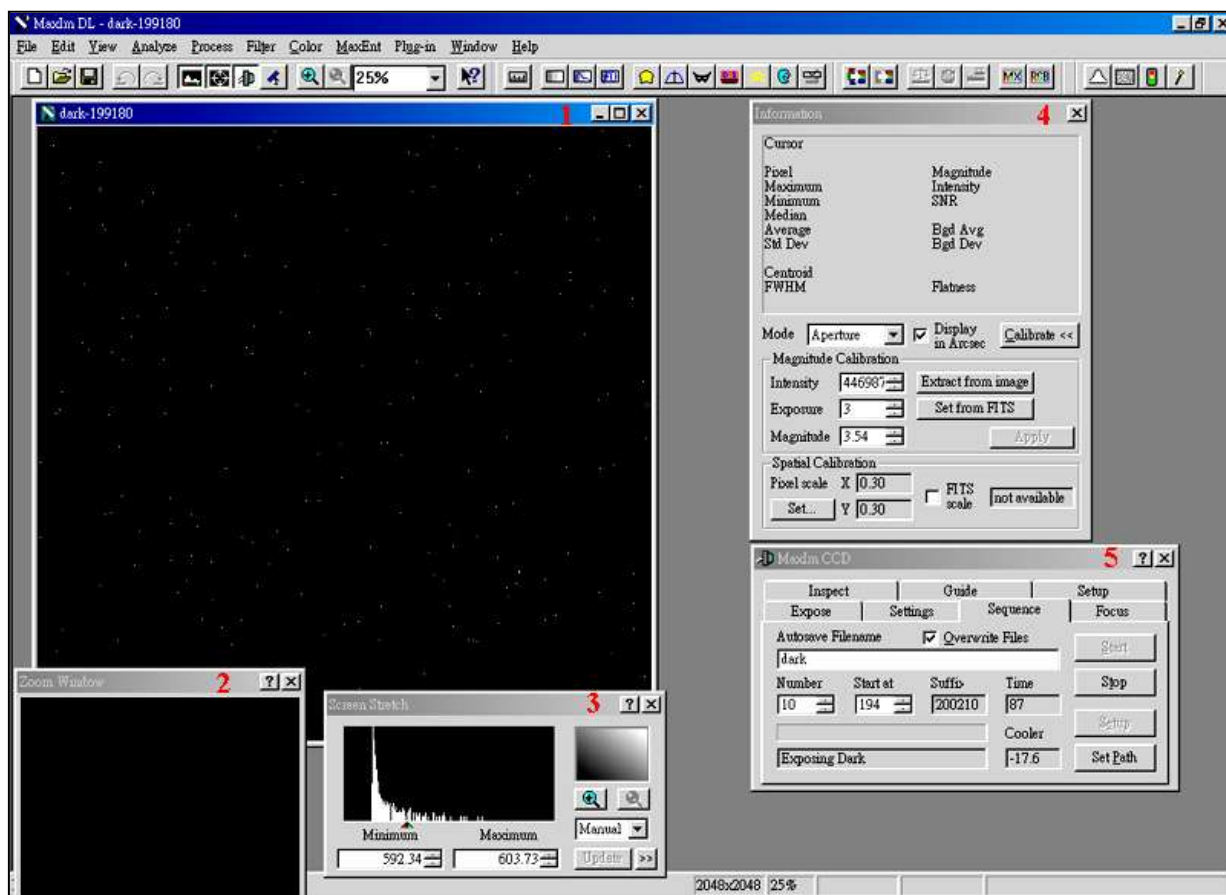


**Rasm 22. Ish stolining ko'rinishi, bu erda:
MaxIm DL dasturining yarliklari belgilangan.**

MaxIm DL dasturi bilan ishlash, tasvirlar olish.

Dasturni ishga tushirgach menyu panelida, **View** bulimida kamerani boshqarish sistemasini ishga tushirish uchun **CCD Control Window** ni belgilang (yoki: **CTRL+W** tugmachalarni baravariga bosib).

MaxIm DL dasturining ishlash sohasi (rasm 23) quyidagilardan tashkil topgan: 1). Kuzatish davimida olinuvchi tasvirlar oynasi; 2). Ko'rsatgichni (kursor) manbaga yo'naltirish paytida tasvirning kengaygan sohasini aks ettiruvchi "**Zoom**" oynasi; 3). "**Skreen Stretch**" tasviri tiniqligini o'zgartiruvchi oyna; 4). "**Information**" oynasi esa ko'rsatgichning tasvirlardagi holati haqida axborot beradi. Pekseldagi oqimlar fon tasvirining maksimal va minimal qiymatlari, tasvir bo'yicha fonning medianli va o'rtacha qiymati, oqimning standart chetlanishi, manbaning magnitudasi, berilgan aperturadagi peksellarning aktivligi, seeing olinadigan tasvirning sifati, bundan keyin u "**seeing**" deb nomlanadi) va h.k.; 5). Kamerani boshqarish oynasi (PZS qurilmaning va tasvir olishning asosiy oynasi hisoblanadi).

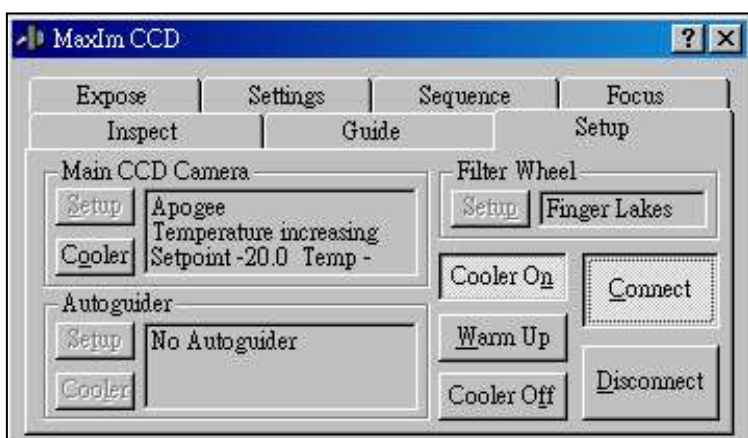


Rasm 23. MaxIm DL dasturining ishchi paneli.

Kamerani faollashtirish va o'chirish, ma'lum haroratgacha sovutish va isitish.

Kamera bilan ishlashdan oldin uni faollashtirish va chip qabul qiluvchini -20 C^0 haroratgacha sovutish kerak. Buning uchun kamerani boshqarish oynasida **Setup** ni belgilang, **Connect** tugmachasini bosing (shundan keyin kamera dasturga qo'shiladi). Agar dastur kamerani qo'shish bo'yicha xatolik bermasa, u holda chip ni kerakli haroratgacha sovutishni boshlash mumkin. Buning uchun **Cooler On** tugmachasini bosing. **Main CCD Camera** bulimida aks etuvchi haroratning o'zgarishini kuzatib boring. Cooler tugmachasini bosish orqali sovutish harorati qiymatini o'zgartish mumkin. Chip ning tanlangan harorati Setpoint parametrada aks etadi, ayni paytdagi harorat esa Temp parametrada aks etadi. Kerakli haroratga erishgach, Siz sovutish sistemasini o'chirguninguzcha, dastur avtomatik tarzda Chip qabul qiluvchining haroratini nazorat qilishda davom etaveradi.

Kameraning ishi tugagach, PZS kameraning kiruvchi oynasida kondensatlar yuzaga kelmasligi uchun Chip ni tashqari (atrof muhit) haroratigacha isitish kerak. Warm up tugmachasini bosib, harorat $+10 - +15\text{C}$ dan ham yuqori qiymatga ko'tarulguncha kutish kerak, shundan so'ng Disconnect tugmachasini bosib, kamerani dasturdan uzishingiz (o'chirishingiz) mumkin. Bundan tashqari **Cooler off** tugmachasini bosish orqali sovutish yoki isitish jarayonlarini ham to'xtatishingiz mumkin.



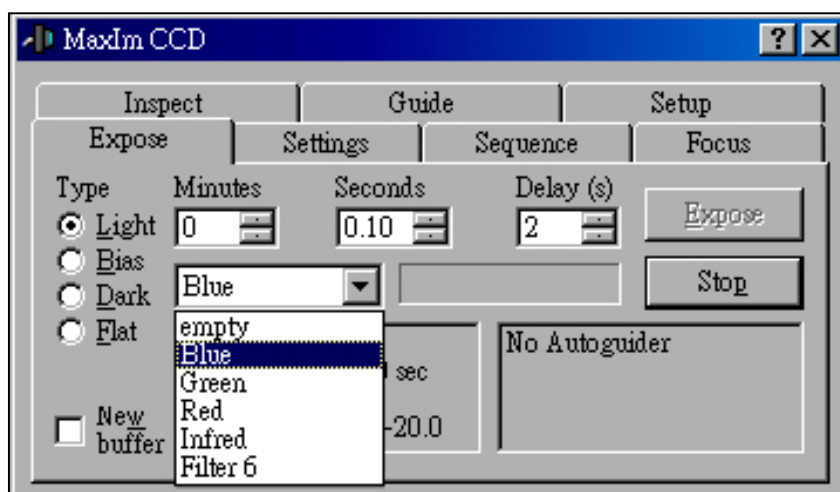
Kamera tok manбайдan yoki kompyuterdan uzilgach (ajratilgach) PZS (priyomnik) qabul qiluvchida avtomatik tarzda qizish boshlanadi. Kuzatishni ettirish zarurati bo'lsa Chip ning harorati normallashguncha kutish kerak va kamerani sovutishni takrorlash lozim.

Rasm 24. Kamerani boshqarish paneli.

Birlamchi tasvirlarni olish, filtrlarni almashtirish.

Birlamchi tasvirlarni olish va filtrlarni almashtirish **Expose** bulimida amalgam oshirilishi mumkin. (rasm 24).

Tupe bulimida olinuvchi tasvirlarning turini tanlang (**Light** – kuzatish manbasining tasviri; **Bias** – dastlabki bosqichlardagi qora tasvirlar; **Dark** – ma'lum vaqtli qora tasvirlar; **Flat** – silliq maydon tasviri). Ekspozitsiya vaqti **Minutes** (minutlar) va **Sekonds** (sekundlar) bulimida o'rnatiladi. Filtrlarni o'zgartirish uchun menyu da kerakli filtrni ko'rsating. Filtrni tanlaganingizdan keyin, u avtomatik tarzda almashinadi. Ekspozitsiyani boshlash uchun **Expose** tugmachasini bosing. Shuni bilingki, ushbu rejimda olingan tasvirlar avtomatik tarzda saqlanmaydi. Tasvirni saqlash uchun menyuda **File/Save** image bulimini tanlashingiz kerak. Ekspozitsiyani **Stop** tugmachasi orqali to'xtatishingiz mumkin, faqat bunda ekspozitsiya vaqtida to'plangan tasvirlar ekranda aks etmaydi.



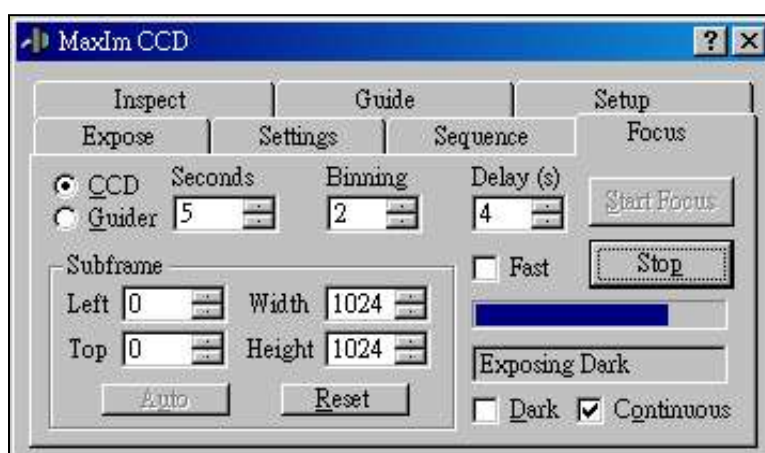
Rasm 25. Birlamchi ekspozitsiya paneli.

Teleskopni fokusirovka qilish.

Teleskopni fokusirovka qilish uchun dasturda oraliq vaqtlar bilan tasvirlar seriyasini tashkil etish etiborga olingan.

Expose da kerakli fitrni o'rnatib, so'ng **Focus** bulimiga o'ting (rasm 25). **Sekonds** bulimida tasvirning kerakli ekspozitsiya vaqtini o'rnatib, Binning qiymatini ikkiga teng qilib va tasvirlarning oraliq vaqti **Delay** (s) o'rnatib. Oraliq vaqti shunday tanlanadiki, kuzatuvchi olingan tasvirlarni tahlil qilish va teleskopning fokusini

o'zgartirish uchun etarli bo'lsin (~ 5 sek. etarli interval vaqti). Tasvirlar olishni boshlash uchun **Start Focus** tugmachani bosing. Siz **Stop** ni bosmasangiz tasvirlar olinishda davom etaveradi. Olingan barcha tasvirlar saqlanmaydi. Birinchi tasvirni olish oldidan ko'rsatgich (kursor) ni yulduzning markaziga to'g'rilang va "**Information**" oynasida **FWHM** qiymatini nazorat qiling. **FWHM** ning eng kam qiymatiga erishguncha teleskop fokusini o'zgartirishda davom eting. Samarqand observatoriyasining 0.48 m teleskopi uchun **FWHM** ning qiymati 1,8''-2.3'' oralig'ida yotadi, biroq u atmosfera sifatiga bog'liq bo'lib, kechadan-kechaga sezilarli darajada o'zgarishi mumkin.



Rasm 26. Teleskopni fokusirovka qilish paneli.

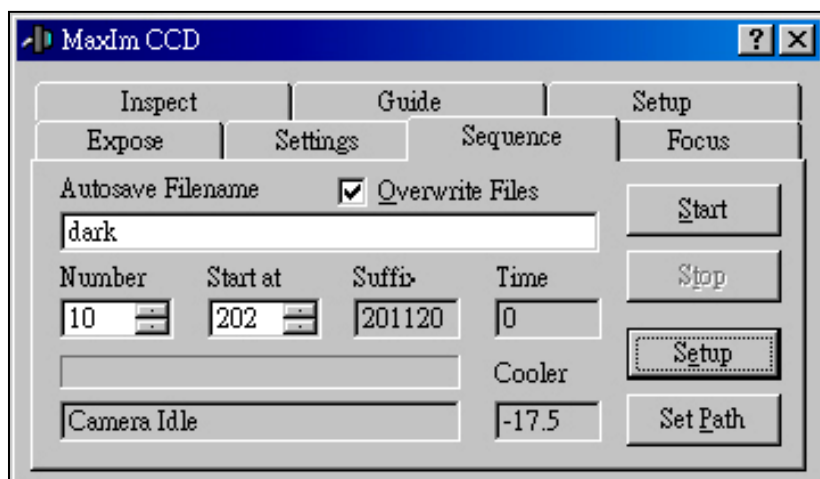
Tasvirlar seriyasini olish.

Sequence ni tanlang (rasm 27). **Autosave Filename** maydonida fayl nomini ko'rsating (faylning nomi sifatida manbaning nomi yoki tasvir turi olinishi mumkin). Agar Siz mavjud fayllarni dastur avtomatik tarzda yozishini xohlasangiz, **Overwrite Files** maydonini belgilang.

Number maydonida ekspozitsiyalar sonini ko'rsating (kamida bir ekspozitsiya), **Start at** maydonida kiyingi ekspozitsiyaning tartib raqami ko'rsatiladi. Dastur qayta qo'shilganda ekspozitsiyaning tartib raqami avtomatik tarzda 001 etib qo'yiladi. **Suffix** maydonida - **Setup** bulimida o'rnatiluvchi va ekspozitsiyaning tartib raqamiga qo'shiluvchi – suffix ko'rsatiladi. **Time** maydoni ekspozitsiyaning dastlabki vaqti hisobini ko'rsating.

Pastdan chapdagi burchakda kameraning ayni paytdagi holati ko'rsatiladigan statusli qatorlar keltiriladi. Ma'lumotlar saqlanuvchi direktoriyaga yo'l **Set Path** da ko'rsatiladi.

Ekspozitsiya parametrlarini o'rnatish **Setup** bulimida amalgam oshiriladi. Ushbu tugmacha bosilsa ekranda oyna paydo bo'ladi, unda Siz kuzatish parametrlarini ko'rsatishingiz mumkin. Bir vaqtning o'zida bitta manba uchun kuzatishning 16 rejimini o'rnatish mumkin. **Enable** maydonini belgilang, **Filter** bulimidagi ro'yxatdan kerakli filtrni tanlang (dastur ishlayotganda – filtrlarni avtomatik tarzda almashtiradi) yoki tasvirning turini ko'rsating, **Suffiks** maydonida o'zingizning tasviringiz suffiksini yozing. Ekspozitsiya vaqtini (sekundlarda) **Exposure** bulimida ko'rsating. Olinuvchi tasvir ko'rsatkichlarini (1x1, 2x2, 4x4) **Binning** maydonida ko'rsating.

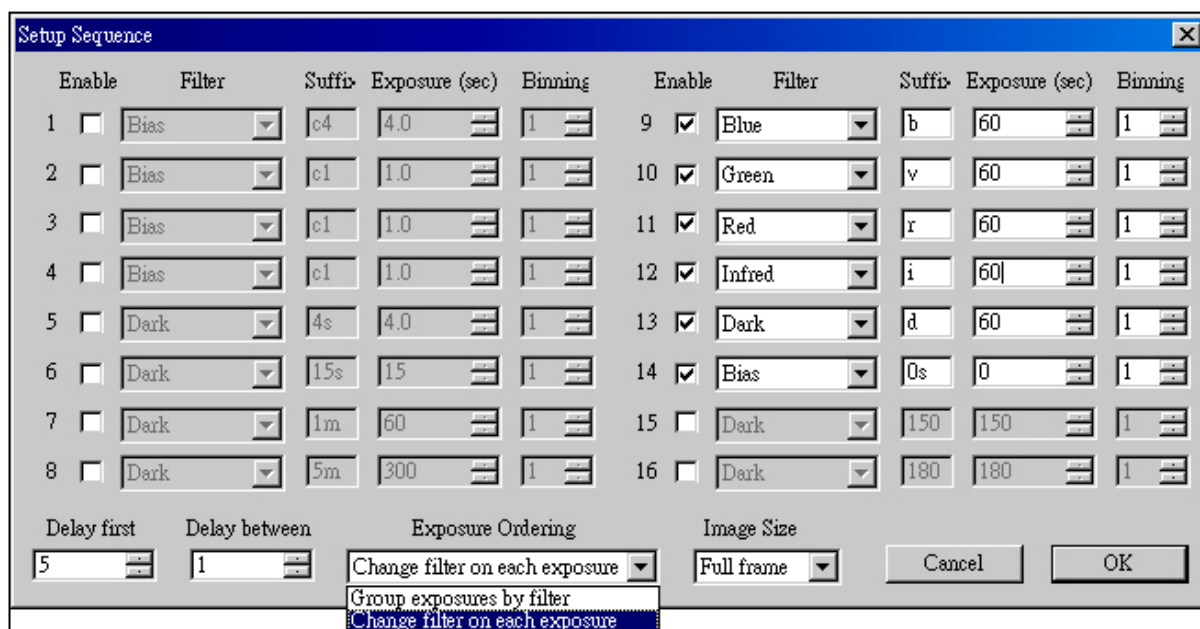


Rasm 27. Kuzatishlarni boshqarish paneli.

Kuzatishlar uchun etarlicha kuzatish parametrlari tanlang. Dastur, **Exposure Ordering** bulimida ko'rsatilgan ikki turdagi kuzatishlarni farqlaydi. 1-tur “**Group exposure by filter**” taxmin qiladi-ki, dastur, har qaysi ko'rsatilgan filtr yoki tasvir parametrlari uchun navbatdgisini bajarishga o'tishdan avval tasvirlarni to'liq oladi. (m-n: **Blue** va **Red** filtrlari uchun 10 ta tasvir ko'rsatdingiz, u holda dastur quyidagi sxema ko'rinishida tasvirlarni oladi: **10xBlue+10xRed**). “**Change filter on each exposure**” taxmin qiladi-ki: dastur filtrlarni almashtira borib har qaysi olingan ekspozitsiyadan keyin kuzatishlar ketma-ketligini bajaradi. (m-n: **1xBlue+ 1xRed+1xBlue+ 1xRed...** va h.k. Har qaysi filtr uchun 10 ekspozitsiya bo'yicha).

Birinchi ekspozitsiyadan oldin va keyingi ekspozitsiyalar oralig'ida kutish vaqti (vremya zaderjki) ni **Delay first** va **Delay between** maydonlarida o'rnatish mumkin. Kuzatishning barcha kerakli parametrlarini o'rnatib bo'lgach **Ok** tugmachasi bosiladi (oyna avtomatik tarzda yopiladi) faqat shundan keyingina dastur kuzatishning ko'rsatilgan parametrlarini bajarishga tayyor bo'ladi. Kuzatishning barcha kerakli parametrlarini o'rnatilgach kuzatishni boshlash uchun **Start** tugmachasini bosish kerak. **Stop** tugmachasi orqali kuzatishni to'xtatish mumkin.

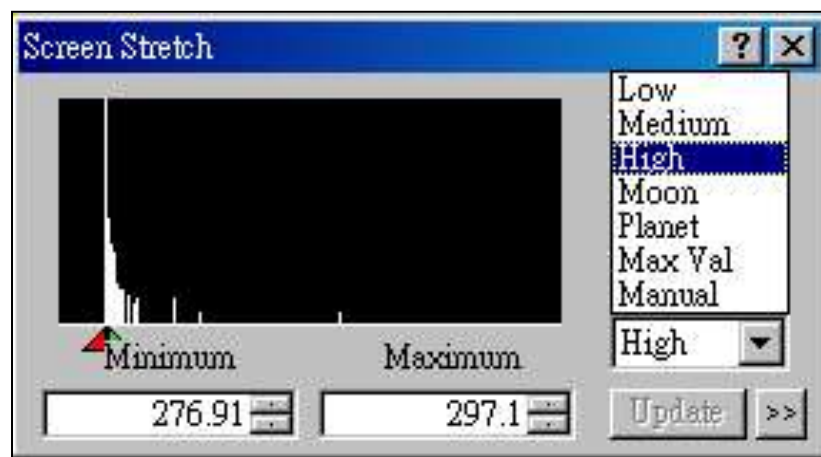
Dastur ishlash jarayonida, dastur bajarayotgan funksiyalarni kuzatib boorish talab etiladi, agarda zarurat yuzaga kelsa o'rnatilgan parametrlarni o'zgartirish mumkin.



Rasm 28. Kuzatish parametrlarini o'rnatish oynasi.

Tasvir tiniqligini o'zgartirish.

Olingan tasvirning tiniqligini o'zgartirish **Screen Stretch** oynasidagi (rasm 29) qizil va yashil ko'rsatgichlarni siljitish orqali amalga oshiriladi. Shuningdek, ro'yxatdan kerakli parametrlarni tanlab, tasvir tiniqligini o'zgartirishning avtomatik rejimini ham tanlash mumkin.



Rasm 29. Tasvir tiniqligini boshqarish oynasi.

Dasturning ishlash jarayoni haqidagi to'liq ma'lumotlarni menyuning asosiy paneli hisoblangan **Help** bulimidan topish mumkin.

2.4. GSC-02007-00761 obyektning kuzatuvlari va taxlili.

Kuzatishlar va ma'lumotlarni dastlabki qayta ishlash metodi

Ushbu ishda foydalanilgan fotometrik kuzatishlar 2007 yil 21-27 may davrida Samarqand universitetining Samarqand o'quv Observatoriyasining “**Grubb Parsons**” teleskopida kuzatiladi. [4] Teleskop bosh ko'zglasining diametri 48 sm, priyomnik sifatida miqdori 1024x1024 pikselli “Apogee – 10” (AP10 sat) PZC – kameradan foydalaniladi. Kuzatishlar V – Bessell ($\lambda=4800-6300$ A) filtrida olib borildi. Afsuski PZC kameraning asosan o'zini ishlashi tufayli hosil bo'lgan shovqin darajasining yuqoriligidan taxminan 40% kuzatish tahlil uchun yaroqsiz bo'ladi. Ammo kuzatish davomiyligi va tanlash chastotasining yuqoriligi 50 soat atrofida davomiylik bilan bir qator fotometrik kuzatishlar olish imkonini beradi. O'tkazilgan kuzatishlarni ba'zi prinsiplari 1-jadvalda keltirilgan. Mazkur maqolada faqat jadvalda keltirilgan bitta GSC-02007-00761 ob'ekti uchun tahlil ma'lumotlari berilgan.

Ma'lumotlarni dastlabki tahlil uchun IRAF paket prosedurasidan foydalanib katta massivli ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash dastur paketi ishlab chiqarildi. Ma'lumotlarni dastlabki qayta ishlash quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- 1) ob'ekt tasvirlari va yassi maydonlaridan qorong'ilik tokini hisobga olish.
- 2) tasvirning qorong'i maydonini hisobga olgan holda ob'ekt tasviri korreksiyasi
- 3) tasvir tahlili uchun yaroqli filteratsiya
- 4) tasvirni yagona markazga (tasvirni qayd qilish) olib kelish
- 5) qiziqtirayotgan ob'ekt koordinatasini aniqlash
- 6) bevosita fotometriya, fotometrik o'lchashlar “daophot” (IRAF) protsedurasi yordamida olib boriladi.

Bizning maqsad uchun operaturali fotometriya metodidan foydalanish maqsadga muvofiqdir, chunki biz tadqiq etayotgan ob'ektlar izlanayotgan alohida yulduzlar hisoblanadi. PZC kamerasi yordamida o'tkazilgan fotometrik o'lchashlar jarayononi shartli ravishda ikki asosiy bosqichga bo'lish mumkin.

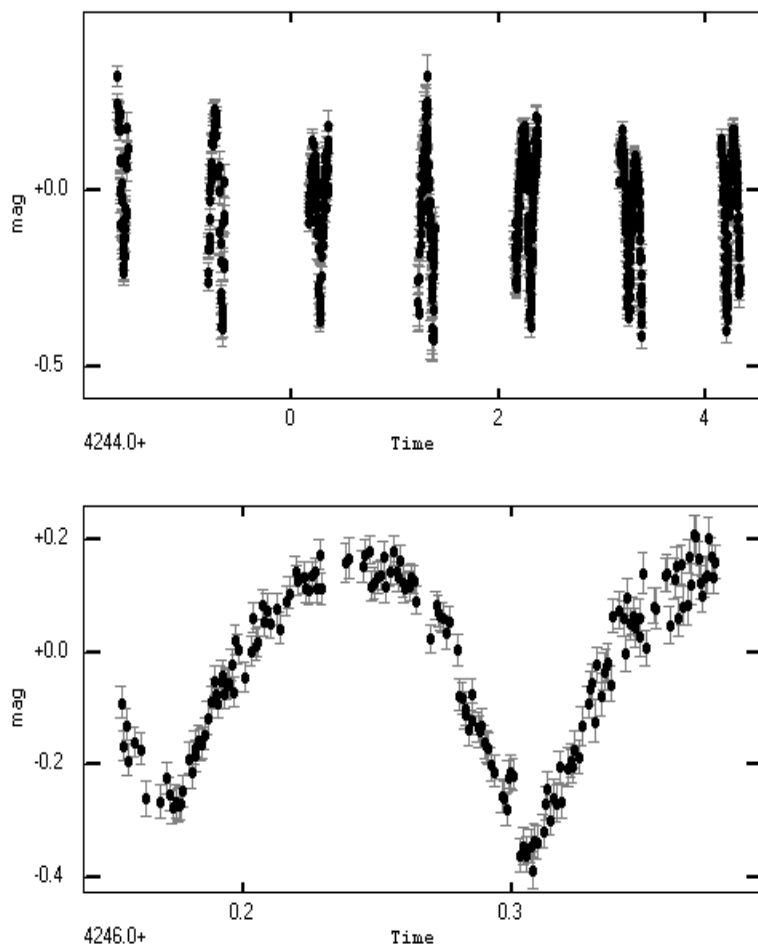
- 1) qiziqtirayotgan ob'ektlarning koordinatalarini aniqlash va ularning yig'indi oqimini aniqlash

2) referentli tanlash va differensial fotometrik qiymatini olish. PZC tasvirni tahlil qilish metodi bo'yicha to'laroq axborotni [5] ishdan topish mumkin. 1-jadval Samarqand Observatoriyasida 2007 yil 21-27 may davrida o'tkazilgan kuzatish ma'lumotlari va ob'ektlarining xarakteristikalarini.

Ob'ekt	RA	DEC	SP	Tip	Yu.kat	Δl	Filtr	T η
GSC 02007-00761	14 ^h 12 ^m 85	+24 ^o 32'.05	F8	δ Set	11.87	60c	V	~53
GSC 03539-01303	18 ^h 41 ^m 1	+52 ^o 14'.05	F?	δ Set	11.00	60c	V	~45

Ravshanlik egrisining tahlili

Tanlangan ob'ektlarning differensial fotometrik yulduz kattaliklari qatorini olgandan keyin yorug'lik o'zgarishi va davrini topish va aniqlash masalasi qo'yiladi.



Rasm 30. Yuqorida – differensial fotometriyasining vaqt qatori natijalari.
Pastda – bir oqshomda ajatilgan kuzatish maydonining

Ushbu maqola uchun biz “PERANCO” [6] dastur paketini oldik va o’zlashtirdik. Chunki biz o’tkazgan kuzatishlar vaqti bo’yicha notekis bo’lib olingan vaqt qatorini an’anaviy Furiye tahlili bilan qayta ishlash imkoni yo’q. Bizning maqsad uchun taklif etilgan “PERANSO” – “Lomb-Scargle” [7] va “PDM” [8] paketlarini ikki metodga ajratib olindi. 1 rasmda olingan qatorning umumiy (yorug’lik egrisi) ko’rinish, shuningdek GSC 02007-00761 ob’ektining uchastkalaridan biri ko’rsatilgan. **1-rasm**

Biz bu yerda shunday e’tiroz bildirishimiz mumkinki olingan kuzatishlar tahlili jarayonida yaqqol davriylik yo’qligi ma’lum bo’ldi, ya’ni δ Set tipli yulduzning qo’shni ob’ekti AG +24 1453 yorug’lik o’zgarishining nisbati ($\sim 0.1 - 0.3$ yulduz kattaligi) yuqori ampilatudalidir. Bundan tashqari biz oldingi ishlarda GSC 02007-00761 yulduzli solishtirishdan u barqaror emasligini tutuluvchi o’zgaruvchili yulduz davriyligini topdik. Qo’shaloq tizimlarni astrosesmologiya metodlari bilan tadqiq qilish juda qiyin biz qo’shaloq a’zolarining orbitalari va ba’zi fizik xarakteristikalarini aniqlash maqsadida berilgan qo’shaloq tizimni maksimal darajada batafsil tahlilini o’tkazdik.

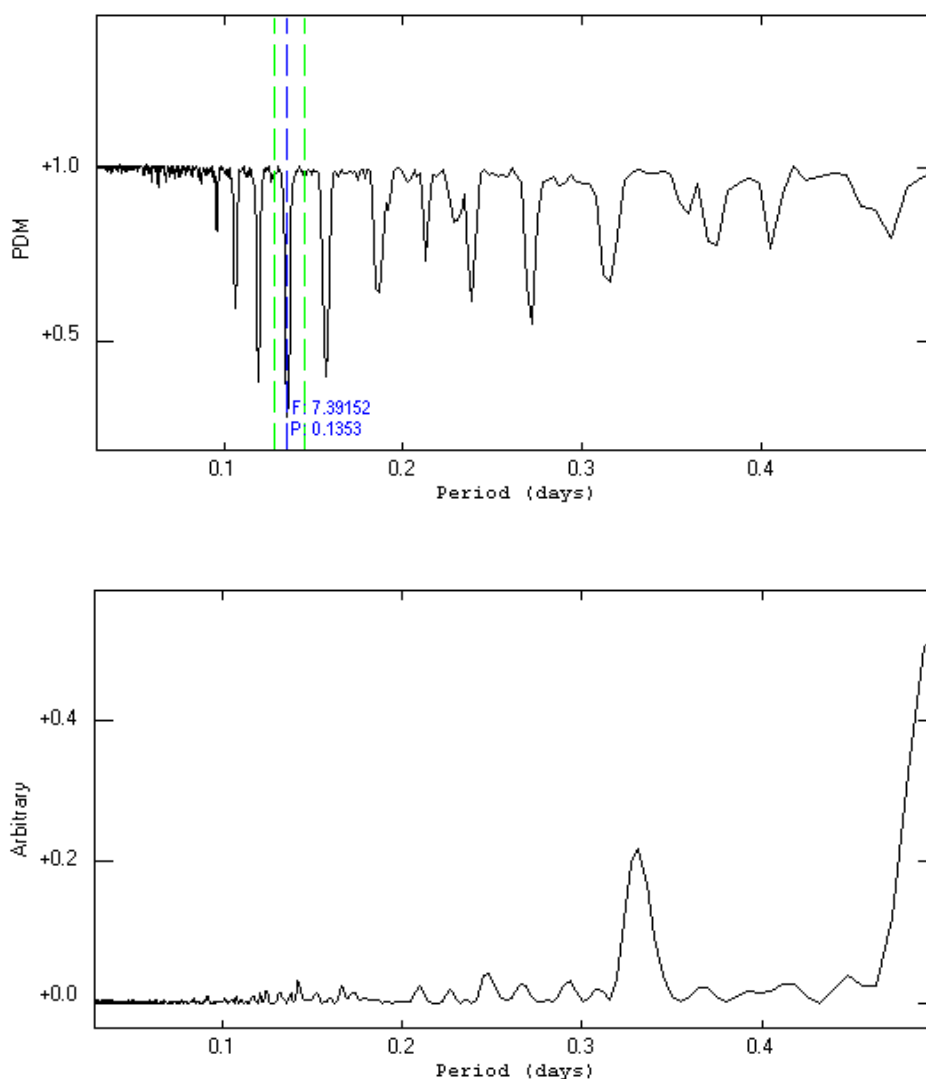
Shuni alohida ta’kidlash kerakki, hozirgacha bu sistemaning parametrlari noma’lumligicha qolmoqda, uning qo’shaloqligi yaqinda topilgan.

Asosiy davrni aniqlash.

Qisqacha PDM (Phase Dispersion Minimization – dispersiya fazaviy egriligini minimizatsiyasi) asosida fazoviy egrilik modellashtirishga nisbatan ma’lumotlar dispersiyasini minimizatsiya algoritmi yotadi. Dispersiyaning maksimal qiymatida (1 ga teng), agar tebranish davri uzunligi bo’lmasa, emirish minimaliga ega (nolga teng). Agar bunday tebranishlar bor va bunda shovqin (ideal hol) bo’lmasa, erishadi.

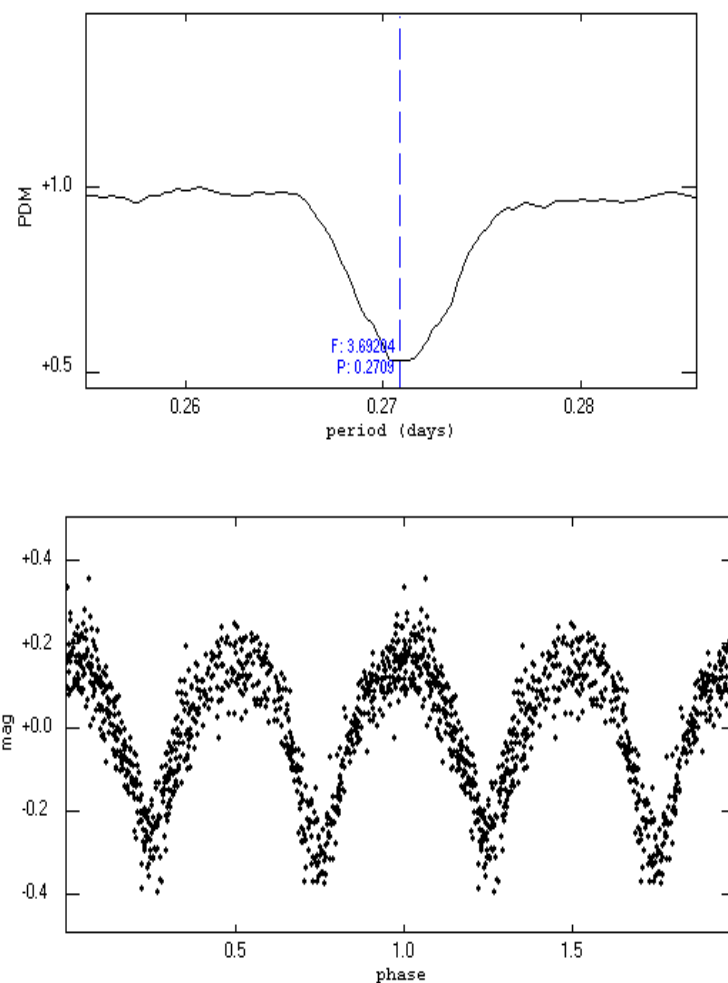
2-rasmda PDM metodi bilan tebranishning eng ehtimolli qiymati induksiyasi hasobga olinadi. Davriylikni qidirish natijalari grafigi keltirilgan. Shuningdek (yolg’on) proektlar indikatsiyasi uchun kuzatish oynasi funksiyasi grafigi keltirilgan. Shuni ta’kidlash kerakki ushbu holda davr qiymati (to’sig’i – o’zgaruvchi tizim) pasaygan (ikkilamchi minimum va maksimumlar borligi sababli), ya’ni sistemaning real aylanish davri olingandagidek ikki marta katta. Ushbu davrni yanada aniqroq o’lchash uchun

spektrni qisqa uchastkasi ajratiladi va inpoliyatsiya metodi bilan sistemaning haqiqiy davri aniqlanadi



Rasm 31. Yuqorida – PDM spektri bilan indikatsiyasi balkim aylanish davri. Pastda – kuzatish oynasida funktsiya spektri .

3-rasmda spektorning haqiqiy davri qismi ko'rsatilgan, shuningdek olingan 1-davrli yorug'likning fazaviy egrisi keltirilgan. Davrning olingan qiymatlari ishonchli bo'lishi uchun shunga o'xshash o'lchamlar "Lomb-Scargle" metodi bilan ham o'tkaziladi. Davrning olgan qiymati (PDM metodi 0.2710) ni beradi. Har ikki metodning ishonchlilik darajasi 0.995 ni tashkil etadi.



Rasm 32. Yuqorida – PDM spektri bilan indikatsiyasi ehimolli aylanish davri maydoni. Pasda – fazoviv voqinlik egriligi.

Qo’shaloq sistemaning parametrlarini aniqlash.

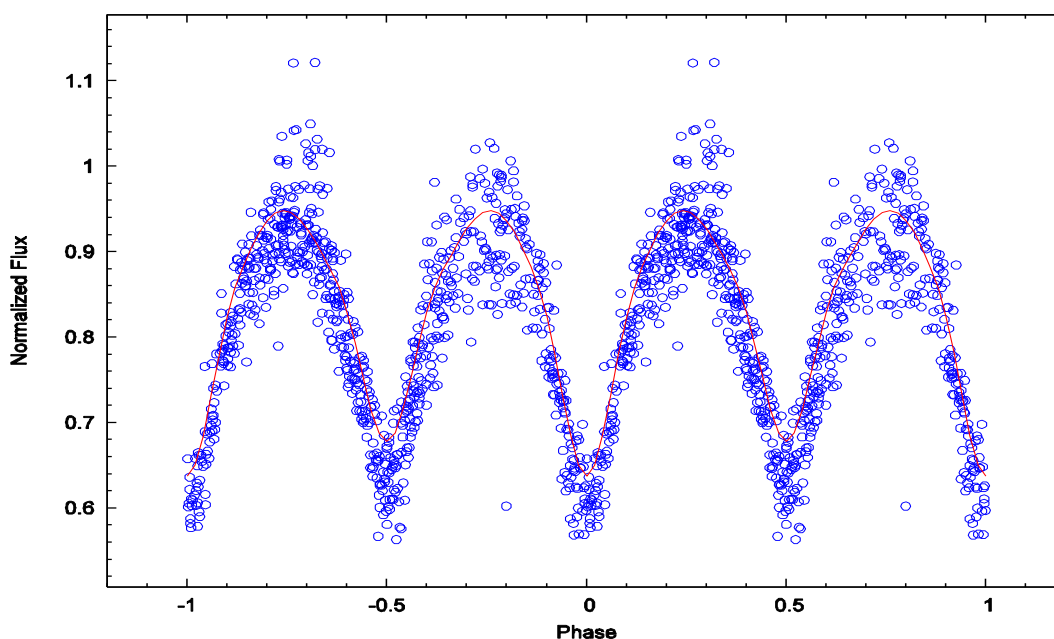
Qo’shaloq sistema orbitasining parametrlarini shuningdek, har bir tashkil etuvchilarining (yoki bu xarakteristikalar nisbatini) aniqlash juda murakkab masala hisoblanadi. Biz qarayotgan holda bu masala yanada murakkablashadi.

- 1) biz topgan sistema kontakti.
- 2) faqat bitta filtrda o’tkazilgan fotometrik kuzatishlarga egamiz.

Ixtiyorimizda qo’shaloq tizimlarning tahlilini o’tkazish uchun “PHOEBE” paket dasturi model asosi sifatida biz kontaktli qo’shaloq sistema modelini tanladik, chunki biz olgan yorug’lik egrisi kontaktli sistemalarni o’tkazish (M.M. Zokirov ... suhbat

qismidan) tavsif berilgan. Keyingi tahlil spektral sinfi F ga tegishli yulduz hisoblanadi, bunda sirt tebranishlari 6000 K dan 8000 K oraliqqa to'g'ri keladi.

Modelni kuzatish bilan mos tushirishning bosh kreteriyasi bizning holda yorug'likning nazariy egrisi (ushbu filtrda to'la normallashtirilgan oqimi) va yorug'likning kuzatiluvchi egrisida olingan dispersiya minimum kreteriyasi qayd qilindi. Kutilganidek egrisining to'la mosligi bitta filtrda kuzatish yordamida muvofiq bo'linmadi. Biroq 4-rasmdan

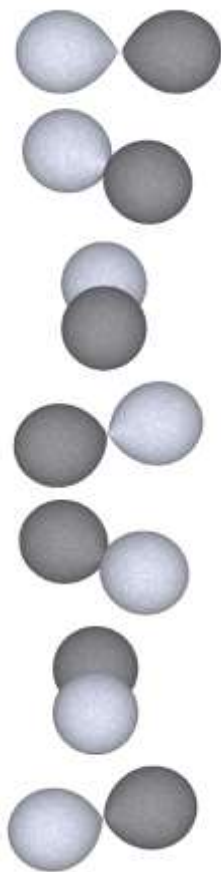


Rasm 33. Kuzatilgan fazoviy yorqinlik egriligi (ko'k doirachalar) va nazariy yorqinlik egrisi (uzluksiz qizil chiziq).

korinadiki biz olgan yorug'likning nazariy egrisi kuzatish bilan (yorug'likni o'tkazilgan fazoviy egrisi) yaxshi tafsivlanadi. Qo'shaloq sistema orbitasini va uni tashkil etuvchilarini quyidagi parametrlari va fizik karakteristikalarini olindi, tashkil etuvchilar massasining nisbati $M_1/M_2=0.984$ ($M_1=2.454$, $M_2=2.495$) tashkil etuvchilar radiusining nisbati $R_1/R_2=1$ ($R_1=1.14$, $R_2=1.14$) ravshanlik nisbati $L_1/L_2=1.23$ ($L_1=3.591$, $L_2=2.92$), bolometrik kattalik nisbati $M_{b1}/M_{b2}=0.876$ ($M_{b1}=3.32$, $M_{b2}=3.79$) yulduzlar temperaturasi $T_1=7600$ K va $T_2=6800$ K, orbitasining og'maligi $\epsilon=68^\circ$

Muhokama

O'tkazilgan uzoq davrlar fotometrik kuzatishlar yulduz kattaligini hatolik darajasi ≤ 0.05 bo'lgan yorug'likning differensial egrisini olish imkonini berdi. Bu ishonarli tarzda ilgari aytilgan AG +24 1453 yulduzda davriylik yo'qligini tasdiqladi, lekin GSC 02007-00761 yulduzning asosiy tebranish davrini kuzatish va indetifikatsiya qilish imkonini berdi. Avval ma'lum bo'lmagan kontaktli qo'shaloq tutilma o'zgaruvchi sistemani (bor yo'g'i asosiy tahlilining dastlabki qiymati ma'lum edi. Kuzatishlarning katta davomiyligi asosiy davrning qiymatini, ikki bir-biriga bog'liq bolmagan metodlardan (PDM "Lomb-Scargle") foydalanib, yetarlicha aniq o'lchash imkonini berdi.)



Yorug'lik egrisi va fazaviy egrisini tahlil qilish, biz kuzatgan sistemaga aylanib chiqish davri 6,5 soatga teng bo'lgan zich kontaktli qo'shaloq yulduzlar ekan. Ushbu qo'shaloq sistemani olingan davr va kuzatuvchi fazaviy egrilikdan foydalanib qilingan sonli modellashtirish sistema orbitasining ba'zi parametrlarini, shuningdek tashkil etuvchilarini fizik xarakteristikalarini aniqlash imkonini beradi. Sistemaning olingan parametrlaridan "StarLightPro" paket dasturida qo'shaloq sistemani vizuallashtirish uchun foydalanadi. Tutulishining turli fazalarida olingan natijalar 5-rasmda keltirilgan. Shuni takitlash kerakki, qo'shaloq sistemani hisob-kitob qilishda chetga tomon qorayishi tashkil etuvchilarining ko'tarilish ta'siri va granulyatsiyalari borligi e'tiborga olinadi. Mazkur sistemani keyinchalik taqiq qilish nimada sifatli PZS-kamerasi fotometrardan foydalanib ko'p rangli fotometriya o'tkazishni talab qiladi.

XULOSA.

Bizning taqiqotlar natijasi Samarqand observatoriyasi sharoiti qo'shaloq yulduzlarni qidirish va ko'p rangli kuzatuv monitorini o'tkazish, shuningdek qo'shaloq sistemalar orbitasi va tashkil etuvchilarini asosiy xarakteriskalarini aniqlash uchun to'la yaroqli ekanligini ko'rsatadi. Bundan tashqari fotometrik kuzatishlarning aniqligi δ Set tipidagi o'garuvchan yulduzlarni jiddiy ilmiy taqib etish uchun yetarli darajada 2007 yilda qurilishi boshlangan robotlashtirilgan EAST dasturi bir ob'ektni parallel ravishda nazorat kuzatish imkoniyati haqidagi savolni ko'taradi. Endi bu masala qisman Samarqand Observatoriyasida hal qilinadi. Albatta bitta filtrda olingan fotometrik ma'lumotlar qo'shaloq sistema parametrlarini aniq o'lchash uchun etarli emas. Shuning uchun ko'p filtrlar to'plami katta kuzatish davomiyligidan 2008 yil mayda kuzatishning ikkinchi davrini o'tkazish rejalashtirilgan. Olingan natijalar mustaqil ravishda fundamental qiziqish uyg'otadi, shuningdek astroesmologiya doirasida ham zarur. Mualliflar Samarqand universiteti Yadro fizika laboratoriyasi xodimlariga astronomik kuzatishlarni bajarishdagi asosiy sayi harakatlari uchun minnatdorchilik bildiramiz.