

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
NIZOMIY NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

Isroil Sattorov

Barno Djaxangirovna Sattarova

# Astrofizik praktikum

(o'quv qo'llanma)

Toshkent 2016

**УДК: 811.512(038)**

**ББК: 63.3(55S)-33**

**Mualliflar:**

Sattorov Isroil

Sattarova Barno Djaxangirovna

- fizika-matematika fanlari doktori, professor.
- pedagogika fanlari nomzodi, dotsent.

**Taqrizchilar:**

X.Mahmudova

- Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti "Fizika va uni o'qitish metodikasi" kafedrasida dotsent, pedagogika fanlari nomzodi.

S.Ilyosov

- O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Astronomiya instituti direktori myovini, fizika-matematika fanlari doktori.

O'quv qo'llanma Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat Pedagogika Universiteti Kengashining 2016-yil \_\_\_\_\_dagi\_\_\_ - qarori bilan nashrga tavsiya etilgan.

**ISBN 978-9943-992-48-1**

© Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat Pedagogika Universiteti

© "Adabiyot uchqunlari" nashriyoti

## SO`Z BOSHI

Ushbu “Astrofizik” praktikum pedagogika oliy ta’lim muassasalarining 5110200 - «Fizika va astronomiya o`qitish metodikasi» bakalavriat ta’lim yo`nalishi talabalari uchun astrofizik praktikum fanidan o`quv qo`llanma sifatida tavsiya etilgan. Shuningdek, qo`llanmadan astrofizika, atom fizikasi darslarida foydalanilsa yuqori samaraga erishish mumkin. Chunki yulduzlar spektri virtual holatda kompyuterda olinadi va tekshiriladi. Bunday spektrda tutash spektrni va uning sahnida yutilish chiziqlarini ko`rish mumkin. Bizning bilishimizcha, ko`pgina oliy o`quv yurtlarining fizika laboratoriyalarida yorug`lik manba`i spektri olinmaydi va talabalarga o`qitilmaydi.

Ushbu praktikum miqyosida ko`plab turli-tuman yulduzlarning, galaktikalarning spektri virtual holatda olinadi va bu spektrlarda tutash va chiziqli spektrlar o`rganiladi. Bu spektrlarda vodorodning Balmer seriyasi chiziqlarini ko`rish va tekshirish, yoki geliy, natriy, magniy, kaltsiy va boshqa ko`plab kimyoviy elementlarning spektral chiziqlarini tekshirish mumkin.

Oquv qo`llanmada yulduzlar spektri va spektral sinflashtirishga oid nazariy masalalar, yulduz spektrini tekshirish va yorug`ligini o`lchash, Koinotning katta o`lchamli tuzilishi, radio va rentgen astronomiyadan laboratoriya ishlari zamonaviy axborot texnologiyalari muhitida bajarish usullari bayon qilingan.

O`quv qo`llanma professor Isroil Sattorov xotirasiga bag`ishlanib, qayta nasrga berildi.

## QO`LLANMADAGI SHARTLI BELGILAR



- Ma`ruza matni



- Nazorat savollari



- Laboratoriya ishining maqsadi



- Zarur jihozlar



- Adabiyotlar



- Laboratoriya ishining nazaruyasi



- Laboratoriya ishini bajarilish tartibi



- Laboratoriya ishini bajarish bo`yicha vazifalar

## MUNDARIJA

|   |    |
|---|----|
| KIRISH.....   | 6  |
| <b>I BOB. YULDUZLAR SPEKTRI VA SPEKTRAL SINFLASHTIRISH</b>  |    |
| I.1 Tutash va chiziqli spektr.....  | 8  |
| I.2 Nurlanish qonunlari.....  | 10 |
| I.3 Nurlanish priyomniklari.....  | 13 |
| I.4 Yulduzlar yorug'ligi va yorqinligi.....   | 14 |
| I.5 Quyosh va yulduzlar spektri.....  | 15 |
| I.6 Spektral chiziqlarning intensivligi, ekvivalent kengligi va o'sish egrisi.....                      | 19 |
| I.7 Yulduzlarni spektral sinflashtirish va «Spektr–yorqinlik» diagrammasi                               | 20 |
| I.8 Yulduzlarning masofasi (spektral parallaksi).....   | 26 |
| I.9 UBV - uch rangli fotometrik tizim va yulduzlarning rang ko'rsatgichi...                             | 27 |
| I.10 Koinotning katta o'lchamli tuzilishi.....  | 30 |
| I.11 Radionurlanish manbalari.....  | 36 |
| I.12 Osmon yoritqichlarining rentgen nurlanishi.....  | 41 |
| <b>II BOB. YULDUZ SPEKTRINI TEKSHIRISH BO'YICHA LABORATORIYA ISHLARI</b>                                |    |
| II.1 Yulduzning tutash spektrida intensivlikni o'zgarishini tekshirish.....                             | 46 |
| II.2 Yulduz spektrida chiziqlar to'lqin uzunligini, intensivligi va ekvivalent kengligini o'lchash..... | 54 |
| II.3 Yulduzlarni spektral sinflashtirish va «Spektr-yorqinlik diagrammasi»ni chizishni o'rganish.....   | 61 |
| II.4 "O'sish egrisi"ni chizish va undan foydalanib yulduzning kimyoviy tarkibini aniqlash.....          | 67 |
| <b>III BOB. YULDUZLAR YORUG'LIGINI O'LCHASH BO'YICHA LABORATORIYA ISHLARI</b>                           |    |
| III.1 Tarqoq to'dalar yulduzlari yorug'ligini uch rangli (UBV) rangda o'lchash..                        | 73 |
| III.2 Tarqoq to'dalar uchun "Spektr-yorqinlik («Rang ko'rsatgichi-                                      |    |

|   |            |
|---|------------|
| yorig'lik») diagrammasi" tuzish va to`da yoshini aniqlash.....                                | 82         |
| <b>IV BOB. KOINOTNING KATTA O`LCHAMLI TUZILISHI</b>   |            |
| <b>BO`YICHA LABORATORIYA ISHLARI</b>  |            |
| IV.1 Habbl qonuni. Qizilga siljish-masofa munosabati va galaktikalar masofasini aniqlash..... | 88         |
| IV.2 Koinotning katta o`lchamdagi tuzilishi.....  | 93         |
| <b>V BOB. RADIO VA RENTGEN TO`LQINLAR DIAPAZONIDA O`LCHASH USULLARI</b>                       |            |
| V.1 Pulsarlar radionurlanishi.....  | 104        |
| V.2 Rentgen nur manba`lari.....   | 108        |
| TESTLAR.....  | 113        |
| TEST KALITLARI.....   | 123        |
| <b>ILOVALAR</b>   |            |
| 1-ILOVA. Plank funksiyasi qiymatlari jadvali .....  | 124        |
| 2-ILOVA. Kimyoviy elementlar spektral chiziqlari jadvali.....                                 | 126        |
| 3-ILOVA. Yaqin va yorig` yulduzlarning xarakteristikalari.....                                | 135        |
| 4-ILOVA. Spektral chiziqlar ekvivalent kengligi va yutish koeffitsienti.                      | 146        |
| 5-ILOVA. Atomlarning ossilyatorlar kuchi.....   | 148        |
| 6-ILOVA. Mahalliy galaktikalar guruhi.....  | 157        |
| 7-ILOVA. Pulsarlar ko`rsatgichlari.....   | 159        |
| 8-ILOVA. Rentgen manbalar ko`rsatgichlari.....  | 160        |
| 9-ILOVA. Yunon alifbosi.....  | 161        |
| 10-ILOVA. Kattaliklar, koeffisiyentlarga almashtirishdagi konstantalar                        | 162        |
| 11-ILOVA. 2 - Yulduziy kattalikdan yuqori yulduzlar ro`yxati.....                             | 163        |
| 12-ILOVA. Yulduz turkumlarining nomlanishi.....   | 165        |
| <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO`YXATI.....</b>  | <b>167</b> |

## KIRISH

Astrofizik praktikum osmon yoritqichlarining fizik tuzilishi va ko'rsatgichlari (temperaturasi, modda zichligi, magnit maydoni)ni tekshiradigan fan bo'lib u osmon yoritqichidan kelayotgan nurlanish intensivligini o'lchaydi va natijalarni tahlil qiladi. O'lchash va tekshirishlarda fizik laboratoriyada qo'llaniladigan o'lchash asboblari o'xshash asboblardan va usullarni qo'llaydi. Masalan, yulduzlarning yorug'ligi fotometrlar yordamida o'lchanadi yoki osmon yoritqichidan kelayotgan nurlanish oqimi maxsus astrofizik spektrograf yordamida spektrga yoyiladi va bu spektr tekshiriladi. Bunday tekshirishlar dastlab buyuk ingliz olimi Isaak N'yuton tomonidan bajarilgan. N'yuton Quyosh nurini kvarts prizma orqali o'tkazdi va Quyoshdan kelayotgan oq nur dastasi spektrga (rango-rang tasmaga) yoyildi. Spektmig bir tomonida qizil nurlar joylashsa, ikkinchi tomonida binafsha nurlar joylashganini va ular orasida yonma-yon sariq, yashil, ko'k va xavorang nurlar o'rin egallaganini ko'rdi. Bu rangli nurlar sifatida kuzatilgan manzara odam ko'zining nurlanish sezgirligi bilan bog'liq. Tabiatda ranglar yo'q, tabiatda elektromagnit to'lqinlar (EMT) bor. Bizga qizil rang sifatida ko'rinadigan nurlar to'lqin uzunliklari 0.65 – 0.60 mkm (mikrometr) oraliqda joylashgan EMTlardir. Binafsha rangdagi nurlaning to'lqin uzunligi 0.43 – 0.40 mkm oraliqda joylashgan. Shunday qilib, bizning ko'zimiz ilg'aydigan nurlar to'lqin uzunliklari 0.65 – 0.40 mkm oraliqda joylashadilar. Odam ko'zining sezgirligi har xil ranglarda turlicha: bizning ko'zimiz yashil nurlarni eng yaxshi sezadi va ko'zning sezgirligi yashildan qizil va binafsha nurlar tomon pasayib boradi. Bu hodisa o'lchash va tekshirishlarda odam ko'zi yaramasligini ko'rsatadi. Shuning uchun astrofizik o'lchashlar ko'z bilan emas, balki, maxsus nurlanish priyomniklari (nur qabul qiluvchi asboblardan) yordamida bajariladi.

Astrofizikada tadqiqotlar fizik laboratoriyadagi nurlanish manbalarini tekshirishdan olingan bilimlarga va topilgan nurlanish qonunlariga asoslanadi. Yoritqichlarning nurlanishi issiqlik yoki noissiqlik tabiatga ega bo'lishi mumkin. Issiqlik tabiatga ega nurlanishni qizigan jism chiqaradi: temperatura past (1-10 K) bo'lganda jism sochayotgan nurlanishning energiya maksimumi uzun (radio) to'lqin diapazoniga to'g'ri keladi; temperatura oshgan sari qizigan jism chiqarayotgan

energiya miqdori orta boradi va maksimumi esa qisqa to`lqinlar tomon siljiy boradi. Bu siljish Vinning siljish qonunida o`z ifodasini topgan:

$$\lambda_{\text{mak}}=0,29/T, \text{ sm.}$$

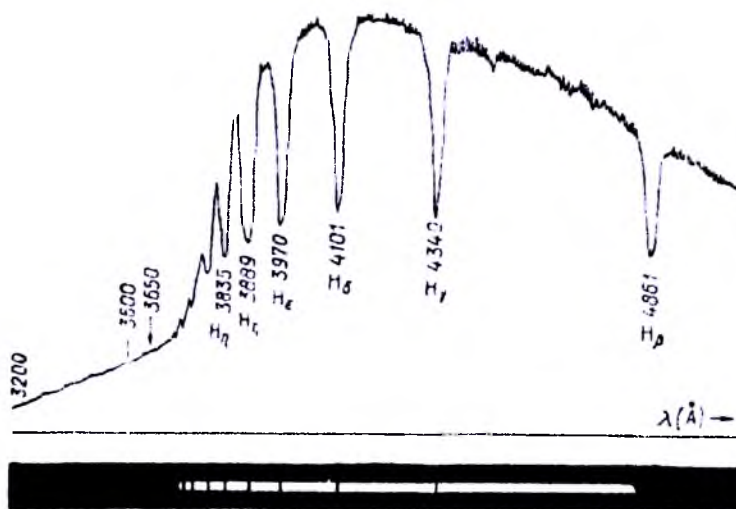
Bu yerda,  $\lambda$  – to`lqin uzunligi santimetrlarda, T - temperatura (K) kelvinlarda. Koinotning reliktiv nurlanishi temperaturasi 2.7 K ga to`g`ri keladi. Endi bu temperaturani yuqoridagi formulaga qo`ysak reliktiv nurlanish intensivligi maksimumi  $\lambda_{\text{mak}} \approx 1 \text{ mm}$  ga mos kelishini topamiz. Bunday to`lqin uzunlik ultra qisqa radio to`lqinlarga to`g`ri keladi. Hozirgi zamonda koinotning reliktiv nurlanishi bir milli kelvin aniqlik bilan o`lchandi va reliktiv nurlanish spektrida intensivlikni taqsimlanishi absalyut qora jismniki singari ekani topildi. Bu kashfiyot uchun amerikalik olimlar Dj.Meter va Dj.Smut xalqaro Nobel mukofoti bilan taqdirlandilar.

# I BOB. YULDUZLAR SPEKTRI VA SPEKTRAL SINFLASHTIRISH



## I.1 Tutash va chiziqli spektr

Qizdirilgan qattiq jismlar, suyuqliqlar va zich gazlarning spektri tutash (uzluksiz) ko'inishga ega, ya'ni qizdirilgan bunday moddalar spektrida intensivlik uning bir chegarasidan ikkinchi chegarasi tomon asta-sekin o'zgarib boradi. Intensivlik spektrning ma'lum qismida maksimumga erishadi (bu maksimum to'lqin uzunligi Vinning siljish qonunida o'z ifodasini topgan) va bu maksimumdan ikkala tomoniga u asta-sekin kamayib boradi (I.1-rasm).

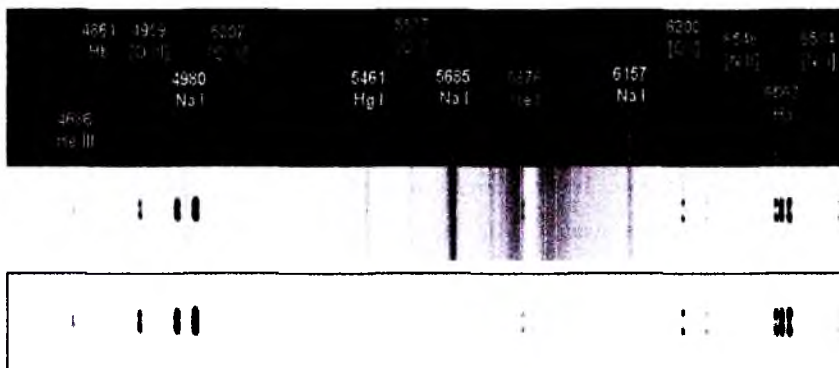


I.1-rasm. Yulduz spektri pastdagi qora tasma ichida qora (yutilish, absorptsion) chiziqlar bilan kesilgan oq tasma (pozitiv). Yuqorida yulduz spektrining fotometr yordamida olingan yozuvi: intensivligi sekin o'zgaruvchi tutash spektr sahnida absorptsion chiziqlari (vodorodning Balmer seriyasi chiziqlari) intensivlikni keskin tushib keyin yana keskin ko'tarilish sifatida tasvirlangan. Yuqoridagi I.1-rasmda ham gaz tumanlik spektrida (I.2-rasm) vodorodning  $H_{\alpha}$  (6563) va  $H_{\beta}$  (4861) chiziqlarini ko'rish mumkin.

Qizdirilgan siyrak gazlarning spektri chiziqli spektrdan, ya'ni, gazni tashkil etgan kimyoviy elementlarga tegishli emission spektral chiziqlardan iborat (I.2-rasm). Spektral chiziqlar gazni tashkil etgan kimyoviy elementlarga tegishli bo'ladi. Kimyoviy element spektral chiziqlari hosil bo'lishi uchun gazning temperaturasi shu kimyoviy element atomlarini uyg'ongan holatlarga o'tishi uchun etarli bo'lishi kerak.



Bunda qaynoq siyrak gazlarning spektrida emission chiziqlar (yorug' gaz tumanliklarda) kuzatilsa (I.2-rasm), tutash spektrga ega manbani o'rab turuvchi, nisbatan past temperaturali gaz qobug' spektrida (Quyosh va yulduzlar atmosferasida) absorbtсион chiziqlar kuzatiladi (I.1-rasm).



I.2-rasm. M57 gaz tumanlikning spektri (negativ): spektrda (pastda, o'rtada qora vertikal chiziqlar) kuzatiladigan emission chiziqlar kislorod (O III) va azot (NII) ionlarining taqiqlangan o'tishlariga tegishli. Spektrda vodorod (6563, 4861) va geliy (5861) atomlariga tegishli chiziqlar xam ko'rinadi.

Bu chiziqlar, yulduzning ichki qaynoq qismlaridan (fotosfera osti) kelayotgan tutash spektrga ega bo'lgan nurlanishni nisbatan past temperaturali atmosfera qatlamlaridagi atomlar va ionlar yutishi natijasida hosil bo'ladilar. Chiziqlarning intensivligi (bu termin chiziqda yutilgan yoki sochilgan nurlanish energiya miqdorini belgilashda ko'llaniladi) yulduz atmosferasidagi temperaturaga bog'liq. Agar temperatura atom yoki ionni uyg'onish temperaturasiga teng bo'lsa (ya'ni biror kimyoviy element atomlari yoki ionlarini to'la uyg'ongan holatlarga o'tkazish uchun etarli bo'lsa) u holda bu kimyoviy atom yoki ionning spektral chiziqlari eng intensiv bo'ladi. Masalan, vodorod atomi chiziqlari atmosferasining temperaturasi 11000 K bo'lgan yulduzlar spektrida eng intensiv bo'ladi Bunday yulduzlar A0 spektral sinfga kiritilgan va ular oq yulduzlar bo'ladi. I.1-rasmda shunday yulduzning spektri keltirilgan.

Shimoliy osmonning eng yorug' yulduzi Sirius (Katta Itning  $\alpha$  si) A0 sinfga mansub oq yulduzdir. Temperaturasi 11000 K dan past yoki yuqori bo'lgan yulduzlar

spektrida Balmer seriyasi chiziqlari intensivligi nisbatan past bo`ladi. Temperaturasi 11000 K dan past bo`lgan yulduzlar atmosferasida vodorod atomlari barchasi to`la uyg`ongan holatga o`tmagan, demak, spektral chiziq hosil qilishda ishtirok etayotgan atomlar soni temperaturasi 11000 K bo`lgan oq yulduz atmosferasidan kam. Yulduzning temperaturasi 11000 K dan qancha kam bo`lsa vodorod chiziqlari intensivligi oq yulduzdan shuncha kam intensivlikka ega bo`ladilar. Temperaturasi 11000 K dan yuqori bo`lgan yulduzlar atmosferasida vodorod atomlari ionlanadilar, demak, Balmer seriyasi chiziqlarini hosil qilishda ishtirok etayotgan neytral vodorod atomlari soni kamaygan va shuning uchun Balmer seriyasi chiziqlar intensivligi yana pasayadi. Yulduz atmosferasi temperaturasi 11000 K dan qancha ko`p farq qilsa chiziqlar intensivligi shuncha ko`p miqdorga kam bo`ladi.



### *Nazorat savollari*

1. Intensivlik spektrning ma`lum qismida maksimumga erishadi, bu maksimum to`lqin uzunligi kimning qonunida o`z ifodasini topgan?
2. Qizdirilgan siyrak gazlarning spektral chiziqlari qanday chiziqlardan iborat?
3. Temperaturasi 11000 K dan past yoki yuqori bo`lgan yulduzlar spektrida qanday kimyoviy element chiziqlari intensivligi temperaturasi 11000 K bo`lgandan nisbatan past bo`ladi?
4. Yulduzning temperaturasi qanday bo`lganda vodorod chiziqlari intensivligi kam intensivlikka ega bo`ladi?



### **I.2. Nurlanish qonunlari**

Yoritqichlarning nurlanishi issiqlik yoki noissiqlik tabiatga ega bo`ladi. Issiqlik tabiatga ega nurlanish atom va molekullarni issiqlik taʼsirida tebranishi yoki atomlarni ozod holatdan bog`liq holatga o`tishi natijasida hosil bo`ladi. Noissiqlik nurlanish esa atomlarni elektrik va magnit maydonlarda tormozlanishi natijasida hosil bo`ladi. Biz avval issiqlik nurlanish qonunlari bilan tanishib chiqamiz. Nurlanish tutash yoki chiziqiy spektrga ega bo`lishi mumkin.

**Tutash spektr.** Qizdirilgan qattiq jismlar, suyuqliklar va zich gazlar (yulduz atmosferasining ichki qatlamlari) o'zlaridan tutash (uzluksiz) spektrga ega nurlanish (elektromagnit to'liqlar) chiqaradilar. Tutash spektr atom kristallik panjaraning issiqlik xarakati tasirida tebranishidan, atomlarni ozod holatdan bog'liq holatga o'tishlari natijasida hosil bo'ladi. Absolyut qora jism tutash spektrida intensivlikni taqsimlanish jismning temperaturasi va nurlanishning to'liq uzunligiga ( $\lambda$ ) bog'liq va u Plank formulasi yordamida ifodalanadi.

$$I_{\lambda} = c_1 \pi^{-1} \lambda^{-5} / (\exp(c_2/\lambda T) - 1), \text{ erg/sek} \quad (1.1)$$

$$c_1 = 2\pi h c^2 = 3,742 \cdot 10^{-5}, \text{ erg} \cdot \text{sm}^2 / \text{sek}$$

$$c_2 = hc/k = 1,439, \text{ sm} \cdot \text{grad}$$

bu yerda nurlanishning to'liq uzunligi  $\lambda$  sm larda,  $I_{\lambda}$  – birlik to'liq uzunliklar intervalida jismning yuza birligidan vaqt birligida chiqayotgan quvvat.  $I_{\lambda}$  to'liq uzunligi va temperaturaga bog'liq funktsiya. 1-ildovada  $\lambda T$  ning 0.00 dan 100 gacha bo'lgan qiymatlari uchun  $I_{\lambda}/I_{\lambda, \max}$  qiymatlari keltirilgan. Bu jadvaldan foydalanib har xil T lar uchun  $I_{\lambda}/I_{\lambda, \max}$  ni  $\lambda$  bo'yicha o'zgarish egrisini chizish mumkin.

Agar  $I_{\lambda}$  ni barcha to'liq uzunliklari bo'yicha integrallasak (yig'sak) jismning yuza birligidan vaqt birligi ichida chiqayotgan to'la energiyani topamiz.

$$I = \sigma T^4, \text{ vt} \quad (1.2)$$

bu Stefan-Boltsman qonunining formulasidir, unga ko'ra T temperaturadagi jismning yuza birligidan chiqayotgan to'la quvvat temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsionaldir. Proporsionallik koefitsienti Stefan-Boltsman doimiysi deb ataladi va u

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-5}, \text{ erg}/(\text{sm}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{grad}^4).$$

Intensivlikning  $I_{\lambda}$  to'liq uzunligi buo'yicha o'zgarishi maksimumi Vinning siljish qonunida o'z ifodasini topgan.

$$\lambda_{\max} = 0,29/T, \text{ sm}. \quad (1.3)$$

Koinotning reaktiv nurlanishi temperaturasi 2,7 K ga teng. Agar bu temperaturani (1.3) ga qo'ysak reaktiv nurlanish intensivligining maksimumi taxminan 1mm ga to'g'ri kelishini topamiz. Bu ultra qisqa radiodiapozon.

**Chiziqli spektr.** Turli xil rangdagi yorug' spektral chiziqlardan iborat spektr (2-rasm) atomni bir bog'liq holatdan ikkinchi bog'liq holatga o'tishi natijasida hosil bo'ladi. Masalan, vodorod atomi Balmer seriyasining qizil chizig'i (I.2-rasmda,  $\lambda=6563 \text{ \AA}$ ) vodorod atomini birinchi uyg'ongan holatdan ikkinchi shunday holatga o'tishi natijasida hosil bo'ladi. Bu chiziqning intensivligi birinchi uyg'ongan holatdagi vodorod atomlari soniga bog'liq. Atomlarni uyg'ongan holatlar bo'ylab taqsimlanishi Boltsman taqsimot formulasi yordamida ifodalanadi. Masalan, birinchi uyg'ongan holatdagi vodorod atomlari soni ( $N_1$ ) asosiy (uyg'onmagan) holatdagi atomlar soni ( $N_0$ )ga nisbati

$$N_1/N_0 = 4 \cdot \exp(-117900/T_u), \quad (1.4)$$

bu yerda  $T_u$  vodorod atomining uyg'onish temperaturasi. Temperatura 5700 K bo'lganda  $N_1/N_0 = 4,2 \cdot 10^{-9}$  ya'ni vodorodning barcha atomlari asosiy holatda, bunday sharoitda Balmer seriyasining qizil chizig'i nisbatan kuchsiz bo'ladi. Agar berilgan temperatura berilgan atomlarni ionlashtiradigan darajada bo'lsa, u holda chiziqning intensivligini hisoblashda ionlangan atomlarni hisobga olishga to'g'ri keladi. Bunday hollarda Saha taqsimotidan foydalaniladi. Agar gazda bir marta ionlangan atomlar soni  $N^*$ , elektronlar soni  $N_e$  bo'lsa, u holda

$$N_e \cdot N^*/N_0 = 2,14 \cdot 10^{15} T^{-3/2} \exp(-157200/T_i), \quad (1.5)$$

bu yerda  $N_0$  neytral atomlar soni.



### *Nazorat savollari*

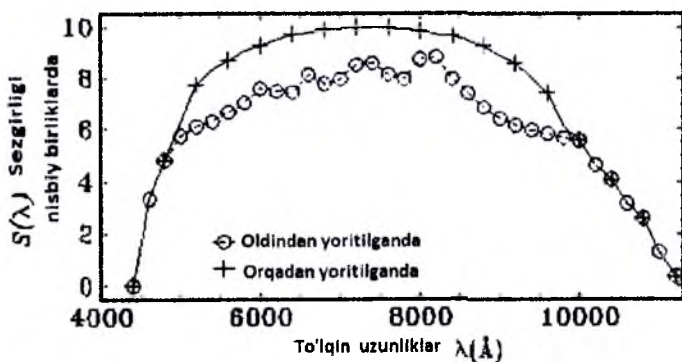
1. Tutash spektr nima?
2. Absolyut qora jism tutash spektrida intensivlikni taqsimlanishi jismning temperaturasiga va nurlanishning to'lqin uzunligiga ( $\lambda$ ) bog'liq, u qanday formula yordamida ifodalanadi?
3. Stefan-Boltsman qonuni formulasini ta'riflang.
4. Chiziqli spektr deb nimaga aytiladi?
5. Saha taqsimotidan foydalanilish hollarini ta'riflang.



### I.3. Nurlanish qabul qilgichlar

Hozirgi zamon astrofizik kuzatish-o'lash ishlarida raqamiy nurlanish o'lichagichlar (CCD-kamera), nurlanish priyomniklari (fotometrlar), keng qo'llaniladi. CCD kamera raqamiy fotoapparatga o'xshash bo'ladi va unda fotoplyonka o'rnida CCD matritsa qo'llaniladi. CCD matritsaga tushgan tasvir kameraning xotirasiga yozib olinadi. Bunday kameralarning xotirasi o'nlab megapiksel (xotira yacheykasi) hajmga ega va unga minglab tasvirlarni yozib olish mumkin. Ishqibozlar uchun ishlab chiqarilgan va hayotda keng qo'llaniladigan CCD kameralarga odatda fotometrik aniqligi u darajada yuqori bo'lgan CCD matritsalar ishlatiladi. Astrofizik ko'z atish-o'lash ishlarida yuqori aniqlikka ega bo'lgan fotometrik ishlarga mo'ljallangan CCD matritsalar qo'llaniladi. Ushbu praktikumda bajariladigan laboratoriya ishlari ana shunday raqamiy o'lichagichlar g'oyasi asosida virtual bajariladi.

Nurlanish priyomniklari, shu jumladan CCD matritsalar, ma'lum spektral sezgirlikka ega, ya'ni ular spektrning ma'lum qismida maksimal sezgirlikka ega bo'lsa bu maksimumdan ikkala tomonga priyomnikning sezgirligi pasayib boradi (I.3-rasm).



I.3-rasm. CCD – matritsaning spektral sezgirligi grafigi. CCD matritsaning maksimal sezgirligi to'q qizil nurlarga to'g'ri keladi va sezish intervali nihoyatda keng, 0,45 mkm dan 1,1 mkm gacha.

CCD matritsa yuqori kvant chiqish soni (unga tushgan kvantlarni necha foizini qayd qilish xossasi) bilan xarakterlidir. Qorong'uda odam ko'zining kvant chiqish soni 1 % ni tashkil etsa CCD niki 70 % ga yetadi. CCD kamerada olingan tasvirlar komp'yuterda kurtiladi va tekshirilishi mumkin. Shuning uchun hozirgi kunda CCD kameralar astronomik kuzatish-o'lchashda keng qo'llaniladi.



### *Nazorat savollari*

1. CCD-kameralarning ishlash prinsipini tushuntiring.
2. Fotometrlar nima va ularning ishlash prinsiplari nimalarga asoslanadi?
3. CCD matritsalar nimalar bilan xarakterli?



### **I.4. Yulduzlar yorug'ligi va yorqinligi**

Osmonda turli xil yorug'likdagi yulduzlar ko'rinadi. Yulduzni yorug' yoki xira ko'rinishi uning haqiqiy yorug'lik kuchiga va uzoqligiga bog'liq. Yaqindagi kam yorug'lik kuchga ega yulduz uzoqdagi ko'p yorug'lik kuchga ega bo'lgan yulduzdan yorug' ko'rinishi mumkin. Shuning uchun astrofizik tadqiqotlarda yulduzning haqiqiy yorug'lik kuchini ifodalovchi kattalik, uning yorqinligi, yoki unga mos keladigan uning absolyut yulduziy kattaligi ( $M$ ), ko'pincha absolyut kattalik, qo'llaniladi. Yulduzning absolyut kattaligi uzoqligi ( $r=1/\pi$ ,  $\pi$ - yulduzning yillik parallaksi, o'lchanadi) ma'lum bo'lgan yulduzlar uchun hisoblab topiladi. Agar yulduzning fotometr yordamida o'lchangan yorug'ligi, ko'rinma kattaligi,  $m$  bo'lsa u holda uning absolyut kattaligi ( $M$ )

$$M=m+5-5lgr . \quad (1.6)$$

Quyidagi laboratoriya ishlarda virtual o'lchangan ko'rinma kattalik va yulduzning ma'lum uzoqligi asosida uning absolyut kattaligi (1.6) formula yordamida hisoblab topiladi.

Osmonda kuzatilayotgan yulduzlar bir-birlaridan ranglari bilan biroz farq qiladilar. Masalan, kech kuzgi osmonning janubiy qismida ko'zga yaqqol tashlanib

turadigan Orion yuldduz turkimi yulduzlari hosil qilgan trapetsiyaning yuqori uchidagi yulduz (u Betelgeyze deb ataladi) qizil rangda bo'lsa, trapetsiyaning pastki uchidagi yulduz (Rigel) havorang rangda. Bu yulduzlarning spektrida intensivlikni taqsimlanishi turli-tumanligidan dalolat beradi.

Biz yuqorida yulduzlar (I.1-rasm) va nurlanish priyomniklari ma'lum spektral taqsimotga va sezgirlikka (I.3-rasm) ega ekanligini ko'rdik. Demak, bitta nurlanish priyomnigi yordamida spektrning barcha qismlarida sochilayotgan nurlanishni o'lchab va tekshirib bo'lmaydi va bunday o'lchash natijalari bizga ko'p bilim bera olmaydi. Spektrning turli qismlarida o'lchashlar bajarish bizga yulduz spktrida energiyani taqsimlanishi to'grisida bilim berishi mumkin. Bu maqasdda turli nur to'sqichlar (rangli shisha yoki interferensio n filtri) yordamida yulduz nurining ma'lum spektral qismlari (masalan, yashil, binafsha) ajratib olinadi va bu qismda yulduz yorug'ligi o'lchanadi. Bu masalaga shu bobning to'qqizinchi paragrafida qaytamiz.



### *Nazorat savollari*

4. Yulduzning ma'lum uzoqligi asosida uning absolyut kattaligini topish formulasini yozing va uni izohlang.
5. Spektrning turli qismlarida o'lchashlar bajarish bizga qanday bilimlar beradi?
6. Osmonda kuzatilayotgan yulduzlar nimalari bilan farq qiladi va ularning fasllar bo'yicha ko'rinishiga izpoh bering.
7. Astrofizik tadqiqotlarda yulduzning haqiqiy yorug'lik kuchini ifodalovchi kattaliklarga nimalar kiradi?

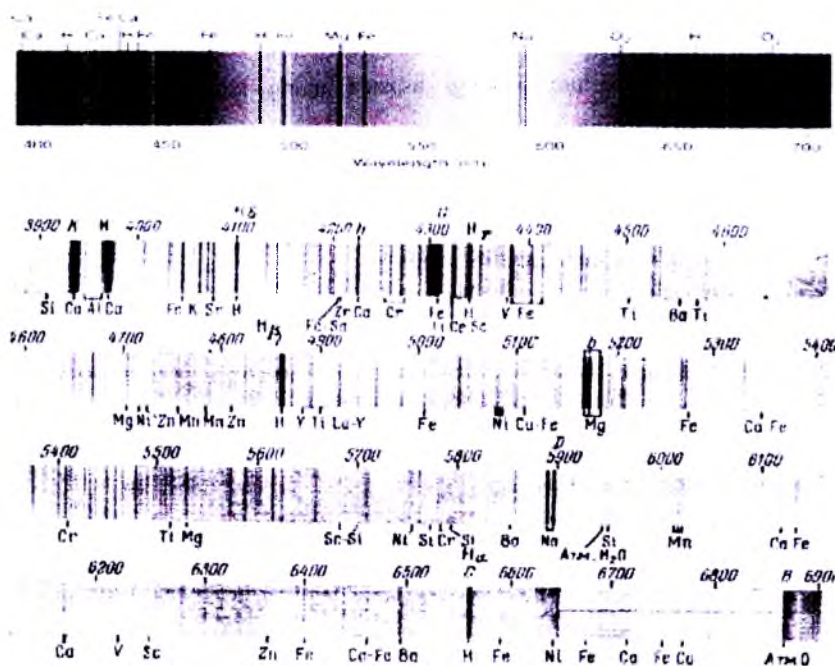


### **I.5. Quyosh va yulduzlar spektri**

Quyosh va yulduzlar spektri qora, absorbtсион chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat (I.1-rasm). Quyosh spektri nihoyatda yuqori dispertsiya ( $10 \text{ mm}/\text{Å}$ , teskari dispertsiya  $0.1 \text{ Å}/\text{mm}$ ) bilan olingan va tekshirilgan. Bunday yuqori dispertsiyali Quyosh spektrida 20 mingdan ortiq absorbtсион (qora) chiziqlar kuzatiladi. Eng xira chiziqlarning ekvivalent kengligi (chiziq yaqinidagi tutash spektr

intensivligi birliklarida ifodalangan kengligi) bir necha milli angstromni, qoldiq intensivligi 0,90 Å dan kam yoki absorbtсион chiziqning yakindagi tutash spektri intensivligi birliklarida ifodalangan chuqurligi esa 0,1 Å dan kam bo'ladi. Eng intensiv chiziqlar (kaltsiy ioniga tegishli yaqin ultrabinafshada joylashgan, 3934 Å va 3968 Å) ning ekvivalent kengligi mos ravishda 19 Å va 14 Å ni va qoldiq intensivligi esa 0,04 % (chuqurligi 0.96 Å) tashkil etadi.

Quyosh spektrlari I.4-rasmda keltirilgan. Past dispersiyali yuqoridagi rangli spektrda sanoqli qora chiziqlarni ko'rish mumkin. Yuqori dispersiyali pastdagi oq-qora spektrda ko'plab qora chiziqlar ko'rinadi. Demak faqat yuqori dispersiyali spektrlar yulduz atmosferasining aniq kimyoviy tarkibini aniqlashga imkon beradi. I.4-rasmning yuqori qismida keltirilgan Quyosh spektrlari EMT shkalasining kichik bir qismini tashkil etadi. Aslida Quyosh spektri bu qism spektrning (bu soha I.5-rasmda vertikal qo'ng'ir tasma bilan ajratib ko'rsatilgan) chap va o'ng tomonida keng cho'zilgan.

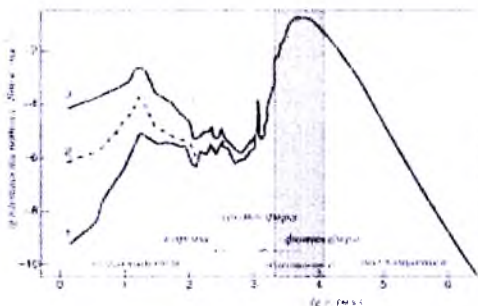


I.4-rasm. Quyosh spektri. Yuqoridagi rangli spektr Quyoshning past dispersiyali spektri. Quyosh spektridagi eng qora va keng chiziqni (kaltsiy ioniga tegishli) yuqoridagi rangli spektrning o'ng chegarasi yakinda (H) va pastki yuqori



dispersiyali spektrning yuqori qismi chap chegarasi yaqinida (H va K) ko'rish mumkin. Yuqori dispersiyali pastki oq-qora tasvirda yuqoridagi rangli past dispersiyali spektrdagiga qaraganda ko'p chiziqlarni ko'rish mumkin.

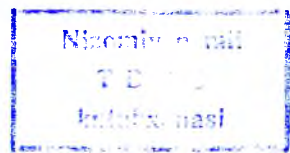
I.5-rasmdagi qora egri Quyosh nurlanishida energiya oqimi zichligini to'liq uzunlik bo'yicha o'zgarishi tasvirlaydi. Oqim zichligini o'zgarish egrisida (I.5-rasmda qora egri) qo'ng'ir soha yorug'lik nurlari sohasi va ular asosan Quyosh atmosferasining eng pastki qatlami, fotosferada, hosil bo'ladi va Yer yuzigacha yetib keladilar (I.4-rasmda keltirilgandan biroz kengroq), qo'ng'ir sohadan chapda joylashgan nurlanish Quyosh atmosferasining fotosfera ustida joylashgan, xromosfera va toj qatlamlarida hosil bo'ladilar va ular Yer atmosferasida to'la yutiladi va Yer yuziga yetib kelmaydi. Quyosh nurlanishining bu qismi noisssqlik tabiatga ega va u magnit maydonlarda plazmaning tezlashishi natijasida hosil bo'ladi.



I.5-rasm. Quyosh nurlanishida oqim zichligini (quvvat) o'zgarishi: absissa o'qi bo'ylab to'liq uzunligi (Å), ordinata o'qi bo'ylab esa oqim zichligi logarifmlari qo'yilgan. Oqim zichligini o'zgarish egrisining tashqi qismlari Yer atmosferasida yutiladi va Yer yuziga yetib kelmaydi. Egrining bu qismlari raketalar yordamida Yer atmosferasidan tashqariga chiqarilgan asboblarda yordamida olingan: 1- Quyosh faolligi past bo'lgandagi va 3 faollik yuqori bo'lgandagi egrilar berilgan.

I.5-rasmda tasvirlangan egri Quyoshning tutash spektrida quvvatni to'liq uzunlik bo'yicha o'zgarishini namoyish etadi. Quyoshning issiqlik nurlanishini tasvirovchi bu tutash spektrning to'liq uzunligi 3646 Å ga teng joyi ortida ( $\lambda < 3646 \text{ Å}$ ) Balmer kontinuumi va 912 Å ga teng joyi ortida ( $\lambda < 912 \text{ Å}$ ) Layman kontinuumi joylashgan. Juda past dispersiya bilan olingan bu tutash spektr sahnida absorbtсион (qora, yutilish) chiziqlari ko'rinmaydi, biroq ular spektrning barcha qismlarida bor. Layman kontinuumi ortidagi uzoq ultrabinafsha va rentgen spektr Quyosh tojida hosil bo'ladi va unda ko'p marta ionlangan metallarning emission (yorug', chiqarish) chiziqlari kuzatiladi.

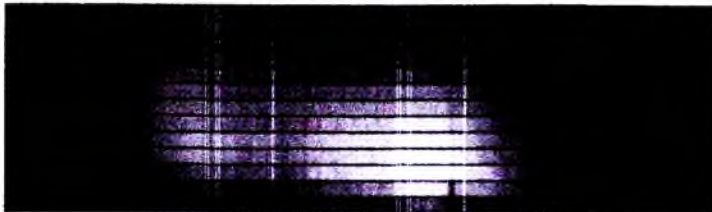
Y-7662/1





1.6-rasm. Quyoshning chetki ultrabinafsha spektri yozuvi; 2-yozuv Quyosh faolligi past, 1-yuqori bo'lganda; yozuvlarda geliy ioni (He II, yozuv o'rtasida), o'n to'rt marta ionlangan temir atomi (Fe XV, yozuv chap chegarasi yaqinida) emission (yorug') chiziqlarini ko'rish mumkin.

Yulduzlarning yorug'lik nurlari spektri ham Quyoshniki singari qora (absorbtsion) chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat va yulduz atmosferasining temperaturasiga bog'liq turli tumandir. Atmosfera temperaturasi 11000 K bo'lgan yulduzlar spektrining yorug'lik nurlari qismida Balmer seriyasi chiziqlari ko'zga yaqqol tashlanib turadi (I.1-rasm).



1.7-rasm. Rasmda turli xil (temperaturadagi) yulduzlar spektrlari ustma ust keltirilgan. Yuqoridan to'rtinchi spektrning o'ng tomonida (to'q qizil qismida) vodorod atomiga tegishli Balmer seriyasining birinchi chizig'i, chap tomonida esa seriyaning uchinchi chizig'i ko'rinib turipti. Yuqoridan pastga tomon yulduzlar atmosferasining temperaturasi pasayib boradi. Eng pastki spektrda molekulyar tasmalar ko'zga tashlanadi.

Yulduzlar nuri kuchsiz, shuning uchun ularning yuqori dispersiyali spektrini olish mushkul ( $0,01$ ), shuning uchun yulduzning bunday past dispersiyali ( $0,01 \text{ mm}/\text{Å}$ ) spektrida, Quyoshning past dispersiyali spektridagiga (I.4-rasmda yuqori qismidagi rangli spektr) singari asosan keng va intensiv chiziqlar ko'rinadi. Turli xil temperaturadagi yulduzlar spektrining yorug'lik nurlari qismi (I.5-rasmda qo'ngir soha) I.7-rasmda keltirilgan.

Yulduzlarning nurlanish spektri ham Quyoshniki singari EMT shkalasining barcha qismini, rentgendan tortib to radiodiapazongacha, egallaydi. Yulduzlar

spektrining bu qismlari kosmik fozoga chiqarilgan spektrograflar yordamida olinishi mumkin. Yulduzlar xira bo'lgani uchun ular spektrining uzoq ultrabinafsha qismi spektrini olish qiyin. O'ylaymizki, yulduzlar spektrining bu qismlari Quyoshniki singari o'zgaruvchan bo'lishi mumkin (B. Sattorova, 2010).



### Nazorat savollari

8. Quyosh va yulduzlar spektridagi chiziqlarning xususiyatlarini ayting.
9. Quyosh spektrida taxminan qancha absorbtсион (qora) chiziqlar kuzatiladi va ulardan asosiylari qanday moddalaning chiziqlari?
10. Yoritgichlarning spektri qanday shakillanadi?
11. Issiqlik nurlanishi nima?



### I.6. Spektral chiziqlarning intensivligi ekivalent kengligi va o'sish egrisi

Spektral chiziqlarning intensivligi (chiziqda sochilayotgan yoki yutilayotgan energiya miqdori) uni hosil qilayotgan atomlar soniga va atom o'tishlar ehtimoliga (ostsilyatorlar kuchiga) bog'liq. Ostsilyatorlar kuchi berilgan atom o'tishi uchun o'zgarmas. Biroq atomlar sonining intensivlikka tasiri o'zgaruvchan: atomlar soni kam bo'lganda bu bog'lanish chiziqli, biroq atomlar soni yetarli darajada ko'p bo'lganda bu bog'lanish kuchsizlanadi (hotto uzgarmas bo'ladi). Bu hodisa chiziqni to'yinishi bilan tushuntiriladi. Atomlar soni juda ko'p bo'lganda to'qnashishlar hisobiga to'yinish qisman bartaraf etiladi va atomlar sonining yana ko'payishi intensivlikni ortishiga sabab bo'ladi. Bunday intensivlikni atomlar sonini ortishi bo'ylab o'zgarish egrisi o'sish egrisi beb ataladi. O'sish egrisining absissa o'qi bo'ylab  $IgX_0$ , ordinata o'qi bo'ylab esa  $IgW/\lambda$  qo'yiladi.

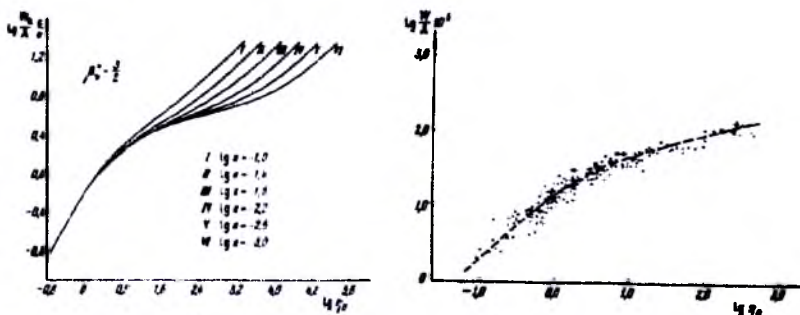
Agar  $X_0 = k_0 N$  ( $k_0$  chiziq markazida yutish koefitsienti,  $N$  atomlar soni) bo'lsa u holda

$$X_0 \text{ ning kichik qiymatlarida} \quad W/\lambda = (\sqrt{\pi}v/c) X_0$$

$$X_0 \text{ ning katta qiymatlarida} \quad W/\lambda = 2(v/c)\sqrt{\ln X_0}$$

$$X_0 \text{ ning juda katta qiymatlarida} \quad W/\lambda = \pi^{3/4}(v/c)\sqrt[4]{X_0}$$

O'sish egrisi fizik tabiatga ega. Atomlar soni kam bo'lganda barcha atomlar nurlanishni yutish jarayonida ishtirok etadilar. Bog'lanish chiziqiy, atomlar sonini ko'payishi bilan chiziqda yutilish jarayoni to'yinish darajasiga yetadi va atomlar sonining keyingi ortishi bilan ekvivalent kenglik juda sekin kattalasha boshlaydi. Atomlar soni juda ko'p darajaga yetgach atom to'qnashishlari boshlanib ketadi va atomlar chiziq markazida emas, balki uning qanotlarida ham yuta boshlaydilar.



1.8-rasm. O'sish egri chizig'i: ordinata o'qi bo'ylab chiziqning ekvivalent kengligi, absissa o'qi bo'ylab chiziq markazida yutish koeffitsienti va chiziqni hosil qilishda ishtirok etayotgan atomlar soniga bog'liq.



### Nazorat savollari

1. Spektral chiziqning intensivligi nimalarga bog'liq?
2. Bog'lanish chiziqiy, atomlar sonini ko'payishi bilan qanday jarayon sodir bo'ladi?
3. O'sish egrisi qanday tabiatga ega?
4. Qanday jarayon yuz berganda atom to'qnashishlari boshlanib ketadi?



### I.7. Yulduzlarni spektral sinflashtirish va «Spektr–yorqinlik» diagrammasi

**Spektral sinflashtirish.** Yuqorida biz yulduzlar spektri turli tumanligini ko'rdik. I.7-rasmda turli xil yulduzlarning ustma-ust tushirilgan spektrlari keltirilgan. Yuqoridan hisoblaganda to'rtinchi tasma spektrda vodorod chiziqlari maksimal intensivlikka ega. Bu yulduzlar oq yulduzlardir va ularning sirt temperaturasi 11500

K. I.7-rasmda keltirilgan spektrlarda to'rtinchi spektrdan yuqori va pastga tomon vodorod chiziqlarining intensivligi (qoraligi va kengligi) kamayib boradi. Bu hodisa I.7-rasmda spektri keltirilgan yulduzlarning temperaturasi yuqoridan pastga tomon kamayib borishi bilan bog'liq. Intensivlikni yuqoriga tomon pasayib borishi spektri yuqorida keltirilgan yulduzlar atmosferasida temperatura vodorod atomlarini to'la uyg'onish temperaturasidan (11500 K) yuqori bo'lgani uchun vodorod atomlari ionlasha boshlagani natijasidir. Temperatura 11500 K dan qancha yuqori bo'lsa, ionlanish shuncha kuchli bo'ladi va vodorodning Balmer seriyasi chiziqlari shuncha kam intensivlikka ega bo'ladi. I.9-rasmda turli temperadagi yulduzlarning spektrlari oq qora tasvirda keltirilgan. Oq yulduz Sirius (Katta itning alfasi) spektri A0 spektral sinfga kiritilgan (I.7-rasmda yuqori qismdagi 5 tasma). I.9-rasmda yuqori qismidagi to'rtinchi spektr Savning  $\alpha$  siga tegishli va unda vodorodning Balmer seriyasi chiziqlari Siriusning spektridagiga qaraganda kamroq intensivlikka ega va bu spektr B5 sinfga kiritilgan. I.9-rasmda yuqoridan uchinchi spektr Orionning  $\epsilon$  si va u unda vodorod chiziqlari zo'rg'a ko'rinadi. Bu spektr B0 sinfga kiritilgan. I.9-rasmda birinchi va ikkinchi spektrlarida vodorod chiziqlari umuman ko'rinmaydi va ularda keng emission tasmalar ko'rinadi. Bunday spektrga ega yulduzlar BD + 35° 4013 belgi bilan O spektral sinfga kiritilgan. I.9-rasmda yuqori qismidagi oltinchi spektr Uchburchakning  $\beta$  siga tegishli va u A5 sinfga kiradi. I.9-rasmda pastgi qismining birinchi spektrida vodorod chiziqlari zo'rg'a ko'rinadi. Bunday spektrga ega yulduzlar (masalan, Kapella) G0 sinfga kiradi. Quyosh G2 sinfga mansub. Demak, uning spektrida vodorod chiziqlari intensiv emas. Buni I.4-rasmda keltirilgan Quyosh spektrlarida ko'rish mumkin.

Quyosh spektrida eng intensiv chiziqlar kaltsiy ioniga tegishli H va K chiziqlardir. Shunday qilib yettita spektral sinflar quyidagicha ketma - ketlikni hosil qiladilar. Bu ketma-ketlikning o'rtadagi qismi (yettita sinf) bosh ketma -ketlik deb ataladi.



M3, M5, M6 sinfga mansub yulduzlarda molekulyar tasmalar (masalan, spektrning o'ng chegarasi yaqinida) ko'rinadi. F, G va K sinflarda spektrning chap chegarasi yaqinida kaltsiy ioniga tegishli H va K chiziqlarni ko'rish mumkin.

**O-sinf (T 50000-30000):** kam uchraydigan o'ta qaynoq, havorang yulduz, spektrining binafsha qismi boshqa yulduzlarnikiga qaraganda uzun va intensiv, ionlangan geliyning (HeII) yutilish (qora) chiziqlari kuzatiladi. O8 va O9 sinflarda neytral geliyning (HeI) va ko'p marta ionlangan azot, uglerod, kislorod va kremniy atomlarining (NIII, CIII, OIII, SiIV) chiziqlari ham ko'rinadi. Bu yulduzlar absorpsion (yutilish) spektrga ega. Spektrida, shuningdek, HeI, HeII, NV, NIV, CIII, CIV va boshqa ionlarning keng emission (nurlanish, chiqarish) chiziqlari kuzatiladigan O yulduzlar ham bor. Bu yulduzlar Volf-Raye (kashf etgan fransuz olimlari nomlari) yulduzlari deb ataladi, *W* harfi bilan belgilanadilar va nostatsionar yulduzlar qatoriga kiradi.

**B-sinf (T 30000-12000)ga** qaynoq havorang-oq yulduzlar kiradi. Spektrida neytral geliy (HeI) atomlarining yutilish chiziqlari yaqqol ko'rinib turadi. Shuningdek, uglerod, azot va kislorodning bir, ikki karrali ionlarining chiziqlari ham ko'rinadi. *O* – sinf yulduzlarida zo'rg'a ko'rinadigan vodorod (HI) atomi chiziqlari *B* sinfga kiruvchi yulduzlar spektrida yaqqol ko'rinadi va *B7*, *B8*, *B9* sinfdagi yulduzlarda *B7* dan *B9* tomon intensivlashib, ya'ni kengayib va qorayib, boradi. *B2* va *B3* sinflarda maksimal intensivlikka ega bo'lgan HeI chiziqlari esa quyi sinflar *B8*, *B9* tomon kuchsizlanib boradi. *B5* dan boshlab spektrida kalsiy va magniy ionlarining chiziqlari (CaII  $\lambda=393.4$  nm, MgII  $\lambda=448.1$  nm) ko'rinadi va intensivlasha boradi. Orionning  $\delta$ -si *B0* sinfga kiradi.

**A-sinf (T 11500-7700)ga** oq yulduzlar kiradi. *A0* yulduzlar spektrida vodorod atomi chiziqlari, Balmer seriyasi, maksimal intensivlikka ega. Kaltsiy va magniy ionlari chiziqlari *A0* dan *A9* tomon intensivlasha boradi. *A2* da neytral kaltsiy (CaI) va *A5* dan boshlab FeI chiziqlari ko'rinadi va quyi sinflar (chapdan o'ngga) tomon intensivlasha boradi. Katta Itimning  $\alpha$ -si (Sirius) *A0* sinfga kiradi.

**F-sinf (T 7600-6100)ga** sarg'ish-oq yulduzlar kiradi. Spektrida vodorod atomi chiziqlari (Balmer seriyasi) hali ham intensiv, ko'plab metall atomlari va ionlarining

chiziqlari ko'rinadi. Kaltsiy ioni chiziqlari (CaII H va K,  $\lambda$ 393.4,  $\lambda$ 396.8 nm atrofida) juda intensiv. Past dispersiyali spektrlarda FeI va TiII ning intensiv chiziqlari qo'shilib, quyi sinflar tomon kengayib boruvchi G –tasmani ( $\lambda$ =430.5 nm dan 431.5 nm gacha ) hosil qiladi. Javzoning  $\delta$ -si F0 sinfga kiradi.

**G-sinf**ga sariq yulduzlar kiradi. Bu yulduzlar spektri Quyosh spektriga o'xshash bo'ladi. Vodородning chiziqlari metallar (Na, Ca, Mg, Fe) ning intensiv chiziqlari orasida, ulardan farq qilmaydilar va G5 - G9 sinflarda hatto ayrim metall chiziqlariga qaraganda kuchsiz bo'lib qoladi. Kaltsiy ionining H va K chiziqlari eng intensiv. Aravakashning  $\alpha$ -si G0, Quyosh esa G2 -sinfga kiradi.

**K-sinf (T 4900-3700)**ga sarg'ish-qirmizi yulduzlar kiradi. Spektrida kaltsiy ionining (H va K) va kalsiy atomi ( $\lambda$ =422.7 nm) chiziqlari va G tasma maksimal rivojlanishga va intensivlikka erishadi. K5 sinfdan boshlab spektrida titan oksidi (TiO) molekularining kuchsiz chiziqlari va tasmalari ko'rinadi. Tutash spektrining yaqin ultrabinafsha qismi ( $\lambda$ < 395.0 nm) ko'zdan g'oyib bo'ladi. Savming  $\alpha$ -si K sinfga kiradi. Oqqushning  $\epsilon$ -ni K0 singa mansubdir.

**M-sinf (T 3600-2600)**ga qizil yulduzlar kiradi. Spektri titan oksidi va boshqa molekulyar birikmalarning qora tasmalari va chiziqlari bilan kesilgan. Kaltsiy atomining  $\lambda$ =422.7 nm chizig'i yaqqol ko'rinadi, kaltsiy ionining H va K chiziqlari deyarli ko'rinmaydi. Ayrim M sinfga mansub yulduzlarda vodород atomi chiziqlari emission holda kuzatiladi. Orionning  $\alpha$ -si (Betelgeyze) misol bo'la oladi.

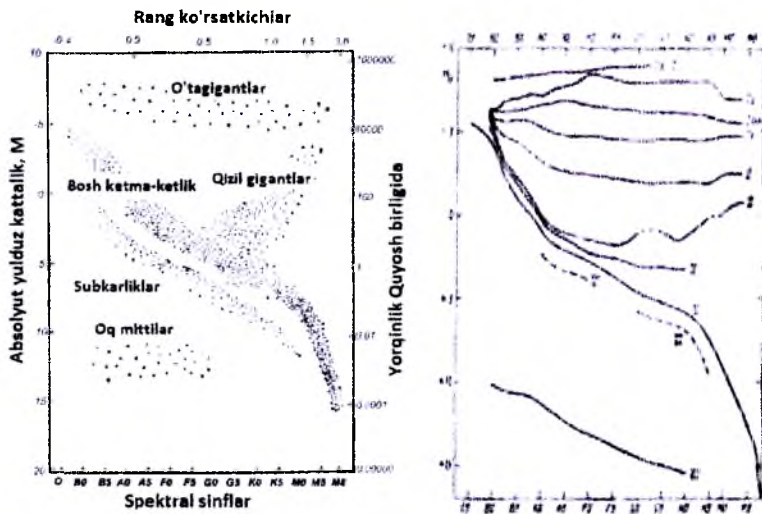
**R-sinf (T 5000 - 4000)**: spektri G5 - K5 lamikiga o'xshash, biroq unda uglerod molekulasi C<sub>2</sub> va tsian CN tasmalari ko'zga tashlanib turadi. Bunday yulduzlar uglerodli yulduzlar deb ataladi.

**N-sinf (T 3000 - 2000)**: qizil yulduzlar, C<sub>2</sub> va CN tasmalari R - sinfga kiruvchilamikidan kuchli. Bular ham uglerodli yulduzlar deb ataladi.

**S-sinf (T 3000 - 2000)**: tutash spektrida energiyani taqsimlanishi bo'yicha M va N sinflarga o'xshash va ulardan, spektrida tsirkoniy oksidi (ZrO) tasmalari borligi bilan ajralib turadi. Vodород chiziqlari emission holatda kuzatiladi.



**Spektr yorqinlik diagrammasi (SYoD).** Biz yuqorida (6- va 7-rasmlar) bosh ketma-ketlik yulduzlari bir-biridan temperaturasi bilan farq qiladi va yulduzning yorug'lik kuchi yoki yorqinligi o'rnida uning absalyut kattaligini qo'llash mumkin degan xulosaga keldik.



1.10-rasm. "Spektr yorqinlik diagrammasi". Diagrammaning o'rtasida, yuqori chapdan pastki o'ngga tomon bosh ketma - ketlik yulduzlari joylashadi. Undan biroz pastda va unga parallel subkarliklar, yuqorida o'tagigantlar va pastda oq karliklar joylashadilar. O'ng tomondagi diagrammada yulduz 7 ta yorqinlik sinfiga ajratib berilgan: I-yorug' o'tagigantlar, II- normal o'tagigantlar, III- gigantlar, IV-subgigantlar, V- bosh ketma ketlik, VI- subkarliklar va VII- oq karliklar.

Agar endi koordinata sistemasining absissa o'qi bo'ylab yulduzning spektral sinflar ketma-ketligini, ordinata o'qi bo'ylab esa absalyut kattaliklarni qo'ysak, diagramma hosil bo'ladi. U "Spektral – yorqinlik diagrammasi" deb ataladi. Aslida bu diagrammaning absissa o'qi bo'ylab yulduz temperaturasi, ordinata o'qi bo'ylab esa yorqinligi (yorug'lik kuchi) qo'yiladi (1.10-rasmni chap tomonidagi diagrammaning o'ng tomonida). Yulduzlarning asosiy qismi bosh ketma-ketlik (BKK)da joylashgan va ular o'z rivojlanishining kamolatga yetgan davridadirlar. BKK yulduzlari o'zagida vodorodning geliyga aylanish jarayoni ketmoqda (bu proton - proton sikli deb ataladi). Ma'lumki, yulduz moddasining 70 % vodoroddan 27 % esa geliydan tarkib topgan. Hisoblashlarga ko'ra, Quyosh (u BKK yulduzi) o'zagida

50 % vodorod geliyga aylanib bo'lgan. BKKning boshqa yulduzlarida ham vodorodning 50 % ko'pi yonib bo'lgan. Yulduz o'zagida vodorod tugagach, o'zak siqila boshlaydi va uning atrofida proton-proton sikli boshlanib ketadi, temperatura va bosim ko'tariladi. Yulduz shisha boshlaydi va gigant yoki o'tagigant yulduzga aylanadi.

Yulduzning temperaturasi va yashash davri uning massasiga bog'liq. BKK da o'ngdan chapga tomon yoki pastdan yuqori tomon yulduzlarning massalari ortib boradi. BKK ning gorizontaal qismida massasi Quyoshnikiga yaqin yulduzlar o'rin olgan. BKK chap yuqori qismda massasi Quyoshnikidan o'nlab marta ko'p yulduzlar o'rin egallaydi. Massasi ko'p yulduzlar ko'p energiya sochadi va rivojlanish bosqichlarini tez o'tadi. Yulduz o'zagida vodorod tugagach u kengaya boshlaydi va tez soviy boshladi. U o'tagigant yulduzga aylanadi va diagrammada chapdan o'ngga tomon gorizontaal siljiyboradi.



### *Nazorat savollari*

1. Spektral sinflashtirish nima, har bir sinf uchun ta'rif berin.
2. "Spektr – yorqinlik diagrammasi" nima va u nimalarga asosanib tuzilgan?
3. Yulduz moddasi asosan qanday elementlardan tashkil topgan?
4. Yulduzning temperaturasi va yashash davri nimalarga bog'liq?
5. Yulduz o'zagida vodorod tugagach qanday jarayonlar sodir bo'ladi?



### **I.8. Yulduzlarning uzoqligi (spektral parallaksi)**

Agar "Spektr-yorqinlik diagrammasi" (SYoD) tuzilgan va masofasi noma'lum yulduzning spektral sinfi va yorqinlik sinfi aniqlangan bo'lsa, SYoD dan foydalanib, bu yulduzning absalyut kattaligi ( $M$ ) aniqlanishi mumkin. Yulduzning spektral va yorqinlik sinfini aniqlash 2.3 - laboratoriya ishda beriladi. Agar yulduzning ko'rinma kattaligi ( $m$ ) o'lchangan bo'lsa, u holda uning spektral parallaksi

$$5Lg r = m + 5 - M, \quad r = 10^{0,2(m-M)+1}$$

4- ilovada yaqin va yorug' yulduzlarning spektral sinfi va absalyut kattaligi berilgan. Bu yulduzlar uchun "Spektr-yorqinlik diagrammasi" tuzamiz va undan foydalanib noma'lum yulduzning uzoqligini topamiz. Bunday usul bilan topilgan uzoqlik spektral parallaks deb ataladi.



### *Nazorat savollari*

1. Agar "Spektr-yorqinlik diagrammasi" tuzilgan va masofasi noma'lum yulduzning spektral sinfi va yorqinlik sinfi aniqlangan bo'lsa, SYoD dan foydalanib yulduzning qanday parametrlarini aniqlash mumkin?
2. Spektral parallaks deb nimaga aytiladi?



### **I.9. Uch rangli fotometrik tizim (UBV) va yulduzlarning rang ko'rsatgichi**

Ideal teleskopda ham yulduzning tasviri juda kichik yorug' nuqta shaklda bo'lishi kerak, biroq bunday tasvirni olish mushkul masala. Bunga sabab difraksiya hodisadir. Ideal teleskopda yulduz tasviri difraksion gardishchadan iborat bo'ladi. Real teleskopda esa yulduz tasviri difraksion tasvirdan ancha katta bo'ladi, demak unda yuza birligiga tushayotgan oqim ideal tasvirdagidan ancha kam bo'ladi. Agar bu tasvirda yig'ilgan yulduz nurlari teleskopga o'rnatilgan spektrograf orqali o'tsa, spektrografning fokal tekisligida uzunligi bir necha santimetr keladigan spektral tasma hosil bo'ladi. Bu tasmaning yuza birligiga tushayotgan nurlanish oqimi yulduz tasviridagidan yuzlab marta kam bo'ladi, shuning uchun bunday tasvirlarni nurlanish priyomnigimiz sezmasligi mumkin. Eng katta teleskoplarda  $10^m$  kattalikkacha bo'lgan yulduzlarning sifatli spektrini olish mumkin. Endi xira yulduzlar spektrini va fizik parametrlarini o'rganib bo'lmas ekanda degan xulosa kelib chiqadi. Bunday yulduzlarning fizik ko'rsatgichlarini aniqlash usuli ishlab chiqilgan. Bu ko'p rangli fotometriyadir. Biz bu yerda uch rangli fotometrik tizimga to'xtalamiz.

Yulduz tutash spektrida intensivlikni taqsimlanish namunasi I.1-rasmda keltirilgan. Bu rasmda keltirilgan egri qoynoq oq yulduzga tegishli. Unda intensivlik

maksimumi spektrning binafsha qismiga to'g'ri keladi. Demak, bu yulduz binafsha rangda eng yorug' bo'ladi. Quyosh energiyasi maksimumi yashil sariq nurlarga to'g'ri keladi, demak Quyosh vizual nurlarda eng yorug'dir. Betelgeyze (Orion yulduzi) qizil nurlarda eng yorug' ko'rinadi. Demak birorta yulduz turli xil rangdagi nurlarda turlicha nurlanish kuchiga ega bular ekan va uning turli xil ranglarda yorug'ligini o'lchab uning spektrida energiyani taqsimlanishi to'g'risida tasavvur hosil qilish mumkin. Bunday ko'p ranglarda o'lchash usullari ishlab chiqilgan. Shulardan uch ranli usulda ultrbinafsha (U), ko'k (B) va vizual (V) ranglarda yulduz yorug'ligi o'lchanadi.

Jonson, Morgan va Xarrislar U ni o'lchash uchun surma-tseziy katodga ega I-P-21 markali fotielektron ko'paytqich (FEK) bilan birgalikda Sorning 9863, B ni o'lchash uchun - Schott GG13 va V uchun – Schott GG11 markali nur saralagichlar qo'lladilar (Sorning va Schott rangli shisha zavodlari). Natijada UBV tizim yulduziy kattaliklari quyidagi effektiv to'lqin uzunlikka ( $\lambda_e$ ) va o'tkazish tasma-siga ( $\Delta\lambda$ ) ega bo'ldi:

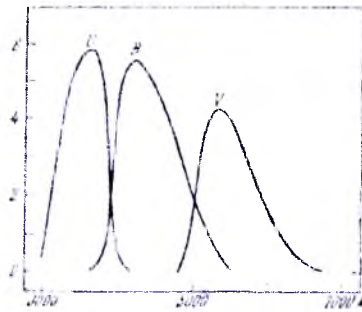
I.1-jadval

**Uch rangli fotometrik tizim**

|                            | U   | B   | V   |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| $\lambda_e, \text{nm}$     | 350 | 430 | 550 |
| $\Delta\lambda, \text{nm}$ | 60  | 95  | 140 |

Bu tizm quyidagi tartibda qo'llaniladi: fotometr yordamida yulduzning V kattaligi, ko'k (B-V) va ultra-binafsha (U-B) rang ko'rsatgichlari o'lchanadi. Ularga asosanib B va U topiladi:

$$B=V+(B-V) \quad \text{va} \quad U=B+(U-B). \quad (1.7)$$



I.11-rasm. Uch rangli fotometrik tizmda tanlangan spektral oʻtkazish sohalari. Egrilar ustida yulduziy kattaliklar (U, B, V) belgilari qoʻyilgan.

Hozirgi zamonda UBV yulduziy kattaliklar tizimi keng qoʻllaniladi. Bu tizmda standart sifatida, asosan, shimoliy osmonda joylashgan 400 dan ortiq yulduz qoʻllaniladi. Ular orasida yorugʻ yulduzlar bilan birgalikda  $V=15,90^m$  gacha boʻlgan xira yulduzlar ham bor. Bu tizmda birinchi darajali koʻplab standart yulduzlar Hulkar, Giadlar va Yasli nomli tarqoq yulduz toʻdalarida tanlangan va oʻlchangan (B. Sattorova, 2004).

Rossiyada fotoelektron koʻpaytqich FEK-106 oʻrnatilgan fotometr bilan oʻlchashlar bajarilganda yulduzning B kattaligini olish uchun rangli shishalar JS10+CC5+CZS21 dan iborat, V ni olish uchun esa, JS18+SZS21 nur saralagich ishlatiladi. UBV yulduziy kattaliklarini fotografik usul bilan ham oʻlchash mumkin. Bunda U ni aniqlash uchun yulduzning tasviri sezgirlashtirilmagan fotoplastinkaga UFC6 rangli shisha, B-uchun esa, BC8 orqali va V ni aniqlash uchun esa, panxramatik fotoplastinkaga JC18+CZC21 orqali tushiriladi va tasvirlar iris fotometr yordamida oʻlchanadi.

Shunday qilib, lotin alifbosining katta harflari U, B, V bilan yulduzning ultrabinafsha, koʻk va yorugʻlik nurlarda oʻlchangan yorugʻligi belgilanadi, bu yerda  $V = m_v$ , yaʼni vizual yulduz kattali teng. Bu uch rangli kattaliklar ayirmalari (B-V) va (U-B) ragn koʻrsatgichlari deb ataladi.

**Quyosh va Oyning uch xil rangda yorug'ligi yulduziy kattaliklarda**

|        | V                   | B                   | U                   | B-V               | U-B               |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Quyosh | -26.74 <sup>m</sup> | -26.09 <sup>m</sup> | -25.59 <sup>m</sup> | 0.65 <sup>m</sup> | 0.13 <sup>m</sup> |
| Oy     | -12.73              | -11.82              | -11.37              | 0.91              | 0.45              |

1.2-jadvalda Quyosh va Oyning U, B, V ranglarda yorug'liklari va rang ko'rsatgichlari (B-V) va (U-B) keltirilgan. Rang ko'rsatgichi (B-V) bilan spektral sinflar orasida moslik bor.

**Nazorat savollari**

1. Ideal teleskopda ham yulduzning tasviri juda kichik yorug' nuqta shaklda bo'lishi kerak, biroq bunday tasvirni olish mushkul masala. Bunga sabab nima?
2. Nima sababdan ko'pgina tasvirlarni nurlanish priyomnigimiz sezmaydi?
3. Quyosh energiyasi maksimumi qanday nurlarga to'g'ri keladi va buning sababi nimada?
4. Uch rangli fotometrik tizimni tavsiflang.

**I.10. Koinotning katta o'lchamli tuzilishi**

Galaktikalar uzoq va qo'zg'almas manbalar deb hisoblab, ularga nisbatan Quyoshning harakat tezligini o'lchash maqsadida 1912 yilda Amerika astronomi Vesto M. Slayfer (1875 - 1969) spiral tumanliklar (galaktikalar)ning nuriy tezligini o'lchashga kirishdilar. 41 ta o'lchangan tumanlikdan 36 tasining spektrida chiziqlar qizil tomon  $\Delta\lambda$  ga siljiganligini aniqladi. Bunday siljish ( $\Delta\lambda$ )ni doppler effekti bilan tushuntirish tabiiy bo'lgani sababli  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v_r}{c} = z$  Slayfer bu tumanliklar kuzatuvchidan minglab km/s tezlik bilan uzoqlashmoqda degan xulosaga keldi (Quyoshni Galaktika markazi atrofida aylanish tezligi 250 km/s). Yuqorida aytganimizdek, 1923 yilda E.Habbl galaktikalarni uzoqligini o'lchaydi. Shundan

keyin u galaktikalarni uzoqlashish tezligi bilan ular masofasi orasidagi bog'lanishni tekshiradi. 1929 yilda E.Habbl 36 ta galaktika spektrida chiziqlarni qizilga siljishiga va ularning o'zi o'lchagan masofalariga asoslanib

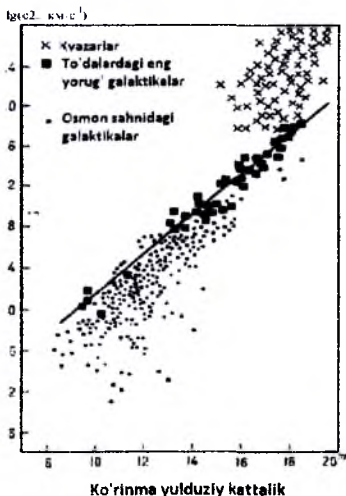
$$v_r = cz = Hr$$

bog'lanishni topdi. Bu yerda H - Habbl doimiysi, uning bugungi kundagi qiymati  $(72 \pm 3)$  km/s Mpc, r - galaktikani uzoqligi Mpc(megaparsek)-larda. Bu bog'lanishga ko'ra galaktika bizdan qancha uzoqda bo'lsa uning uzoqlashish tezligi (v) shuncha katta bo'ladi. Shunday qilib,  $r = \frac{c}{H} \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{c}{H} Z$  yoki  $rH = cz$ .

Endi absolyut kattalik formulasidan

$$m = [M - 5 - 5 \cdot \lg H] + 5 \cdot \lg cz.$$

Ya'ni m bilan cz logarifmik bog'lanishga ega. I.12-rasmda  $\lg(cz)$  bilan ko'rinma yulduziy kattalik m orasidagi bog'lanish tasvirlangan. Hozirgi kungacha 1500 dan ortiq galaktikaning qizilga siljisi aniqlangan. Eng xira galaktikalarda z ga  $v_r = 100$  000 km/s to'g'ri keladi.



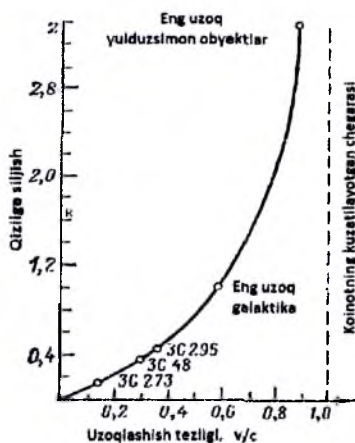
I.12-rasm. Habbl diagrammasi

Ma'lumki jismni harakat tezligi ( $v$ ) yorug'lik tezligiga ( $c$ ) yaqinlashganda ( $z \geq 0,1$ ) uning spektrida chiziqlarni nisbiy siljishi

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} - 1$$

formula yordamida hisoblab topiladi; ya'ni  $v \rightarrow c$  da  $z \rightarrow \infty$ . Agar  $\Delta\lambda = \lambda$  bo'lsa  $z=1$  va  $v=0.6 \cdot c$  va  $z=2$  bo'lsa  $v=0.8 \cdot c$  bo'ladi.  $\frac{g}{c}$  bilan  $z$  orasidagi bog'lanish egri 5.6-rasmda keltirilgan. Yerdan turib kuzatilgan eng uzoq galaktikalar (3S123, 3S318) ning qizilga siljishi  $z \approx 1$  va nisbiy tezligi  $\frac{g}{c} \approx 0,6$ . Eng uzoq QO(173) kvazamiki  $z=3,53$  va  $\frac{g}{c} \sim 0,86$ . Kvazarlarga keyinroq qaytamiz. Hozir esa qizilga siljishning mohiyatiga nazar tashlaylik. Avvalo qizilga siljish galaktikalarni bir-biridan uzoqlashayotganini va Koinotni kengayotganini ko'rsatadi. Kengayish tezligi masofa ortishi bilan ortib boradi. Ikkinchidan agar yuqoridagi masofa ( $r$ ) uchun chiqarilgan formulaga  $H=73 \text{ km/s Mps}$  va  $c = 3 \cdot 10^5 \text{ km/s}$  ni qo'yib masofani yorug'lik yillarda  $1 \text{ pk} = 3.26 \text{ yorug'lik yillarida}$  ( $1 \text{ pk}=3,26 \text{ yorug'lik yili}$ ) ifodalasak u holda  $r = 1.37 \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \text{ mlrd. yil}=13,7 \text{ z mlrd. yil}$  ya'ni  $r$  masofada kuzatilayotgan ob'ektni nuri bizga etib kelishi uchun qancha vaqt o'tganligini topamiz. Uchinchidan I.13-rasmdan ko'rish mumkinki  $v \rightarrow c$   $z \rightarrow \infty$ .





I.13-rasm. Galaktikadan tashqarida joylashgan ob'ektlarni qizilga siljishi ( $z$ ) bilan uzoklashish tezligi orasidagi boglanish. Eng uzoqdagi yulduzsimon ob'ektlar (YUO) uchun uzoklashish tezligi 270000 km/s.

Radiopazonda eng yorug' bo'lgan kvazarlarni  $z \geq 5$  bo'lganda ham kuzatish mumkin. Biroq ular kuzatilmaydi. Ko'rinishdan kvazarlar Koinotni tashqi chegarasi yaqinida joylashgan ( $z \approx 4$ ) ob'ektlardir. Ularning nurlanishi 7 mld. yil oldin sochilgan. Yuqorida biz Galaktikani yoshi  $\geq 13$  mld yil degan xulosaga kelgan edik. Demak, kvazarlar muammo tug'diradi, ya'ni agar ular kengayayotgan koinotning eng tashqi chegarasida bo'lsalar ular birinchilar qatori hosil bo'lganlar va ular eng «keksa» ob'ektlar bo'lishlari kerak. Kvazarlarni tabiatini ko'rib chiqishdan oldin galaktikalarning fizik xususiyatlari bilan tanishib chiqamiz.

Koinotning bizga ko'rinadigan qismi Metagalaktika deb ataladi. Metagalaktika milliardlab galaktikalar, kvazarlardan tarkib topgan. Hozirgi zamon kuzatish vositalari yordamida qayd qilingan eng uzoq ob'ekt (kvazar)larning masofasi Metagalaktikaning radiusi deb qabul qilingan va u 4000 Mps (megaparsek)dan biroq ko'proq. Bu o'lcham Habbli qonuniga galaktikalarni qochish tezligi o'miga kvazarlar tezligi (270000 km/s)ni va Habbli doimiysi o'miga  $H=73$  km/s Mps qo'yib topilgan. Metagalaktikadagi ob'ektlar har xil yo'nalishlar va masofalar bo'yicha, o'rtacha olganda bir tekis joylashganlar. O'rtacha bir jinsli deganda biz Metagalaktikani katta o'lchamli (1000 Mps) tuzilishni nazarda tutmoqdami. Yuqorida ko'rganimizdek,

kichik o'Ichamli (100 Mps) qismlarida Metagalaktika bir jinsli emas, unda galaktikalar guruhlari, to'dalari, o'ta katta to'dalar kuzatiladi. Metagalaktikani katta o'Ichamlarda bir jinsliliigi undan tashqarida ham o'rinli bo'lsa kerak deb faraz qilish mumkin. Shunday qilib, butun koinot (ya'ni Metagalaktika va undan tashqaridagi koinot qismi) da materiya izotrop va bir jinsli taqsimlangan deb qarash mumkin.

Har xil uzoqlikda joylashgan koinot ob'ektlaridan kelayotgan va qayd qilinayotgan nurlanish, ulardan har xil vaqtlarda sochilgan. Yorug'likning tarqalish tezligi fundamental fizik doimiyligini hisobga olsak, uzoqda joylashgan kvazar(kvazag)lardan kelayotgan nurlanish fatonlari yaqindagi galaktika (Andromeda tumanligi)dan kelayotganlarga qaraganda ancha (10 mld. yil) oldin sochilgan (yo'lga chiqqan)lar. Metagalaktikada uzoqlik bo'yicha ob'ektlar (galaktikalar)ni taqsimlanishidagi bir jinslilik ular hosil bo'lish vaqti bo'yicha uzluksiz ketma-ketlikni hosil qiladi, degan xulosaga olib keladi. Agar, endi Metagalaktikada kuzatilayotgan zamonaviy bir jinslilik undan tashqarida ham o'rinli deb faraz qilsak, koinotning fazoviy (makoniy) bir jinsliliigi uning zamoniy bir jinsliliigi bilan uyg'unlashgan degan hulosaga kelamiz. Galaktikalar, kvazarlar va kvazaglar spektrida chiziqdami qizilga siljishi, ularni bizdan uzoqlashish bilan tushuntiriladi. Ob'ekt bizdan qancha uzoqda bo'lsa, uni uzoqlashish tezligi shuncha katta. Metagalaktika kengaymoqda, kengayish tezligi Habbl qonuni

$$v=H \cdot r$$

bilan ifodalanadi. Metagalaktikani tashqi chegarasi yaqinida kengayish tezligi yorug'lik tezligiga yaqinlashadi. Agar bu qonuniyat Metagalaktikadan tashqarida ham o'rinli deb hisoblasak, u holda koinot makon va zamon bo'yicha bir jinsli Butun koinot hozir zamonda kengaymoqda. Demak u o'tgan zamonlarda hozirgiga qaraganda zichroq va qaynoqroq bo'lgan va uzoq o'tmish (10 mld. yil oldin) esa zichlik va temperatura juda yuqori bo'lgan.

Metagalaktikada kuzatilayotgan ob'ektlar va jarayonlar butun olamni tortishish qonuni (umumiy nisbiylik nazariyasi)ga bo'ysunadi. Bu qonunni uzoq o'tmishdagi o'ta yuqori zichlik ( $10^{93} \text{g/m}^3$ ) va temperaturadagi ( $10^{32} \text{K}$ ) koinotga tatbiq etib

bo'ladimi, yo'qmi bu muammo bo'lib qolmoqda. Koinotning rivojlanish masalalari va muammolari bilan kosmologiya shug'ullanadi. Bu masalalarga keyinroq qaytamiz.

**1) Kosmogoniya masalalari.** Tabiatda har bir jarayon va ob'ektning hosil bo'lish, rivojlanish va oxirati bo'lgani singari galaktikalar, yulduzlar va boshqa kosmik ob'ektlar ham shunday bosqichlarni o'tishlari kerak. Galaktikalar koinot rivojlanishining, yulduzlar esa galaktikalar evolyutsiyasining mahsulotlaridir, chunki galaktikalar yulduzlardan, Metagalaktika esa galaktikalardan tarkib topgan.

Galaktikalarni uch xil turi mavjud: elliptik, spiral va noto'g'ri galaktikalar. Noto'g'ri galaktikalar nisbatan qaynoq va demak yoshroq yulduzlardan tarkib topgan, elliptik galaktikalar esa aksincha, nisbatan past temperaturadagi yulduzlardan tarkib topgan. Spiral galaktikalar oraliq o'rin egallaydi.

Qaynoq va yosh yulduzlar Galaktika tekisligi yaqinida, gaz+chang tumanliklar ichida kuzatiladi. Yosh yulduzlar nostatsionar bo'lib, ular ana shu tumanliklardan hosil bo'lganligini ko'rsatuvchi ko'pgina kuzatish natijalari bor. Ko'rinishdan yulduz va Galaktikalarni hosil bo'lishi va rivojlanishida umumiy qonuniyatlar bo'lishi kerak. Agar yulduzlar gaz va changdan hosil bo'lgan bo'lsalar, galaktikalar ham o'z navbatida ulkan gaz+chang bulutlardan hosil bo'lgan. Dastavval, Quyosh atrofida sayyoralar hosil bo'lish muammolari bilan shug'ullangan kosmogoniya XX dan boshlab yulduzlar evolyutsiyasi masalalarini ham o'z ichiga oldi. Haqiqatdan, sayyoralar Quyosh bilan birgalikda, yulduzlar esa o'z atrofidagi sayyoralar bilan birgalikda hosil bo'lganlar. Demak sayyoralar hosil bo'lish jarayoni yulduz evolyutsiyasi bilan birgalikda ko'rinish maqsadga muvafiqdir.

Shunday qilib, hozirgi zamon kosmogoniyasi yulduzlar va ular atrofida sayyoralar tizimi va karrali yulduzlar tizimlari hosil bo'lishi mexanizmlarini nazariy ravishda ko'radi va bunda kuzatishdan olingan natijalarga va umumfizik qonunlarga asoslanadi.



### *Nazorat savollari*

1. Galaktikalarning uzoqligini o'lchash usullarini ayting.
2. Galaktika spektrida chiziqlarni qizilga siljishiga va ularning masofalarga bog'liqligi kim tomonidan topilgan? Uning bo'liqlik formulasini ko'rsating.
3. Jismni harakat tezligi ( $v$ ) yorug'lik tezligiga ( $c$ ) yaqinlashganda ( $z \geq 0,1$ ) uning spektrida chiziqlarni nisbiy siljishi qanday formula yordamida hisoblab topiladi?
4. Galaktikalarni bir-biridan uzoqlashayotganini va Koinotni kengayotganini qanday jarayon ko'rsatadi?
5. Kvazarlar nima va ular Koinotni qayerida joylashgan?
6. Galaktikalarni qanday turlari mavjud?
7. Qaynoq va yosh yulduzlar Galaktikaning qaysi qismida joylashadi?
8. Hozirgi zamon kosmogoniyasi nimani o'rganadi?



### **I.11. Radionurlanish manbalari**

1946 yilda J.Key, S.Parsons va J.Filmens (Angliya) Oqqush yulduz turkumida kuchli yakka radionurlanish manbaasini kashf etdilar. Bu manbaa Oqqush A (Cyg A) deb atala boshlandi. (Har bir yulduz turkumidagi bunday radionurlanish manbaalari turkum nomidan keyin, A, V, S, ... va hakoza harflar qo'yib ataladi). Shundan keyin ikki yil davomida yana 6 ta bunday manbaa kashf etildi. Radionurlanish manbaalari 1959 yilda tuzilgan Uchinchi Kembrij katalogida (3C deb ataladi) jadval sifatida ro'yxatga olingan. Hozirgi kunga kelib bunday manbalar soni 10 000 dan oshib ketdi.

Ayrim radionurlanish manbaalari bizning Galaktikaga tegishli bo'lsa (masalan, Savr  $\alpha$  si - Qisqichbaqasimon tumanlik), qolganlari undan tashqarida joylashgan galaktikalarga tegishlidir. Biroq ularning ko'pchiligini radiodapazonda nurlanishi umumiy yorqinligini mingdan birini tashkil etadi va u issiqlik nurlanishidan iborat. Eng kuchsiz radionurlanish manbalari spiral (S) va noto'g'ri (Ir) galaktikalar bo'lib

chiqdi va ularning detsimetr diapazonda nurlanish quvvati  $10^{-32}$  vt dan oshmaydi. Elliptik (E) galaktikalarni nurlanishi bu diapazonda 100 marta kuchli. Keng qobug' bilan o'ralgan va D-tipga ajratilgan elliptik galaktikalarni radionurlanishi oddiy E galaktikalarnikidan yana 100 marta kuchlidir. Oqqush A va boshqa qator galaktikalarning radionurlanishi noisliqlik tabiatga ega, ya'ni bir necha diapazonlarda o'lchashlardan olingan ularning radio spektrida intensivlik Reley-Jins formulasi bilan emas, balki  $I(\nu) \approx H \frac{\nu^{+1}}{2} \nu^{-\frac{\nu-1}{2}}$  ko'rinshdagi formula bilan ifodalanadi. Bu yerda H - magnit maydon kuchlanganligi,  $\gamma$ -relyativistik elektronlar spektrining daraja ko'rsatgichi ( $dN(E) = \frac{K}{E^{\gamma}}$ ). Demak bunday galaktikalar kuchli tezlatigich singari «ishlaydi».

**a) Radiogalaktikalar.** Radiodiapazonda nurlanish quvvati optik diapazondagidek yoki undan ortiq bo'lgan galaktikalr radiogalaktika deb ataladi. Bunday galaktikalarning bir necha yuztasi kashf etilgan. Bizga eng yaqini Oqqush  $\alpha$  si. Yorug'lik nurlarida u ikkita o'zakka ega bo'lgan va keng qobug' bilan o'ralgan galaktikaga to'g'ri keladi. Qizig'i shundaki, radionurlanish bu galaktikani o'zagidan emas, balki undan 10 000 yorug'lik yili uzoqlikda, ya'ni galaktikadan tashqarida va unga nisbatan simmetrik joylashgan ikkita sohalardan chiqadi.

Xuddi shunday «manzara» Sentavr  $\alpha$  manbaida ham kuzatiladi. Bu galaktika to'rtta radiomanbaga ega, ular galaktika markazidan o'tuvichi to'g'ri chiziqda, markazga nisbatan simmetrik ravishda joylashganlar. Radiogalaktika Sumbula  $\alpha$  - elliptik galaktika M87-da undan radiusi bo'yicha yo'nalishda otilib chiqqan 6 ta yorug' bulutcha kuzatiladi. Bularga qarama - qarshi tomonda otilib chiqqan xiraroq bulutchalar kuzatiladi. Radiomanba Sumbula  $\alpha$  galaktika M87 bilan ustma-ust tushadi. Otilib chiqish energiyasi  $10^{55}$  erg, M87 ni radiodiapazonda yorqinligi  $10^{40}$  erg/s, rentgenda  $10^{42}$  erg/s. Bu energiyalarni galaktika o'zagida tezlantirilgan relyativistik elektronlar chiqaradi.

Agar Oqqush  $\alpha$  sini radionurlanishi portlash natijasida hosil bo'lgan deb faraz qilinsa, u holda to'la energiya  $10^{62}$  erg bo'lishi kerak. Bunday energiya  $10^{10} \text{M}_{\odot}$ .

massasini energiyaga aylantirishda hosil bo'lishi mumkin. Biroq vodoroddan geliy hosil bo'lishi sekin kechadigan jarayon. Biz yuqorida ayrim galaktikalar o'zagidan modda otilib chiqib turishi to'g'risida gapirgan edik. Bunday Galaktikalar seyfert galaktikalari deb ataladi. Ular yulduzsimon o'zakka ega, uning spektrida yuqori uyg'onish potentsialiga ega ko'plab emission chiziqlar kuzatiladi va chiziqlar juda keng va 500-4000 km/s tezlikka ega modda aralashuviga mos keladi. Bunday galaktikalarning 100 dan ortig'i ma'lum. Ularning diametri 10 pk va ulardan bir yilda bir necha yuzdan bir necha minggacha Quyosh massasiga teng modda sochilib turadi. Shunday qilib, radiogalaktikalardan modda otilishi ro'y berishi mumkin va ular o'zagi faol galaktikalardir.

**b) Kvazarlar va kvazaglar.** Kvazar - yulduzsimon radionurlanish manbai demakdir. Birinchi kvazar (3S48) 1960 yilda T.Metyuz va A.Sendij (AQSH) tomonidan kashf etilgan. Bu Kaliforniya texnologiya institutida ishga tushgan katta ajrata olish (5") kuchiga ega radiointerferometr yordamida bajarildi. Yulduzsimon radiomanba 3S48 16<sup>m</sup> kattalikdagi yulduzsimon ob'ekt bilan ustma-ust tushadi. Bu ob'ekt spektri kuchli qizilga siljish ( $z=0,37$ ) ko'rsatadi. Kvazar 3S273 da  $z=0,16$  3S9 spektrida qizilga siljish  $z=2,0$ . Bunday siljishga  $v=0,8$   $c=240\ 000$  km/s tezlik mos keladi ( $c$ - yorug'lik tezligi).

Agar kvazarlarni kosmik ob'ektlardir deb hisoblansa, u holda 3S273 ni uzoqligi 3 mlrd. yorug'lik yili, 3S9 niki esa 12 mlrd. yorug'lik yili. Bunday uzoqlikda galaktikalar kuzatilmaydi. Kvazarni ko'rinma yulduziy kattaligiga asoslanib uni yorqinligini hisoblab topish mumkin. U  $10^{48}$  erg/s ekanligi aniqlandi.

Kvazarlar spektrida oddiy yulduzlardagi singari S, O, Na va boshqa kimyoviy elementlar chiziqlari bor, litiy, berilliy va bomiki yo'q. Tutash spektrida energiyani taqsimlanishi Plank taqsimotiga o'xshamaydi: katta miqdorda ultrabinafsha rang ortiqlik va kuchli infraqizil nurlanish (maksimumi 70 mkm ga to'g'ri keladi) chiqaradi. 200 ta kvazar rentgen nur sochadi.

Kvazarlar yorqinligi optik diapazonda  $10^{45}$  erg/s, infraqizilda  $10^{49}$  erg/s. Kvazar o'z umri dovomida  $10^{61}$ - $10^{62}$  erg energiya sochgan. Bunday ulkan energiya qayerdan

olinadi? Bu energiya  $5 \cdot 10^6$  t. modda «yonishi» natijasida hosil bo`ladi. Biroq, terma yadro reksiyalari samaradorligi bundan 140 marta kam.

Ko`pchilik astronomlarni fikriga ko`ra kvazarlar galaktikalarni yorug` o`zaklaridir. Yaqinda qo`shaloq Q0954+561 uchkarrali Q1115+080 kvazar kashf etildi. Ularda qizilga siljishi bir xil. Shunday mulohaza mavjud: bu qo`shaloq va karrali kvazarlar bitta kvazarga tegishli bo`lib, uning nuri bizga yaqin joylashgan galaktika tortish maydonida egrilangan. Bu galaktika gravitatsion linza rolini bajaradi.

Shunday qilib, kvazarlar eng uzoq joylashgan o`zagi faol bo`lgan galaktikalar bo`lishi mumkin. Chunki ularning eng ko`pchiligi  $z=2 - 3$  ga teng qizilga siljish ko`rsatadi. Kvazarlar nihoyatda kuchli radionurlanish manbalari bo`lganliklari uchun ularni  $z=5$  da ham ko`rish mumkin, biroq bundaylari ko`rinmaydi. Hozirgacha 2000 dan ortiq kvazar kashf etilgan, hisoblarni ko`rsatishicha, kuzatish mumkin bo`lganlari soni 10 000 ga yetishi kerak.

Kvazarlar muammosi hozirgacha to`la yechimga ega emas. Kim biladi, ular bizga noma`lum fizik qonunlar bilan bog`liqdir. Oxirgi yillarda kvazarlar galaktika rivojlanishidagi qisqa muddatli bir bosqichdir degan g`oya o`rganilmoqda. Galaktika, demak kvazar markazida qora o`ra mavjud. Qora o`raga modda tushib turadi va tushayotganda tezligi yorug`lik tezligiga yaqinlashadi. Qora o`ra o`z yaqinidagi yulduzlarni ham yutaboshlaydi. Ular o`raga ma`lum kritik masofagacha yaqinlashganda tortishish kuchi ta`sirida ular parchalanib ketadi. Moddani bir qismi o`raga tushadi, qolgani gaz bulutlar sifatida tashqariga uloqtirib tashlanadi.

**v) Kvazarlar va N-galaktikalar.** Ko`pchilik kvazarlar yorug`ligi 18-19<sup>m</sup> oraliqda bo`lgan yulduzlarga o`xshaydi. Agar radioastronomik tekshirishlar bo`lmaganda kim biladi, ular yulduzlar qatorida qolaverarmidlar. Xira yulduzga o`xshash niqob ostida yana boshqa manbalar ham bo`lishi mumkin. Yana bir bor eslaylik, kvazarlar spektriga xos xususiyat, bu ultrabinafsha diapazonni yuqori darajada intensivligidir. Shuning uchun kvazarni axtarishda yulduzlar osmonini ultrabinavsha tasviri yorug`lik nurlaridagi bilan solishtiriladi. Bunday solishtirishlarda kvazarlar ajralib chiqadi. Ana shu usulni havorang yulduzsimon

yorug'lik manbalariga nisbatan qo'llagan A.Sendij (AQSH) ultrabinafsha rang ortiqlikka ega biroq radionurlanish sochmaydigan ob'ektlarni topdi. Ko'pchilik bunday ob'ektlarni spektrida chiziqlar qizil tomonga siljiganligi qayd qilindi. Demak, bu yulduzsimon ob'ektlar bizning Galaktikaga tegishli emas, ular kvazarlar singari ulkan tezlik bilan bizdan uzoqlashmoqdalar. Bunday ob'ektlar kvazaglar deb ataladi. Kvazag - yulduzsimon galaktika demakdir (ular QSG-bilan belgilanadilar). Hisoblashlarni ko'rsatishicha kosmik fazo hajm birligida kvazaglar soni kvazarlarnikidan 50-100 marta ko'p bo'lishi kerak. Shunday mulohaza mavjud-kvazar bu kvazag faoliyati davomidagi qisqa o'tish fazasidir.

Kvazalar ko'p jihatdan N-galaktikalarga o'xshashdirlar. N-galaktika bu ixcham o'zagi ajralib kuzatiladigan galaktikadir. N-galaktikalar qo'shaloq manbalardir. Ular nurlanishi noissiqlik tabiatga ega, ikkinchidan ularni ayrimlari o'z yorug'ligini bir necha yillar davomida o'zgartirib turadi. Radiodiapazonda intensivligi bo'yicha N-galaktikalar kvazarlardan ancha orqada turadilar. N-galaktika radionurlanishi quvvati kvazamikidan 100 marta kam. N-galaktikalar nurlanishi so'ngan kvazarlar bo'lsa kerak degan faraz mavjud.



### *Nazorat savollari*

1. Dastlabki radionurlanish manbalari kimlar tomonidan aniqlangan va ular qanday kuzatishlarni olib borganlar?
2. Bizning Galaktikaga tegishli qaysi yulduzlarda radionurlanishlar qayd qilingan?
3. Eng kuchsiz radionurlanish manbalari qaysi turdagi galaktikalarda kuzatiladi?
4. Radiogalaktika deb qanday galaktikalar ataladi?
5. Radionurlanishli galaktikalarda radionurlanishlar qanday diapazonga mos keladi?
6. Kvazar nima?
7. Kvazaglar ta'rif bering
8. N-galaktikalar nima?





## I.12. Osmon yoritqichlarining rentgen nurlanishi

Osmon yoritqichlarida rentgen va eng chetki ultrabinafsha UB nurlanish ozod elektronni zaryadlangan og'ir yadrolar yaqinidan o'tganda tormozlanishi hamda tez elektronlarni tashqi magnit maydonlarda tormozlanishi natijasida hosil bo'ladi. Bu nurlanish tutash spektrga ega.

Ozod elektronni zaryadlangan atom yadrosi bilan o'zaro ta'siri ehtimoli juda katta, shuning uchun bu jarayon qattiq rentgen va chetki UB fotonlari hosil qiluvchi asosiy jarayon hisoblanadi. Tormozlangan elektronning tormozlanish energiyasi uning yadroga yaqinlanish masofasiga mos (100 keV gacha) energiyali rentgen foton sifatida nurlanadi. Bunday rentgen nurlanish issiqlik nurlanish singari tutash spektrga ega bo'ladi, biroq u optik yupqa qatlamdan sochilgani uchun kuchli bo'lmaydi. Shuningdek, tez elektronlarni magnit maydonda tormozlanishi, past energiyali (masalan, yorug'lik) fotonlarni relativistik elektronlarda komptoncha sochilishi natijasida ham rentgen fotonlar hosil bo'lishi mumkin. Bunday jarayonlarda hosil bo'lgan rentgen nurlanish noissiqlik tabiatga ega.

Elektronni og'ir atomlar yadrosiga eng yaqin elektron qobiqqa (K-qobiq) tushishi natijasida chiziqli rentgen spektr hosil bo'ladi va uning energiyasi taxminan element atomi yadrosining tartibiy nomeri kvadratiga proporsional bo'ladi. Masalan, kislorod atomida elektronni K qobiqqa tushishi 500 eV li, temir atomida shunday jarayon 6.4 keV li foton beradi. Bunday jarayonlar, masalan, Quyoshning toj qatlamlari sharoitlarida ro'y beradi. Quyosh tojining eng chetki UB spektrida Fe X, Fe XII, Fe XIV, He II ionlarning, rentgen spektrida temirning vodorodsimon ionining (Fe XXVI) kuchli emission chiziqlari kuzatiladi.

Gamma nurlanish rentgen nurlanishning tabiiy davomi bo'lib, gamma kvantlar hosil bo'lishining bir necha mexanizmlari bor. Avvalo, yulduzlararo muhitda gaz atomlarini yuqori energiyali protonlar bilan to'qnashishi natijasida ular yadrolarini uyg'ongan holatga o'tishi bilan bog'liq jarayonlar gamma kvant hosil bo'lishiga sababchi bo'lishi mumkin. Bu jarayonlar yadroni normal holatga qaytishi va

energiyasi 10 MeV (megaelektronvolt) dan oshmaydigan gamma kvantlarni chiqarishiga sababchi bo'ladi. Elektron va pozitron to'qnashuvida energiyasi 0,5 MeV bo'lgan ikkita gamma kvant hosil bo'ladi. Kosmik nurlar yulduzlararo muhitdagi atom yadrolari bilan to'qnashganda  $\pi$  mezonlar hosil bo'ladilar. Biroq  $\pi$  mezonlar shu daqiqadayoq energiyasi 50 MeV dan ortiq ikkita gamma kvantga ajraladi. Shuningdek, yuqori energiyali elektronlarni zaryadlangan zarralar bilan to'qnashishi, kuchli magnit maydonlarda ionlarni tormozlanishi natijasida ham gamma kvantlar hosil bo'ladi.

Gamma kvantlarning to'liq uzunligi  $\lambda < 0.01$  nm, energiyasi esa, 0.12 MeV dan katta. Gamma-nurlanish shartli ravishda to'rtta diapazonga bo'linadi: yumshoq gamma kvantlar (0.1 dan 10 MeV gacha), jadal (10 MeV dan 1 GeV (gigaelektronvolt) gacha, qattiq (1 – 100 GeV) va o'ta qattiq (100 GeV dan katta). Energiyasi taxminan  $10^{15}$  eV (yuz ming GeV) bo'lgan kosmik gamma kvantlar qabul qilingan. Eng quvvatli tezlatgichlarda energiyasi 100 GeV gamma kvantlar olingan.

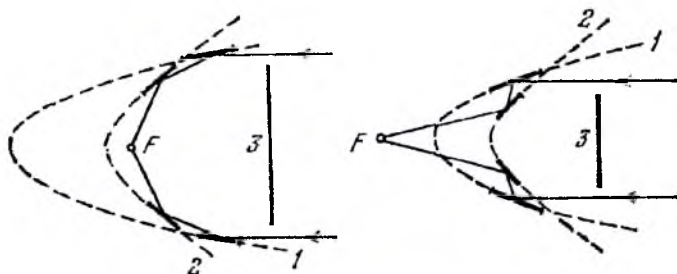
Shunday qilib, rentgen va gamma kvantlar kosmik fazodagi noisqlik xususiyatga ega bo'lgan jarayonlarda hosil bo'ladilar va ularni tekshirish bu jarayonlar tabiatini o'rganishga imkon beradi.

Rentgen va gamma nurlar Yer atmosferasida yutiladilar va shuning uchun ular Yer yuziga yetib kelmaydi. Bu nurlarni yig'ish, o'lchash va qayd qilish uchun teleskop va o'lchash asbobini Yer atmosferasidan tashqariga chiqarish kerak. Rentgen va gamma nurlarni yig'uvchi va qayd qiluvchi asbob mos ravishda **rentgen va gamma teleskop** deb ataladi. Rentgen nurlar X-nurlar deb ham yuritiladi.

a) **Rentgen teleskop.** Dastlabki rentgen teleskop rentgen fotonlarni gazga ta'siri natijasida hosil bo'ladigan ion va elektronlarni sanashga asoslangan va u Geyger sanoqchisiga o'xshash bo'lgan. U maxsus tanlangan gaz, masalan, argon to'ldirilgan Geyger sanoqchisi bo'lib, uning nur tushadigan tuynugiga berilliydan yasalgan, o'n mikron qalinlikdagi folga (yupqa shiqildoq qogozga o'xshash) tortiladi. Bunday sanoqchi 1,5-6 keV energiyali ( $\lambda=0.2-0.8$  nm) kvantlarni qayd qila oladi. Bunday sanoqchilardan ikki xili (ular har xil diapazonlarda sanaydi) hozir orbitada uchib yurgan GOES-9 nomli Yer yo'ldoshiga o'rnatilgan va ular Quyoshdan kelayotgan

rentgen nurlanishni (rentgenda chaqnashlarni) qayd qiladi. Bu yoʻldoshga Quyoshdan kelayotgan elektronlar va protonlar oqimi quvvatini oʻlchaydigan asboblarni ham oʻrnatilgan. Ular keng diapazonda (1000 Mev gacha) protonlar oqimini oʻlchashga imkon beradi. Yuqori energetik ajrata olish qobiliyatiga ega bu asboblarni past burchakli ajrata olish kuchiga ega, yaʼni ular Quyosh yuzidagi rentgen va gamma nurlanish oqimi manbalarini ajrata olmaydilar va butun Quyosh yuzidan kelayotgan oqimni bitta manbadan kelayotgan oqim sifatida oʻlchaydilar.

Tasvir hosil qiluvchi rentgen teleskop reflektor singari parabolik va giperbolik koʻzgular bilan iborat boʻladi. Maʼlumki, koʻzga tik tushayotgan rentgen nurlari undan aks qaytmaydi. Biroq, agar rentgen nurlari koʻzga yuziga kichik burchak ostida (koʻzga yuziga urinma shaklda) tushsa, unda u shunday burchakka aks qaytadi. Rentgen teleskop ikkita har xil egrilik radiusiga ega (biri parabolik, ikkinchisi giperbolik) halqasimon koʻzgular bilan iborat boʻladi (I.14-rasm).



I.14-rasm. Rentgen teleskopda nurlarning yoʻnalishi  
(F – fokus, 3 - nur toʻsqich, 1 va 2 koʻzga sirtlari).

Ularning biri ikkinchisi ichiga simmetrik ravishda shunday joylashtiriladiki, ulardan birin-ketin aks qaytgan (suv yuziga qiya otilgan tosh boʻlakchasi singari) parallel nurlar teleskopning fokal tekisligida kesishadilar va yoritqich (masalan, Quyosh)ning tasvirini hosil qiladi. Koʻzgular oldiga halqasimon teshikli toʻsiq va nurlar saralagichi (filtr) qoʻyiladi. Qalinligi 13 mkm boʻlgan berilliy folga 0.35 nm dan to 1.4 nm gacha boʻlgan, lavsan plyonka esa 4.4 – 6.0 nm diapazondagi toʻlqinlarni oʻtkazadi. Berilliy folga orqali olingan tasvir qattiq, lavsan (selyuloza) plenkasi orqali olingan tasvir esa, yumshoq rentgen tasvir deb ataladi.

Quyoshning rentgen tasviri SKYLAB (1973- yil) va YOHHOH (1991 - 2001 yillar), HINODE (2006 yil) nomli Yer yo`ldoshlariga o`rnatilgan rentgen teleskoplar yordamida olingan va olinmoqda. Quyoshning tasviri CCD kamera yordamida qattiq va yumshoq X-nurlarda olinadi. SKYLAB, YOHHOH olgan tasvirlarda har bir piksel (matritsa elementi)ga 5", yani besh yoy sekundi, HINODE da olingan tasvirda - 1", yani bir yoy sekundi to`g`ri keladi.

Agar rentgen kvant sanoqchilari oldiga ko`plab ingichka naychalar dastasini yoki bir-biridan ma`lum masofada joylashtirilgan ikkita sim to`rlami o`ratsak, bu qurilmalar ham teleskop vazifasini bajarishi mumkin. Bunday qurilma naychali va sim to`rli kollimator deb ataladi va obeskur kamerasi singari rentgen tasvir hosil qiladi va rentgen manbalarni osmonda o`rmini aniqlashda qo`llaniladi. Bunday qurilmaning ajrata olishi bir burchak gradusdan oshmaydi.

Kuchli kosmik rentgen manbalarining spektri kristallik Breg spektrometri yordamida olinadi. Bu spektrometr diffraksiyalovchi kristalldan (masalan, ftorlangan litiy) va geyger sanoqchisidan, kristallni aylantiruvchi va detektorni, ya`ni priyomnikni, yurgizuvchi mexanizmlardan iborat bo`ladi. Bu asbobning kirish teshigi oldiga tanlangan nur saralagich (filtr) qo`yiladi. Ftorlangan litiy kristali 0.13 – 0.31 nm diapazondagi spektrni 0,001 nm spektral ajralish bilan olishga imkon beradi.

Baland uchar raketalar va Yerning sun`iy yo`ldoshlariga o`rnatilgan rentgen teleskoplar yordamida bir necha ming rentgen nur manbalari topilgan. Bular orasida har xil tipdagi chaqnovchi o`zgaruvchan yulduzlar, oq karliklar, rentgen pulsarlar, chaqnovchi rentgen manbalar (basterlar) va o`ta yangi yulduzlar qoldiqlari bor. Ayrim rentgen manbalar Galaktikadan tashqarida joylashgan (masalan, rentgen kvazarlar). Yerning sun`iy yo`ldoshlari UXURU, Eynshteyn nomidagi observatoriya, XEAO-2, OSO-7-8, Astron, orbital stansiyalar Salyut-4-7, Chandra va boshqalarga o`rnatilgan rentgen teleskoplar yaxshi natijalar berdi.

Rentgen manbalar yulduz turkumi belgisidan keyin X harfi va tartibiy raqam qo`yish bilan belgilanadi. Masalan, CygX-1 yoki CygX-2, ya`ni Oqqush yulduz turkumidagi birinchi va ikkinchi rentgen manba.



### *Nazorat savollari*

1. Rentgen va eng chetki ultrabinafsha (UB) nurlanish mexanizmini ta'riflang.
2. Gamma nurlanishlar nima va ular qanday hosil bo'ladi?
3. Gamma kvantlarning to'liq uzunligi va energiyasi nimaga teng?
4. Rentgen va gamma kvantlar qanday xususiyatlarga ega?
5. Rentgen teleskoplarining ishlash printsipini tasvirlang.

## II BOB. YULDUZ SPEKTRINI TEKSHIRISH BO'YICHA LABORATORIYA ISHLARI

### II.1. LABORATORIYA ISHI

#### MAVZU: Yulduzning tutash spektrida intensivlikni o'zgarishini tekshirish



**Ishning maqsadi:** yulduzlar spektrini olish va ularni o'zaro solishtirish orqali yulduzlar spektri turli tuman ekanligiga va bu rango-ranglik ular atmosferasi temperaturasining har xilligi bilan bog'liqligiga ishonch hosil qilish.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o'ralgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTUAL Educational Observatory) dasturi mahsuloti. Plank funktsiyasi qiymatlari hisoblangan jadval (1-ilova).



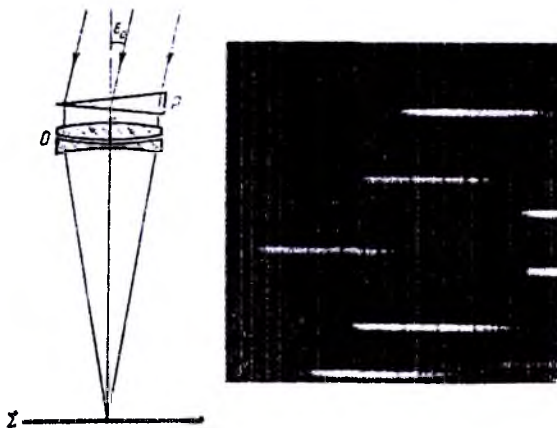
**Adabiyotlar:** Ushbu kitob birinchi bobining birinchi va ikkinchi paragraflari, I.Sattorov "Astrofizika I qism" 1-bobning 2.2-§, K.U.Allen "Астрофизические величины" kitobining 44-§, B.Sattarova. Pedagogik talim, №5. 2010.



**Yulduz spektrini olish vositasi.** Yuldularning spektri teleskopning okulyar qismiga, okulyar o'miga, o'ralgan spektrograf yordamida olinadi. Yulduzning ob'ektiv hosil qilgan tasviri spektrografning kirish tirqishi orqali o'tib, kollimator linzaga (yoki shunday ko'zuga) tushadi. Kollimator shunday joylashtiriladiki, uning fokal tekisligi spektrografning kirish tirqishi tekisligi bilan ustma-ust tushgan.

Dastabbal obektivi oldiga kvarts prizma o'ralgan teleskop yordamida yulduzlar spektri o'rganilgan. Bunday teleskop obyektivi oldi prizmalı teleskop deb ataladi. Bunday teleskopning fokal tekisligida yulduzlar osmoni tasviri o'mida yulduzlar osmoni spektri olingan va tekshirilgan (II.1-rasm). Yulduzlar spektrini

dastlabki tekshirishlari bundan 100 yil avval boshlangan va ana shunday tekshirishlar asosida yulduzlar spektral sinflarga ajratilgan.



II.1-rasm. Obektivi oldiga prizma o'rnatilgan teleskopda (kamera) yulduz nuri yo'li (chapda) va bu teleskopda olingan yulduzlar osmoni tasviri. Yulduz tasviri o'rnida uning spektri ko'rinadi.

Yulduz nurini spektrga yoyishni laboratoriyadagi spektrometrdagi singari amalga oshiriladi. Ya'ni nur spektrometr tirqishidan o'tgach kollimator linzaga tushadi va undan parallel nurga aylanib chiqadi. Bu parallel nurlar kvarts prizmagacha (odatda, difraksiyon panjaraga) tushadi. Kvarts prizmaning sindirish koefitsienti nurning to'liq uzunligiga bog'liq:

$$n_{\lambda} = n_0 + C/(\lambda_0 - \lambda).$$

Bu yerda  $n_0$ ,  $\lambda_0$  to'liq uzunlik uchun prizmaning sindirish koefitsienti,  $C$  prizmaning konstantasi. Astrofizikaning rivojlanish jarayonida teleskopning ob'ektivi oldiga uni to'la qoplaydigan yupqa kvarts prizma o'rnatib, yulduzlar osmoni tasviri olingan.

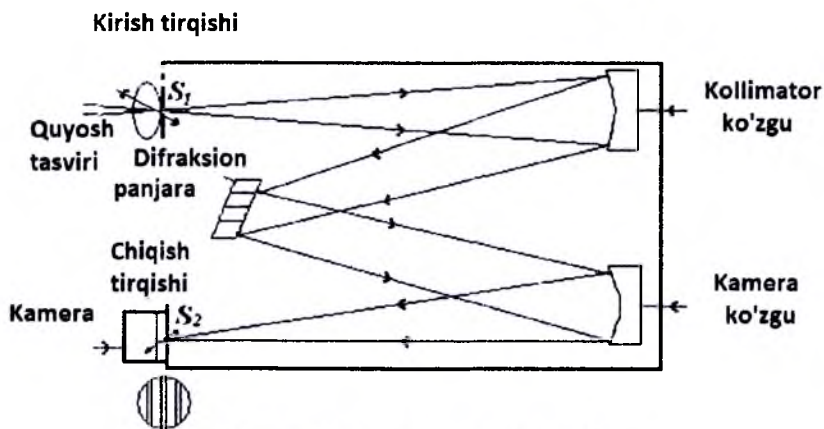
$$ds/d\lambda = fC_1 C / (\lambda_0 - \lambda)^2.$$

Bu yerda  $f$  kollimatorning fokus masofasi va  $C_1$  prizmaning sindirish koefitsienti va uchidagi burchagi sinusi bilan bog'liq konstanta. Bunday prizmalı spektrograflarning kamchiligi, ularda dispersiya qisqa to'liqlar tomon tez kamayib boradi va prizmaning issiqlikdan kengayish koefitsienti katta. Shuning uchun prizmalı spektrograflar bugungi kunda kam qo'llaniladi.

Hozirgi zamonda aks qaytaruvchi (ko'zgusimon) difraksiyon panjara qo'llaniladi va unda kollimatoridan chiqqan parallel yulduz nuri panjaraga tushadi va undan aks qaytadi hamda difraksiyalanadi va bunday nurlar interferentsiyalanadi. Har bir difraksiyon tartib yulduz spektridan iborat. Bu spektrlarda dispersiya

$$ds/d\lambda = fmS$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda  $m$  difraksiya tartibi va  $S$  panjara kirish tirqishi kengligi. Difraksiyon spektrografning kamchiligi bu teleskopda yig'ilgan numi  $2m$  ta difraksiyon tartibda isrof bo'lishidir. Chunki tekshirishda bitta tartib spektri ishlatiladi. Biroq bu kamchilik panjapradan qaytgan difraksiyalangan numi bitta tartibga yo'naltirish orqali biroz bartaraf etiladi.



II.2-rasm. Difraksiyon panjarali spektrograf.

Virtual o'quv observatoriya (VO'O)da yulduz tasviri spektrografning kirish tirqishiga ( $u$  ikkita qizil parallel chiziqcha shaklida tasvirlangan) tushiriladi va yulduz spektri hosil bo'lgan joyga chizg'chsimon bir qator CCD (Coupled Charge Device- Bog'langan zaryadlarga asoslangan) qurilma (bir angstromda bittadan nur sezuvchi element yoki piksel) o'rnatiladi. Yulduz spektrining 3500 Å dan 7400 Å gacha qismini olish uchun 3900 ta pikselga ega CCD qurilma (odatda 3700 Å dan 4700 Å gacha spektral oraliq uchun mingta pikselga ega CCD qurilma qo'llaniladi) qo'llaniladi. VO'O ekranida faqat spektrografning kirish tirqishi ko'rinadi, qolgan qismlari esa namoyish etilmaydi.





## Ishni bajarilish tartibi

**Virtual o`quv observatoriyani komp'yuterga o`rnatish.** Agar VO`O dasturi komp'yuterga o`rnatilmagan bo`lsa, avval dastur komp'yuter xotirasiga o`rnatiladi (VO`O yozilgan disc kompyuterning yozuvchi qurilmasiga kiritiladi). Dastur kompyuter xotirasidagi *Program Files* → CLEA nomli papkaga joylashtiriladi. Shundan so`ng CLEA → VIREO tugmalari orqali dastur fayllari to`plangan papka ichidan CLEA\_VEO tugmasi orqali VO`O ning PRODACTION OF CLEA deb nomlangan birinchi sahifasiga kiriladi. Bu sahifaning yuqori chap qismidan *File* → *Login* → *Student Accounting* nomli sahifaga kirib, to`rttagacha talabalarning ismi yoki qisqa taxallusi kiritilishi mumkin. So`ngra, OK → *Program Files* → *Login Completed?* deb nomlangan sahifachaga kirib, talabalar ismi "Ok" tugmasi yordamida tasdiqlanadi. Shunda THE VIRTUAL OBSERVATORY deb nomlangan sahifa ochiladi.

**Teleskopni ochish va ishga tushirish:** THE VIRTUAL OBSERVATORY ning yuqori chap burchagidagi *File* → *Run Exercise* tugmacha orqali sahifacha ochiladi va unda "Run Exercise" kontekstini ishga tushirish orqali uning o`ng tomonida yettita laboratoriya ishlarining nomlari yozilgan sahifachaga kiriladi. Birinchi navbatda, ushbu laboratoriya ishlari ro`yhatidan, "*Classification of Stellar Spectra*" (yulduzlarni spectral sinflarga ajratish) vazifasini bajaramiz. "*Classification of Stellar Spectra*" konteksti orqali shu nomdagi laboratoriya ishini faol holatga keltiramiz. Bu ishning birinchi sahifasi bo`lib, unda qora chiziqlar bilan kesilgan rango-rang spektrlar tasviri ustma-ust keltirilgan (II.3-rasm).



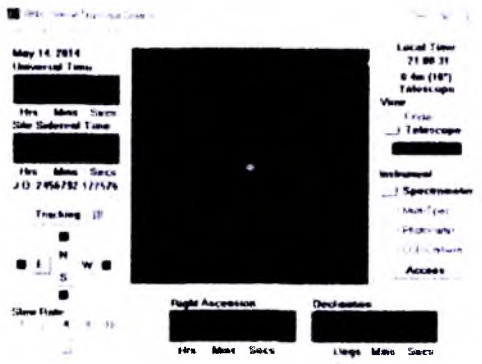
II.3-rasm. «Classification of Stellar Spectra» (yulduzlarni spectral sinflarga ajratish) nomli laboratoriya ishining birinchi sahifasi.

Soniyalar ichida ekranda qora oyna ochiladi va bu sahifa o'rniga yuqorisida "Classification of Stellar Spektra" konteksti bo'lgan qora ekran ochiladi. "No telescope Accessed" kontekstini faollashtirilib, yangi sahifaga kiriladi. Kontekstdan *Telescope*→*Optical* kontekstlari orqali teleskop turlaridan biri tanlanadi (0.4, 1 va 4 m li teleskoplarda) ishlash imkoniyati taklif etiladi. Birorta taklif qabul qilinib, u tanlanadi va ekranda observatoriya sahifasi ochiladi. Qizg'ish ekranning o'ng yuqorisida "Dome", "Open", "Closed", "Telescope Control Panel" va "Off" tugmalari mavjud (II.4-rasm). "Open" tugmasini ishga tushirish orqali, tungi osmon ko'rinadi. "Off" tugmasini ishga tushirish orqali markazida qizil kvadrat chizilgan (bu teleskopning ko'rish maydoni) teleskopda yulduzlar osmonini axtaruvchda ko'rinishi ochiladi. Uning chap tomonida sana va vaqtni ko'rsatuvchi yozuvlar, ular tagida "Traking" (yuritish) tugmasi va undan ham pastroqda N, S, E, W (shimol,



janub, g'arb, sharq) tugmachalari mavjud. Bu tugmachalar teleskopni shimol, janub, sharq, g'arb yo'nalishlarda tezlatib (tezliklar pastda, Slew Rate) aylantirish imkonini beradi. Ular yordamida kerakli yulduz ekran markaziga joylashtiriladi va uni teleskopda ko'rish va spektrini olish mumkin bo'ladi. Buning uchun axtargichdagi osmon ko'rinishining o'ng tomonida joylashgan "View" yozuv tagidagi "Finder" (axtargich)dan "Telescope" belgisini tanlaymiz. Shundan so'ng,

qizil kvadrat kattalashadi va uning markazida ikkita qizil vertikal kesmacha (teleskopga o`rnatilgan spektrografning kirish tirqishi) paydo bo`ladi (II.4-rasm).



II.4-rasm. Teleskopda yulduzlar osmonini. Yulduz tasviri spektrografning kirish tirqishiga(qizil kesmachlar) qo`yilgan.

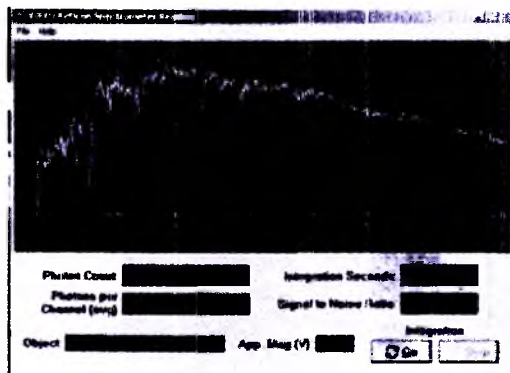
**Yulduz spektrini olish.** Chap tomondagi N, S, E, W tugmalari yordamida, berilgan yulduzni qizil kesmalar orasiga qo`yamiz. Dsturning o`ng tomoni pastida "Access" tugmasini faol holatga keltirib(bosib), spektrometрни ulaymiz. Ekranda "Vireo Reticon Spectrometr Reading" deb nomlangan, ko`k fonda yashil koordinata



II.5-rasm. Spekr sohasini kengaytirish.

o`qlari chizilgan, absissa o`qi bo`ylab to`lqin uzunliklari, ordinata o`qi bo`ylab esa intensivlik qo`yiladigan oyna ishga tushadi. Bu sahifaning yuqori chap burchagidagi *File*→*Preferences* kontekstlari orqali "Spectral Range" (spektral soha) nomli tugma

tanlanadi. Ushbu tugmani tanlash orqali yangi sahifacha ochiladi. Unda suriladigan tugmali ikkita, biri “*Minimum*” ikkinchisi esa “*Maximum*” deb nomlangan tasma bor. “*Minimum*” tugmasini chap chegaragacha, “*Maximum*” tugmasini esa o'ng chegaragacha surish orqali spektr soha 3500 Å dan 7400 Å gacha kengayadi (odatda spektral soha 3700 dan 4700 gacha qo'yilgan bo'ladi). Ekran pastida “*Object*” deb nomlangan yozuv joyi mavjud. Agar kirish tirqishida (bir juft qizil kesmachalar) osmon bo'lsa bu yerda “*Sky*” (osmon) so'zi ko'rinadi, agar qizil kesmalar orasida yulduz bo'lsa, unda bu yerda yulduzning belgisi (jadvaldagi tartib raqami) ko'rinadi. Bu oynachadan o'ngda “*App.mag (V)*” (ko'rinma kattalik) va qora katak ichiga yashil rangda yozilgan raqamlar keltirilgan. Bu raqamlar kirish tirqishidagi yulduzning vizual ko'rinma kattaligidir. Uning o'ng qismida “*Go*” tugmachasi joylashgan bo'lib, uning yordamida spektrometr ishga tushiriladi va yuqoridagi ko'k sahnga ega koordinatalar tizimida yulduz spektri yozuvi hosil bo'la boshlaydi (II.6-rasm). “*Go*” tugmasidan o'ngda “*Stop*” tugmasi yordamida o'lchash to'xtaydi va spektr yozuvi shakllanadi.



II.6-rasm. Koordinatalar tizimida yulduz spektri yozuvining hosil bo'lishi

“*Go*” tugmachasidan yuqorida “*Signal to Noise Ratio*” (signal shoqin nisbati) olingan spektrning aniqligini belgilovchi son 1000 gacha yetishi mumkin, biroq, u 100 bo'lganida ham sifatli spektr olish mumkin.

Yulduz spektri yozuvi olingach, u komp'yuter xotirasiga saqlanishi kerak. Buning uchun yozuv olingan ko'k maydonning chap yuqori burchagidagi (II.6-rasm)

File→Data→Save *Spectrum* kontekstlari orqali o'Ichangan natijalar C:\Program Files\CLEA\VIREO\uzers\ (loginda kiritilgan nom) yozuv belgisi papkaga joylashtiriladi va saqlanadi.

**Yulduzning tutash spektrini tekshirish.** Yuqoridagi spektr yozuvida qora chizqlar (intensivlikni keskin pasayib va tezda yana ko'tarilishi) mavjud. Bu ishda spektral chiziq'larga e'tibor bermaymiz va yozuvning eng baland joylari orqali xayolan egri chiziq o'tkazsak u tutash spektrda intensivlikni o'zgarish egrisi bo'ladi. Bu egri spektrning ma'lum qismida maksimumga erishadi. Ana shu maksimumning to'lqin uzunligi ( $\lambda_{\max}$ ) ni (absissa o'qi) topamiz. Releyning siljish qonuniga ko'ra  $T=0,29/\lambda_{\max}$  °K.

Bu yerda T yulduzning tutash spektrida energiyani taqsimlanishi bo'yicha topilgan temperaturasi,  $\lambda_{\max}$  to'lqin uzunlik *sm* larda.

Yulduzning tutash spektrida energiyani taqsimlanishi absolyut qora jism spektrida energiyani taqsimlanishi bilan solishtirib, yulduz spektrida taqsimot temperaturasi topiladi. Buning uchun (1.1) formula bo'yicha absolyut qora jism uchun bir nechta taqsimot egrilari chiziladi va yulduz taqsimotiga eng yaqini tanlab olinadi va unga mos kelgan temperatura yulduzning taqsimot temperaturasi deb ataladi.



### **Ishni bajarish bo'yicha vazifalar**

1. Yulduzning 3500 Å dan 7400 Å gacha bo'lgan tutash spektrini oling.
2. Yulduzning tutash spektrida intensivlik maksimumi to'lqin uzunligini toping va unga ko'ra yulduzning temperaturasini toping.
3. Yulduzning 3500 Å dan 7400 Å gacha bo'lgan tutash spektridan taqsimot temperaturasini aniqlang.
4. Siljish qonuni bo'yicha (intensivlikning maksimumiga ko'ra) yulduzlarning va tutash spektrda energiyani taqsimlanishiga ko'ra uning taqsimot temperaturalarini solishtirib tekshiring va natijalarni tahlil qilib xulosalar chiqaring.

## Ish natijalari bo'yicha hisobot

| Yulduzlar belgisi | Reley siljish temperaturasi | Taqsimot temperaturasi |
|-------------------|-----------------------------|------------------------|
|                   |                             |                        |
|                   |                             |                        |

Yulduzlarning siljish va taqsimot temperaturalari turli tumanlikligini tavsiflab bering.

## II.2- LABORATORIYA ISHI

### MAVZU: Yulduz spektrida chiziqlar to'liq uzunligini, intensivligi va ekvivalent kengligini o'lchash



**Ishning maqsadi:** yulduzlar spektrida spektral chiziqlar to'liq uzunligi, intensivligi va ekvivalent kengligini o'lchash, qaysi kimyoviy elementga tegishli ekanligini topish. Turli xil yulduzlar spektrida chiziqlarning intensivligi va ekvivalent kengligini harxilligini tahlil qilish.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o'atilgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTual Educational Observatory) dasturiy mahsuloti.



**Adabiyotlar:** Ushbu kitob I-bobining 5-§, I.Sattorov "Astrofizika I- qism" I-bobining 2.2-§, K.U.Allen "Астрофизические величины" kitobining 70-§.



### Ishni bajarilish tartibi

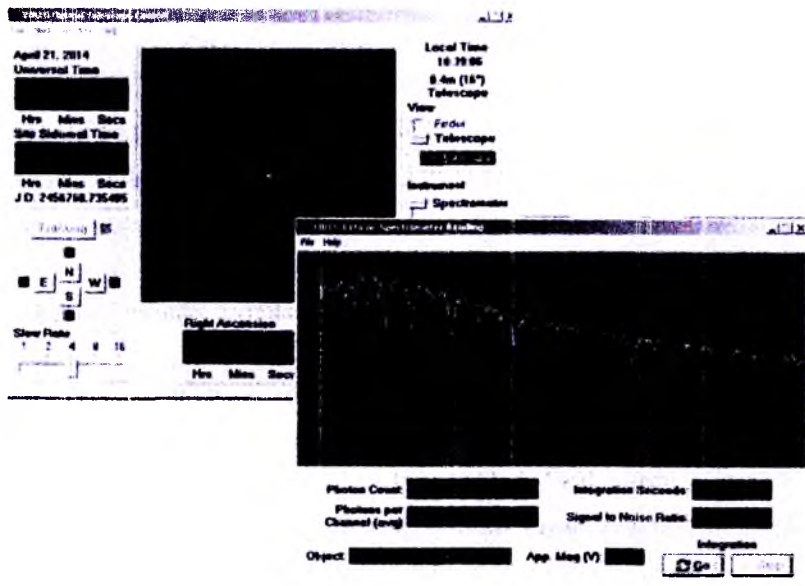
*Virtual o'quv observatoriyani komp'yuterga o'rnatish.* Agar VO'O dasturi komp'yuterga o'ratilmagan bo'lsa, avval dastur komp'yuter xotirasiga o'ratiladi (VO'O yozilgan disc kompyuterning yozuvchi qurilmasiga kiritiladi). Dastur kompyuter xotirasidagi *Program Files*→CLEA nomli papkaga joylashtiriladi. Shundan so'ng CLEA→VIREO tugmalari orqali dastur fayllari to'plangan papka

ichidan CLEA\_VEO tugmasi orqali VO'O ning PRODACTION OF CLEA deb nomlangan birinchi sahifasiga kiriladi. Bu sahifaning yuqori chap qismidan *File* → *Login* → *Student Accounting* nomli sahifaga kirib, to'rttagacha talabalarning ismi yoki qisqa taxallusi kiritilishi mumkin. So'ngra, OK → *Program Files* → *Login Completed?* deb nomlangan sahifachaga kirib, talabalar ismi "Ok" tugmasi yordamida tasdiqlanadi. Shunda THE VIRTUAL OBSERVATORY deb nomlangan sahifa ochiladi.

**Teleskopni ochish va ishga tushirish:** THE VIRTUAL OBSERVATORY ning yuqori chap burchagidagi *File* → *Run Exercise* kontekstlari orqali yettita laboratoriya ishining nomlari ichidan birinchi bo'lib "*Classification of Stellar Spectra*" tanlab olinadi va uni ishga tushuramiz. Ekranida "*Classification of Stellar Spektra*" deb nomlangan sahifa ochiladi. Ishda 2.1- laboratoriya ishidagi singari teleskop tanlanadi va yulduz spektri olinadi.

**Yulduz spektrini olish.** Chap tomondagi N, S, E, W tugmalari yordamida, berilgan yulduzni qizil kesmalar orasiga qo'yamiz. Dstuning o'ng tomoni pastida "Access" tugmasini bosib faol holatga keltiramiz va spektrometрни ulaymiz. Ekranida "*Vireo Reticon Spectrometr Reading*" deb nomlangan, ko'k fonda yashil koordinata o'qlari chizilgan, absissa o'qi bo'ylab to'lqin uzunliklari, ordinata o'qi bo'ylab esa intensivlik qo'yiladigan oyna ishga tushadi (yuqoridagi birinchi ishdagi singari). Bu sahifaning yuqori chap burchagidagi *File* → *Preferences* kontekstlari orqali "*Spectral Range*" (spektral soha) nomli tugma tanlanadi. Ushbu tugmani tanlash orqali yangi sahifacha ochiladi. Unda suriladigan tugmali ikkita, biri "*Minimum*" ikkinchisi esa "*Maximum*" deb nomlangan tasma bor. "*Minimum*" tugmasini chap chegaragacha, "*Maximum*" tugmasini esa o'ng chegaragacha surish orqali spektr sohasini 3500 Å dan 7400 Å gacha kengayadi. Ekran pastida "*Object*" deb nomlangan yozuv joyi mavjud. Agar kirish tirqishida (bir juft qizil kesmachalar) osmon bo'lsa bu yerda "Sky" (osmon) so'zi ko'rinadi, agar qizil kesmalar orasida yulduz bo'lsa, unda bu yerda yulduzning belgisi (jadvaldagi tartib raqami) ko'rinadi. Bu oynachadan o'ngda "*App.mag (V)*" (ko'rinma kattalik) va qora xonacha ichiga yashil rangda yozilgan raqamlar keltirilgan. Bu raqamlar kirish tirqishidagi yulduzning vizual ko'rinma

kattaligidir. Uning o'ng qismida "Go" tugmachasi joylashgan bo'lib, uning yordamida spektrometr ishga tushiriladi va yuqoridagi ko'k sahnga ega koordinatalar tizimida yulduz spektri yozuvi hosil bo'la boshlaydi. "Go" tugmasidan o'ngda "Stop" tugmasi yordamida o'lchash to'xtatiladi va spektr yozuvi shakllanadi (II.7-rasm).



II.7-rasm. Spektrometrdagi yulduz spektri yozuvini olish

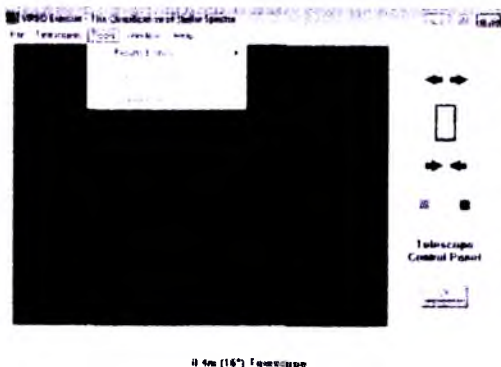
"Go" tugmachasidan yuqorisidagi "Signal to Noise Ratio" (signal shoqin nisbati) yozuv olingan spektrning aniqligini belgilovchi son 1000 gacha yetishi mumkin, biroq, u 100 bo'lganida ham sifatli spektr olish mumkin.

Yulduz spektri yozuvi olingach, u komp'yuter xotirasiga saqlanishi kerak. Buning uchun yozuv olingan ko'k sahifaning chap yuqori burchagidagi *File*→*Data*→*Save Spectrum* kontekstlari orqali o'lchangan natijalar C:\Program Files\CLEA\VIREO\uzers\ (loginda kiritilgan nom)\yozuv belgisi papkaga joylashtiriladi va saqlanadi.

**Yulduz spektrini tekshirish:** Yulduz spektri kompyuter xotirasiga saqlanganidan keyin, yuqorida ko'rinishi keltirilgan sahifaning o'ng ustki tomonidagi "X" tugmasi

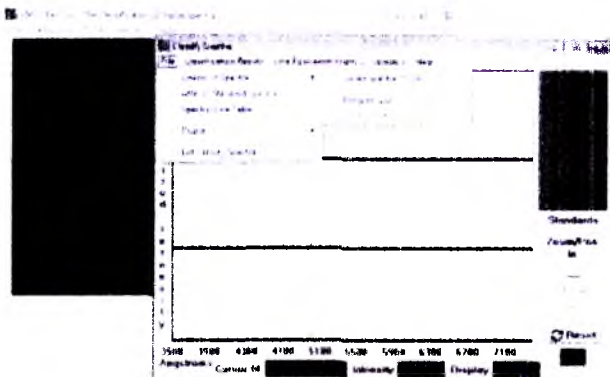


yordamida sahifa yopiladi. Shundan so'ng, asosiy oynadan *Tools*→*Spectral Classification* konteksti orqali “*The Classification of Stellar Spectra*” (yulduzlarni spektriga ko'ra sinflarga ajratish) deb nomlangan sahifa ishga tushiriladi (II.8-rasm).



II.8-rasm. “*The Classification of Stellar Spectra*” (yulduzlarni spektriga ko'ra sinflarga ajratish) deb nomlangan sahifani ishga tushirish yo'llari.

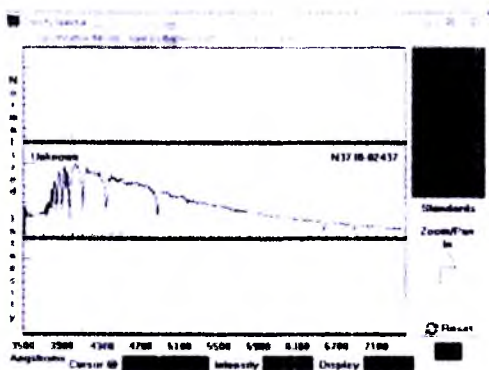
Ekranda uchta bo'limdan iborat koordinata tizimi paydo bo'ladi (absissa o'qi bo'ylab to'lqin uzunliklari, angstromlarda, ordinata o'qi buyilib nisbiy intensivlik qo'yilgan) (II.9-rasm).



II.9-rasm. Saqlangan spektr yozuvlari ro'yxatini ochish yo'llari.

Endi sahifa yuqori chap burchagidagi *File*→*Unknown Spectr* →*Saved Spectra* konteksti orqali “*Open Saved Spectrum File*” nomli yangi sahifa ochiladi va unda

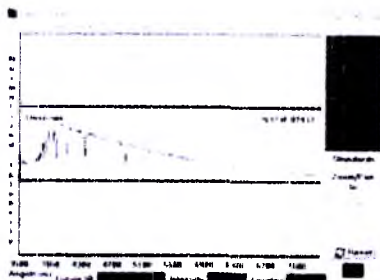
barcha saqlangan spektr yozuvlari ro'yxati keltirilgan (II.9-rasm). Kursor yordamida kerakli fayl tanlanadi va ushbu fayl (saqlangan yulduz spektri egrilik yozuvi) yuqoridagi koordinata tizmning o'rtadagi qismida ko'rinadi (II.10-rasm). Bizning bu ishdagi vazifamiz ana shu spektr yozuvi ustida amallar olib borishdan iborat.



II.10-rasm. Saqlangan yulduz spektri egrilik yozuvini koordinata tizmiga tushirilgan surati.

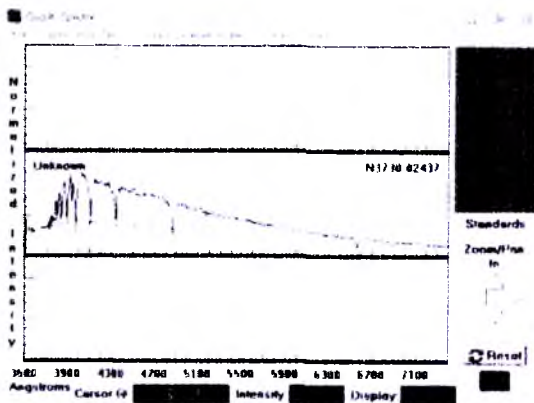
**Spektral chiziq to'liq uzunligi va intensivligini o'lchash:** Spektral chiziqlarni o'lchash uchun, spektrning egrilik yozuvi keltirilgan sahifa ustida ko'rsatilgan "*Line Equivalent Width*" konteksti orqali "*Equivalent Width Calculation*" deb nomlangan sahifachani ochamiz va uni tasdiqlaymiz.

Endi spektr yozuvi ustida amallar bajarish mumkin. Kursor yordamida spektral chiziq pastki uchiga qo'yib uni ko'rsatsak, ekranda gorizontaal kesmacha bilan kesilgan vertikal qizil chiziq hosil bo'ladi va sahifaning pastki qismidagi qora katakchalarda chiziq va uning to'liq uzunligi (angstemplarda), intensivligi (nisbiy birliklarda) va "*center*" (chiziq markazi) yozuvlar chiqadi (II.11-rasm). Bu yozuvlar hisobot uchun daftarga yozib qo'yiladi.



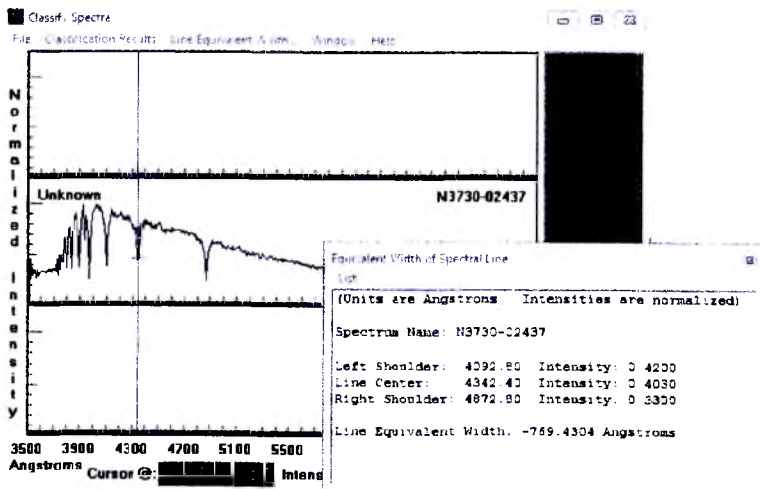
II.11-rasm. Spektrda to'liq uzunluk va intensivlikni aynqlash usuli.

Qizil chiziqni siljitmasdan spektral chiziqning chap va o'ng tomonlaridagi yutilish chiziqlari ustiga kursorni qo'yib, spektral chiziq ko'k kesma trapetsiyaga olinadi (II.12-rasm).



II.12-rasm. Spektral chiziqning ekvivalent kengligini o'lash usuli.

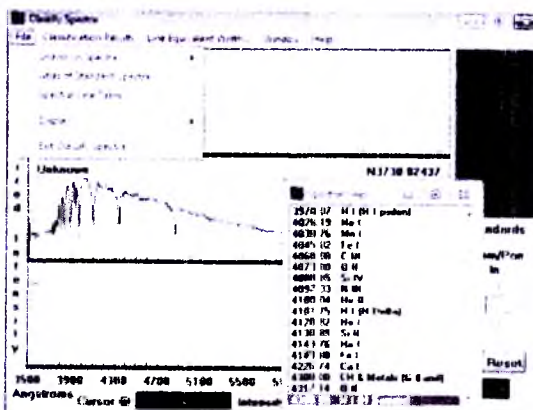
Pastki sahifachadagi "OK" tugmachasi yordamida spektral chiziqning ekvivalent kengligini avtomatik ravishda o'lash va yangi sahifachada natija olish mumkin (II.13-rasm).



II.13-rasm. spektral chiziqning ekvivalent kengligini avtomatik ravishda o'lchash va yangi sahifachada natija olish usuli

Ushbu sahifada chap, markaz va o'ng qanotlarning to'liq uzunliklari va intensivliklari, ular ostida esa spektral chiziqning o'lchangan ekvivalent kengligi keltiriladi. Bu natijalar daftarga yozib olinadi.

Sahifaning yuqori chap burchagidagi *File*→*Spektral Line Table* konteksti orqali undan tekshirilayotgan spektral chiziqning qaysi kimyoviy elementga tegishli ekanligi haqidagi ma'lumot chiqadi (II.14-rasm) va ushbu ma'lumot daftarga yozib olinadi.



II.14-rasm. Spektral chiziqning qaysi kimyoviy elementgategishli ekanligi haqidagi ma'lumotni chiqarish usuli.



### Ishni bajarish bo'yicha vazifalar

1. Berilgan yulduzning spektrini oling.
2. Berilgan yulduz spektridagi eng intensiv spektral chiziqlarning to'lqin uzunligi, intensivligi va ekvivalent kengligini aniqlang.
3. Berilgan yulduz spektridagi eng intensiv spektral chiziqlarning qaysi kimyoviy elementlarga tegishli ekanligini aniqlang.
4. Berilgan yulduz spektridagi kuchsiz chiziqlarning to'lqin uzunligi, intensivligi, ekvivalent kengligini o'lchang va kimyoviy elementini aniqlang.
5. Yulduzlar spektrida vodorodning  $H_\gamma$  chizig'i intencivligini T bo'yicha o'zgarish grafigini chizing. Buning uchun har xil temperaturadagi 10 tacha yulduz spektri olinadi va ularda  $H_\gamma$  ning intensivligi o'lchanadi.

### Ishni bajarish bo'yicha hisobot

| Yulduzlar belgisi | Spektral chiziq to'lqin uzunligi | Spektral chiziq intensivligi | Spektral chiziq ekvivalent kengligi | Kimyoviy elementi |
|-------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
|                   |                                  |                              |                                     |                   |

Turlicha yulduzlar spektrini tekshirishdan olingan natijalar tahlili qilinadi va olingan bilimlar ta'rif etiladi.  $H_\gamma$  chiziq intensivligi ma'lum temperaturadagi yulduzlar spektrida maksimal intensivlikka ega bo'lishi topiladi.

### II.3-LABORATORIYA ISHI

**MAVZU: Yulduzlarni spektral sinflashtirish va "Spektr-yorqinlik diagrammasi"ni chizishni o'rganish**



**Ishning maqsadi:** turli xil yulduzlarni spektriga ko'ra spektral sinflarga ajratish, "Spektr yorqinlik diagrammasi" (GR diagramma)ni chizish va undan foydalanib, noma'lum yulduzning spektral va yorqinlik sinflarini aniqlash.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmdagi shaxsiy komp'yuter va unga o'rnatilgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTual Educational Observatory) dasturiy mahsuloti.



**Adabiyot:** Ushbu kitob 1-bobining 6-§, I.Sattorov "Astrofizika 1 qism" 5-bobining 5.1-§, K.U.Allen "Астрофизические величины" kitobining 95-§, B. Sattarova, Pedagogik ta'lim, № 5. 2010.



### **Ishni bajarilish tartibi**

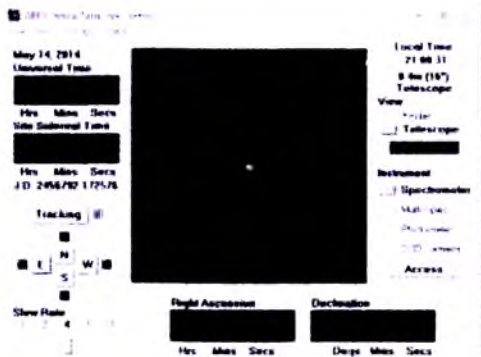
**Virtual o'quv observatoriyaning komp'yuterga o'rnatish.** Agar VO'O dasturi komp'yuterga o'rnatilmagan bo'lsa, avval dastur komp'yuter xotirasiga o'rnatiladi. Dastur kompyuter xotirasidagi *Program Files* → CLEA nomli papkaga joylashtiriladi. Shundan so'ng CLEA → VIREO tugmalari orqali dastur fayllari to'plangan papka ichidan CLEA\_VEO tugmasi orqali VO'O ning PRODACTION OF CLEA deb nomlangan birinchi sahifasiga kiriladi. Bu sahifaning yuqori chap qismidan *File* → *Login* → *Student Accounting* nomli sahifaga kirib, to'rttagacha talabalarning ismi yoki qisqa taxallusi kiritilishi mumkin. So'ngra, *OK* → *Program Files* → *Login Complited?* deb nomlangan sahifachaga kirib, talabalar ismi "Ok" tugmasi yordamida tasdiqlanadi. Shunda *THE VIRTUAL OBSERVATORY* deb nomlangan sahifa ochiladi.

**Teleskopni ochish va ishga tushirish:** *THE VIRTUAL OBSERVATORY* ning yuqori chap burchagidagi *File* → *Run Exercise konteksti* orqali sahifacha ochiladi va unda *Run Exercise* kontekstini ishga tushirish orqali uning o'ng tomonida yettita laboratoriya ishlarining nomlari yozilgan sahifachaga kiriladi. Birinchi navbatda, ushbu laboratoriya ishlari ro'yhatidan, "*Classification of Stellar Spectra*" (yulduzlarni spectral sinflarga ajratish) vazifasini bajaramiz. "*Classification of Stellar Spectra*" konteksti orqali shu nomdagi laboratoriya ishini faol holatga keltiramiz (sichqoncha bosiladi). Bu ishning birinchi sahifasi bo'lib, unda qora chiziqlar bilan kesilgan rango-rang spektrlar tasviri ustma-ust keltirilgan (II.15-rasm).



II.15-rasm. “Classification of Stellar Spectra” (yulduzlarni spectral sinflarga ajratish) ishining birinchi sahifasi.

Soniyalar ichida ekranda qora oyna ochiladi va bu sahifa oʻrniga yuqorisida “Classification of Stellar Spektra” konteksti boʻlgan qora ekran ochiladi. “No telescope Accessed” kontekstini faollashtirilib, yangi sahifaga kiriladi. Kontekstdan Telescope→Optical kontekstlari orqali teleskop turlaridan birida (0.4, 1 va 4 metrli teleskoplarda) ishlash imkoniyati taklif etiladi. Birorta taklif qabul qilinib, ular tanlanadi va ekranda observatoriya sahifasi ochiladi. Qizgʻish ekranning oʻng yuqorisida “Dome”, “Open”, “Closed”, “Telescope Control Panel” va “Off” tugmalari mavjud. “Open” tugmasini ishga tushirish orqali, tungi osmon teleskopda koʻrinadi. “Off” tugmasini ishga tushirish orqali markazda qizil kvadrat chizilgan (bu teleskopning koʻrish maydoni) teleskopda yulduzlar osmonini axtaruvchi koʻrinishi ochiladi (II.16-rasm.). Uning chap tomonida sana va vaqtni koʻrsatuvchi yozuvlar, ular tagida “Traking” (yuritish) tugmasi va undan ham pastroqda N, S, E, W (shimol, janub, gʻarb, sharq) tugmachalari mavjud. Bu tugmachalar teleskopni shimol, janub, sharq, gʻarb yoʻnalishlarda tezlatib (tezliklar pastda, “Slew Rate”) aylantirish imkonini beradi. Ular yordamida kerakli yulduz ekran markaziga joylashtiriladi va uni teleskopda koʻrish va spektrini olish mumkin boʻladi. Buning uchun axtargichdagi osmon koʻrinishining oʻng tomonida joylashgan “View” yozuv tagidagi “Finder” (axtargich)dan “Telescope” belgisini tanlaymiz. Shundan soʻng, qizil kvadrat kattalashadi va uning markazida ikkita qizil vertikal kesmacha paydo boʻladi (II.16-rasm.).



II.16-rasm. Yulduzlar osmonida yulduz tanlash va uni spektrograf tirqishiga joylashtirish yo'li.

**Yulduz spektrini olish.** Chap tomondagi N, S, E, W tugmalari yordamida, berilgan yulduzni qizil kesmalar orasiga qo'yamiz. Dstuming o'ng tomoni pastida "Access" tugmasini bosib uni faol holatga keltiramiz va spektrometрни ishga tushiramiz. Ekranda "Vireo Reticon Spectrometr Reading" deb nomlangan, ko'k fonda yashil koordinata o'qlari chizilgan, absissa o'qi bo'ylab to'lqin uzunliklari, ordinata o'qi bo'ylab esa intensivlik qo'yiladigan oyna ishga tushadi (II.16-rasm).

Bu sahifaning yuqori chap burchagidagi *File*→*Preferences* konteksti orqali "Spectral Range" (spektral soha) nomli tugma tanlanadi. Ushbu tugmani tanlash orqali yangi sahifacha ochiladi. Unda suriladigan tugmali ikkita, biri "Minimum" ikkinchisi esa "Maximum" deb nomlangan tasma bor (II.16-rasm). "Minimum" tugmasini chap chegaragacha, "Maximum" tugmasini esa o'ng chegaragacha surish orqali spektr sohasini 3500 Å dan 7400 Å gacha kengayadi (II.16-rasm). Ekran pastida "Object" deb nomlangan yacheyka mavjud (II.17-rasm). Agar kirish tirqishida (bir juft qizil kesmachalar) osmon bo'lsa bu yerda "Sky" (osmon) so'zi ko'rinadi, agar qizil kesmalar orasida yulduz bo'lsa, unda bu yerda yulduzning belgisi (jadvaldagi tartib raqami) ko'rinadi. Bu oynachadan o'ngda "App.mag (V)" (ko'rinma kattalik) va qora katak ichiga yashil rangda yozilgan raqamlar keltirilgan. Bu raqamlar kirish tirqishidagi yulduzning vizual ko'rinma kattaligidir. Uning o'ng qismida "Go" tugmachasi joylashgan bo'lib, uning yordamida spektrometr ishga tushiriladi va yuqoridagi ko'k sahnaga ega koordinatalar tizimida yulduz spektri yozuvi hosil bo'la



boshlaydi (II.17-rasm). “Go” tugmasidan o`ngda “Stop” tugmasi yordamida o`lchash to`xtaydi va spektr yozuvi shakllanadi.



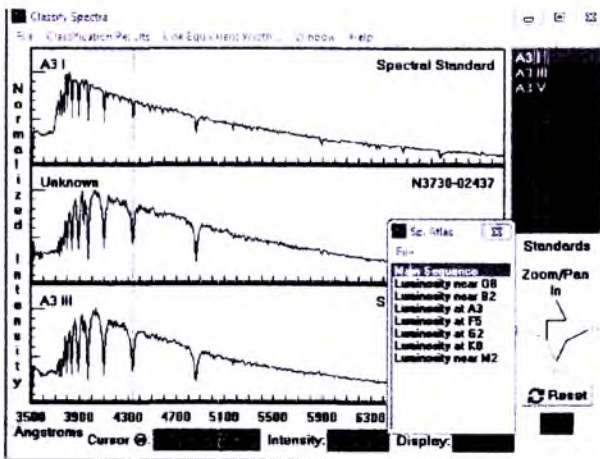
II.17-rasm. Yulduz (N3730-02548) spektrining 3500 dan 7400 gacha qismi yozuvi: o`ngdan chapga tomon asta-sekin o`zgarib mayda tebranib boruvchi tutash spektr sahnida spektral chiziqlarni (intensivlikni keskin o`zgarishi sifatida) ko`rish mumkin. Spektral yozuv signal shovqin nisbati 226.9 aniqlikda olingan.

“Go” tugmachasidan yuqorida “Signal to Noise Ratio” (signal shovqin nisbati) olingan spektrning aniqligini belgilovchi son 1000 gacha yetishi mumkin, biroq, u 100 bo`lganida ham sifatli spektr olish mumkin.

Yulduz spektri yozuvi olingach, u kompyuter xotirasiga saqlanishi kerak. Buning uchun yozuv olingan ko`k maydonning chap yuqori burchagidagi *File*→*Data*→*Save Spectrum* kontekstlari orqali o`lchangan natijalar *C:\Program Files\CLEA\VIREO\uzers\*(loginda kiritilgan nom)*\yozuv* belgisi papkaga joylashtiriladi va saqlanadi.

### ***Noma'lum yulduzning spektral sinfini aniqlash.***

*File*→*Atlas Stellar Spectra* konteksti yordamida biz tanlabgan yoki o`lchagan va kompyuter xotirasiga saqlagan yulduz spektrini uch sohali koordinata sistemasining o`rta sohasiga va undan yuqori va pastki sohalarida ikki xil yulduz spektri ekranga chiqariladi (II.18-rasm). Shu oynada *File*→*Atlas Stellar Spectra* kontekstlari yordamida “*Sp.atlas*” oynasi ekranga chiqariladi va undan “*Main Sequence*” qatori belgilanadi (II.18-rasm).



II.18-rasm. O'Ichangan(nomalum) yulduz spektrini(u o'rtadagi sohada) katalogda mavjud bo'lgan spektrlar bilan taqqoslash: solishtirma spektrlarni yuqori yoki pastga siljitish orqali o'Ichangan spektrga o'xshash spektr topiladi va u noma]lum yulduz spektral sinfi bo'ladi.

Undan bosh ketma-ketlik yulduzlari spektrlari yuqori va pastki sohalarga chaqiriladi. Shu asnoda "Sp.atlas" oynasida katalogda mavjud bo'lgan boshqa-boshqa standart spektrlarni ekranga chaqirish mumkin. Bu ishni noma'lum yulduz spektriga o'xshash spektrni topmaguncha davom etdiriladi.

**"Spektr yorqinlik diagrammasi"ni tuzish va tekshirish.** Spektr yorqinlik diagrammasi (Gershprung-Rassel diagrammasi)ning absissa o'qi bo'ylab yulduzning spektral sinfi, ordinata o'qi bo'ylab esa shu yulduzning absalyut kattaligi qo'yiladi. 3-ildovada keltirilgan yulduzlar uchun spektr yorqinlik diagrammasi tuzamiz. Diagrammada yulduzlarning joylashishi tekshiriladi.

**Yulduzlarning uzoqligini (spektral parallaksini) aniqlash:** Diagramma spektral sinfi malum yulduzlarning uzoqligini aniqlashda qo'llaniladi. Bunday yo'l bilan aniqlangan uzoqlik spektral parallaks deb ataladi. 3-ildovadagi yulduzlar uchun tuzilgan diagrammadan foydalanib, A.A.Михайлов ning "Атлас звёздного неба" kitobida keltirilgan yulduzlarning spektral parallaksini topish mumkin (4-ildova).



### Ishni bajarish bo'yicha vazifalar

1. 3-ilovada berilgan yulduzlar uchun "Spektr yorqinlik diagrammasi" tuzing va unda yulduzlarni joylashishini tekshiring.
2. Birinchi vazifada tuzilgan "Spektr yorqinlik diagrammasi" dan foydalanib, berilgan yulduzlarning spektral parallaksini (uzoqligini) toping.
3. Berilgan yulduzlarning topilgan uzoqligidan (spektral parallaksidan) foydalanib, ularning yorqinlik sinfini aniqlang.

### Bajarilgan ish yuzasidan hisobot

| Yulduz belgisi | Yulduz koordinatalari | Ko'rinma kattaligi | Absolyut kattaligi | Uzoqligi (spektral parallaksi) |
|----------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
|                |                       |                    |                    |                                |
|                |                       |                    |                    |                                |

Ish yuzasidan hisobotda "Spektr yorqinlik diagrammasi" ning mohiyati, uni tuzish usuli va yorqinlik sinflarining tavsifi keltiriladi.

## II.4-LABORATORIYA ISHI

### "O'sish egri"ni chizish va undan foydalanib yulduzning kimyoviy tarkibini aniqlash



**Ishning maqsadi:** spektral chiziqlar ekvivalent kengligi bilan chiziqni hosil qilishda ishtirok etayotgan atomlari soni orasidagi bog'lanishni ("O'sish egri")ni topish va yulduzlarning kimyoviy tarkibini aniqlash usulini o'rganish.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o'rnatilgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTUAL Educational Observatory) dasturiy mahsuloti



**Adabiyot:** Ushbu kitobning 1-bobining 7-§, I.Sattarov "Astrofizika 1- qism" 1-bobning 7.2.4. §, Minnart. "Практическая астрономия" qo'llanmasi, I.Sattarov, 1969, 129.



## Ishni bajarilish tartibi

Tutash spektr sahnida intensivlikni keskin kamayib va keyin keskin ko'tarilishi (I.1-rasm) sifatida ko'rinadigan qora chiziqlar yulduzning ichki qatlamlaridan chiqayotgan tutash spektrga ega nurlanishni, uning atmosferasidagi atomlar tomonidan yutilishi natijasida hosil bo'ladi. Spektral chiziqlarda yutilgan energiya miqdori chiziq bilan tutash spektr sathi hosil qilgan shakl yuzasiga teng. Odatda spektral chiziq ichida intensivlik shu joydagi tutash spektr intensivliklarida ifodalanadi (nisbiy intensivlik tutash spektr sahnida birga teng) va nisbiy intensivlik  $r_\lambda = I_\lambda T_\lambda^0$ . Bu yerda  $\lambda$  to'lqin uzunligida chiziq ichida  $I_\lambda$  va tutash spektrda  $T_\lambda^0$  intensivlik. Shunda  $(I - r_\lambda)$  chiziqning chuqurligini ifodalaydi va

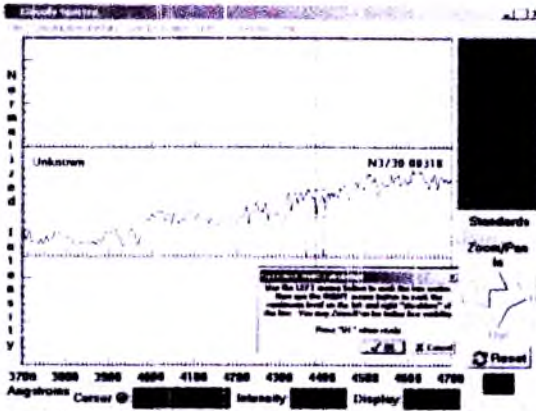
$$W = \int (I - r_\lambda) d\lambda$$

esa ekvivalent kengligini bildiradi. Integrallash chiziq ichidagi barcha to'lqin uzunliklar bo'yicha olib boriladi. Chiziq markazida nisbiy intensivlik

$$r_0 = I / (I + k_0 N)$$

Bu yerda  $k_0$  chiziq markazida yutilish koeffitsiyenti va N yutuvchi atomlar soni.

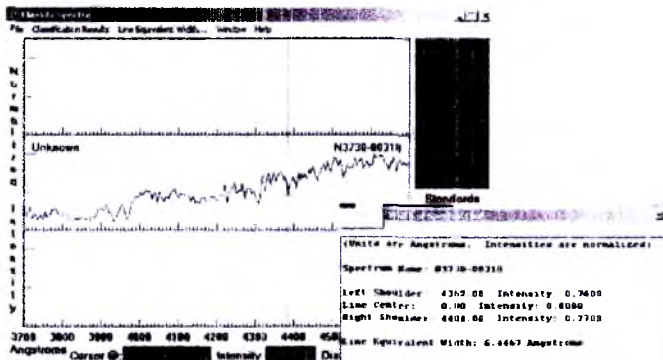
Spektral chiziqning ekvivalent kengligini o'lchash uchun VO'O ning *Tools* → *Spektral Classification* (spektral sinflashtirish) kontekstlari yordamida ochilgan "*Classify spektra*" oynasida amallar bajariladi.



II.19-rasm. Spektral chiziqlarni o'lchash uchun yulduz spektri youvi (grafigi)ni olish va uni saqlash kerak: saqlangan spektrni uch sohali sahifaga chaqiramiz va unda o'lchashlar bajaramiz. Chiziqning chap va o'ng qanotlari chetini sichqonchanning o'ng tugmasi yordamida belgilaymiz.

Spektral chiziqlarni o'lchash uchun spektarning yozuvi (grafigi) keltirilgan sahifada "Line Equivalent Width" kontekstini ishga tushirib, "Equivalent Width Calculation" sahifachani ochamiz va uni "Ok" tugmasi yordamida tasdiqlaymiz (II.19-rasm). Shundan so'ng spektr yozuvi ustida amallar bajarish mumkin bo'ladi.

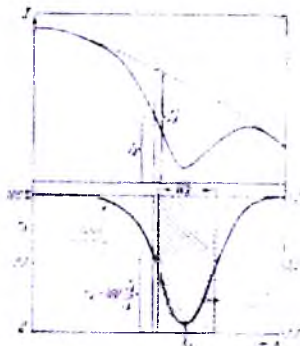
Ekranida gorizontaal kesmacha bilan kesilgan vertikal qizil chiziq hosil bo'ladi va sahifaning pastki qismidagi qora katakchalarda chiziq va uning to'lqin uzunligi (angstremalarda), intensivligi (nisbiy birliklarda) va center (chiziq markazi) yozuvlar chiqadi. Bu yozuvlar hisobot uchun daftarga yozib qo'yiladi. Kursorni spektral chiziqning pastki uchiga qo'yib chiziqning to'lqin uzunligi va qoldiq intensivligini aniqlaymiz. Qizil chiziqni siljitmasdan spektral chiziqning chap va o'ng tomonlaridagi, chiziq qanoti tutash spektrga yetgan joyga kursorni qo'yib belgilaymiz va spektral chiziqning ko'k rangdagi kesma trapetsiya hosil bo'ladi (II.19-rasm).



II.20-rasm. Spektral chiziqning ekvivalent kengligini avtomatik ravishda o'lchash va natijani chiqarish usuli.

Pastki sahifachadagi "OK" tugmachasini tasdiqlash orqali, ekranida spektral chiziqning ekvivalent kengligi avtomatik ravishda o'lchanadi va natija yangi sahifachada (pastda) ko'rinadi. Rasmdagi chiziqning ekvivalent kengligi 6,4467 angstrom ekanligi ma'lum bo'ldi (II.20-rasm). O'sish egrisini chizish uchun 5-ilovada

keltirilgan spektral chiziqlarning ekvivalent kengligi va ossilyatorlar kuchi qo'llaniladi.



II.21-rasm. Spekrda intensivlikni o'zgarish: yuqorida 1-rasmdagi singari absalyut birliklarda, pastdan nisbiy birliklarda. Chiziq markazini ajratib turuvchi qiya chiziqlar bilan kesilgan soha kengligi chiziqning ekvivalent kengligi deb ataladi va chiziqda yutib qolingan energiyani ifodalaydi.

Spektral chiziqning ekvivalent kengligi, yoki shu chiziqda yutib qolingan energiya miqdori, chiziqning hosil qilishda ishtirok etayotgan atomlar soniga ( $N$ ) va shu atomlarning o'tish ehtimoliga (ossilyatorlar kuchiga, to'g'rirog'i atom o'tishi boshlangan sathning statistik vazniga va ossilyatorlar kuchi  $f$  ko'paytmasiga,  $gf$ ) proporsionaldir (II.21-rasm). Yuqorida ko'rganimizdek, atomlarni energetik sathlar bo'ylab taqsimlanishini Boltzman taqsimoti ifodalaydi (1.4). Endi agar faqat bitta sathdan boshqa sathlarga o'tishlar natijasida hosil bo'ladigan spektral chiziqlar ko'rilsa, bunday chiziqlar to'plami multiplet deb ataladi, u holda, ular uchun boshlang'ich bitta va atomlar soni bir xil, demak ularning ekvivalent kengligi faqat  $gf$  ga bog'liq.  $gf$  nazariy ravishda hisoblab topiladi (K.Allen, *Астрофизические величины*, Mir, 1977, 106) va uning qiymatlari jadvallar sifatida e'lon qilingan (6-ilova).

O'sish egrisini chizish uchun Quyosh spektridagi titan atomi multipletlarni qo'llaymiz. Ular 6-ilovada keltirilgan. O'sish egrisining ordinatalar o'qi bo'ylab ekvivalent kenglikning o'nli logarifmi, ya'ni  $lg(W)$  va absissa o'qi bo'ylab ossilyatorlar kuchining logarifmi, ya'ni  $lg(gf)$  qo'yiladi. Titan atomining 3, 4, 5-multipletlarining boshlang'ich sathi bitta va uning uyg'onish potentsiali 0,03 eV (elektron volt). Ana shu multipletlar uchun (Quyosh spektrida bu multipletlarga

kiradigan 13 spektral chiziq ko`rinadi, ularda ekvivalent kenglik 2,5 mA dan 80 mA gacha oraliqni egallaydi). Dastavval shu multipletlar uchun o`shish egrisini chizamiz. Keyin boshlang`ich sathi 0,82 eV bo`lgan 14 ta chiziq uchun o`shish egrisini chizamiz. Bu o`shish egrilari absissa o`qi bo`yicha bir biridan biroz (parallel) siljigan bo`ladi. Chunki bu sathlarda atomlar soni  $N(0,03)$  va  $N(0,82)$  har xil bo`ladi. O`shish egrilari absissa o`qiga parallel, ular ustma ust tushguncha surish mumkin. Shunday yo`l bilan barcha egrilarni bitta egri hosil qilguncha surib, yagona o`shish egri olamiz. Quyosh uchun olingan o`shish egri I.7-rasmning o`ng tomonida keltirilgan. O`shish egrisidan foydalanib yulduz atmosferasining kimyoviy tarkibi aniqlanadi.

**Yulduz atmosferasining kimyoviy tarkibini aniqlash.** Agar yulduz uchun o`shish egri topilgan bo`lsa, undan foydalanib yulduz atmosferasida kimyoviy elementning nisbiy miqdori aniqlanadi. Bunda vodorod miqdori  $10^{12}$  deb qabul qilinadi va chiziq markazida yutish koeffitsienti  $\eta_0$  uchun

$$\lg \eta_0 - \lg(gf\lambda) = \lg A_{ei} - (5040/T)E_i + const.$$

Bu yerda  $A_{ei}$  kimyoviy elementning nisbiy miqdori,  $E_i$  boshlang`ich sathning uyg`onish potentsiali. Spektral chiziqning ekvivalent kengligi bo`yicha "O`shish egri" dan yuqoridagi tenglamaning chap tomoni qiymati topiladi va  $(\lg \eta_0 - \lg(gf\lambda))$  hamda  $E_i$  bog`lanishi chiziladi. Ya`ni koordinata tizimining ordinata o`qi bo`ylab  $(\lg \eta_0 - \lg(gf\lambda))$  absissa o`qi bo`ylab esa  $E_i$  qo`yiladi. Odatda bu bog`lanish to`g`ri chiziq ko`rinishga ega va uni ordinata o`qi bilan kesishish nuqtasiga mos keladigan  $(\lg \eta_0 - \lg(gf\lambda)) = \lg A_{ei}$  nuqta qiymati spektral chizig`i o`lchangan kimyoviy elementning nisbiy miqdori bo`ladi (Sattarov, 1969).



### Ishni bajarish bo`yicha vazifalar

1. Spektral chiziqning ekvivalent kengligini o`lchang.
2. Spektral chiziq markazida yutish koeffitsiyenti qiymatlarini jadvaldan toping (6-ilova)
3. Ekvivalent kenglik va yutish koeffitsiyenti logariflarini ordinata va absissa o`qlari bo`yicha qo`yib "O`shish egri"ni chizing.

4. Chizilgan "O'sish egrisi"dan foydalanib, birorta kimyoviy element multipleti chizqlari (xar xil o'tish potentsialiga ( $\epsilon$ ) ega chiziq) uchun " $k_{\alpha N-\epsilon}$ " bog'lanishini chizing va undan foydalanib yulduz atmosferasida kimyoviy elementning nisbiy miqdarini toping.

**Bajarilgan ish yuzasidan hisobot uchun**

| Spektral chiziq | Chiziq markazida yutish koefitsienti | Chiziqning ekvivalent kenghigi | Kimyoviy element nisbiy miqdori |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|                 |                                      |                                |                                 |

Hisobotda shuningdek olingan natijalarning tahlili xam keltirilishi zarur.



### III. BOB. YULDUZLAR YORUG'LIGINI O'LCHASH BO'YICHA LABORATORIYA ISHLARI

#### III.1 - LABORATORIYA ISHI

**MAVZU: Tarqoq to'dalar yulduzlari yorug'ligini  
uch xil (UBV) rangda o'lchash**



**Ishning maqsadi:** yulduzlar yorug'ligini uch xil (UBV) rangda o'lchash va yulduzning rang ko'rsatgichini topish va unga ko'ra yulduzning temperaturasini baholash.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o'rnatilgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTUAL Educational Observatory) dasturiy mahsuloti.



**Adabiyot:** Ushbu kitob 1-bobining 9-§, I.Sattorov "Astrofizika 1-qism" 1- bobning 5.5-§, I.Sattorov va boshqalar.Pedagogik ta'lim №6 - B. 24-26. 2002.

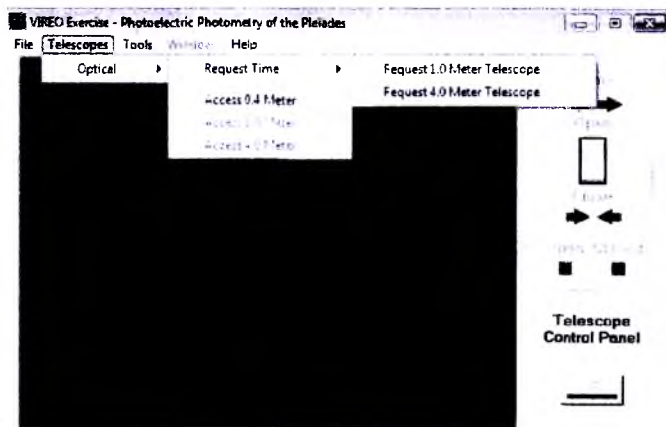


#### **Ishni bajarilish tartibi**

*Virtual o'quv observatoriyaning komp'yuterga o'rnatish.* Agar VO'O dasturi komp'yuterga o'rnatilmagan bo'lsa, avval dastur komp'yuter xotirasiga o'rnatiladi (VO'O yozilgan disc kompyuterning yozuvchi qurilmasiga kiritiladi). Dastur kompyuter xotirasidagi *Program Files* → CLEA nomli papkaga joylashtiriladi. Shundan so'ng CLEA → VIREO tugmalari orqali dastur fayllari to'plangan papka ichidan CLEA\_VEO tugmasi orqali VO'O ning PRODUCTION OF CLEA deb nomlangan birinchi sahifasiga kiriladi. Bu sahifaning yuqori chap qismidan *File* → *Login* → *Student Accounting* nomli sahifaga kirib, to'rttagacha talabalarning ismi yoki qisqa taxallusi kiritilishi mumkin. So'ngra, *OK* → *Program Files* → *Login Completed?* deb nomlangan sahifacha kirib, talabalar ismi "OK" tugmasi yordamida

tasdiqlanadi. Shunda *THE VIRTUAL OBSERVATORY* deb nomlangan sahifa ochiladi.

**Teleskopni ochish va ishga tushirish:** “*THE VIRTUAL OBSERVATORY*” oynasida *File*→*Run Exercise*→*Run Exercise* kontekstlari orqali yettita laboratoriya ishlarining nomlari ochiladi. Shu sahifachadan birinchi ishni “*Photoelectric Photometry of The Pleiads*” deb nomlangan laboratoriya ishini tanlaymiz. Ekranda “*PHOTOELECTRIC PHOTOMETRY OF THE PLEIADES*” deb nomlangan sahifa ochiladi va bir necha daqiqadan soʻng unig oʻrta shunday nomlangan sahifa ochiladi. Keyingi qadam teleskop tanlash. Buning uchun *Telescope* →*Optical* →*Request Time* (Vaqt buyurish)→*Access 0,4 m* kontekstlariga kiramiz (III.1-rasm). Xira yulduzlarni oʻlchash uchun obektivi diametri 1,0 m va 4,0 m boʻlgan teleskoplarda ishlash uchun vaqt soʻraladi.

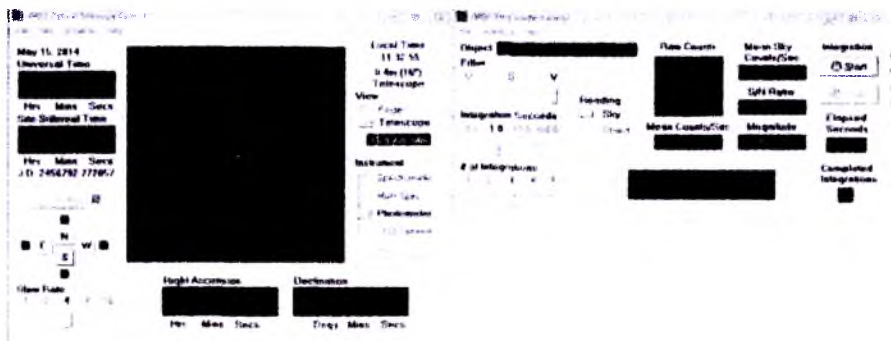


III.1-rasm. Oʻlchashlar bajarish uchun teleskop tanlash: uch xil (0,4, 1,0 va 4,0 metrli) teleskop tavsiya etiladi. Yorugʻ yulduzlar uchun 0,4 metrli, xira yulduzlar uchun esa 1,0 yoki 4,0 metrli teleskoplar qoʻllanadi.

Agar yulduz yorugʻ boʻlsa “*Access 0,4 m*” teleskopi xam yetarli boʻladi. Shundan soʻng ekranda qizgʻish sahifa ochiladi va uning oʻng tomonida “*Dome*”, “*Open*”, “*Close*” tugmalari, “*Open* ↔ *Close*” orasidagi tugmani ustki qismini koʻrsatish orqali teleskopning eshiklari ochilib, uni ishga tushiriladi va ekranda yulduzlar osmoni koʻrinadi. Bu sahifaning oʻng pastki qismida “*Telescope Control*

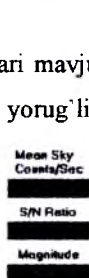
Panel”, “Off” tugmasini tasdiqlash orqali yangi sahifa ishga tushiriladi. Uning chap tomonida raqamli soatlar (dunyo va yulduz vaqti), ular tagida esa “Traking” (teleskopni aylantirish) va *N*, *E*, *S*, *W* (shimol, janub, g’arb, sharq) tugmalari joylashgan. “Traking” tugmasi bosish orqali teleskopni soat mexanizmiga qo‘yamiz, aks holda yulduzlar osmoni sutkaviy aylanishda bo‘ladi va chapdan o‘ngga tomon siljiy boradi.

Qora kvadrat axtaruvchida (*Finder*) ko‘rinayotgan yulduzlar osmonidir, uning markazida qizil kvadrat-asosiy teleskopning ko‘rish maydonini belgilaydi. Dasturning o‘ng tomonida “View” (ko‘rinish) deb nomlangan tugmalardan “Telescope” belgisi tanlanadi (III.2. a-rasm). Qora ekran o‘rnida markazida qizil aylanachasi bo‘lgan yangi qora ekran (yulduzlar osmoni) ochiladi. Ushbu aylanacha fotometrning kirish teshigidir. Sahifaning o‘ng pastki qismida “Access” tugmachasi yordamida fotometr sahifasi ochiladi (III.2. b-rasm).



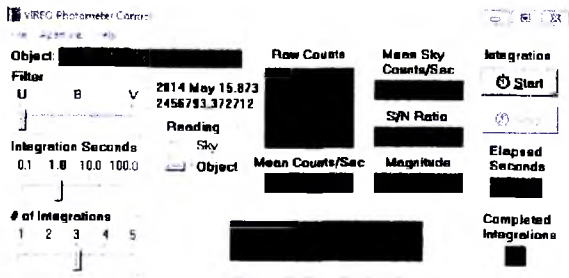
III.2-rasm. a- chapda, teleskop orqali osmonning ko‘rinishi, b-o‘ngda, fotometrni ishga tayyorlash va uning ko‘rsatgichlari: Object- o‘lchash manbai, Filtr- uch xil, vizual (V), ko‘k (B) va ultrabinafsh (U) ranglarda o‘lchashlar bajarish uchun. Reading-Sky(Osmon), Object (o‘lchash manbai) o‘lchashlar O‘ng yuqorida: Start- fotometrni ishga tushirish .

Ushbu sahifaning chap tomonida “Object” va “Sky” belgilari mavjud (III.2-rasm). Ishda avval osmon (Sky), so‘ngra yulduzlar (Object) yorug‘ligi o‘lchanadi. Yulduzlar yorug‘ligi osmon sahniga nisbatan o‘lchanadi, shuning uchun qizil aylanachani (fotometrni) yulduz yonidagi qora osmonga joylashtiriladi va osmon yorug‘ligi uch xil U, B, V ranglarda



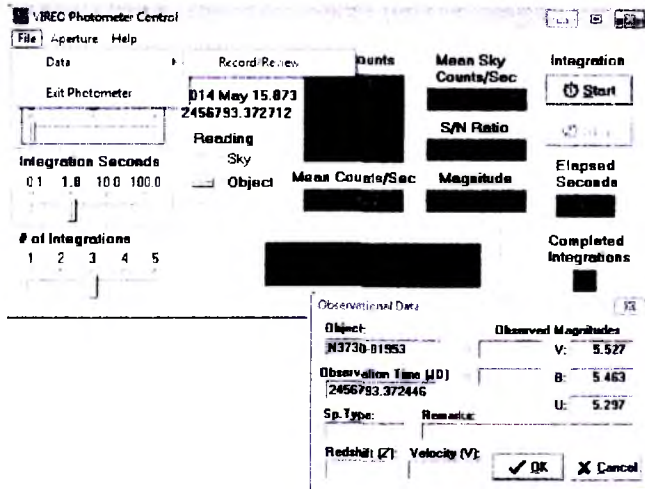
o'lanadi. Buning uchun ketma-ket "Filter" deb nomlangan tugmacha ichidagi shunday harflarni tanlaysiz va har safar yangi sahifaning o'ng burchagidagi

"Start" tugmachasi yordamida uch martadan yulduzlar yorug'ligi o'lchanadi. O'lchash natijalari "Mean Sky" (o'rtacha osmon), "S/N Ratio" (signal/shovqin nisbati) va "Magnitude" (yulduz kattaligi yoki yulduz yorug'ligi) yacheykalarida namoyish bo'ladi. Oynaning "Intigration Seconds" (yig'ish vaqti sekunlarda) deb uning tagida 0.1, 1, 10, 100 va "# Intigration" (yig'ishlar soni) 1, 2, 3, 4, 5 deb yozib qo'yilgan va tik yashil kesmachalar qo'yilgan (ularni surish mumkin). Agar yulduzni 10 sekunndan 3 marta o'lchash kerak bo'lsa "yig'ish vaqtini" 10 sekuntga va "yig'ish sonini" 3 marttaga qo'yamiz. Fotometr avtomatik ravishda berilgan vazifalarni bajaradi va o'rtacha sonoqlar "Mean Counts" yacheykada va unga mos keladigan yulduziy kattalik undan o'ng tomondagi "Magnitude" yacheykasida yoziladi. Dastavval osmon (Object-Sky) o'lchanadi keyin qora osmon sahnidagi qizil aylanacha fotometr ichiga N,S,E,W tugmalar yordamida yulduzni joylashtiramiz va start tugmasini ishga tushurib, yulduz uch marta 10 sekuntdan o'lchanadi va natija "Mean Counts" yacheykasida ko'rinadi va "Magnitude" yacheykasida filtr belgisi va uning ketida shu filtrda yulduzning yorug'ligi chiqadi (III.3-rasm).



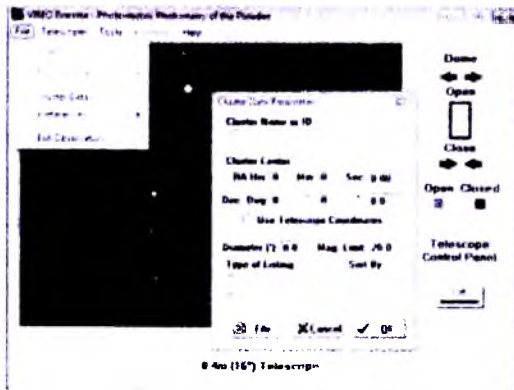
III.3-rasm. Fotoelektrik fotometriyalash natijalarini olish uchun Start bosiladi. O'lchash natijalari: Mean Sky(o'rtacha osmon), S/N Ratio(signal-shovqin nisbati) va Magnitude (yulduziy kattalik)

Bu natijalar *File*→*Data*→*Record/Review* konteksti orqali “*Observational Data*” oynasi ochiladi va ma’lumotlar yozib, saqlanadi (III.4-rasm). Shu tariqa o’lchashlar boshqa filtrlarda ham takrorlanadi. Bu natijalar ham jadvalga kiritiladi. Keyinchalik uchta filtrda olingan natijalar ishning boshida (*Login*) ochilgan faylga jadval tariqasida yozib qo’yiladi. Endi boshqa yulduz yorug’ligini o’lchashga o’tish mumkin.



III.4-rasm. O’lchash natijalarini kompyuter xotirasiga saqlash(pastda): Object- yulduz nomeri, Observed Magnitude- o’lchangan (ko’rma) yulduziy kattalik. Ok- xotiraga saqlansin.

VO’O da 14 ta tarqoq to’dalar yulduzlarini o’lchash rejalashtirilgan. Dastavval *Hulkar (Pleiades)* to’dasi yulduzlari o’lchanadi va endi boshqa tarqoq to’dalardan birortasini o’lchashga o’tish uchun ishning boshiga qaytamiz. Dasturda *File* →*Cluster Data* konteksti orqali “*Cluster Data Params*” sahifasi ochiladi (III.5-rasm).



III.5-rasm. Yangi to`da tanlash uchun osmon koordinatalarini qo`yish: Cluster Data (To`da ko`rsatgichlari) jadvaldan (Ilovada) yoki kompyuter xotirasidan (pastdagi File orqali) olinishi va RA Hrs (to`g`ri chiqish, vaqt) hamda Dec. Deg (ogish burchagi, graduclarda) ga kiritiladi.

Ushbu oynaning chap qismida *File* → *View/Select Cluster from List*



View/Select Cluster from List

Add Cluster to List

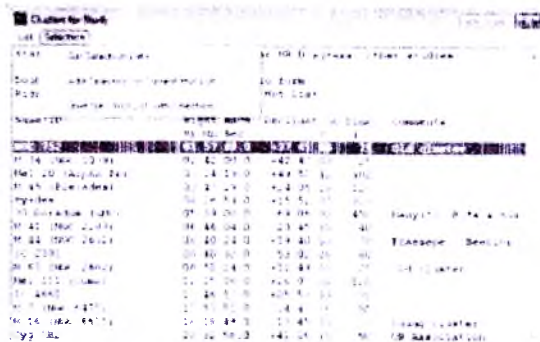
tugmasi orqali “Cluster for Study” sahifasi ochiladi.

Bu sahifadan kerakli tarqoq to`da tanlanadi va kursor yordamida belgilanadi (III.6-rasm).

| Name ID                | Right Ascension<br>Hrs. Min. Sec. | Declination<br>Deg. Min. Sec. | Diameter<br>Arc Min. | Mag. Limit | Comments               |
|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------|------------|------------------------|
| NGC 152                | 02 53 48.0                        | +37 41 04.0                   | 15                   | 10.0       | old cluster            |
| IC 4 (NGC 1039)        | 02 45 00.0                        | +42 41 50.0                   | 25                   | 10.0       |                        |
| NGC 101 (Aquila Field) | 03 24 19.0                        | +44 50 42.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| NGC 101 (Aquila Field) | 03 40 19.0                        | +44 36 58.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| NGC 101 (Aquila Field) | 04 24 54.0                        | +45 50 09.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| IC 20 (Aquila Field)   | 05 14 30.0                        | +49 09 30.0                   | 45                   | 10.0       | NGC 101 (Aquila Field) |
| IC 42 (NGC 1287)       | 04 44 34.0                        | +20 40 30.0                   | 40                   | 10.0       |                        |
| NGC 1287 (NGC 1287)    | 08 40 24.0                        | +19 40 30.0                   | 70                   | 10.0       | Fireworks - Scenic     |
| IC 2190                | 08 40 42.0                        | +53 00 36.0                   | 60                   | 10.0       |                        |
| IC 101 (NGC 1692)      | 00 51 24.0                        | +11 49 30.0                   | 25                   | 10.0       | Old cluster            |
| NGC 100 (NGC 100)      | 02 45 00.0                        | +42 41 50.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| IC 4000                | 02 45 00.0                        | +42 41 50.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| IC 1000 (NGC 100)      | 02 45 00.0                        | +42 41 50.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| IC 1000 (NGC 100)      | 02 45 00.0                        | +42 41 50.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| IC 1000 (NGC 100)      | 02 45 00.0                        | +42 41 50.0                   | 100                  | 10.0       |                        |
| IC 1000 (NGC 100)      | 02 45 00.0                        | +42 41 50.0                   | 100                  | 10.0       |                        |

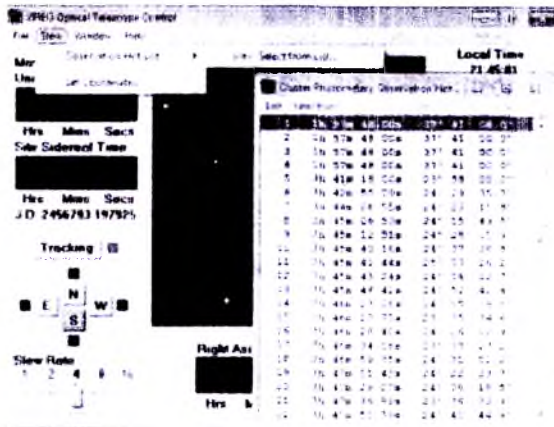
III.6-rasm. Tarqoq to`da nomini va koordinatalari tanlash.

Sahifaning chap yuqori burchagida *Selection* → *Add Selection to Current Hot List* konteksti orqali tanlangan tarqoq to`da yulduzlar ro`yxati o`lchanadigan yulduzlar qatoriga kiritiladi (III.7-rasm).



III.7-rasm. Tanlangan tarqoq to'ldani o'lchanadigan yulduzlar qatoriga kiritish.

Shundan keyin o'lchashlarni boshlaymiz. Endi *“Optical Telescope Control”* sahifasini ochamiz. Uning chap yuqori burchagida *“File”* dan keyin joylashgan *Slew→Observational Hot List Set coordinates* konteksti orqali yulduzlarning koordinatalaridan og'ish burchagi va to'g'ri chiqishi berilgan jadvalni ochamiz.

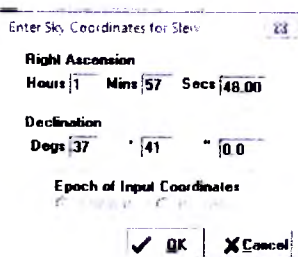


III.8-rasm. Yulduzlar koordinatalarini Hot List (o'lchanuvchilar ro'yxatiga) ga chiqarish (belgilanadi va tez-tez ikki marta bosiladi).

Bu jadvaldagi birinchi yulduzdan boshlab, yulduzlarni o'lchash aylanasiga chaqira boshlaymiz va har safar o'lchash ishlarini bajaramiz.

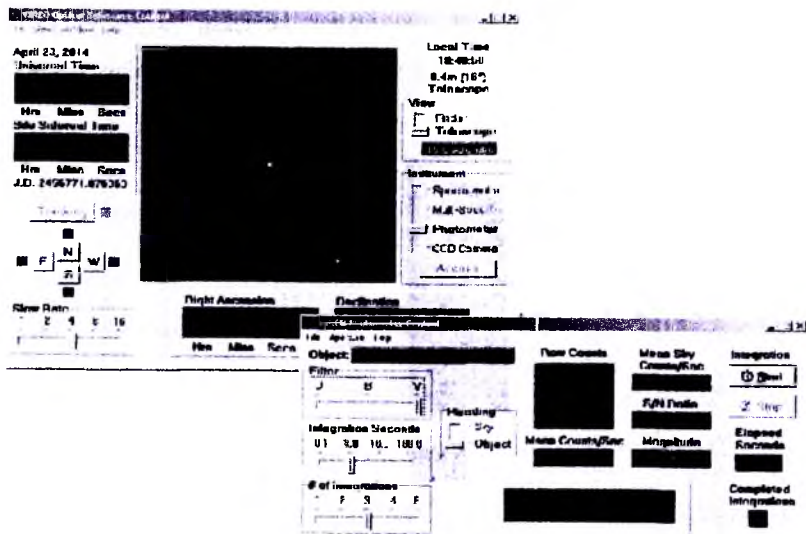
*Yulduzning U, B va V yorug'ligini o'lchash.* *“Hot List”* oynasida birinchi yulduz koordinatalari ustida kursor yordamida tasdiqlash orqali *“Enter Sky Coordinates for Slew?”* oynasi ochiladi (III.9-rasm).





III.9-rasm. Yulduz koordinatalarini kompyuter xotirasiga kiritish (Ok).

Unda tanlangan yulduzning koordinatalari keltirilgan, bu yerda koordinatalar tasdiqlanishi soʻralmoqda. U “OK” tugmasi yordamida tasdiqlanadi va teleskop oʻqlar atrofida tanlangan yulduzgacha aylantiriladi. Tanlangan yulduz qizil aylana ichiga tushgach teleskop toʻxtaydi (III.10-rasm).



III.10-rasm. Yulduzlarni koordinatalari boʻyicha fotometrga joylashtirish va oʻchash.

Dastlab yulduz yaqinida osmon sahni (yulduz qizil aylanachadan chiqariladi) yorugʻligi uchta filtrda UVB oʻlchab olinadi. Keyin yulduzni qizil aylanacha ichiga kiritiladi va shu uchta filtrda oʻlchash bajariladi va har bir oʻlchash natijalari sahifaning “File” konteksti orqali olingan natijalar kompyuter xotirasiga yozib qoʻyiladi (III.10-rasm). Barcha natijalar ishning boshida (login) ochilgan



direktoriyada saqlanadi va ishni bajarish tugagach, qog'ozga yoki qo'shimcha disk xotiralariga ko'chirib olinishi mumkin.

Olingan o'lchash natijalariga ko'ra yulduzlarning rang ko'rsatgichlarini (B-V), (U-B) va ularga ko'ra yulduz rang-temperaturasi hisoblanadi. Yulduzning rang-temperaturasi empirik ravishda topilgan quyidagi formula yordamida hisoblanadi.

$$T=7920/(B-V)+0,65^m \quad (3.1)$$



### Ishni bajarish bo'yicha vazifalar

1. Sizga berilgan tarqoq yulduz to'dasini "Hot List" ga joylashtiring.
2. Berilgan tarqoq to'da yulduzlarini uch xil rang (U, B, V)da o'lchang.
3. Natijalarni saqlang va qog'ozga chiqaring.
4. Yulduzning rang ko'rsatgichini va rang temperaturasi toping

### Bajarilgan ish yuzasidan hisobot shakli

III.1-jadval

| Yulduz to'dasi belgisi | Yulduz koordinatalari | Yulduzning yorug'ligi U | Yulduzning yorug'ligi B | Yulduzning yorug'ligi V |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                        |                       |                         |                         |                         |

III.2-jadval

| Yulduz to'dasi belgisi | Yulduz koordinatalari | Rang ko'rsatgichi (B-V) | Rang ko'rsatgichi (U-B) | Rang temperaturasi T |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
|                        |                       |                         |                         |                      |

Ishning bajarilishi natijasida olingan materiallarni tahlili berilishi kerak. Masalan, tarqoq to'daning xususiyatlari, Galaktikada ularni joylashishi, ularni tekshirishning ahamiyati.

## III.2-LABORATORIYA ISHI

**MAVZU:** Tarqoq to`dalar uchun «Spektr-yorqinlik («Rang ko`rsatgichi-yorug`ligi») diagrammasi» va to`da yoshini aniqlash



**Ishning maqsadi:** yulduz to`dalari uchun “Rang ko`rsatgichi yorug`lik diagrammasi” (“Spektr yorqinlik diagrammasi”ga o`xshash) tuzish va undan to`da yoshini aniqlash.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o`rnatilgan “Virtual o`quv observatoriya” (VIREO VIRTual Educational Observatory) dasturiy mahsuloti. Tarqoq yulduz to`dasi yulduzlarining uch xil rangda o`lchangan yorug`liklari va rang ko`rsatgichlari (3.1-laboratoriya ishining o`lchash natijalari).



**Adabiyot:** Ushbu kitobning 1-bobining 9-§, I.Sattorov “Astrofizika 2-qism” 3-bobi.

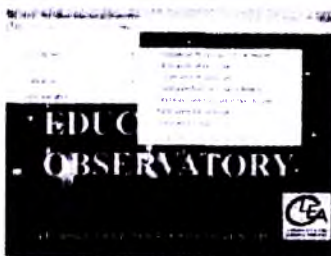


### **Ishni bajarilish tartibi**

**Virtual o`quv observatoriyani komp'yuterga o`rnatish.** Agar VO`O dasturi komp'yuterga o`rnatilmagan bo`lsa, avval dastur komp'yuter xotirasiga o`rnatiladi. Dastur CD diskda bo`lsa uni kompyuterga kiritiladi va uning xotirasiga yozib qo`yiladi. Dastur kompyuter xotirasidagi *Program Files*→CLEA nomli papkaga joylashtiriladi. Shundan so`ng CLEA→VIREO tugmalari orqali dastur fayllari to`plangan papka ichidan CLEA\_VEO tugmasi orqali (tugmani bosib) VO`O ning PRODACTION OF CLEA deb nomlangan birinchi sahifasiga kiriladi. Bu sahifaning yuqori chap qismidan *File*→*Login*→*Student Accounting* nomli sahifaga kirib, to`rttagacha talabalarning ismi yoki qisqa taxallusi kiritilishi mumkin. So`ngra, *OK*→*Program Files*→*Login Complited?* deb nomlangan sahifacha kirib, talabalar ismi “Ok” tugmasi yordamida tasdiqlanadi. Shunda THE VIRTUAL OBSERVATORY deb nomlangan sahifa ochiladi.

**Tarqoq to`da yulduzlari yorug`ligini uch xil UB<sub>V</sub> rangda o`lchash.** Agar bunday ish bajarilmagan bo`lsa, 3.1-laboratoriya ishdagi singari birorta tarqoq to`da yulduzlarining yorug`ligi uch xil rangda o`lchanadi va saqlanadi.

**Tarqoq to`da uchun Gershprung Rassel diagrammasini tuzish.** Bu ishini bajarish uchun birorta tarqoq to`da yulduzlarining yorug`ligi uch xil rangda o`lchangan bo`lishi kerak. Kompyuterga Virtual o`quv observatoriya o`rnatilgach, uning ikkinchi sahifasi ochiladi va bu sahifadan *File*→*Run Exercise*→*"HR Diagrams of Star Clusters"* sahifasini ishga tushuramiz



III.11-rasm. Dasturga kirish va ishini boshlash.

*"HR Diagrams of Star Clusters"* oynasida *Tools*→*HR Diagram Analysis* kontekstlari orqali ekranga *"Color-Magnitude Diagram"* koordinata tizimi chiqariladi.



III.12-rasm. *"Spektr-yorqinlik diagrammasi"* ni tuzish uchun bosh sahifadagi *"Tools"* ni bosib uning ostidagi kontekstdan *"HR Diagram Analysis"* ni bosamiz, ko`k koordinatalar sistemasi ekranga chiqadi.

Bu tizimning ordinata o`qi bo`ylab yulduzning vizual nurlarda yorug`ligi  $V$ , ordinata o`qi bo`ylab esa rang ko`rsatgichi  $(B-V)$  qo`yilgan (III.12-rasm). E`tibor

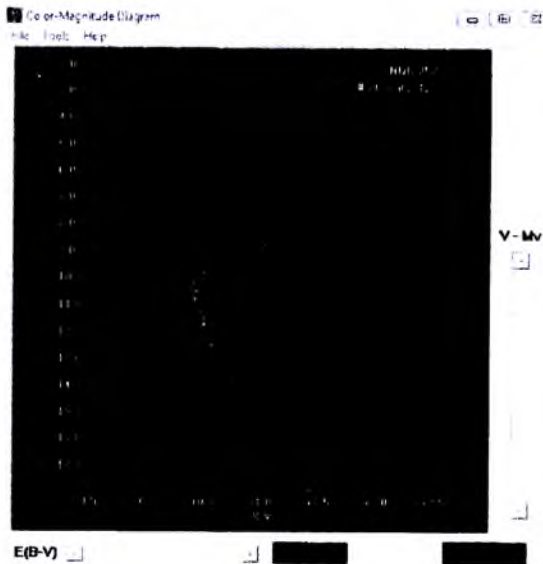
qaratamiz, 2.3-laboratoriya ishida “Spektr yorqinlik diagrammasi” tuzishda ordinata o`qi bo`ylab absalyut kattalik qo`yilgan edi, bu yerda esa ordinata o`qi bo`ylab absalyut kattalik (M) emas, balki ko`rinma yulduziy kattalik qo`yilyapti. Bu amal to`g`rimi? To`g`ti, chunki absalyut kattalikni hisoblash formulasida ko`rinma yulduziy kattalikdan masofa moduli  $5(1-lgr)$  ayirib tashlanadi. Bu yerda esa masofa moduli hisobga olinmayapti. Gap shundaki, tarqoq to`daning uzoqligi to`da a`zolarining orasidagi masofadan juda katta, shuning uchun to`da a`zolari bizdan taxminan bir xil uzoqlikda joylashganlar deb hisoblash mumkin va masofa moduli barcha a`zolar uchun bir xil bo`ladi va u absalyut kattalikni hisoblashda o`zgarmas miqdor sifatida kiradi. Demak to`da uchun “Spektr yorqinlik”, to`g`rirono`g`i “rang ko`rsatgichi - absalyut kattalik” diagrammasining absissa o`qi bo`ylab rang ko`rsatgichi (B-V), ordinata o`qi bo`ylab esa vizual kattalik V qo`yilgan. Bu diagrammada bosh ketma-ketlik ordinata o`qi bo`ylab parallel siljigan, uning shakli o`zgarmagan.

**Tarqoq to`da uchun Gershprung Russel diagrammasini tuzish.** “Color magnitude diagram” oynasida *File*→*Load Plot* yozuv→*Select Cluster Data* kontekstlari orqali tarqoq to`dalar ro`yxati chiqariladi.



III.13-rasm. Tarqoq to`dalar ro`yxatini chiqarish.

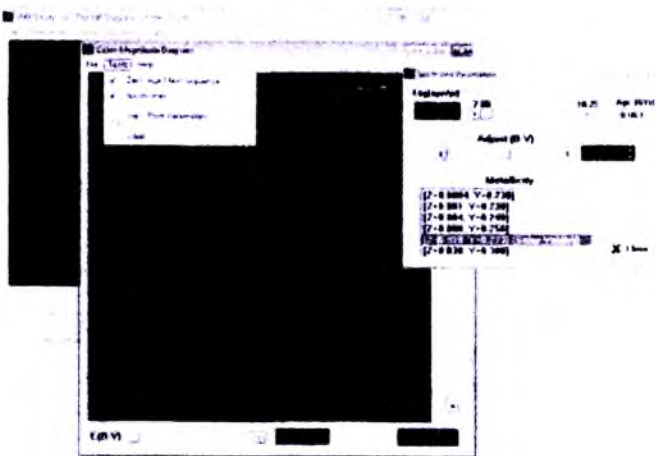
Kerakli to`da ustiga kursorni qo`yib belgilash(bosish) orqali, ekranda shu to`da bo`yicha(uchun) diagramma chiqariladi (III.14-rasm).



III 14-rasm. Ro'yxatdagi to'daning HD diagrammasini chiqarish.

Tarqoq to'da uchun Gershprung Rassel diagrammasini bevosita talaba bajargan o'lchashlar asosida ham tuzish mumkin. Buning uchun talaba tarqoq to'daga kiruvchi barcha yulduzlarning yorug'ligini uch xil rangda U, B, V o'lchaydi va to'daning har bir a'zosi uchun rang ko'rsatgichini topadi. To'da a'zolari uchun umumiy diagramma chizadi: diagrammaga har bir yulduzni V va (B-V) bo'yicha joylashtiradi.

Tarqoq to'da yulduzlari taxminan bir vaqtda paydo bo'lganlar, shuning uchun, yosh tarqoq to'da diagrammasi odatda faqat bosh ketma - ketlikdan iborat bo'ladi. To'da rivojlanishi davomida massasi katta yulduzlar bosh ketma-ketlikdan o'ngga siljiyboshlaydi.

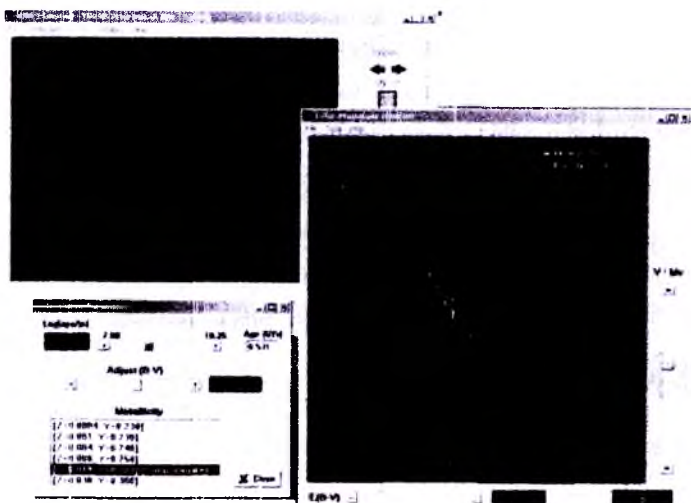


III.15-rasm. Yulduz toʻdalarining Yoshi va rang – koʻrsatkichini topish: talaba tomonidan oʻlchangan toʻda aʼzolarining UBV yorugʻliklari asosida yulduzlarning rang koʻrsatkichlari (B-V) topiladi va harbir yulduz V va (B-V) si boʻyicha diagrammada belgilanadi. Diagrammaning yuqori chap burchagidagi Tools bosib uning ostidagi kontekstdan “Zero-Age Main Sequence” va “Isochrones...” chaqiriladi

“Color magnitude diagram” oynasida *Tools* → *Zero Age Main Sequence* (nol yoshdagi bosh ketma ketlik) va → *Isochrones* tasdiqlab qoʻyiladi va ekranda shu nomdagi oyna ochiladi (III.15-rasm). Agar “Zero Age” konteksti tasdiqlansa, havorang sahifada yashil rangdagi egrilik paydo boʻladi. Sahifaning oʻng tomonidagi tik suriladigan tugmachalik oʻq (ustida V-M<sub>v</sub> belgi yozilgan) boʻylab tugmachani surish mumkin. Yashil egrini havorang sahifaga tushirilgan oʻlchash natijalari (mayda oq aylanachalar) bilan oʻrtacha egrisi yaxshi joylashguncha tugmachani suramiz. Havorang sahifaning past oʻng burchagidagi yacheyka ichida vizual kattalik bilan absalyut kattalik ayirmasi yoki masofa moduli (V-M<sub>v</sub>) ning qiymati chiqadi (III.15-rasm).

Agar *Tools* → *Isochrones* orqali sahifaga qizil egri va yana bitta sahifacha (yuqoridagi rasmda chap pastda) chiqariladi. Bu sahifachada qizil egrini tik (Log(age/yr)) va gorizont (Adjust(B-V)) surishga imkon beradigan tugmachalar mavjud. Qizil egrini barcha nuqtalardan eng yaqin oʻtguncha tik yoʻnalishda surib toʻdaning yoshini (Log(age/yr)) va gorizont yoʻnalishda surib rang koʻrsatkichini (B-V) aniqlaymiz (III.15-rasm).

Ushbu dastur to`da yulduzlarining metallarga boylik darajasini ham topishga imkon beradi. Metallarga boylik darajasi, Quyosh birliklarida, chap sahifaning pastki qismida keltiriladi. III.16-rasmda M44 tarqoq to`dani yoshi, o`n darajasi 8,70 yoki 0,501 milliard yil, rang ko`rsatgichi (B-V)=+0,05, metallga boyligi  $Z=0,019$ , geliy miqdori  $Y=0,273$ .



III.16-rasm. Tarqoq to`dani yoshini aniqlanishi.

### Ishning bajarish bo`yicha vazifalar

1. Berilgan tarqoq to`dani toping
2. To`da uchun "Yorug`lik rang kursatgichi" diagrammasini tuzing.
3. To`dani (V-M<sub>v</sub>) masofa modulini toping.
4. To`dani yoshini aniqlang.
5. To`da a`zolarida metallarni nisbiy miqdorini aniqlang

### Bajarilgan ish bo`yicha hisobot

| Tarqoq to`da belgisi | To`dani masofa moduli | To`dani yoshi | To`dani metallarga boyligi |
|----------------------|-----------------------|---------------|----------------------------|
|                      |                       |               |                            |
|                      |                       |               |                            |

Tarqoq to`dani rivojlanish darajasini tariflang.

# IV BOB. KOINOTNING KATTA O`LCHAMLI TUZILISHI BO`YICHA LABORATORIYA ISHLARI IV.1-LABORATORIYA ISHI

**MAVZU: Habbli qonuni. Qizilga sijish-masofa munosabati  
va galaktikalar uzoqligini aniqlash**



**Ishning maqsadi:** galaktikalar spektrida chiziqlarning qizilga siljishini masofaga bog`liqligini tushuntirish va ayrim galaktikalar spektrida qizilga siljishni o`lchash orqali shu galaktikaning uzoqligini aniqlash.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o`rnatilgan "Virtual o`quv observatoriya" (VIREO VIRTUAL Educational Observatory) dasturiy mahsuloti. Galaktikalar jadvali 6-ilovada keltirilgan.




**Adabiyot:** Ushbu kitob 1-bobining 10§, I.Sattorov "Astrofizika 2- qism" kitobning 6-bobi.

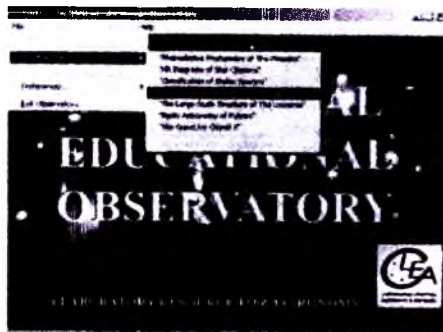


## **Ishni bajarilish tartibi**

**Virtual o`quv observatoriyani komp'yuterga o`rnatish.** Virtual o`quv


observatoriya kompyuterga o`rnatilgan bo`lsa, ushbu  tugma orqali dastur ishga tushiriladi. Ekranda "A PRODACTION OF CLEA" deb nomlangan sahifa ishga tushadi. Dasturni ishga tushurish *File*→*Login* kontekstidan boshlanadi va yangi ochilgan "*Student Accounting*" deb nomlangan yangi ekrancha ochiladi. Bu yerga talabalarning ismi kiritiladi. "*Laboratory Table Number*" yacheykasiga 4 raqami kiritiladi va "OK" tugmasi yordamida ma'lumot tasdiqlanadi. Ekranda *THE VIRTUAL EDUCATIONAL OBSERVATORY* deb nomlangan sahifa ochiladi. Sahifada *File* →*Run Exercise*→*The Hubble Red Shift Distance Relation* deb nomlangan sahifa tanlanadi (IV.1-rasm).







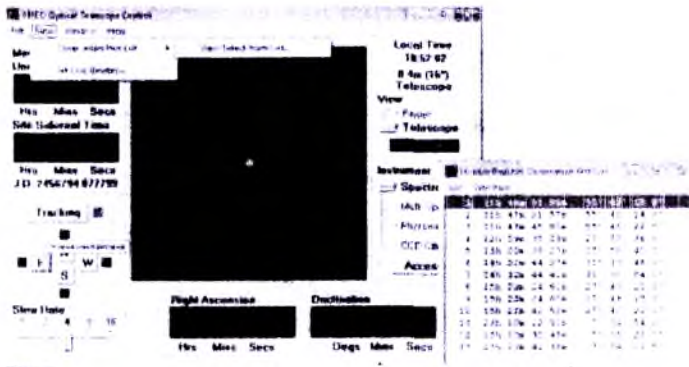
IV.1-rasm. Galaktikalar spektrida chiziqlarning qizilga siljishini aniqlash uchun dasturni ishga tushuntirish.

Ekranda “*The Hubble Red Shift Distance Relation*” deb nomlangan oyna ochiladi. Endi *Telescopes*→*Optical*→*Access 4 Meter* tanlanadi. Shunda “*You now have control KPNO 4 m (158”) Mayall Telescope*” soʻzi yozilgan sahifacha chiqadi. “OK” tugmachasi yordamida soʻrovni tasdiqlaymiz. Teleskop eshigini tasvirlovchi qizil

sahifa ochiladi. “Open”  tugmasi yordamida qizil eshik ochilib, yulduzlar

osmoni koʻrinadi. “*Telescope Control Panel*” yozuvi ostidagi “Off”  tugma yordamida yulduzlar osmonini tasvirlovchi ekranga kiramiz. Ekran markazida qizil kvadrat mavjud. Koʻrinayotgan yulduzlar osmoni bu axtaruvchi teleskopchada (oʻng tomondagi “View” ramka ichida “Finder”) osmonni koʻrinishi. Agar u yerdagi

“Finder” dan “Telescope” ga oʻtsak  qizil kvadrat (yulduzlar osmoni) kattalashadi va ekran markazida bir juft qizil kesmacha paydo boʻladi, bu spektrografning kirish tiriqshidir. Dastur oynasining chap tomonida dunyo vaqti va yulduz vaqti, ular ostida *Tracking* va ustiga *N, S, E, W* harflar yozilgan tugmachalari mavjud. Bu tugmachalar teleskopni aylantirib galaktikani qizil kesmalar orasiga joylashtirishga xizmat qiladi (IV.2-rasm).



IV 2-rasm. Teleskopga kirish va spektrografni ishgа tushirish.

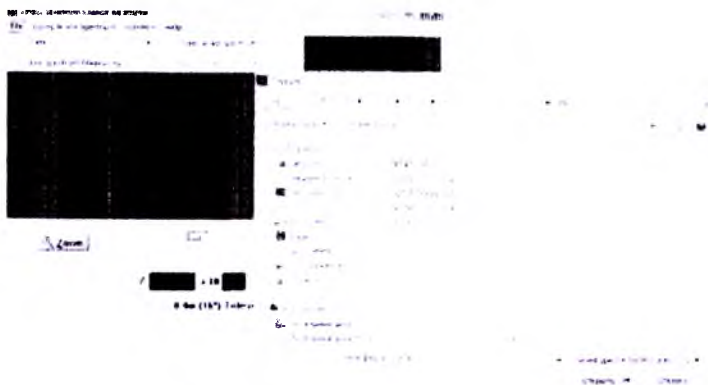
Dasturda *Slew*→*Observational Hot List*→*View/Select* konteksti yordamida galaktikalar (koordinatalar) ro`yxati chiqariladi. Agar koordinatalardan birini tanlab, uning ustiga kursor yordamida tez-tez ikki marta tasdiqlansa va so`ralgan oynachada “Ok” javobi berilsa, teleskop o`z o`qlari atrofida aylanib, kerakli galaktikaga yo`naltiriladi. Kerakli galaktika qizil kesmachalar (spektrografning kirish tirqishi) orasiga tushadi. Shundan keyin sahifaning o`ng past burchagidagi “Access” tugmacha yordamida, yashil fonga ega koordinata setkali yangi sahifaga kiramiz.

Sahifa pastidagi “GO” tugmachasi yordamida tanlangan galaktika spektri yashil fonli koordinata setkasiga yozila boshlanadi. *Signal/showqin* munosabati 50 ga yetguncha o`lchashni davom ettiramiz va shundan keyin “Stop” tugmachasi yordamida o`lchashni to`xtatamiz. Shundan keyin *File*→*Data*→*Save Spectrum* yordamida natija kompyuter xotirasiga C:\Program Files \CKEA\VIREO\user\.....\number)\CSP saqlanadi.

***Galaktka spektrini tekshirish ishi.***

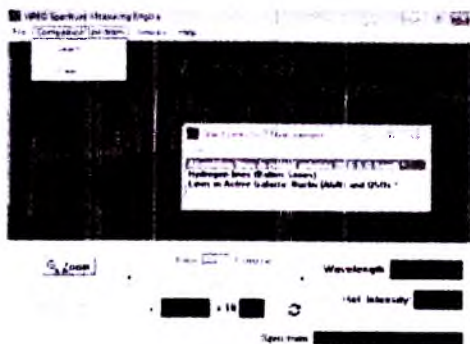
Endi galaktika spektrini tekshirishga o`tamiz. Buning uchun osmon sahnini berkitamiz va uning ostidagi asosiy sahifaga qaytamiz. Bu sahifaning chap yuqori qismidagi *Tools*→*Spectrum Measuring* konteksti yordamida “VIREO Spectrum Measuring Engine” koordinata sistemasi ochiladi. Sahifaning (koordinata setka) chap yuqori burchagidagi *File*→*Data*→*Load Saved Spectrum* konteksti orqali

yuqorida saqlangan user\.... spektrlar ro'yxati keltirilgan sahifa chiqadi. Kerakli spektrni tanlab chap pastdagi "Открыть" tugmasini tanlaymiz (IV.3-rasm).



IV.3-rasm. O'lgangan natijani u saqlangan papkalardan topish va koordinata sistemasi grafigiga chiqarish.

Koordinata setka ichida biz so'ragan spektrning yozuvi chiqadi. Dasutrd *Comparision Spectrum* → *Select* konteksti orqali "Lines for Z Measurement" yozuvi bor sahifacha ochiladi (IV.4-rasm). Bu sahifachada "Absorbtion Lines in normal galactics (H, K & G band), Hydrogen lines, Lines in Active Galactic Nuclei" so'zlar yozilgan dastur ustma-ust ochiladi (IV.3-rasm). Agar kursorni birinchi yozuv ustiga qo'yib tez-tez ikki marta tasdiqlasak, VIREO Spectrum Measuring Engine ekranida tinch turgan galaktika spektrida H, K & G chiziqlarning o'rmini ko'rsatuvchi vertikal qizil chiziqlar paydo bo'ladi.



IV.4-rasm. Spektral chiziqlarning intensivligini va to'liqin uzunligini aniqlash

Odatda  $H$ ,  $K$  &  $G$  chiziqlar eng intensiv boʻladi va ularning spektri oʻmini koʻrsatuvchi bu vertikal chiziqlar birgalikda pastdagi suriluvchi tugma yordamida oʻngga tomon surilishi mumkin. Agar surish tugmasi oʻng chegaraga yetsa, biroq vertikal chiziqlar spektral chiziqlar oʻrtasiga tushmasa, surish tugmasi ustidagi katakdagi tugma yordamida muammo hal etilishi mumkin. Vertikal chiziqlar spektral chiziqning qoq oʻrtasida boʻlgan holga mos keladigan “Z” suriluvchi tugma yacheykasiga yozib olinadi (IV.4-rasm). Bu yozuv butun va kasr qismdan iborat va uning oʻng tomanida yozuvdagi sonni yana oʻn darajasi minus songa koʻpaytirish zarur. “Z” ni oʻlchash vodorod atomi spektral chiziqlari yordamida ham bajarilishi kerak. Buning uchun *Comparision Spectrum* → *Select* → *Hydrogen lines* oynasiga oʻtiladi (IV.4-rasm). Odatda barcha spektral chiziqlardan foydalanib topilgan “Z” bir biriga yaqin chiqadi.



### Ishni bajarish boʻyicha vazifalar

1. Berilgan galaktikalarning spektrlarini oling va saqlang.
2. Spektri olingan galaktikalarning spektrida chiziqlarni qizilga siljishini tushuntiring va oʻlchang.
3. Spektri olingan galaktikalar uchun “Z” ni toping va uning mohiyatini ochib bering.
4. Galaktikalarning bizdan qochish tezligi, ularning uzoqligiga proporsional ravishda ortib borishini koʻrsating.

### Bajarilgan ish boʻyicha hisobot

| Galaktika belgisi | Galaktikaning uzoqlig,<br>$r$ | Z | V |
|-------------------|-------------------------------|---|---|
|                   |                               |   |   |
|                   |                               |   |   |

## IV.2- LABORATORIYA ISHI

### MAVZU: Koinotning katta o'lchamli tuzilishi



**Ishning maqsadi:** galaktikalar spektrida chiziqlarni qizilga siljishiga ko'ra aniqlangan tezlikni masofaga bog'liqligini tushuntirish va ayrim galaktikalar spektrida qizilga siljishni o'lchash orqali galaktikaning uzoqligini aniqlash va ularni koinotda taqsimlanish modelini chizish.




**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o'rnatilgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTUAL Educational Observatory) dasturiy mahsuloti yoki CLEA laboratoriya ishlari to'plami yozilgan CD disk.

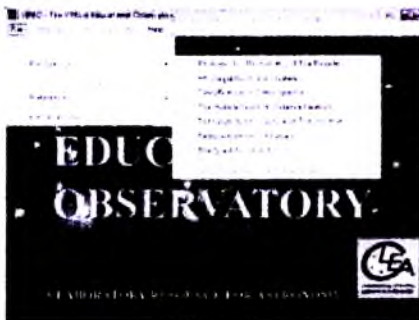


**Adabiyot:** Ushbu kitobning 1-bobining 10-§, I.Sattorov "Astrofizika 2-qism" kitobining 6-bobi, B. Sattarova. Pedagogik talim, № 4. 2004.



#### Ishni bajarilish tartibi

*Virtual o'quv observatoriyani komp'yuterga o'rnatish.* Virtual o'quv observatoriya kompyuterga o'rnatilgan bo'lsa, ushbu  tugma orqali dastur ishga tushiriladi. Ekranda "A PRODUCTION OF CLEA" deb nomlangan sahifa ishga tushadi. Dasturni ishga tushurish *File*→*Login* kontekstidan boshlanadi va yangi ochilgan "*Student Accounting*" deb nomlangan yangi ekranchaga talabalarimiz ismi kiritiladi. "*Laboratory Table Number*" yacheykasiga 5 raqami kiritiladi va "OK" tugmasi yordamida ma'lumot tasdiqlanadi. Ekranda *THE VIRTUAL EDUCATIONAL OBSERVATORY* deb nomlangan sahifa ochiladi. Sahifada *File*→*Run Exercise*→*The Large-Scale Structure of The Universe* (Koinotning katta o'lchamli tuzilishi) deb nomlangan sahifa tanlanadi.



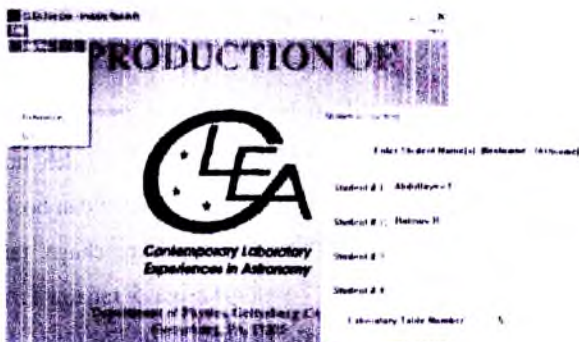
IV.5-rasm.Koinotning katta o'lchamli tuzilishini o'rganish uchun dasturga kirish: File-Run Excercise-The Large-Scale Structure of The Universe

Yoki CLEA laboratoriya ishlari to'plami tanlanadi. CLEA laboratoriya ishlari orasidan «LSSlab» deb nomlangan laboratoriya ishini tanlaymiz va «CLEALOGO»



tugmasi yordamida dasturni ishga tushuramiz (IV.6-rasm).

Ekranda ishning birinchi sahifasi ochiladi. Uning yuqori chap burchagidagi *File*→*Log In* orqali “*Student Accounting*” (Talabalarni ro'yxatlash) sahifasiga kiramiz.

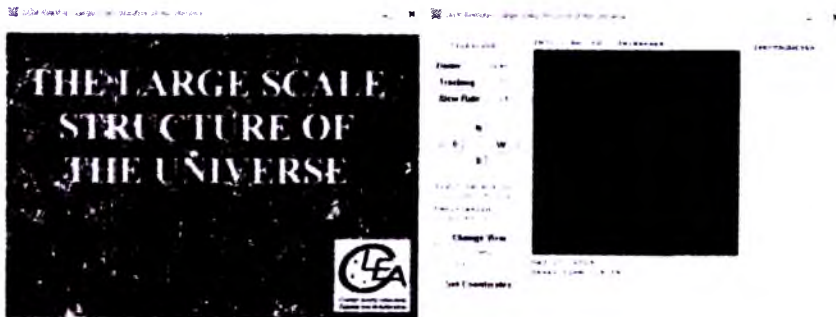


IV.5-rasm. CLEA dasturiga kirish uchun ro'yxatdan o'tish.

Bu sahifada “*Student*” deb nomlangan yacheykalarga talabalar ismi kiritiladi va «OK» tugmasi yordamida ma'lumot tasdiqlanadi. Shundan so'ng ekranda “*Login Complete*” (ya'ni ro'yxatlash tugadimi) degan sahifacha ochiladi, unda “*Have you finished login*” savol bor, agar talabalar ismi va laboratoriya ishi raqami to'g'ri

kiritilgan bo'lsa «Ok» (ishning I amali) tugmasini tasdiqlaymiz, ishni II sahifasi ochiladi.

**Teleskopni o'lchashlarga tayyrlash.** Ishning II sahifasi ochilgach, unda THE LARGE SCALE STRUCTURE OF THE UNIVERSE” ya’ni «Koinotning katta o'lchamli tuzilishi» deb yozilgan (IV.5. a-rasm). Ushbu sahifada *File*→*Run* konteksti orqali ishning III sahifasiga kiriladi (IV.5. b-rasm).



a)

b)

IV.5. a-rasm- Koinotning katta o'lchamli tuzilishini o'rganish uchun dastur oynasi, b-rasm- Yulduzlar va galaktikalar osmonini dastur oynasida ko'rinishi.

Bu sahifada teleskop ishga tushiriladi. Dasturdagi “Dome” tugmasi yordamida teleskopni ishga tushuramiz. Teleskop ochilib, yulduzlar osmonida galaktikalar ko'rinadi (IV.5. b-rasm). “Tracking” tugmasi yordamida barcha tugmalarni faol holatga keltiramiz. Endi osmonning galaktikalar bor joyini va teleskopni tanlaymiz.

Agar ob'ekt juda xira bo'lsa u holda teleskopni almashtirish zarur, ya'ni kattaroq va kuchliroq (1 m yoki 4 m) teleskop qo'llash kerak bo'ladi. Buning uchun *Telescope*→*Request Time* 1 m yoki 4 m teleskoplarda kuzatishga buyurtma beriladi va amallar takrorlanadi (IV.6-rasm).



IV.6-rasm. Teleskop tanlash.

**Galaktikalar spektrini olish va o'lish.** Bu masala ikkita laboratoriya ishiga bo'lingan. Birinchi ishda qizilga siljish o'lchanadi va Habbli qonuni chiqariladi, ikkinchi ishda esa Koinotning uch o'lchamli manzarasi o'rganiladi. Har ikkala ish ham haqiqiy astronomik kuzatishlardagidek, galaktikalarning spektrini olish bilan boshlanadi (IV.7-rasm). Birinchi ishda osmonning galaktikalarga boy ikki qismi, ikkinchi ishda esa og'ishi  $\delta = 29^\circ$  bo'lgan 8 ta qismi tanlangan.

Keyingi qadamimiz "*Change View*" tugmasi yordamida bevosita teleskop obyektivi orqali galaktikalarni kuzatishga o'tiladi. Qora osmon sahnida ikkita qizil parallel kesma paydo bo'ladi, ular spektrofotometning kirish tirqishidir. Galaktikani shu qizil kesmalar orasiga joylashtiramiz va "*Take Reading*" tugmasi yordamida "*Reticon Spectrometer Reading*" (spektrni yozish va uni o'qish) sahifasiga kiramiz (IV.7-rasm).



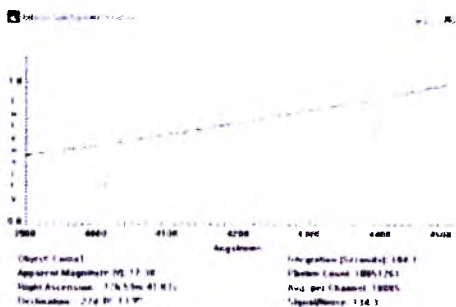
IV.7-rasm. Galaktikani spektrografning kirish tirqishiga joylashtirish va galaktika spektrini olishga tayyorlash.



Ushbu sahifada koordinatalar sistemasi berilgan. Sahifa o`rtasida grafik chizish uchun tayyor chizma ochiladi (bu chizmaning  $y$  - o`qida intensivlik,  $x$  - o`qida esa to`lqin uzunligi angestremlarda yozib qo`yilgan) (IV.7-rasm).

Spektrofotometrda fotoelektronlarni sanab beruvchi chizg`ich (lineyka) simon fotometr ishlatiladi, uning 512 ta nur sezuvchi elementi (fotodiodlar) spektr bo`ylab shunday joylashtirilganki, ularning barchasi birgalikda galaktika (yulduz) spektrini  $3900 \text{ \AA}$  dan  $4500 \text{ \AA}$  gacha bo`lgan qismini ko`rsatadi. Sahifani chap yuqori burchagidagi «Start/Resume» yozuvli tugmani bosib, 512 ta kanalda foton sanoq boshlanadi (IV.8-rasm). Sanash vaqti grafikdan pastroqda, o`ng tomonda ko`rinib turadi.

Sanash qancha uzoq (100-1000 sekund) bajarilsa, spektr shuncha aniq ko`rina boshlaydi va signal/shovqin («Signal/Noise») nisbati orta boshlaydi, yaxshi spektr olish uchun bu nisbat 100 dan kam bo`lmasligi kerak.



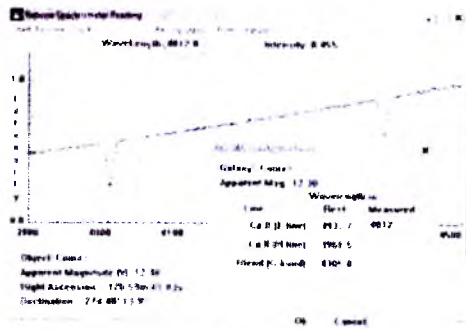
IV.8-rasm. Reticon Spectrometrdan olingan galaktika spektri yozuvi

Shundan so`ng “Stop Count” tugmasi yordamida sanash to`xtatiladi va ekranda spektrning yozuvi hosil bo`ladi. O`lchash natijalari o`rtachalanib, egri chiziq bilan tutashiriladi va spektrni yozuvi hosil bo`ladi. Bu yozuvda qora chiziqlar intensivlikni keskin pasayib va yana keskin ko`tarilishi sifatida namoyon bo`ladi va galaktika tutash spektrida chuqurcha shakliga ega bo`lgan  $K(\text{CaII}) 3933.7 \text{ \AA}$ ,  $H(\text{CaII}) 3968.5 \text{ \AA}$  va  $G(\text{metall tasma } 4305 \text{ \AA})$  yutilish chiziqlari ko`ranadi.

**Koinotning katta o'lchamli tuzilish.** Galaktikalar spektrida chiziqlar K(CaII) 3933.7 Å, H(CaII) 3968.5 Å va G (metall tasma 4305 Å)ni siljishidan topilgan, ularning uzoqligi va o'lgangan koordinatalari ( $\alpha$  va  $\delta$ )ga asosan ularni fazoda (Koinotda) joylashishi o'rganiladi. Galaktikalar Koinotda ma'lum tuzilmalar hosil qilishi namoyish etiladi. Bu maqsadda osmonning 8 ta maydonchasi tanlangan va maydonchalarda ko'rinadigan barcha yulduzlar va galaktikalar spektrini olish mumkin. Bu ishda uch xil teleskop qo'llanilishi mumkin:  $D=0,4M$ ,  $1M$  va  $4M$ .  $D=4M$  bo'lgan teleskopni juda xira yulduzlar va galaktikalar spektrini olishda qo'llash tavsiya etiladi.

Galaktikalar spektrida chiziqlar (KCaII  $\lambda=3933.7\text{Å}$ , HCaII  $\lambda=3968.5\text{Å}$  va G tasma  $\lambda=4305\text{Å}$ )ni to'lqin uzunligi ( $\lambda$ ) o'lgangandan keyin bu chiziqlarning qizilga siljishi ( $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ ,  $\lambda_0$  - qo'zg'almas manba spektrida chiziqning to'lqin uzunligi) va unga asoslanib galaktikani nuriy tezligi  $\vartheta = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c$  hisoblanadi. Ko'plab (10 tadan 300 tagacha) galaktikalarni tezligi o'lgangach ( $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\vartheta$ ) diagramma tuziladi. Bu diagramma galaktikalarni Koinotda joylashishining uch o'lgamli tuzilishini namoyish etadi. Bu diagramma Koinotni katta o'lgamli tuzilish (struktura)ga ega ekanligini namoyish etadi. Ishga kiritilgan galaktikalarni «qochish» tezligi  $10^4\text{km/s}$  gacha yetadi ( $z \leq 0.03$ ). Ishda berilgan osmon sohasida ikkita galaktikalar to'dasini ko'rish mumkin. Birinchisi  $z \leq 0.01$  s (bu erda s yorug'lik tezligi)da, ikkinchisi esa  $0.025$  s yorug'lik tezligi masofasida joylashgan.

Dasturdagi yutilish chiziqlardan biri tagiga eng chuqur qismiga birin-ketin kursomi qo'yib belgilaymiz, shunda vertikal qizil chiziq paydo bo'ladi. Uning yuqori uchi yaqinida "Wavelength: xxxx.x" - qizil chiziq ustida chiziqning o'lgangan to'lqin uzunligi ko'rinadi (IV.9-rasm). Shu tarzda spektrdagi barcha chiziqlarning to'lqin uzunligi o'lganadi va qayd qilinadi.

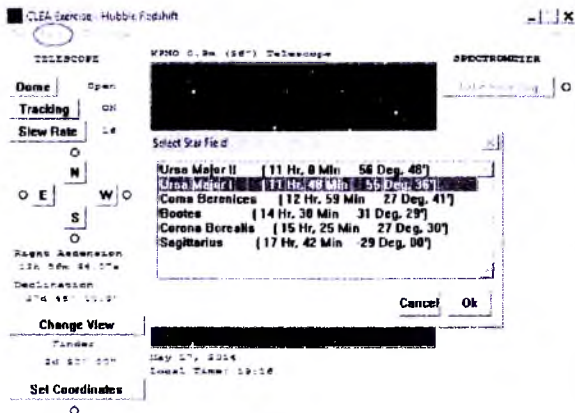


IV.9-rasm. Yutilish chiziqlarining to'liqin uzunligini o'lchash.

Shundan keyin “Record Measurement” konteksti orqali “Record Wavelength (A)” oynasi ochiladi va unda galaktikaning tartib raqami, ko'rinma yulduziy kattaligi haqidagi ma'lumotlar hamda chiziqlarning belgilari va laboratoriya manbai spektrida to'liqin uzunliklari yozib qo'yilgan va ular qarshisida bo'sh yacheykalar joylashtirilgan. Bu yacheykalarga o'lchangan natijalar qayd qilinadi (IV.9-rasm). Masalan, chap tomonda birinchi chiziqni o'lchashdan olingan 4012.0 natijani o'z chizig'i belgisi to'g'risidagi yacheykaga yozamiz (IV.9-rasm). Bu amalni boshqa chiziqlar uchun takrorlab chiqamiz. Shundan keyin, sahifachadagi «OK» tugmasi yordamida ma'lumotlarni tasdiqlaymiz va kompyuter xotirasida saqlaymiz va “Return” tugmasi yordamida yulduzlar va galaktikalar kuzatilayotgan sahifaga qaytamiz.

Ekranda V sahifa ochiladi. Endi o'lchash uchun boshqa galaktika tanlaymiz va yuqoridagi amallarni takrorlaymiz. Bu ishni berilgan maydonchada galaktikalar tugaguncha davom etamiz va undan keyin boshqa maydonga o'tamiz. Teleskopni ham o'zgartirish mumkin (0.4 → 1.0 → 4.0).

Bir maydonchadan ikkinchisiga o'tish uchun “Field” konteksti orqali “Selekt Star Field” oynasini ochamiz va bu yerdan osmonning boshqa qismiga o'tamiz (IV.10-rasm).



IV.10-rasm. Galaktikalar spektrini olish uchun osmonning boshqa qismiga o'tish usuli.

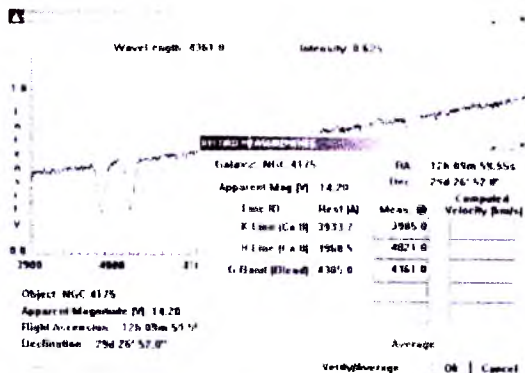


### Ishni bajarish bo'yicha vazifalar

- 1) Galaktikalar spektrini oling va undagi chiziqlar uzun to'liqlar tomon siljishi namoyish etiladi, siljish miqdori har xil ekanligini tushuntiring.
- 2) Koinotni katta o'lchamli tuzilishi (strukturasi) ni aniqlang.
- 3) Galaktika spektrida CaII ning K va N chiziqlari va metall ionlarining G tasmasi borligi aniqlanadi, vodorod va geliy chiziqlari ko'rinmaydi. Demak, galaktikada chang va gaz ko'p miqdorni tashkil etishini asoslang.

Ko'pchilik galaktikalar spektrining, biz bu ishda tekshirayotgan qismida uchta yutilish chizig'i bor: bular kaltsiy ionining K ( $\lambda 3933,7 \text{ \AA}$ ) va H ( $\lambda 3968,5 \text{ \AA}$ ) chiziqlari va metall ionlari hosil qilgan tasma (G-tasma,  $\lambda 4305 \text{ \AA}$ ). Bu chiziqlarni spektrda egallagan o'rni, to'liq uzunligi o'lchanadi.

Talabanning vazifasi har bir galaktika spektridagi K, H va G chiziqlarning to'liq uzunligini yuqorida aytilgandek o'lchash va natijani ( $\lambda$ ) chiziq yozuvidan o'ng tomondagi birinchi kattakka yozib qo'yishdan iborat (IV.11-rasm).  $c = 3 \cdot 10^6 \text{ km/c}$  yorug'lik tezligi, hisoblangan tezlik  $\theta$ —har bir chiziqdan o'ng tomondagi ikkinchi kattakka yoziladi.



IV.11-rasm. Olingan natijalarni qayd qilish va taqqoslash.

Olgan natijalarni quyidagi ko'rinishdagi jadvalga to'plang (IV.1-jadval). Jadvallarda ayrim galaktikalarning spektrida kaltsiy ioni chiziqlari (CaII va K chiziqlarining o'lgangan to'lqin uzunliklari, spektrni olish uchun sarf qilingan vaqt) o'lchashlarda signal-shovqin nisbati, siljish miqdori va unga mos keladigan galaktikaning uzoqlashish nuriy tezligi qayd qilinadi.

IV.1-jadval

Xisobot uchun talabalarga topshiriq jadvali

| No | Galaktika nomi | K(SaII) chiziq 3933.7 | H(CaII) chiziq 3968.5 | G tasma 4305 | To'g'ri chiqish $\alpha$ | Og'ish burchagi $\delta$ | Foton yig'ish uchun sek ketgan vaqt | Yig'ilgan fotonlar soni | Signal/shovqin nisbati |
|----|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|
|    |                |                       |                       |              |                          |                          |                                     |                         |                        |
|    |                |                       |                       |              |                          |                          |                                     |                         |                        |
|    |                |                       |                       |              |                          |                          |                                     |                         |                        |
|    |                |                       |                       |              |                          |                          |                                     |                         |                        |
|    |                |                       |                       |              |                          |                          |                                     |                         |                        |

Uchta chiziqning to'lqin uzunliklari ( $\lambda$ ) o'lgangandan keyin spektral chiziqni qizilga siljishi hisoblang.  $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$  (qo'zg'almas manba, laboratoriya manbai) va unga asosan galaktikalarning bir-biridan uzoqlashish tezligini  $\beta = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$  hisoblang.

Hisoblash natijalarini jadvalga qayd qiling (IV.2-jadval). Ushbu jadval hisobotda topshiriladi.

IV.2-jadval

Xisobot uchun talabalarga topshiriq jadvali

| No | K(SaII)<br>chiziq<br>( $\lambda = 3933.7$ )<br>bo'yicha<br>siljish $\Delta\lambda$ | H(CaII)<br>chiziq<br>( $\lambda = 3968.5$ )<br>bo'yicha<br>siljish $\Delta\lambda$ | G tasma<br>( $\lambda = 4305$ )<br>bo'yicha<br>siljish $\Delta\lambda$ | K(SaII)<br>chizig'i<br>$g = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$<br>bo'yicha<br>topilgan<br>nuriy tezlik<br>( $\Delta\lambda$ ) km/s | H(CaII)<br>chizig'i<br>$g = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$<br>bo'yicha<br>topilgan<br>nuriy<br>tezlik<br>( $\Delta\lambda$ ) km/s | G tasma<br>$g = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$<br>bo'yicha<br>topilgan<br>nuriy<br>tezlik<br>( $\Delta\lambda$ ) km/s | $g_{\text{sp}}$<br>km/s<br>larda |
|----|--|--|--|--|---|---|----------------------------------|
|    |  |  |  |  |   |   |                                  |
|    |  |  |  |  |   |   |                                  |

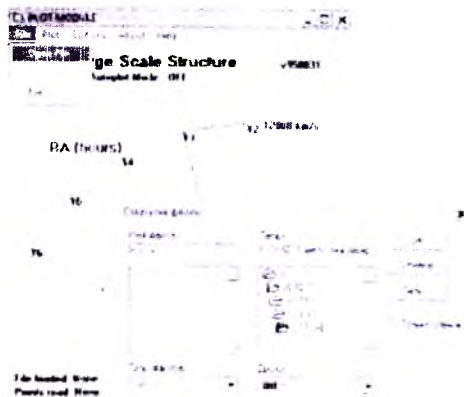
**Ishning ikkinchi qismi «To'g'ri chiqish – tezlik» diagrammasi tuzish.** Barcha o'lachash ishlari olib, kompyuter xotirasiga saqlanganidan so'ng "Return" tugmasi yordamida asosiy oynaga qaytamiz. File → Wedge Plot kontekstlari yordamida "Plot Module" sahifasini ochamiz (IV.12-rasm).



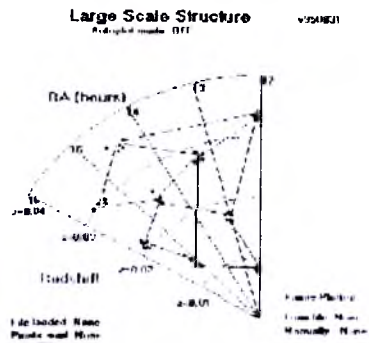
IV.12-rasm. SLEA/LSS kompyuter laboratoriya ishining oxirgi sahifalaridan biri. Unda o'lachash va hisoblash natijalariga asoslab Koimotning katta o'lchamli tuzilishi tasvirlanadi.

Sahifadagi diagramma sektorlardan iborat bo'lib, (RA) yoyi bo'ylab to'g'ri chiqishlar qo'yilgan, ya'ni  $12^h$ ,  $13^h$ ,  $14^h$  va hokazo. Radial yo'nalishda esa galaktika spektrida chiziq'larni qizilga siljishiga mos keladigan tezlik "z" yoki ikkalasi ham qo'yiladi.

Yuqoridagi IV.2-jadvalda keltirilgan bog'lanishlarga asoslanib, osmonning tanlangan ( $\delta=29^{\circ}$  va  $\alpha=12^{\text{h}}-16^{\text{h}}$ ) qismida galaktikalar joylashishining uch o'lchamli ( $(\delta, \alpha, r)$ ) diagrammasi tuziladi. Buning uchun o'lchangan va kompyuter xotirasida saqlangan ma'lumotlar *File*  $\rightarrow$  *Open File* konteksti orqali saqlangan ma'lumotlar kompyuter xotirasidan olinadi (IV.13-rasm).



IV.13-rasm. Bu diagrammada Koinotning tanlangan qismida galaktikalar ma'lum tartibda joylashganligi va ular uyasiimon manzara hosil qilishini talaba ko'radi.



IV.14-rasm. Koinotning katta o'lchamli yacheykasimon tuzilishi diagrammasi.

Bunday manzara kengayayotgan, asta-sekin soviyotgan Koinotning rivojlanish bosqichlaridan biriga mos keladi.

Diagramma qog'ozga chiqarilib, hisobotga qo'shiladi.

# V BOB. RADIO VA RENTGEN TO'LQINLAR DIAPAZONIDA O'LCHASH USULLARI

## V.1-LABORATORIYA ISHI

### MAVZU: Pulsarlar radionurlanishi



**Ishning maqsadi:** pulsatsiyalanuvchi radionurlanish manbalari (pulsarlar) signallarini qayd qilish va tadqiq etish, pulsatsiyalanish davrini va quvvatini aniqlash.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o'ratilgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTUAL Educational Observatory) dasturiy mahsulotining Radio Astronomy of Pulsars bo'limi.



**Adabiyot:** Ushbu kitobning 1-bobining 10-§, I.Sattorov "Astrofizika 2-qism" kitobning 6-bobi.

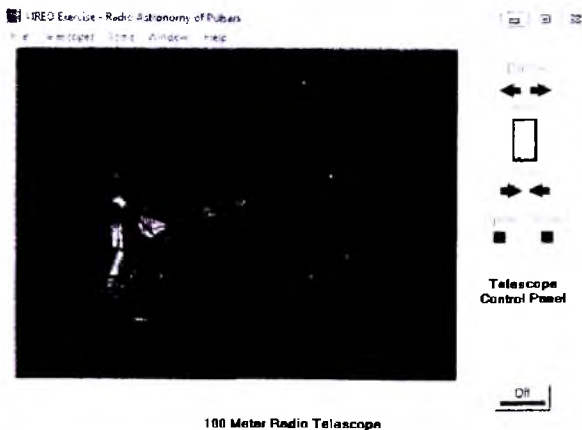


#### Ishni bajarilish tartibi

*Virtual o'quv observatoriyani komp'yuterga o'rnatish.* Agar VO'O dasturi komp'yuterga o'rnatilmagan bo'lsa, avval dastur komp'yuter xotirasiga o'rnatiladi. Dastur kompyuter xotirasidagi *Program Files*→CLEA nomli papkaga joylashtiriladi. Shundan so'ng CLEA→VIREO tugmalari orqali dastur fayllari to'plangan papka ichidan CLEA\_VEO tugmasi orqali VO'O ning PRODUCTION OF CLEA deb nomlangan birinchi sahifasiga kiriladi. Bu sahifaning yuqori chap qismidan *File*→*Login*→*Student Accounting* nomli sahifaga kirib, to'rttagacha talabalarning ismi yoki qisqa taxallusi kiritilishi mumkin. So'ngra, OK→*Program Files*→*Login Completed?* deb nomlangan sahifachaga kirib talabalar ismi "Ok" tugmasi yordamida tasdiqlanadi. Shunda THE VIRTUAL OBSERVATORY deb nomlangan sahifa ochiladi. Bu sahifadan *File*→*Run Exercise* kontekstidan 6-ishni, "Radio Astronomy Pulsars", tanlaymiz va shu nomdagi sahifa ekranda ochiladi. Birozdan keyin uning

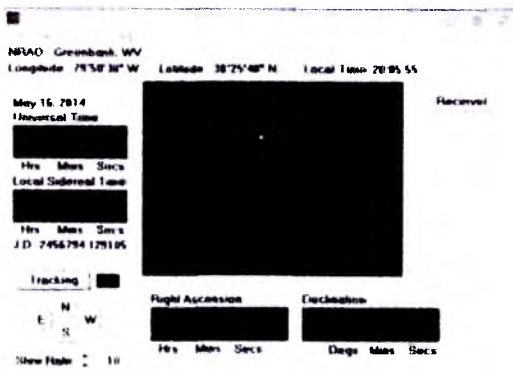


o`rinda qora ekrani bor sahifa chiqadi. Bu sahifada *Telescopes*→*Radio* konteksti tanlanadi. Ekranda radioteleskop antennasi keltirilgan sahifa ochiladi (V.1-rasm).



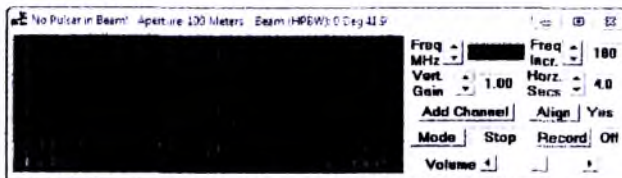
V.1-rasm. Radioteleskopni ishga tushirish uchun bosh sahifaga kirish.

Sahifaning o`ng past burchagidagi “*Off*” tugmachasi yordamida osmon gumbazi tasvirlangan sahifani ochamiz. Bu sahifaning chap pastidagi “*Tracking*” tugmasi yordamida teleskopni tekshirishlarga tayyorlaymiz (V.2-rasm).



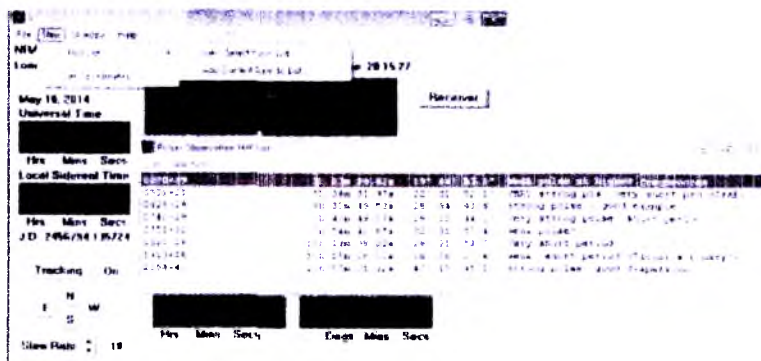
V.2-rasm. Teleskopni tekshirishlarga tayyorlash.

***Kvazarlar signallarini quyd qilish.*** Osmon gumbazidan o`ngda “*Receiver*” (priyomnik) tugmasini tasdiqlash(ishga tushirish) orqali ekranning yuqorisida radio-signalarni yozib oladigan sahifacha chiqariladi (V.3-rasm).



V.3-rasm-radiosignallarni yozib olish uchun priyomnik.

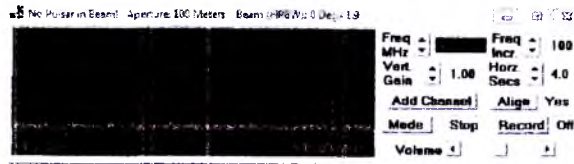
Osmon gumbazi keltirilgan sahifaning chap yuqori burchagida *Slew* → *Hot List* → *View/Select Hot List* konteksti orqali “*Pulsar Observation List*” deb nomlangan sahifa ochiladi, unda 8 pulsar to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan. Shu sahifadan tekshirish uchun kursor yordamida pulsar tanlaymiz (V.4-rasm).



V.4-rasm. Ro‘hxtadan pulsar tanlash.

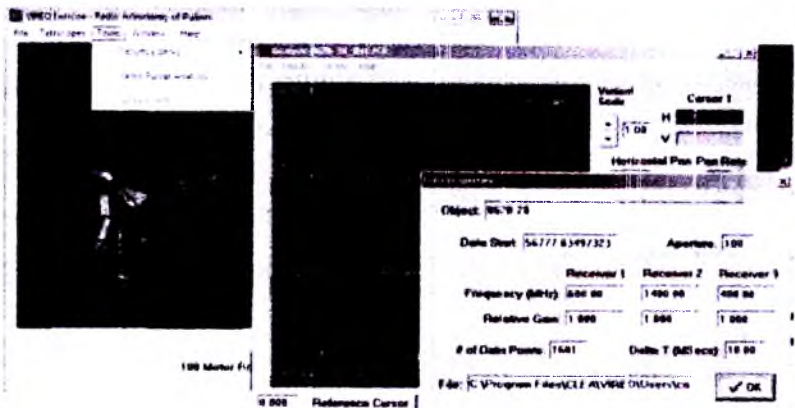
Shundan so‘ng “*Enter Sky Coordinate for Slew*” (teleskopni aylantirish uchun osmon koordinatalarini kiriting) degan yozuv chiqadi. Uni “*OK*” tugmachasini tasdiqlash orqali radioteleskop tanlangan pulsarga yo‘naltiriladi (7-ildovada barcha pulsarlar ro‘yxati keltirilgan). Osmon gumbazining o‘ng yuqorisidagi “*Receiver*” (priyomnik) tugmachasi bosilsa, yuqorida radio signallarni yozib olish uchun sahifa ochiladi, uning o‘ng tomonida qabul qilinayotgan radiosignalning chastotasi (Mgts mega gertslarda) berilgan. Priyomnik 400 dan 1400 Mgts gacha oraliqda signallarni yozib olishi mumkin. Chastota yozuvi ostida signalni kuchaytirish (susaytirish)ga imkon beradigan tugmacha joylashgan (uning yordamida signallarni 0.13, 0.25, 0.50, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00 martagacha kuchaytirish mumkin).

Uning ostida “Add Channal” Add Channel (kanal qo`shish), bir vaqtning o`zida uchta (mas. 400, 600, 1400 Mgts) kanalda yozuv olish mumkin. “Add Channal” ostida “Mode” Mode tugmacha priyomnikni ishga tushuradi (V.5-rasm).



V.5-rasm. Pulsarlardan kelayotgan signallarni qabul qilib olish.

Radio signallar yozib olingach, ularni tahlil qilish zarur: buning uchun bu sahifa bekitiladi va bosh sahifadagi *Tools* → *Radio Pulsar Anajysis* konteksti orqali shu nomdagi oyna ochiladi va kompyuter xotirasiga saqlab olingan yozuvlar chiqariladi (V.6-rasm). Bu yozuvlardan radio signallarning takrorlanish chastotasi, quvvati olinadi.



V.6-rasm. kompyuter xotirasiga saqlab olingan yozuvlarni qayta olish va o`qish.



### Ishni bajarish bo`yicha vazifalar

1. Radioteleskopni o`lchashlarga tayyorlang.
2. Radioteleskopni pulsarni o`lchashga sozlang.
3. Pulsarning pulsatsiyalanish davri va quvvatini aniqlang.

4. Turli chastotalarda olingan yozuvlarni tahlil qiling va xulosalar chiqaring.

### Ishni bajarish bo'yicha hisobot

| Pulsar belgisi | Pulsatsiyalanish davri | Pulsatsiyalanish quvvati | Turli chastotalarda siljish |
|----------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                |                        |                          |                             |
|                |                        |                          |                             |
|                |                        |                          |                             |

## V.2-LABORATORIYA ISHI

### MAVZU: Rentgen nur manbalari



**Ishning maqsadi:** rentgen nur manbalarini optik va radiodiapozonlarda tekshirish. Optik diapozonda bu manbalar spektrini va radiodiapozonda esa ulardan kelayotgan signallarni o'rganish.



**Zarur jihozlar:** Pentium IV rusmidagi shaxsiy komp'yuter va unga o'rnatilgan "Virtual o'quv observatoriya" (VIREO VIRTUAL Educational Observatory) dasturiy mahsulotining "The Quest for Object X" bo'limi.



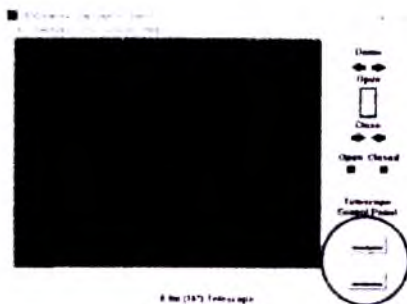
**Adabiyot:** ushbu kitobning 1-bobining 12-§, I.Sattorov "Astrofizika 1-qism" kitobning 2-.7-.4- §.



### Ishni bajarilish tartibi

**Virtual o'quv observatoriyaning komp'yuterga o'rnatish.** Agar VO'O dasturi komp'yuterga o'rnatilmagan bo'lsa, avval dastur komp'yuter xotirasiga o'rnatiladi. Dastur kompyuter xotirasidagi *Program Files*→CLEA nomli papkaga joylashtiriladi. Shundan so'ng CLEA→VIREO tugmalari orqali dastur fayllari to'plangan papka ichidan CLEA\_VEO tugmasi orqali VO'O ning PRODUCTION OF CLEA deb nomlangan birinchi sahifasiga kiriladi. Bu sahifaning yuqori chap qismidan *File*→*Login*→*Student Accounting* nomli sahifaga kirib, to'rttagacha talabalarning

ismi yoki qisqa taxallusi kiritilishi mumkin. So`ngra, *OK* → *Program Files* → *Login Completed?* deb nomlangan sahifaga kirib, talabalar ismi “*Ok*” tugmasi yordamida tasdiqlanadi. Shunda THE VIRTUAL OBSERVATORY deb nomlangan sahifa ochiladi. Ushbu laboratoriya ishida 7- nomdagi “*The Quest for Objects X*” ish tanlanadi. Birozdan so`ng “*VIREO Exercises The Quest for Objects X*” deb nomlangan sahifa ochiladi va uning pastida “*Set Date/Time, ID*” deb nomlangan kichikroq sahifa ochiladi. Buni “*OK*” tugmasi orqali tasdiqlaymiz. Endi *Telescope* → *Optical* va *Radio* so`zlar yozilgan sahifacha ochiladi. Demak, bu ishni optik va radio diapozonlarda bajarish kerak. Optik diapozon uchun “*Access 4.0 Meter*” ni tanlaymiz, chunki bu manb`alar odatda xira manba bo`ladi. Yulduzlar spektrini olishda qo`llanilganga o`xshash sahifa ochiladi. Bu sahifaning farqi uning o`ng pastki tomonida (Telescope Control Panel) “*Optical off*” va “*Radio off*” tugmachalar mavjud (V.7-rasm).



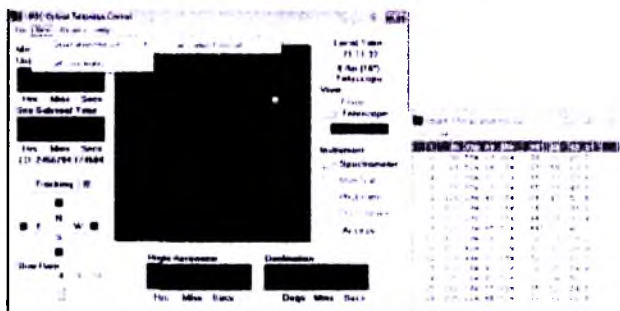
V.7-rasm. Teleskopni ishga tushirish.

Siz yuqorida optik diapozonni tanladingiz, o`ning uchun “*Optical off*” ishchi rejimda, “*Radio off*” esa o`chirilgan. “*Optical off*” tugmasini tasdiqlash orqali “*VIREO Optical Telescope Control*” deb nomlangan sahifaga kiriladi. Ushbu sahifada “*Tracking*” tugmasi yordamida teleskop soat mexanizmiga qo`yiladi. Yulduzlar osmoni nomoyish etilgan sohaning o`ng yuqori tomonidagi “*View*” sohada



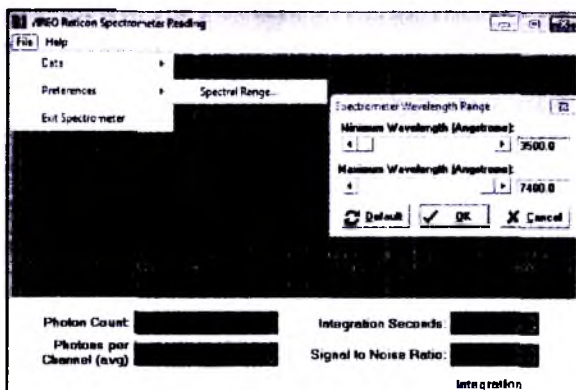
tugmani “*Finder*” dan “*Telescope*” ga qo`yiladi

Sahifaning chap yuqori burchagidagi *Slew*→*Observation Hot List*→*View/Select from List* kontekstlari orqali “*Object X Observation Hot list*” deb nomlangan 16 ta rentgen nur manbalari roʻyxati ochiladi (V.8-rasm).



V.8-rasm. Rentgen nur manbalari roʻyxatini ochish.

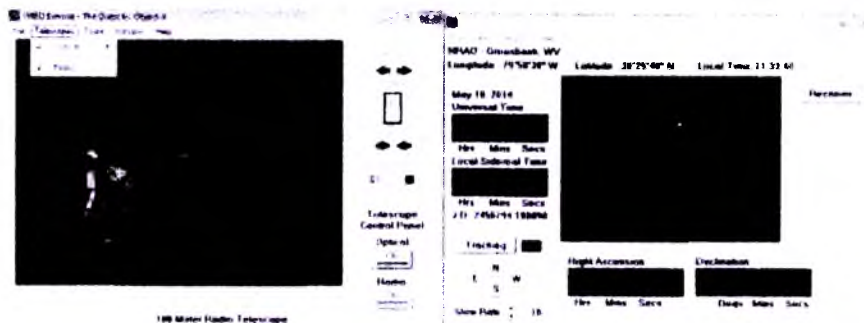
Bu roʻyxatdan berilgan manba tanlanadi va u belgilanadi xamda ekranda shu manbaning koordinatalari kiritilgan sahifacha ochiladi. Agar “OK” tugmachasi tasdiqlansa, teleskop shu manbani axtarishga tushadi. Teleskopga oʻrnatilgan spektrografning kirish tiriqishiga, ushbu koʻrsatilgan koordinatalardagi manba kiritiladi. Sahifaning oʻng past burchagidagi “Access” deb nomlangan tugmacha yordamida manba spektrini yozish uchun sahifa ochiladi. Bu sahifaning chap yuqori burchagidagi *File*→*Preferences* kontekstlari yordamida spektral diapozonni kengaytirish mumkin (V.9-rasm).



V.9-rasm. Spektral diapozonni kengaytirish.

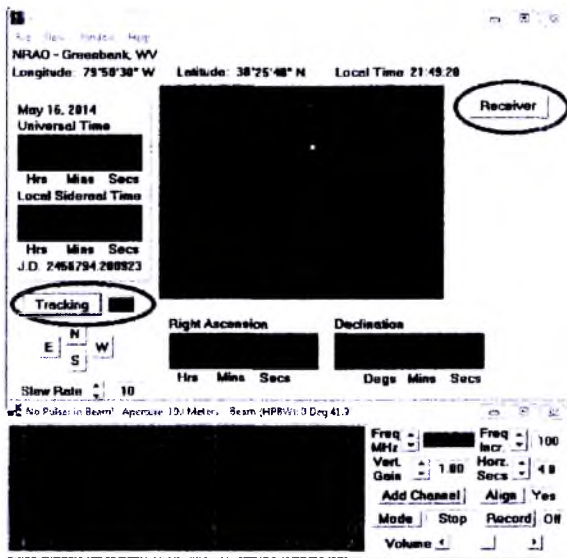
Ayrim rentgen manbalar optik spektri tutash spektrdan iborat, boshqalariniki esa emission chiziqlari bor tutash spektrdan iborat. Shu manbalarning radio nurlanishi impulslardan iborat.

**Rentgen manbani optik va radio diapozonlarda tekshirish.** Bosh sahifadan keyingi sahifada ikkala, optik va radio teleskoplarni belgilab qo'yilsa, keyingi sahifaning o'ng past burchagida, "*Telescope Control Panel*" ostida "*Optical off*" va "*Radio off*" tugmachalar ko'rinadi, demak tanlangan manbani optik va radiodiapozonda tekshirish mumkin. Buning uchun *Telescopes* (Teleskoplar) → *Optical* → *Access 4.0 Merter* va → *Radio* belgilab qo'yiladi (V.10-rasm).



V.10-rasm. Dasturni bir vaqtning o'zida ham optik, ham radioteleskopda ishlashga tayyorlash

Avval optik teleskopda manbaning spektri olinadi. Buning uchun "*Optical off*" ishga tushiriladi. Ekranda yangi sahifa ochiladi, unda yulduzlar osmonining chap tomonidagi "*Tracking*" tugmasi yordamida teleskopga soat mexanizmini ulaymiz va "*Access*" tugmasi yordamida spektrni yozadigan spektrometr ishga tushiriladi (V.10-rasm). Spektral diapozon kengaytirilsa to'g'ri bo'ladi, shundan keyin "*Go*" tugmasini tasdiqlab, spektrometрни ishga tushiramiz. Manbaning optik spektri saqlangandan keyin uning radio signallarini yozishga o'tiladi. Buning uchun bosh sahifaning o'ng pastidagi "*Radio off*" tugmasi ishga tushiriladi va radioteleskop ekranga chiqadi. "*Tracking*" tugmasi faollashtiriladi va "*Receiver*" tugmasi yordamida radio signallarni yozib oluvchi priyomnik ishga tushadi (V.11-rasm).



V.11-rasm. Radio signallarni yozib oluvchi priyomnikni ishga tushirish.

Agar bu sahifadagi “Mode” va “Record” tugmalari faollashtirilsa, rentgen manbadan kelayotgan radio signallar yozila boshlaydi va kompyuter xotirasiga saqlanadi. 20 sekund dovomida yozuv bajarilgandan keyin yana “Mode” tugmasi yordamida sanash to`xtatiladi. Saqlangan radio yozuv va optik spektr tahlil etiladi va manba to`g`risida xulosa chiqariladi.



### Ishning bajarish bo`yicha vazifalar

1. Teleskoplarni kuzatishga sozlang va rentgen manba tanlang.
2. Tanlangan manbaning optik spektrini oling va saqlang.
3. Tanlangan manbaning radio signallarini oling va saqlang.
4. Olingan yozuvlarni tahlil qiling.

### Bajarilgan ish bo`yicha hisobot

| Rentgen belgisi | manba | Manbaning Optik spektri xususiyatlari | Manbaning radio signali xususiyatlari |
|-----------------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                 |       |                                       |                                       |



## TESTLAR

### 1. Astrofizik praktikum nimani o'rganadi?

- a) Osmon yoritgichlari fizik tuzilishini, kimyoviy tarkibini, ularning yuza va ichki qatlamlarida ro'y berayotgan fizik jaryonlar tabiatini va ularni o'lchash usullarunu o'rganadi.
- b) Butun Olam tortishish qonuniga asoslanib, osmon yoritgichlarining harakatini tekshirish usullarini o'rgatadi.
- c) Osmon yoritgichlarini koordinatalarini o'lchash usullarini, ularning ko'rinma va haqiqiy harakatini ajratishni, vaqtni o'lchashni o'rganadi.
- d) Osmon yoritgichlarining faqat kimyoviy tarkibini o'rganadi.

### 2. Astrofizik tekshirishlar qanday bajariladi?

- a) Osmon yoritgichlari sirtiga o'lchash asboblari tushirish va yoritqichning fizik xarakteristikalarini o'zgartirish va o'lchash yo'li bilan bajariladi.
- b) Osmon yoritgichlaridan kelayotgan nurlanish oqimini o'lchash va tahlil qilish yo'li bajariladi.
- c) Osmon yoritgichlaridan namunalar keltirish va uni fizik laboratoriya sharoitida tekshirish yo'li bilan bajariladi.
- d) Osmon yoritgichlarining harakatini tekshirish yo'li bilan bajariladi.

### 3. Astrofizik tekshirishlar fizik eksperimentlardan farq qiladimi?

- a) Har xil asboblarni qo'llashi bilan farq qiladi.
- b) Keng spektral diapozonda tekshirishlar olib borishi bilan farq qiladi.
- c) Osmon yoritgichlarida ro'y berayotgan fizik jarayonni borishiga aralashaolmasligi bilan farq qiladi.
- d) Farq qilmaydi.

### 4. Hozirgi zamun astrofizikasining bo'limlar?

- a) Rentgenastronomiya, radioastronomiya, gammaastronomiya, optik astronomiya.
- b) Astrometriya, osmon mexanikasi, kosmologiya.
- c) Nazariya astronomiya, yulduzlar astronomiyasi, amaliy astrometriya.
- d) Gedeziya, geofizika, gravimetriya

### 5. Birinchi yulduz y kattalikdagi yulduz ko'p yoritadimi yoki ikkinchi kattalikdagimi va necha marta?

- a) Ikkinchi kattalikdagi yulduz birinchi kattalikdagiga qaraganda 2,5 marta ko'p yoritadi.

- b) Birinchi kattalikdagi yulduz ikkinchi kattalikdagiga qaraganda o'n marta ko'p yoritadi.
- c) Birinchi kattalikdagi yulduz ikkinchi kattalikdagiga qaraganda 2,5 marta ko'p yoritadi.
- d) Ikkinchi kattalikdagi yulduz birinchi kattalikdagidan o'n marta ko'p yoritadi.

**6. Yoritilganlik nima va u qanday birliklarda ifodalanadi?**

- a) Yoritqichdan kelayotgan va yuza birligiga tushayotgan oqimni ifodalaydi va 1 lyumen G'l m<sup>2</sup> q l lyuks larda belgilanadi.
- b) Yoritqichdan kelayotgan nurlanish oqimi quvvatini belgilaydi va lyumenlarda ifodalanadi.
- c) Yoritqichning yuza birligidan chiqayotgan va bir fazoviy burchak ichida sochilayotgan oqim quvvatini ifodalaydi hamda ravshanlik birliklari-lambertlarda belgilanadi.
- d) Energiya birligi va u joullarda ifodalanadi.

**7. Absolyut yulduz kattaliklari necha birlikka farq qiladigan ikkita yulduzning yorqinliklari o'n marta farq qiladi.**

- a) Bir birlikka
- b) 2,5 birlikka
- c) Yuz birlikka
- d) O'n birlikka

**8. Yoritqichning osmon ekvatoridan burchak oralig'i:**

- a) Og'ishi
- b) Yulduzning yillik parallaksi
- c) Soat burchagi
- d) Tug'ri chiqishi

**9. Yulduzlarining spektri qanday ko'rinishga ega?**

- a) Yulduzlarning spektri qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan. yorug' gaz tumanliklariniki esa yorug' emission chiziqlardan iborat
- b) Yulduzlarning spektri yorug' emission chiziqlardan, gaz tumanliklariniki esa qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat.
- c) Yulduzlarning spektri emission chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan, gaz tumanliklamiki esa qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat.
- d) Har xil rangdagi emission chiziqlardan iborat.

**10. Yoritqichlarning spektri qanday shakillanadi?**

- a) Uni tashkil etgan atomlar, molekularlar va ionlarni bir energetik holatdan ikkinchisiga sakrab o'tishi yoki elektronni yuqori energiyali ozod holatdan past energiyali ozod holatga

o'tishi natijisida hosil bo'ladi.

- b) Yoritqichni tashkil etgan atomlar, ionlar va molekularlar o'zaro to'qnashishi natijasida energiya ajralib chiqish yo'li bilan.
- c) Yoritgichda moddaning yonishi yoki kimyoviy reaksiyalar natijasida.
- d) Yoritgichda ro'y berayotgan yadro reaksiyalari natijasida.

**11. Issiqlik nurlanishi nima?**

- a) Elektron va ionlarni elektr maydonda tormozlanishi ajraladigan nurlanish.
- b) Atomlar, ionlar va molekularlarning o'zaro to'qnashishi natijasida yuqori energetik holatdan past holatga o'tishi natijasida ajralib chiqadigan energiya issiqlik nurlanishi deb ataladi.
- c) Atomlar, ionlar va molekularlarning yuqori energiyali holatdan past energiyali holatga o'tishi natijasida issiqlik nurlanishi ajralib chiqadi.
- d) Atom, ion va molekularlarda ozod elektronlarni kristalik panjaradagi yuqori energiyali holatdan ozodga o'tishi natijasida sochilayotgan nurlanish issiqlik nurlanishi deb ataladi.

**12. Nurlanish premniklarining qanday turlari mavjud?**

- a) Fotografik emul siya, fotoeffektga asoslangan, issiqlik va radionurlanish priemniklari.
- b) Radiopriemnik, televizor, magnitograf.
- c) Spektrograf, radioteleskop.
- d) Refraktor, reflektor, antenna.

**13. Balmer, Layman va Pashen seriya chiziqlari spektrning mos ravishda qaysi qismlariga tutashadilar?**

- a) Yorug'lik, uzoq ultrabinafsha, infraqizil.
- b) Ultrabinafsha, infraqizil, yorug'lik.
- c) Infraqizil, ultrabinafsha, yorug'lik.
- d) Barcha qismlari.

**14. Balmer seriyasining birinchi chizig'i  $H_{\alpha}$  ( $\lambda=6563 \text{ \AA}$ ) spektrning qaysi qismiga to'g'ri keladi, ikkinchi chizig'i  $H_{\beta}$  ( $\lambda=4861 \text{ \AA}$ )chi?**

- a) Qizil, ko'k.
- b) Binafsha, qizil.
- c) Ko'k, binafsha.
- d) Sariq, ultrabinafsha.

15. Zenitda yuqori kulminatsiyada bo'ladigan yulduzning og'ish burchagi bilan joyning geografik kengligi orasidagi bog'lanishni yozing
- $\varphi = -\delta$
  - $\varphi = 90^\circ - \delta$
  - $\varphi = \delta$
  - $\varphi = 90^\circ + \delta$
16. Geografik kengligi  $\varphi$  bo'lgan joylarda botmaydigan yulduzlarning og'ish burchagi qanday bo'ladi?
- $\delta < 90^\circ - \varphi$
  - $\delta > 90^\circ - \varphi$
  - $\delta = \varphi$
  - $\delta > \varphi$
17. Qancha masofaga keltirilganda yulduz kattaligi absolyut yulduziy kattalik deb ataladi?
- 10 ps
  - 1000 km
  - 100 a.b
  - 10 m
18. Pashen seriyasining birinchi chizig'i  $R_\alpha$  ning to'lqin uzunligi  $\lambda = 18751 \text{ \AA}$ . Bu chiziq spektrning qaysi qismiga to'g'ri keladi?
- Yorug'lik nurlari
  - Ultrabinafsha.
  - Infraqizil.
  - Rentgen.
19. Astrofizik tekshirishlarda teleskop qanday vazifani bajaradi?
- Yoritgichni kattalashtirib ko'rsatish.
  - Yoritqichdan kelayotgan nur dastasini yig'ish va yoritqichning tasvirini hosil qilish.
  - Yoritgichni yaqinlashtirib ko'rsatish.
  - Yoritgichning asliga iloji boricha yaqin va aniq tasvirini hosil qilish.
20. Ob'ektivning diametri katta teleskop yasashda qanday maqsad ko'zda tutiladi?
- Yoritgich tasvirini kattalashtirish.

- b) Yoritgichni yaqinlashtirishni kuchaytirish.
- c) Yoritgichning yorug' va aniq tasvirini hosil qilish.
- d) Yoritgichning tasvirini kichyitirish

**21. Teleskop asoschisi kim?**

- a) Galiley.
- b) Nyuton.
- c) Plank.
- d) Kepler.

**22. Teleskopning optik quvvati nima bilan belgilanadi?**

- a) Berilgan teleskopda qayd qilish mumkin bo'lgan eng xira yulduzning yulduziy kattaligi bilan
- b) Berilgan teleskopda qayd qilish mumkin bo'lgan eng yorug' yulduzning yulduziy kattaligi bilan.
- c) Teleskopning aperturasi bilan.
- d) Teleskopning fokus masofasi bilan.

**23. Yulduzlarning fizik xususiyatlarini tekshirishda asosan qanday teleskoplar qo'llaniladi?**

- a) Reflektorlar.
- b) Refraktorlar
- c) Katadioptrik teleskop tizimlari.
- d) Gamma teleskoplar.

**24. Odatda reflektorning bosh ko'zgusi qanday shaklga ega bo'ladi?**

- a) Botiq parabolik ko'zgu.
- b) Botiq sferik ko'zgu.
- c) Qavariq sferik ko'zgu.
- d) Qabariq parabolik.

**25. Hozirgi zamon astrofizik teleskoplari qanday optik tizimga ega va uning afzalligi nimada?**

- a) Richi-Kret yen tizimi, ko'rish maydoni kengaytirilgan va yorug' tasvir bera oladi.
- b) Nyuton tizimi, ko'rish maydoni keng va katta aperturaga ega.
- c) Kassegren tizimi, ko'rish maydoni tor, biroq katta tasvir bera oladi.

- d) Gregori tizimi, ko'rish maydoni tor, yuqori sifatli tasvir bera oladi.
- 26. Shmidt kamerasida bosh ko'zgu qanday shaklga ega va uni aberratsiyasi qanday bartaraf etilgan?**
- a) Sferik shaklga ega, korreksion plastinka yordamida.
- b) Sferik shaklga ega, menisk yordamida.
- c) Parabolik shaklga ega, afokal tizim yordamida.
- d) Giperbolik shaklga ega, afokal tizim yordamida.
- 27. Maksutov teleskopida bosh ko'zgu qanday shaklga ega va uni aberratsiyasi qanday bartaraf etilgan?**
- a) Sferik shaklga ega, korreksion plastinka yordamida.
- b) Parabolik shaklga ega, fokal optik tizim yordamida.
- c) Sferik shaklga ega, menisk deb ataluvchi yupqa botiq-qabariq linza yordamida.
- d) Giperbolik shaklga ega, fokal optik tizim yordamida.
- 28. Radioteleskopning vazifasi nimadan iborat?**
- a) Kosmik manbalarning radionurlanishini yig'ish va qayd qilish.
- b) Radioto'lqinlar tarqatish.
- c) Radioto'lqinlar qabul qilish.
- d) Kosmik manbalarning infraqizil nurlanishini yig'ish va qayd qilish.
- 29. Fokus masofasi 1 m bo'lgan teleskopda Oy tasvirining diametri qancha bo'ladi?**
- a) 1 mm
- b) 1 m
- c) 10 sm
- d) 9 mm
- 30. Osmon yoritgichlarining radionurlanishi qanday ko'rinishga ega va u optik nurlanishdan kuchlimi yoki kuchsiz?**
- a) Osmon yoritgichlarining (OYo) radionurlanishi alohida-alohida radioto'lqinlardan iborat, kuchsiz.
- b) Osmon yoritgichlari radionurlanishi asosan tutash spektrga ega va optik nurlanishdan, odatda, ancha kuchsiz
- c) Osmon yoritgichlari radionurlanishi asosan tutash spektrga ega, ancha kuchli.
- d) Osmon yoritgichlari chiziqli spektrga ega va optik nurlanishdan ancha kuchli.

**31. Osmon yoritgichlari radionurlanishi qanday qabul qilinadi?**

- a) Osmon yoritgichlari nurlanishi kuchsiz bo'lgani uchun u katta parabolik antenna yordamida keng yuzadan yig'iladi va ma'lum chastotalarda qabul qilinadi va qayd qilinadi
- b) Osmon yoritgichlari radionurlanishi kuchli bo'lgani uchun oddiy antenna yordamida qabul qilinadi va qayd qilinadi.
- c) Osmon yoritgichlari radionurlanishi kuchsiz bo'lgani uchun kuchaytiriladi va qayd qilinadi.
- d) Osmon yoritgichlari radionurlanishi oddiy radiopriyomnik yordamida qabul qilinadi.

**32. Radio teleskop qanday asosiy qismlardan iborat?**

- a) Antenna, priyomnik va qayd qiluvchi qismlar.
- b) Antenna, generator va tarqatgich.
- c) Radiopriyomnik va qayd qiluvchi qism.
- d) Antenna, generator.

**33. Radioteleskopda antenna qanday vazifani bajaradi?**

- a) O'z yuzasiga tushayotgan radionurlanishni yig'adi va o'z fokal tekisligida manbaning radiotasvirini hosil qiladi.
- b) To'liqinni priyomnikka uzatadi.
- c) O'z parabolik sirtiga tushayotgan kosmik radio to'liqlarni yig'adi va bitta yoki bir nechta to'liqlarni priyomniklarga uzatadi.
- d) O'z parabolik sirtiga tushayotgan tovush to'liqlarini yig'adi va priyomnikka uzatadi.

**34. Antennaning qanday turlari qo'llaniladi?**

- a) Gerts dipoli, parabolik antenna, dipollar va parabolik antennalardan iborat sinfaz antenna.
- b) Gerts dipoli, sferik antenna.
- c) Gerts dipoli yoki ulardan tashkil topgan sinfaz antenna.
- d) Sferik, giperbolik antennalar va gerts dipoli.

**35. Yakka dipol antennaning effektiv yuzasi nima teng?**

- a) Bir fazaviy burchakka mos keladigan antenna kuchaytirishining izotrop (dipol) antenna effektiv yuzasiga nisbati bilan.
- b) Antennaning ma'lum yo'nalishdagi ko'ndalang kesimi yuzasi bilan.
- c) Antennaning geometrik yuzasi bilan.
- d) Antenna kuchaytirishining izotrop (dipol) antenna effektiv yuzasiga nisbati bilan.

**36. Gamma teleskop qanday nurlanishni qayd qilishga mo'ljallangan?**

- a) Energiyasi  $>500$  keV
- b) Energiyasi  $\sim 1$  keV
- c) Energiyasi  $>100$  keV
- d) Energiyasi  $<1$  keV

**37. Osmo'ning biror bir chegara ichidagi butun sohasiga ... deb aytiladi.**

- a) Yulduz turkumi.
- b) Yulduz sinfi.
- c) Yulduz to'dasi.
- d) Yulduz guruhi.

**38. Gamma teleskop qanday printsipga asosan ishlaydi?**

- a) Gamma kvantlarni yig'ish va qayd qilish.
- b) Gevger sanoqchisi singari zaryadlarni sanaydi.
- c) Gamma kvantlar hosil qilgan chaqnashlarni sanash.
- d) Foton sanoqchisi singari gamma kvantlarni sanaydi.

**39. Gorizontaldan yuqorida qurollanmagan ko'z bilan nechta yulduzni ko'rish mumkin?**

- a) 5000
- b) 3000
- c) 4000
- d) 6000

**40. Rentgen teleskop qanday nurlanishni qayd qilishga mo'ljallangan?**

- a)  $\lambda > 100 \text{ \AA}$
- b)  $0.1 < \lambda$  (to'lqin uzunligi)  $< 100 \text{ \AA}$ .
- c)  $\lambda < 0.1 \text{ \AA}$
- d)  $100 < \lambda < 1000 \text{ \AA}$

**41. Hozirgi zamon rentgen teleskop qanday ishni bajaradi?**

- a) Rentgen kvantlarni sanaydi.
- b) Rentgen kvantlar hosil qilgan chaqnashlarni sanaydi.
- c) Gevger sanoqchisi singari ishlaydi va rentgen kvantlarni sanaydi.
- d) Rentgen nurlarni yig'adi va osmon yoritqichning rentgen tasvirini hosil qiladi.



**42. Quyosh teleskoplarining aperturasi (optik kuchi) odatda qanday bo'ladi va nega?**

- a)  $DG'F \approx 1:30$ , yuqori darajada ajratilganlik olish maqsadida.
- b)  $DG'F \approx 1:3$ , yorug' tasvir hosil qilish zarur.
- c)  $DG'F \approx 1:10$ , yorug' tasvir hosil qilish zarur.
- d)  $DG'F \approx 1:300$ , yorug'ligini kamaytirish va yuqori kattalashirish zarur bo'lganligi uchun.

**43. Katta Quyosh teleskopining bosh ko'zgusi sirti qanday shaklga ega, nega?**

- a) Sferik ko'zgu bo'lsa ham yarayveradi, chunki kichik aperturali teleskopda aberratsiyalar kuchsiz bo'ladi
- b) Parabolik ko'zgu, sferik aberratsiyasi yo'q.
- c) Giperbolik ko'zgu, sferik va o'qdan tashqi aberratsiyalari kam.
- d) Sferik ko'zgu yaramaydi, chunki uning geometrik aberratsiyalari kuchli.

**44. Fotogeliografda qanday ishlar bajariladi?**

- a) Quyosh atmosferasining fotosfera nomli qatlami suratga olinadi.
- b) Quyosh spektri suratga olinadi.
- c) Quyosh radionurlanishi o'lchanadi.
- d) Quyosh atmosferasi tekshiriladi.

**45. Xromosfera teleskopida qanday ishlar bajariladi?**

- a) Quyosh atmosferasining fotosfera nomli qatlami suratga olinadi.
- b) Quyosh toji suratga olinadi.
- c) Quyosh xromosferasi spektri olinadi va tekshiriladi.
- d) Quyosh atmosferasining xromosfera nomli qatlami suratga olinadi va tekshiriladi.

**46. Koronografda qanday ishlar bajariladi?**

- a) Quyosh xromosfera qatlami suratga olinadi.
- b) Quyosh toji toj spektral chiziqlari nurida suratga olinadi.
- c) Quyosh toji spektri suratga olinadi.
- d) Quyosh toji oq nurda suratga olinadi.

**47. Astrofizik tekshirishlarda nur saralagichlar qanday vazifani bajaradi?**

- a) Yoritqich nurlanishining intensivligini o'lchashni.
- b) Yoritqich nurini kuchaytirishni.
- c) Yoritqich nurlanishining ma'lum spektral diapazonini ajratishni

d) Yoritgich nurini spektrga yoyishni.

**48. Spektrografda kollemator qanday vazifani bajaradi?**

a) Spektrografning kirish tirqishidan kelayotgan nurlarni sochadi.

b) Spektrografning kirish tirqishidan kelayotgan nurlarni yig'adi.

c) Spektrografning kirish tirqishidan kelayotgan nurlarni parallel nurlarga aylantiradi va prizмага (yoki difraktsion panjaraga) tushiradi.

d) Spektrografning kirish tirqishidan kelayotgan nurlarni spektrga yoyadi.

**49. Spektrografda kamera linza qanday vazifani bajaradi?**

a) Prizma (yoki difraktsion panjara)da spektrga yoyilgan nurlarni suratga oladi.

b) Prizma (yoki difraktsion panjara)da spektrga yoyilgan nurlarni kattalashtiradi.

c) Prizma (yoki difraktsion panjara)da spektrga yoyilgan nurlarni kuchaytiradi.

d) Prizma (yoki difraktsion panjara)da spektrga yoyilgan nurlarni yig'adi spektrning tasvirini hosil qiladi.

**50. Prizmalı spektrografda nega oq nur spektrga ajraladi?**

a) Prizmadan o'tayotgan oq nur undan spektrga yoyilgan holda chiqadi, chunki prizmaning

sindirish koeffitsienti to'lqin uzunligiga bog'liq  $n(\lambda) = n_0 + \frac{c}{\lambda - \lambda_0}$

b) Kirish tirqishidan o'tayotganda oq nur difraktsiyalanadi va difraktsiyalangan nurlar interferentsiyalanadi.

c) Linzalardan o'tayotganda oq nur rangli nurlarga ajraladi, chunki linzalarning sindirish koeffitsienti to'lqin uzunligiga bog'liq.

d) Kirish tirqishidan o'tayotganda oq nur difraktsiyalanadi.

## TEST KALITLARI

|          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> |
| a)       | b)       | c)       | a)       | c)       | a)       | b)       | a)       | a)       | a)        |

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>11</b> | <b>12</b> | <b>13</b> | <b>14</b> | <b>15</b> | <b>16</b> | <b>17</b> | <b>18</b> | <b>19</b> | <b>20</b> |
| b)        | a)        | a)        | a)        | c)        | b)        | a)        | c)        | b)        | c)        |

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>21</b> | <b>22</b> | <b>23</b> | <b>24</b> | <b>25</b> | <b>26</b> | <b>27</b> | <b>28</b> | <b>29</b> | <b>30</b> |
| a)        | a)        | a)        | a)        | a)        | a)        | c)        | a)        | d)        | b)        |

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>31</b> | <b>32</b> | <b>33</b> | <b>34</b> | <b>35</b> | <b>36</b> | <b>37</b> | <b>38</b> | <b>39</b> | <b>40</b> |
| a)        | a)        | c)        | a)        | a)        | a)        | a)        | c)        | d)        | b)        |

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>41</b> | <b>42</b> | <b>43</b> | <b>44</b> | <b>45</b> | <b>46</b> | <b>47</b> | <b>48</b> | <b>49</b> | <b>50</b> |
| d)        | a)        | a)        | a)        | d)        | b)        | c)        | c)        | a)        | a)        |

# ILOVALAR

1-ilova

**Plank funksiyasi qiymatlari jadvali**

| $\lambda T$<br>sm·grad | $x = c_2/\lambda T$ | $\frac{F_0 - \lambda}{F - c_0}$      | $\frac{F_\lambda}{F}$                | $\frac{N_0 - \lambda}{N - c_0}$   | $\frac{N_\lambda}{N_{\lambda_0}}$ | $\frac{F_\lambda}{F}$                |
|------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
|                        | Katta $x$           | $\frac{x^5 e^{-x}}{5 \cdot 10^{33}}$ | $\frac{x^5 e^{-x}}{5 \cdot 10^{31}}$ | $\frac{x^5 e^{-x}}{2 \cdot 10^4}$ | $\frac{x^5 e^{-x}}{4 \cdot 10^0}$ | $\frac{x^5 e^{-x}}{1 \cdot 10^{14}}$ |
| 0,00                   | ↑                   | ↑                                    | ↑                                    | ↑                                 | ↑                                 | ↑                                    |
| 0,01                   | 143,883             | 0,0 <sup>56</sup> 16                 | 0,0 <sup>53</sup> 95                 | 0,0 <sup>58</sup> 31              | 0,0 <sup>54</sup> 29              | 0,0 <sup>56</sup> 68                 |
| 0,02                   | 71,942              | 0,0 <sup>26</sup> 37                 | 0,0 <sup>23</sup> 52                 | 0,0 <sup>27</sup> 14              | 0,0 <sup>24</sup> 32              | 0,0 <sup>25</sup> 15                 |
| 0,03                   | 47,961              | 0,0 <sup>16</sup> 27                 | 0,0 <sup>13</sup> 18                 | 0,0 <sup>17</sup> 15              | 0,0 <sup>14</sup> 16              | 0,0 <sup>18</sup> 12                 |
| 0,04                   | 35,971              | 0,0 <sup>11</sup> 19                 | 0,0 <sup>9</sup> 678                 | 0,0 <sup>12</sup> 14              | 0,0 <sup>10</sup> 84              | 0,0 <sup>11</sup> 78                 |
| 0,05                   | 28,777              | 0,0 <sup>8</sup> 130                 | 0,0 <sup>6</sup> 296                 | 0,0 <sup>9</sup> 117              | 0,0 <sup>7</sup> 456              | 0,0 <sup>8</sup> 53                  |
| 0,055                  | 26,161              | 0,0 <sup>7</sup> 135                 | 0,0 <sup>5</sup> 251                 | 0,0 <sup>8</sup> 134              | 0,0 <sup>6</sup> 426              | 0,0 <sup>7</sup> 548                 |
| 0,06                   | 23,980              | 0,0 <sup>7</sup> 929                 | 0,0 <sup>4</sup> 144                 | 0,0 <sup>7</sup> 100              | 0,0 <sup>5</sup> 266              | 0,0 <sup>6</sup> 373                 |
| 0,065                  | 22,136              | 0,0 <sup>6</sup> 467                 | 0,0 <sup>4</sup> 610                 | 0,0 <sup>7</sup> 543              | 0,0 <sup>4</sup> 122              | 0,0 <sup>5</sup> 186                 |
| 0,07                   | 20,555              | 0,0 <sup>8</sup> 184                 | 0,0 <sup>3</sup> 205                 | 0,0 <sup>6</sup> 229              | 0,0 <sup>4</sup> 442              | 0,0 <sup>6</sup> 723                 |
| 0,075                  | 19,184              | 0,0 <sup>5</sup> 594                 | 0,0 <sup>3</sup> 571                 | 0,0 <sup>6</sup> 791              | 0,0 <sup>3</sup> 132              | 0,0 <sup>4</sup> 231                 |
| 0,08                   | 17,985              | 0,0 <sup>4</sup> 164                 | 0,00137                              | 0,0 <sup>5</sup> 232              | 0,0 <sup>3</sup> 338              | 0,0 <sup>4</sup> 633                 |
| 0,085                  | 16,927              | 0,0 <sup>4</sup> 399                 | 0,00292                              | 0,0 <sup>5</sup> 597              | 0,0 <sup>3</sup> 765              | 0,0 <sup>3</sup> 152                 |
| 0,09                   | 15,987              | 0,0 <sup>4</sup> 870                 | 0,00562                              | 0,0 <sup>4</sup> 137              | 0,00156                           | 0,0 <sup>3</sup> 328                 |
| 0,095                  | 15,146              | 0,0 <sup>3</sup> 173                 | 0,00994                              | 0,0 <sup>4</sup> 288              | 0,00291                           | 0,0 <sup>3</sup> 646                 |
| 0,10                   | 14,388              | 0,0 <sup>3</sup> 321                 | 0,01640                              | 0,0 <sup>4</sup> 558              | 0,00506                           | 0,00118                              |
| 0,11                   | 13,080              | 0,0 <sup>3</sup> 911                 | 0,03767                              | 0,0 <sup>3</sup> 173              | 0,01278                           | 0,00328                              |
| 0,12                   | 11,990              | 0,00213                              | 0,07253                              | 0,0 <sup>3</sup> 438              | 0,02684                           | 0,00752                              |
| 0,13                   | 11,068              | 0,00432                              | 0,12225                              | 0,0 <sup>3</sup> 951              | 0,04898                           | 0,01488                              |
| 0,14                   | 10,277              | 0,00779                              | 0,18606                              | 0,00183                           | 0,08030                           | 0,02628                              |
| 0,15                   | 9,592               | 0,01285                              | 0,26147                              | 0,00321                           | 0,12091                           | 0,04239                              |
| 0,16                   | 8,993               | 0,01971                              | 0,34488                              | 0,00522                           | 0,17011                           | 0,06361                              |
| 0,17                   | 8,464               | 0,02853                              | 0,43231                              | 0,00795                           | 0,22656                           | 0,09001                              |
| 0,18                   | 7,994               | 0,03933                              | 0,51993                              | 0,01150                           | 0,28851                           | 0,12137                              |
| 0,19                   | 7,573               | 0,05210                              | 0,60440                              | 0,01594                           | 0,35402                           | 0,15720                              |
| 0,20                   | 7,194               | 0,06672                              | 0,68310                              | 0,02129                           | 0,42117                           | 0,19686                              |
| 0,22                   | 6,540               | 0,10087                              | 0,81632                              | 0,03478                           | 0,55363                           | 0,28467                              |
| 0,24                   | 5,995               | 0,14024                              | 0,91215                              | 0,05179                           | 0,67487                           | 0,37854                              |
| 0,26                   | 5,534               | 0,18310                              | 0,97090                              | 0,07192                           | 0,77819                           | 0,47286                              |
| 0,28                   | 5,139               | 0,22787                              | 0,99713                              | 0,09461                           | 0,86070                           | 0,56323                              |
| 0,30                   | 4,796               | 0,27320                              | 0,99717                              | 0,11930                           | 0,92220                           | 0,64658                              |

|      |            |                     |                      |               |                      |                      |
|------|------------|---------------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| 0,32 | 4,496      | 0,31807             | 0,97740              | 0,14541       | 0,96420              | 0,72110              |
| 0,34 | 4,232      | 0,36170             | 0,94358              | 0,17243       | 0,98901              | 0,78587              |
| 0,36 | 3,997      | 0,40327             | 0,90046              | 0,19994       | 0,99933              | 0,84078              |
| 0,38 | 3,786      | 0,44334             | 0,85177              | 0,22756       | 0,99781              | 0,88615              |
| 0,40 | 3,597      | 0,48084             | 0,80032              | 0,25500       | 0,98686              | 0,92258              |
| 0,45 | 3,197      | 0,56428             | 0,67164              | 0,32147       | 0,93174              | 0,97990              |
| 0,50 | 2,878      | 0,63370             | 0,55493              | 0,38328       | 0,85534              | 0,99951              |
| 0,55 | 2,616      | 0,69086             | 0,45572              | 0,43953       | 0,77269              | 0,99321              |
| 0,60 | 2,398      | 0,73777             | 0,37399              | 0,49009       | 0,69175              | 0,97001              |
| 0,65 | 2,214      | 0,77630             | 0,30764              | 0,53525       | 0,61645              | 0,93645              |
| 0,7  | 2,0555     | 0,80806             | 0,25411              | 0,57542       | 0,54835              | 0,89708              |
| 0,8  | 1,7985     | 0,85624             | 0,17610              | 0,64299       | 0,43428              | 0,81196              |
| 0,9  | 1,5987     | 0,88998             | 0,12481              | 0,69665       | 0,34629              | 0,72838              |
| 1,0  | 1,4388     | 0,91415             | 0,09045              | 0,73963       | 0,27883              | 0,65166              |
| 1,1  | 1,3080     | 0,93184             | 0,06692              | 0,77442       | 0,22692              | 0,58337              |
| 1,2  | 1,1990     | 0,94505             | 0,05045              | 0,80287       | 0,18664              | 0,52343              |
| 1,3  | 1,1068     | 0,95509             | 0,03869              | 0,82640       | 0,15506              | 0,47112              |
| 1,4  | 1,0277     | 0,96285             | 0,03013              | 0,84603       | 0,13005              | 0,42552              |
| 1,5  | 0,9592     | 0,96893             | 0,02380              | 0,86257       | 0,11004              | 0,38574              |
| 1,6  | 0,8993     | 0,97376             | 0,01903              | 0,87662       | 0,09386              | 0,35095              |
| 1,7  | 0,8464     | 0,97765             | 0,01539              | 0,88864       | 0,08065              | 0,32042              |
| 1,8  | 0,7994     | 0,98081             | 0,01258              | 0,89901       | 0,06978              | 0,29354              |
| 1,9  | 0,7573     | 0,98340             | 0,01037              | 0,90801       | 0,06076              | 0,26979              |
| 2,0  | 0,7194     | 0,98555             | 0,00863              | 0,91587       | 0,05321              | 0,24871              |
| 2,5  | 0,5755     | 0,99216             | 0,00383              | 0,94339       | 0,02950              | 0,17237              |
| 3,0  | 0,4796     | 0,99529             | 0,00194              | 0,95936       | 0,01799              | 0,12611              |
| 3,5  | 0,4111     | 0,99695             | 0,00109              | 0,96943       | 0,01175              | 0,09612              |
| 4,0  | 0,3597     | 0,99792             | 0,0 <sup>3</sup> 656 | 0,97618       | 0,00809              | 0,07564              |
| 5    | 0,2878     | 0,99890             | 0,0 <sup>3</sup> 279 | 0,98438       | 0,00430              | 0,05028              |
| 6    | 0,2398     | 0,99935             | 0,0 <sup>3</sup> 138 | 0,98898       | 0,00255              | 0,03580              |
| 7    | 0,2055     | 0,99959             | 0,0 <sup>4</sup> 758 | 0,99181       | 0,00164              | 0,02677              |
| 8    | 0,1799     | 0,99972             | 0,0 <sup>4</sup> 450 | 0,99368       | 0,00111              | 0,02077              |
| 9    | 0,1599     | 0,99980             | 0,0 <sup>4</sup> 284 | 0,99496       | 0,0 <sup>3</sup> 788 | 0,01658              |
| 10   | 0,1439     | 0,99985             | 0,0 <sup>4</sup> 188 | 0,99590       | 0,0 <sup>3</sup> 579 | 0,01354              |
| 15   | 0,0959     | 0,9 <sup>4</sup> 55 | 0,0 <sup>3</sup> 380 | 0,99815       | 0,0 <sup>3</sup> 176 | 0,00617              |
| 20   | 0,0719     | 0,9 <sup>4</sup> 80 | 0,0 <sup>3</sup> 122 | 0,99895       | 0,0 <sup>4</sup> 751 | 0,00351              |
| 30   | 0,0480     | 0,9 <sup>5</sup> 43 | 0,0 <sup>6</sup> 244 | 0,99953       | 0,0 <sup>4</sup> 225 | 0,00158              |
| 40   | 0,0360     | 0,9 <sup>5</sup> 75 | 0,0 <sup>7</sup> 776 | 0,99974       | 0,0 <sup>5</sup> 956 | 0,0 <sup>3</sup> 894 |
| 50   | 0,0288     | 0,9 <sup>5</sup> 88 | 0,0 <sup>7</sup> 319 | 0,99983       | 0,0 <sup>5</sup> 491 | 0,0 <sup>3</sup> 574 |
| 100  | 0,0144     | 0,9 <sup>6</sup> 85 | 0,0 <sup>8</sup> 201 | 0,99996       | 0,0 <sup>6</sup> 619 | 0,0 <sup>3</sup> 144 |
|      | Kichik $x$ | 1-0,0513 $x^3$      | 0,0472 $x^4$         | 1-0,208 $x^2$ | 0,2092 $x^3$         | 0,7035 $x^2$         |

## Kimyoviy elementlar spektral chiziqlari

| Atom                   | O' tish             | Multiplet |             |             | Chiziq                      |               |              |
|------------------------|---------------------|-----------|-------------|-------------|-----------------------------|---------------|--------------|
|                        |                     | №         | Belgisi     | gf          | J                           | $\lambda$ , Å | gf           |
| H I<br>Layman seriyasi | $L\alpha$ $1s-2p$   | 1 u       | $^2S-^2p^0$ | 0,8323      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 1215          | 0,5549       |
|                        | $L\beta$ $1s-2p$    | 2u        | $^2S-^2p^0$ | 0,1582      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 1025          | 0,1055       |
|                        | $L\gamma$ $1s-2p$   | 3u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0580      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 972           | 0,0387       |
|                        | $L\delta$ $1s-2p$   | 4u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0279      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 949           | 0,0186       |
|                        | $L\epsilon$ $1s-2p$ | 5u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0156      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 937           | 0,0104       |
|                        | $L\zeta$ $1s-2p$    | 6u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0096      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 930           | 0,0064       |
|                        | $L\eta$ $1s-2p$     | 7u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0064      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 926           | 0,0043       |
|                        | $L\theta$ $1s-2p$   | 8u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0044      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 923           | 0,0029       |
|                        | $L\tau$ $1s-2p$     | 9u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0032      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 920           | 0,0021       |
|                        | $L\gamma$ $1s-2p$   | 10u       | $^2S-^2p^0$ | 0,0024      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 919           | 0,0016       |
|                        | $L\lambda$ $1s-2p$  | 11u       | $^2S-^2p^0$ | 0,0018      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 918           | 0,0012       |
|                        | Chegaraviy $s-np$   |           |             | $3,2n^{-3}$ | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 912           | $2,1 n^{-3}$ |
|                        | Summa               |           |             | 1,1282      |                             |               |              |
|                        | Kontinuium $1s$     |           |             | 0,8178      |                             |               |              |
| H I<br>Balmer seriyasi | $2s-3p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,8697      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 6562          | 0,5798       |
|                        | $2p-3s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0815      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 6562          | 0,0543       |
|                        | $2p-3d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 4,1747      | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 6562          | 2,5048       |
|                        | H $\alpha$          | I         |             | 5,1260      |                             | 6562          |              |
|                        | $2s-4p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,2055      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 4861          | 0,1370       |
|                        | $2p-4s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0183      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 4861          | 0,0122       |
|                        | $2p-4d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,7308      | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 4861          | 0,4385       |
|                        | H $\beta$           | I         |             | 0,9546      |                             | 4861          |              |
|                        | $2s-5p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0839      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 4340          | 0,0559       |
|                        | $2p-5s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0073      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 4340          | 0,0049       |
|                        | $2p-5d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,2262      | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 4340          | 0,1597       |
|                        | H $\gamma$          | I         |             | 0,3573      |                             | 4340          |              |
|                        | $2s-6p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0432      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 4101          | 0,0288       |
|                        | $2p-6s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0037      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 4101          | 0,0025       |
|                        | $2p-6d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,1298      | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 4101          | 0,0778       |
|                        | H $\delta$          | I         |             | 0,1767      |                             | 4101          |              |
|                        | $2s-7p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0255      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 3970          | 0,0170       |
|                        | $2p-7s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0022      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 3970          | 0,0015       |
|                        | $2p-7d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,0740      | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 3970          | 0,0444       |
|                        | H $\epsilon$        | I         |             | 0,1016      |                             | 3970          |              |
|                        | $2s-8p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0164      | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 3889          | 0,0108       |
|                        | $2p-8s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0014      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 3889          | 0,0009       |
|                        | $2p-8d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,0465      | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 3889          | 0,0279       |
|                        | H $\zeta$           | 2         |             | 0,0643      |                             | 3889          |              |
| H $\eta$ n=9           | 2                   |           | 0,0434      |             | 3835                        |               |              |
| H $\theta$ n=10        | 2                   |           | 0,0308      |             | 3797                        |               |              |
| H $\tau$ n=11          | 2                   |           | 0,0227      |             | 3770                        |               |              |

|                |   |       |             |              |                               |                             |              |
|----------------|---|-------|-------------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------|
|                | Hy n=12   | 2     |             | 0,0172       |                               | 3750                        |              |
|                | Chegaraviy 2s-np  |       | $^2S-^2p^0$ | $7,4n^{-3}$  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 3646                        | $4,9n^{-3}$  |
|                | 2p-ns   |       | $^2p^0-^2S$ | $0,7n^{-3}$  | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$    | 3646                        | $0,5n^{-3}$  |
|                | 2p-nd   |       | $^2p^0-^2D$ | $19,8n^{-3}$ | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$  | 3646                        | $11,8n^{-3}$ |
|                | H (n)   |       |             | $28 n^{-3}$  |                               | 3646                        |              |
|                | To'la 2s-np   |       | $^2S-^2p^0$ | 1,27         | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   |                             | 0,85         |
|                | 2p-ns   |       | $^2p^0-^2S$ | 0,12         | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$    |                             | 0,08         |
|                | 2p-nd   |       | $^2p^0-^2D$ | 5,54         | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$  |                             | 3,35         |
|                | Summa   |       |             | 6,93         |                               |                             |              |
|                | Kontinuum 2s-p  |       |             | 0,724        |                               |                             |              |
|                | 2p-s  |       |             | 0,048        |                               |                             |              |
|                | 2p-d  |       |             | 1,128        |                               |                             |              |
|                | Balmerniki  |       |             | 1,909        |                               |                             |              |
| Pashe seriyasi | 3s-4p   |       | $^2S-^2p^0$ | 0,970        | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 18 751                      | 0,647        |
|                | 3p-4s   |       | $^2p^0-^2S$ | 0,19         | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$    | 18 751                      | 0,128        |
|                | 3p-4d   |       | $^2p^0-^2D$ | 3,72         | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$  | 18 751                      | 2,23         |
|                | 3d-4p   |       | $^2D-^2p^0$ | 0,110        | $2 \frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$ | 18 751                      | 0,066        |
|                | 3d-4f   |       | $^2D-^2p^0$ | 10,16        | $2 \frac{1}{2}-3 \frac{1}{2}$ | 18 751                      | 8,80         |
|                | P $\alpha$  |       |             | 15,158       |                               | 18 751                      |              |
|                | 3s-5p   |       | $^2S-^2p^0$ | 0,242        |                               | 12 818                      | 0,61         |
|                | 3p-5s   |       | $^2p^0-^2S$ | 0,043        |                               | 12 818                      | 0,029        |
|                | 3p-5d   |       | $^2p^0-^2D$ | 0,835        |                               | 12 818                      | 0,500        |
|                | 3d-5p   |       | $^2D-^2p^0$ | 0,022        |                               | 12 818                      | 0,013        |
|                | 3d-5f   |       | $^2D-^2p^0$ | 1,565        |                               | 12 818                      | 0,894        |
|                | P $\beta$   | 8     |             | 2,710        |                               | 12 818                      |              |
|                | P $\gamma$  | 8     |             | 1,005        |                               | 10 938                      |              |
|                | P $\delta$  | 8     |             | 0,494        |                               | 10 049                      |              |
|                | P $\epsilon$  | 8     |             | 0,289        |                               | 9 545                       |              |
|                | P $\zeta$   | 8     |             | 0,184        |                               | 9229                        |              |
|                | P $\eta$  | 8     |             | 0,126        |                               | 9 014                       |              |
|                | P $\theta$  | 8     |             | 0,090        |                               | 8 862                       |              |
|                | Breket seriyasi   | 4s-5p |             | $^2S-^2p^0$  | 1,09                          | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$ | 40 512       |
| 4p-5s          |   |       | $^2p^0-^2S$ | 0,318        | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$    | 40 512                      | 0,212        |
| 4p-5d          |   |       | $^2p^0-^2D$ | 3,66         | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$  | 40 512                      | 2,20         |
| 4d-5p          |   |       | $^2D-^2p^0$ | 0,273        | $2 \frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$ | 40 512                      | 0,164        |
| 4d-5f          |   |       | $^2D-^2p^0$ | 8,90         | $2 \frac{1}{2}-3 \frac{1}{2}$ | 40 512                      | 5,09         |
| 4f-5d          |   |       | $^2F^0-^2D$ | 0,124        | $3 \frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 40 512                      | 0,071        |
| 4f-5g          |   |       | $^2F^0-^2G$ | 18,83        | $3 \frac{1}{2}-4 \frac{1}{2}$ | 40 512                      | 10,45        |
| B $\alpha$     |   |       |             | 33,21        |                               | 40 512                      |              |
| B $\beta$      |   |       |             | 5,74         |                               | 26 252                      |              |
| B $\gamma$     |   |       |             | 2,10         |                               | 21 656                      |              |
| B $\delta$     |   |       |             | 1,03         |                               | 19 445                      |              |
| He II          | Vodorodsimon ionlar uchun g-f va gf chiziqlar shu kabi vodorod chiziqlarining singari |       |             |              |                               |                             |              |
| Li III         |   |       |             |              |                               |                             |              |
| Be IV          |   |       |             |              |                               |                             |              |
| B V            |   |       |             |              |                               |                             |              |

|             |                 |             |             |       |                               |        |       |
|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------|-------------------------------|--------|-------|
| He I        | $1s^2-1s2p$     | 2u          | $^1S-^1p^0$ | 0,276 | 0-1                           | 584    | 0,276 |
|             | $1s^2-1s3p$     | 3u          | $^1S-^1p^0$ | 0,073 | 0-1                           | 537    | 0,073 |
|             | $1s^2-1s4p$     | 4u          | $^1S-^1p^0$ | 0,030 | 0-1                           | 522    | 0,030 |
|             | $1s2s-1s2p$     | 1           | $^2S-^3p^0$ | 1,62  | 1-2                           | 10 830 | 0,90  |
|             |                 |             | $^1S-^1p^0$ | 0,376 | 0-1                           | 20 581 | 0,376 |
|             | $1s2s-1s3p$     | 2           | $^3S-^3p^0$ | 0,193 | 1-2                           | 3 888  | 0,107 |
|             |                 |             | $^1S-^1p^0$ | 0,151 | 0-1                           | 5 015  | 0,151 |
|             | $1s2s-1s4p$     | 3           | $^3S-^3p^0$ | 0,069 | 1-2                           | 3 187  | 0,39  |
|             |                 |             | $^1S-^1p^0$ | 0,051 | 0-1                           | 3 964  | 0,051 |
|             | $1s2p-1s3s$     | 10          | $^3p^0-^3S$ | 0,624 | 2-1                           | 7 065  | 0,247 |
|             |                 |             | $^1p^0-^1S$ | 0,144 | 1-0                           | 7 281  | 0,144 |
|             | $1s2p-1s4s$     | 12          | $^3p^0-^3S$ | 0,106 | 2-1                           | 4 713  | 0,059 |
|             |                 |             | $^1p^0-^1S$ | 0,025 | 1-0                           | 5 047  | 0,025 |
| $1s2p-1s3d$ | 11              | $^3p^0-^3D$ | 5,48        | 2-3   | 5 875                         | 2,56   |       |
|             |                 | $^1p^0-^1D$ | 2,13        | 1-2   | 6 678                         | 2,13   |       |
| He I        | $1s2p-1s4d$     | 14          | $^3p^0-^3D$ | 1,12  | 2-3                           | 4 471  | 0,52  |
|             |                 |             | $^1p^0-^1D$ | 0,36  | 1-2                           | 4 921  | 0,36  |
|             | $1s2p-1s5d$     | 18          | $^3p^0-^3D$ | 0,427 | 2-3                           | 4 026  | 0,199 |
|             |                 |             | $^1p^0-^1D$ | 0,131 | 1-2                           | 4 387  | 0,131 |
|             | $1s3s-1g3p$     |             | $^3S-^3p^0$ | 2,69  | 1-2                           | 42 947 | 1,50  |
|             |                 |             | $^1S-^1p^0$ | 0,629 | 0-1                           | 74 351 | 0,629 |
|             | $1s3s-1s4p$     |             | $^3S-^3p^0$ | 0,129 | 1-2                           | 12 528 | 0,072 |
| $^1S-^1p^0$ |                 |             | 0,140       | 0-1   | 15 083                        | 0,140  |       |
| Li I        | $2s-2p$         | 1           | $^2S-^2p^0$ | 1,51  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 6 707  | 1,00  |
| Be II       | $2s-2p$         | 1           | $^2S-^2p^0$ | 1,01  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 3 130  | 0,67  |
| C I         | $2p3s-2p3p$     | 1           | $^3p^0-^3D$ | 4,5   | 2-3                           | 10 691 | 2,1   |
|             |                 |             | $^1p^0-^1S$ | 0,33  | 1-0                           | 8 335  | 0,33  |
|             | $2p3s-2p4p$     | 4           | $^3p^0-^3D$ | 0,023 | 2-3                           | 5 041  | 0,011 |
|             |                 |             | $^3p^0-^3P$ | 0,05  | 2-2                           | 4 771  | 0,020 |
|             |                 | 11          | $^1p^0-^1P$ | 0,021 | 1-1                           | 5 380  | 0,021 |
|             |                 |             | $^1p^0-^1D$ | 0,033 | 1-2                           | 5 052  | 0,033 |
|             |                 | 13          | $^1p^0-^1S$ | 0,016 | 1-0                           | 4 932  | 0,016 |
| C II        | $2s^22p-2s2p^2$ | 1u          | $^2p^0-^2D$ | 1,6   | $1 \frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 1 335  | 1,0   |
|             | $2p-3s$         | 4u          | $^2p^0-^2S$ | 0,27  | $1 \frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$ | 858    | 0,18  |
|             | $2p-3d$         | 5u          | $^2p^0-^2D$ | 1,5   | $1 \frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 687    | 0,9   |
|             | $2s-3p$         | 2           | $^2S-^2p^0$ | 1,8   | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 6 578  | 1,2   |
|             | $3p-4s$         | 4           | $^2p^0-^2S$ | 0,86  | $1 \frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 3 920  | 0,57  |
|             | $3p-3d$         | 3           | $^2p^0-^2D$ | 3,5   | $1 \frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 7 234  | 2,1   |
|             | $3d-4f$         | 6           | $^2D-^2p^0$ | 9,4   | $2 \frac{1}{2}-3 \frac{1}{2}$ | 4 267  | 5,4   |
| C III       | $2s^2-2s2p$     | 1u          | $^1S-^1p^0$ | 0,8   | 0-1                           | 977    | 0,8   |
|             | $2s^2-2s3p$     | 2u          | $^1S-^1p^0$ | 0,26  | 0-1                           | 386    | 0,26  |
|             | $2s^2-2s3p$     | 1           | $^2S-^2p^0$ | 2,3   | 1-2                           | 4 647  | 1,3   |
| C IV        | $2s-2p$         | 1u          | $^2S-^2p^0$ | 0,57  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 1 549  | 0,38  |
|             | $2s-3p$         | 2u          | $^2S-^2p^0$ | 0,40  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 312    | 0,27  |
|             | $3s-3p$         | 1           | $^2S-^2p^0$ | 0,96  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 5 804  | 0,64  |



|       |                   |    |               |       |                             |       |       |
|-------|-------------------|----|---------------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| C V   | $1s^2-1s1p$       |    | $^2S-^1p^0$   | 0,65  | 0-1                         | 40    | 0,65  |
| N I   | $2p^23s-2p^23p$   | 1  | $^4p-^4D^0$   | 4,3   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 8 680 | 1,7   |
|       |                   | 8  | $^2p-^2p^0$   | 1,90  | $1\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 8 629 | 1,07  |
|       | $2p^23s-2p^24p$   | 6  | $^4p-^4S^0$   | 0,025 | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 4 151 | 0,014 |
| N II  | $2s^22p^2-2s2p^2$ | 1u | $^3p-^3D^0$   | 1,5   | 2-3                         | 1 085 | 0,7   |
|       | $2p3s-2p3p$       | 3  | $^3p^0-^3D$   | 4,1   | 2-3                         | 5 679 | 1,9   |
|       |                   | 12 | $^1p^0-^1D$   | 1,9   | 1-2                         | 3 995 | 1,9   |
|       | $2p3p-2p3d$       | 19 | $^3D-^3p^0$   | 9,5   | 3-4                         | 5 004 | 4,1   |
| N III | $2s^22p-2s2p^2$   | 1u | $^2p^0-^3D$   | 1,1   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 991   | 0,6   |
|       | $3s-3p$           | 1  | $^2S-^2p^0$   | 1,5   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4 097 | 0,87  |
|       | $2s2p3s-2s2p3p$   | 3  | $^4p^0-^4D$   | 4,3   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 4 514 | 1,7   |
| N IV  | $2s^2-2s2p$       | 1u | $^1S-^1p^0$   | 0,7   | 0-1                         | 765   | 0,7   |
|       | $2s^2-2s2p$       | 2u | $^1S-^1p^0$   | 0,5   | 0-1                         | 247   | 0,5   |
|       | $2s3s-2s3p$       | 1  | $^3S-^3p^0$   | 1,9   | 1-2                         | 3 479 | 1,06  |
|       | $2s3p-2s3d$       | 3  | $^1p^0-^1D$   | 0,94  | 1-2                         | 4 057 | 0,94  |
| N V   | $2s-2p$           | 1u | $^2S-^2p^0$   | 0,47  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 1 238 | 0,31  |
|       | $2s-3p$           | 2u | $^2S-^2p^0$   | 0,47  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 209   | 0,31  |
|       | $3s-3p$           | 1  | $^2S-^2p^0$   | 0,79  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4 603 | 0,53  |
| N VI  | $1s^2-1s2p$       |    | $^1S-^1p^0$   | 0,67  | 0-1                         | 28    | 0,67  |
|       | $2p^2-2p^23s$     | 2u | $^3p-^3S^0$   | 0,3   | 2-1                         | 1 302 | 0,16  |
|       |                   | 5u | $^3p-^3D^0$   | 0,5   | 3-3                         | 988   | 0,24  |
| O I   | $2p^33s-2p^33p$   | 1  | $^5S^0-^5P$   | 4,6   | 2-3                         | 7 771 | 2,1   |
|       |                   | 4  | $^3S^0-^3P$   | 2,7   | 1-2                         | 8 446 | 1,5   |
|       | $2p^33s-2p^34p$   | 5  | $^3S^0-^3P$   | 0,017 | 1-2                         | 4 368 | 0,010 |
|       | $2p^33p-2p^34d$   | 10 | $^5P-^5D^0$   | 1,00  | 3-4                         | 6 158 | 0,36  |
| O II  | $2p^3-2p^23d$     | 3u | $^4S^0-^4P$   | 1,3   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 430   | 0,7   |
|       | $2s^22p^3-2s2p^4$ | 1u | $^4S^0-^4P$   | 1,8   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 834   | 0,9   |
|       | $2p^23s-2p^23p$   | 1  | $^4P-^4D^0$   | 6,6   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 4 649 | 2,6   |
|       |                   | 3  | $^4p^0-^4S^0$ | 1,5   | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 3 749 | 0,76  |
|       | $2p^23p-2p^23d$   | 20 | $^4p^0-^4D$   | 7,4   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 4119  | 3,0   |
| O III | $2s^22p^2-2s2p^3$ | 1u | $^3P-^3D^0$   | 1,4   | 2-3                         | 835   | 0,6   |
|       |                   | 2u | $^3P-^3P^0$   | 1,6   | 2-2                         | 703   | 0,7   |
|       | $2p3s-2p3p$       | 2  | $^3p^0-^3D$   | 3,4   | 2-3                         | 3 759 | 1,6   |
|       | $2p3p-2p3d$       | 14 | $^3P-^3P^0$   | 3,4   | 2-3                         | 3 715 | 1,6   |
| O IV  | $2p-3d$           | 5u | $^2p^0-^2D$   | 3,0   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 238   | 1,7   |
|       | $2s^22p-2s2p^2$   | 1u | $^2p^0-^2D$   | 0,9   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 790   | 0,5   |
|       | $2s2p3s-2s2p3p$   | 3  | $^4p^0-^4D$   | 3,6   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 3 385 | 1,5   |
| O V   | $2s^2-2s2p$       | 1u | $^1S-^1p^0$   | 0,5   | 0-1                         | 629   | 0,5   |
|       | $2s^2-2s3p$       | 2u | $^1S-^1p^0$   | 0,6   | 0-1                         | 172   | 0,6   |
|       | $2p3s-2p3p$       | 4  | $^3p^0-^3D$   | 1,9   | 2-3                         | 4 123 | 0,9   |
|       | $2p3p-2p3d$       | 11 | $^3S-^3P^0$   | 0,60  | 1-2                         | 4 158 | 0,33  |
| O VI  | $2s-2p$           | 1u | $^2S-^2p^0$   | 0,39  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 1 031 | 0,26  |
|       | $2s-3p$           | 2u | $^2S-^2p^0$   | 0,52  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 150   | 0,35  |
|       | $2s-3p$           | 1  | $^2S-^2p^0$   | 0,67  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 3 811 | 0,45  |

|             |                 |           |           |       |                             |        |       |
|-------------|-----------------|-----------|-----------|-------|-----------------------------|--------|-------|
| O VII       | $1s^2-1s2p$     |           | $1S-1P^0$ | 0,69  | 0-1                         | 21     | 0,69  |
| Ne I        | $2p^53s-2p^53p$ | 1         |           | 4,0   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 6 402  | 1,9   |
| Ne II       | $2p^43s-2p^43p$ | 1         | $4P-4P^0$ | 3,2   | $2\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 3 694  | 1,2   |
| Ne VI       | $2p-3d$         |           | $3P^0-2D$ | 3,2   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 122    | 1,9   |
| Ne VII      | $2s^2-2s2p$     |           | $1S-1P^0$ | 0,6   | 0-1                         | 465    | 0,6   |
| Ne VIII     | $2s-2p$         |           | $2S-2P^0$ | 0,30  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 770    | 0,20  |
| Ne IX       | $1s^2-1s2p$     |           | $1S-1P^0$ | 0,72  | 0-1                         | 13     | 0,72  |
| Na I        | $3s-3p$         | 1         | $2S-2P^0$ | 1,96  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 5 889  | 1,31  |
|             | $3s-4p$         | 2         | $2S-2P^0$ | 0,028 | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 3 302  | 0,019 |
|             | $3p-4s$         | 3         | $2P^0-2S$ | 0,98  | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 11 403 | 0,65  |
|             | $3p-5s$         | 5         | $2P^0-2S$ | 0,082 | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 6 160  | 0,055 |
|             | $3p-6s$         | 8         | $2P^0-2S$ | 0,026 | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 5 153  | 0,018 |
|             | $3p-3d$         | 4         | $2P^0-2D$ | 5,0   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 8 194  | 3,0   |
|             | $3p-4d$         | 6         | $2P^0-2D$ | 0,63  | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 5 688  | 0,38  |
|             | $3p-5d$         | 9         | $2P^0-2D$ | 0,19  | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 4 982  | 0,11  |
| Mg I        | $3s^2-3s3p$     | 1u        | $1S-1P^0$ | 1,6   | 0-1                         | 2 852  | 1,6   |
|             |                 | 1         | $1S-3P^0$ | 0,054 | 0-1                         | 4 571  | 0,054 |
|             | $3s3p-3s4s$     | 2         | $3P^0-3S$ | 1,6   | 2-1                         | 5 183  | 0,9   |
|             |                 | 6         | $1P^0-1S$ | 0,6   | 1-0                         | 11 828 | 0,6   |
|             | $3s3p-3s5s$     | 4         | $3P^0-3S$ | 0,15  | 2-1                         | 3 336  | 0,08  |
|             | $3s3p-3s3d$     | 3         | $3P^0-3D$ | 5,6   | 2-3                         | 3 838  | 2,6   |
|             |                 | 7         | $1P^0-1D$ | 1,2   | 1-2                         | 8 806  | 1,2   |
|             | $3s3p-3s4d$     | 5         | $3P^0-3D$ | 1,2   | 2-3                         | 3 096  | 0,56  |
| $3s3p-3p^2$ | 6u              | $3P^0-3D$ | 5,5       | 2-2   | 2 779                       | 2,3    |       |
| Mg II       | $3s-3p$         | 1u        | $2S-2P^0$ | 1,9   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 2 795  | 1,25  |
|             | $3p-4s$         | 2u        | $2P^0-2S$ | 0,83  | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 2 936  | 0,55  |
|             | $3p-4d$         | 3u        | $2P^0-2D$ | 5,5   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 2 797  | 3,3   |
|             | $3d-4f$         | 4         | $2D-2F^0$ | 9,5   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 4,481  | 5,4   |
|             | $4p-4d$         | 8         | $2P^0-2D$ | 7,4   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 7,896  | 4,4   |
| Mg IX       | $2s^2-2s2p$     |           | $1S-1P^0$ | 0,31  | 0-1                         | 3,68   | 0,31  |
| Mg X        | $2s-2p$         |           | $2S-2P^0$ | 0,25  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 609    | 0,17  |
|             | $2s-3p$         |           | $2S-2P^0$ | 0,64  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 57     | 0,42  |
| Mg XI       | $1s^2-1s2p$     |           | $1S-1P^0$ | 0,74  | 0-1                         | 9      | 0,74  |
| Al I        | $3p-4s$         | 1         | $2P^0-2S$ | 0,69  | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 3 961  | 0,46  |
|             | $4s-5p$         | 5         | $2S-2P^0$ | 0,07  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 6 696  | 0,04  |
|             | $3p-3d$         | 3         | $2P^0-2D$ | 1,05  | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 3 092  | 0,63  |
| Al II       | $3s^2-3s3p$     | 2u        | $1S-1P^0$ | 1,8   | 0-1                         | 1 670  | 1,8   |
|             | $3s3p-3s4s$     | 4u        | $3P^0-3S$ | 1,16  | 2-1                         | 1 862  | 0,64  |

|        |  |       |                     |                     |                                    |                                   |       |
|--------|--|-------|---------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Al III | 3s-3p                                    | 1u    | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 1,75                | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 1 854                             | 1,17  |
|        | 4s-4p                                    | 2     | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 2,6                 | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 5 696                             | 1,7   |
| Al X   | $2s^2\text{-}2s2p$                       |       | $1S\text{-}1P^0$    | 0,29                | 0-1                                | 332                               | 0,29  |
| Si I   | 3p <sup>2</sup> -3p4s                    | 1u    | ${}^3P\text{-}3P^0$ | 1,4                 | 2-2                                | 2 516                             | 0,6   |
|        |  | 43u   | ${}^1D\text{-}1P^0$ | 0,7                 | 2-1                                | 2 881                             | 0,7   |
|        |  | 3     | $1S\text{-}1P^0$    | 0,14                | 0-1                                | 3 905                             | 0,14  |
|        | 3p <sup>2</sup> -3p3d<br>3p4s-3p4p       | 3u    | ${}^3P\text{-}3D^0$ | 0,6                 | 2-3                                | 2 216                             | 0,3   |
|        |  | 4     | ${}^3P^0\text{-}3D$ | 5,5                 | 2-3                                | 12 031                            | 2,6   |
|        |  | 5     | ${}^3P^0\text{-}3P$ | 3,5                 | 2-2                                | 10 827                            | 1,5   |
|        |  | 6     | ${}^3P^0\text{-}3S$ | 1,2                 | 2-1                                | 10 585                            | 0,7   |
| Si II  | 4s-4p                                    | 2     | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 2,5                 | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 6 347                             | 1,7   |
|        | 3d-4f                                    | 3     | ${}^2D\text{-}2F^0$ | 5,1                 | $2\frac{1}{2}\text{-}3\frac{1}{2}$ | 4 130                             | 2,9   |
|        | $3s^23p\text{-}3s3p^2$<br>3p-3d          | 1u    | ${}^2P^0\text{-}2D$ | 0,04                | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 1 816                             | 0,02  |
|        |  | 4u    | ${}^2P^0\text{-}2D$ | 7                   | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 1 264                             | 4     |
|        | 3p-4s                                    | 2u    | ${}^2P^0\text{-}2S$ | 0,8                 | $1\frac{1}{2}\text{-}\frac{1}{2}$  | 1 533                             | 0,5   |
|        | 3p-4d                                    | 6u    | ${}^2P^0\text{-}2D$ | 1,2                 | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 992                               | 0,7   |
| Si III | $3s^2\text{-}3s3p$<br>$3s4s\text{-}3s4p$ | 2u    | $1S\text{-}1P^0$    | 1,7                 | 0-1                                | 1,206                             | 1,7   |
|        |  | 2     | ${}^3S\text{-}3P^0$ | 3,5                 | 1-2                                | 4 552                             | 2,0   |
|        |  | 4     | $1S\text{-}1P^0$    | 0,7                 | 0-1                                | 5 739                             | 0,7   |
|        | Si IV                                    | 3s-3p | 1u                  | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 1,61                               | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$ | 1 393 |
| 3s-4p  |  | 2u    | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 0,07                | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 457                               | 0,05  |
| 4s-4p  |  | 1     | $1S\text{-}2P^0$    | 2,3                 | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 4 088                             | 1,56  |
| Si XI  | $2s^2\text{-}2s2p$                       |       | $1S\text{-}1P^0$    | 0,27                | 0-1                                | 303                               | 0,27  |
| Si XII | $2s\text{-}2p$                           |       | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 0,22                | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 499                               | 0,15  |
| S I    | $3p^24s\text{-}3p^24p$                   | 1     | ${}^5S^0\text{-}5P$ | 5,5                 | 2-3                                | 9 212                             | 2,6   |
| S II   | $3s^23p^3\text{-}3s3p^4$                 | 1u    | $4S^0\text{-}4P$    | 0,11                | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 1 259                             | 0,05  |
| S IV   | 3p-4s                                    | 5u    | ${}^2P^0\text{-}2S$ | 0,5                 | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 554                               | 0,4   |
| S V    | $3s^2\text{-}3s3p$<br>3s3p-3s3d          | 1u    | $1S\text{-}1P^0$    | 1,46                | 0-1                                | 786                               | 1,46  |
|        |  | 3u    | ${}^3P^0\text{-}3D$ | 6,3                 | 2-3                                | 663                               | 3,0   |
| K I    | 4s-4p                                    | 1     | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 2,04                | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 7 664                             | 1,36  |
|        | 4s-5p                                    | 3     | ${}^2S\text{-}2P^0$ | 0,018               | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 4 044                             | 0,012 |
| Ca I   | 4s <sup>2</sup> -4s4p                    | 2     | $1S\text{-}1P^0$    | 1,75                | 0-1                                | 4 226                             | 1,75  |
|        |  | 1     | $1S\text{-}3P^0$    | 0,045               | 0-1                                | 6 572                             | 0,045 |
|        | 4s4p-4s5s                                | 3     | ${}^3P^0\text{-}3S$ | 1,12                | 2-1                                | 6 162                             | 0,60  |
|        | 4s4p-4s6s                                | 6     | ${}^3P^0\text{-}3S$ | 0,15                | 2-1                                | 3 973                             | 0,08  |
|        | 4s4p-4s5d                                | 4     | ${}^3P^0\text{-}3D$ | 3,2                 | 2-3                                | 4 454                             | 1,5   |
|        | 4s4p-4s5d                                | 9     | ${}^3P^0\text{-}3D$ | 1,0                 | 2-3                                | 3 644                             | 0,45  |

|       |   |     |             |      |       |       |      |
|-------|---|-----|-------------|------|-------|-------|------|
|       | 4s4p-4s6d   | 11  | $^3P^0-^3D$ | 0,5  | 2-3   | 3 361 | 0,24 |
|       | 4s4p-4p <sup>2</sup>                                  | 5   | $^3P^0-^3P$ | 4,6  | 2-2   | 4 302 | 1,9  |
|       | 3d4s-3d4p   | 21  | $^3D-^3D^0$ | 4,5  | 3-3   | 5 588 | 1,9  |
| Ca II | 4s-4p   | 1   | $^2S-^2P^0$ | 2,1  | ½-1½  | 3933  | 1,38 |
|       | 3d-4p   | 2   | $^2D-^2P^0$ | 0,72 | 2½-1½ | 8542  | 0,43 |
|       | 4p-5s   | 3   | $^2P^0-^2S$ | 1,0  | 1½-½  | 3736  | 0,7  |
|       | 4p-4d   | 4   | $^2P^0-^2D$ | 5,5  | 1½-2½ | 3179  | 3,3  |
| Sc I  | 3d <sup>2</sup> 4s-3d <sup>2</sup> 4p                 | 12  | $^4F-^4G^0$ | 7,8  | 4½-5½ | 5671  | 2,6  |
|       |   | 14  | $^4F-^4D$   | 5,6  | 4½-3½ | 4743  | 1,9  |
|       |   | 15  | $^2F-^2G^0$ | 3,8  | 3½-4½ | 5520  | 2,1  |
|       |   | 16  | $^2F-^2F^0$ | 3,9  | 3½-3½ | 5481  | 2,2  |
|       | 3d4s <sup>2</sup> -3d4s4p                             | 5   | $^2D-^2F^0$ | 0,03 | 2½-3½ | 4779  | 0,02 |
|       |   | 6   | $^2D-^2P^0$ | 0,3  | 2½-1½ | 4082  | 0,2  |
| Ti I  | 3d <sup>3</sup> 4s-3d <sup>3</sup> 4p                 | 38  | $^5F-^5G^0$ | 13   | 5-6   | 4981  | 4    |
|       |   | 42  | $^5F-^5F^0$ | 10   | 5-5   | 4533  | 3    |
|       |   | 104 | $^3F-^3G^0$ | 1,4  | 4-5   | 6258  | 0,4  |
|       |   | 145 | $^5P-^5D^0$ | 5    | 3-4   | 4617  | 1,6  |
|       | 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>2</sup> 4s4p | 4   | $^3F-^3F^0$ | 0,35 | 4-4   | 5210  | 0,14 |
|       |   | 6   | $^3F-^3G^0$ | 0,18 | 4-5   | 4681  | 0,08 |
|       |   | 12  | $^3F-^3F^0$ | 2,2  | 4-4   | 3998  | 0,8  |
|       |   | 24  | $^3F-^3G^0$ | 2,6  | 4-5   | 3371  | 1,2  |
|       | 3d <sup>3</sup> 4s-3d <sup>2</sup> 4s4p               | 110 | $^3F-^3G^0$ | 3,7  | 4-5   | 5035  | 1,5  |
| Ti II | 3d <sup>2</sup> 4s-3d <sup>2</sup> 4p                 | 1   | $^4F-^4G^0$ | 5    | 4½-5½ | 3349  | 1,7  |
|       |   | 2   | $^4F-^4F^0$ | 5    | 4½-4½ | 3234  | 1,4  |
|       | 3d <sup>3</sup> -3d <sup>2</sup> 4p                   | 7   | $^4F-^4F^0$ | 2    | 4½-4½ | 3322  | 0,7  |
|       |   | 34  | $^2G-^2G^0$ | 1,3  | 4½-4½ | 3900  | 0,7  |
|       |   | 41  | $^4P-^4D^0$ | 0,9  | 2½-3½ | 4300  | 0,3  |
|       |   | 82  | $^2H-^2G^0$ | 1,1  | 5½-4½ | 4549  | 0,6  |
| VI    | 3d <sup>4</sup> 4s-3d <sup>4</sup> 4p                 | 21  | $^6D-^6P^0$ | 1,9  | 4½-3½ | 4460  | 0,7  |
|       |   | 22  | $^6D-^6F^0$ | 13   | 4½-5½ | 4379  | 4    |
|       |   | 27  | $^6D-^6D^0$ | 9    | 4½-4½ | 4111  | 2,5  |
|       |   | 35  | $^4D-^4F^0$ | 4    | 3½-4½ | 5727  | 1,0  |
|       |   | 88  | $^4H-^4H^0$ | 6    | 6½-6½ | 4268  | 2    |
|       |   | 109 | $^4F-^4G^0$ | 4    | 4½-5½ | 4545  | 1,3  |
|       | 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>3</sup> 4s4p | 4   | $^4F-^4G^0$ | 0,6  | 4½-5½ | 4594  | 0,23 |
|       |   | 14  | $^4F-^4G^0$ | 11   | 4½-5½ | 3185  | 3    |
|       | 3d <sup>4</sup> 4s-3d <sup>3</sup> 4s4p               | 29  | $^6D-^6P^0$ | 4    | 4½-3½ | 3703  | 1,5  |
|       |   | 41  | $^4D-^4F^0$ | 4    | 3½-4½ | 4090  | 1,9  |
|       | 3d <sup>3</sup> 4s4p-3d <sup>3</sup> 4s5s             | 125 | $^6F^0-^6F$ | 2,5  | 5½-5½ | 5193  | 0,8  |
|       | 3d <sup>3</sup> 4s4p-3d <sup>3</sup> 4s4d             | 114 | $^6G^0-^6H$ | 12   | 6½-7½ | 3695  | 3    |
| V II  | 3d <sup>3</sup> 4s-3d <sup>3</sup> 4p                 | 1   | $^5F-^5G^0$ | 10   | 5-6   | 3093  | 3    |
|       |   | 5   | $^3F-^3D^0$ | 2,5  | 4-3   | 3556  | 1,0  |
|       |   | 25  | $^5P-^5D^0$ | 0,16 | 3-4   | 4202  | 0,06 |

|   |   |  |  |       |       |      |       |
|---|---|--|--|-------|-------|------|-------|
| Cr I  | 3d <sup>5</sup> 4s-3d <sup>5</sup> 4p                 | 1  | <sup>7</sup> S- <sup>7</sup> P <sup>0</sup>  | 1,4   | 3-4   | 4254 | 0,6   |
|   |   | 7  | <sup>5</sup> S- <sup>7</sup> P <sup>0</sup>  | 2,6   | 2-3   | 5208 | 1,2   |
|   |   | 38   | <sup>5</sup> G- <sup>5</sup> H <sup>0</sup>  | 11    | 6-7   | 3963 | 3     |
|   | 3d <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>4</sup> 4s4p | 22   | <sup>5</sup> D- <sup>5</sup> F <sup>0</sup>  | 1,3   | 4-5   | 4351 | 0,4   |
|   |   | 4  | <sup>7</sup> S- <sup>7</sup> P <sup>0</sup>  | 4     | 3-4   | 3578 | 1,7   |
| 3d <sup>5</sup> 4s-3d <sup>4</sup> 4s4p               | 43  | <sup>5</sup> G- <sup>5</sup> G <sup>0</sup>  | 10   | 6-6   | 3743  | 3    |       |
| Mn I  | 3d <sup>6</sup> 4s-3d <sup>6</sup> 4p                 | 5  | <sup>6</sup> D- <sup>6</sup> D <sup>0</sup>  | 7     | 4½-4½ | 4041 | 2,3   |
|   |   | 6  | <sup>6</sup> D- <sup>6</sup> F <sup>0</sup>  | 6     | 4½-5½ | 3806 | 2     |
|   |   | 2  | <sup>6</sup> S- <sup>6</sup> P <sup>0</sup>  | 0,7   | 2½-3½ | 4030 | 0,35  |
|   | 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>5</sup> 4s4p | 1u   | <sup>6</sup> S- <sup>6</sup> P <sup>0</sup>  | 5     | 2½-3½ | 2794 | 2,4   |
|   |   | 18   | <sup>8</sup> P <sup>0</sup> - <sup>8</sup> D | 12    | 4½-5½ | 3569 | 4     |
| Fe I  | 3d <sup>5</sup> 4s4p-<br>3d <sup>5</sup> 4s4d         | 20   | <sup>5</sup> F- <sup>5</sup> D <sup>0</sup>  | 3,7   | 5-4   | 3820 | 1,4   |
|   |   | 23   | <sup>5</sup> F- <sup>5</sup> G <sup>0</sup>  | 3,2   | 5-6   | 3581 | 1,2   |
|   | 3d <sup>7</sup> 4s-3d <sup>7</sup> 4p                 | 41   | <sup>3</sup> F- <sup>5</sup> G <sup>0</sup>  | 4,6   | 4-5   | 4383 | 2,3   |
|   |   | 42   | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> G <sup>0</sup>  | 4,2   | 4-5   | 4271 | 0,9   |
|   |   | 43   | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> F <sup>0</sup>  | 5,0   | 4-4   | 4045 | 1,9   |
|   |   | 45   | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> D <sup>0</sup>  | 3,5   | 4-3   | 3815 | 1,1   |
|   |   | 4  | <sup>5</sup> D- <sup>5</sup> D <sup>0</sup>  | 0,7   | 4-4   | 3859 | 0,21  |
|   | 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>6</sup> 4s4p | 5  | <sup>5</sup> D- <sup>5</sup> F <sup>0</sup>  | 1,1   | 4-5   | 3719 | 0,35  |
|   |   | 2  | <sup>5</sup> D- <sup>7</sup> F <sup>0</sup>  | 0,010 | 4-5   | 4375 | 0,003 |
|   |   | 15   | <sup>5</sup> F- <sup>5</sup> D <sup>0</sup>  | 0,018 | 5-4   | 5269 | 0,07  |
|   |   | 68   | <sup>5</sup> P- <sup>5</sup> D <sup>0</sup>  | 0,9   | 3-4   | 4258 | 0,2   |
|   | 3d <sup>7</sup> 4s-3d <sup>6</sup> 4s4p               | 152  | <sup>7</sup> D <sup>0</sup> - <sup>7</sup> D | 4     | 5-5   | 4260 | 1,2   |
| Fe II   | 3d <sup>6</sup> 4s4p-3d <sup>6</sup> 4s5s             | 27   | <sup>4</sup> P- <sup>4</sup> D <sup>0</sup>  | 0,10  | 2½-3½ | 4233 | 0,04  |
|   |   | 38   | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> D <sup>0</sup>  | 0,16  | 4½-3½ | 4583 | 0,06  |
| Co I  | 3d <sup>6</sup> 4s-3d <sup>6</sup> 4p                 | 22   | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> G <sup>0</sup>  | 7     | 4½-5½ | 3453 | 3,0   |
|   |   | 23   | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> F <sup>0</sup>  | 6     | 4½-4½ | 3405 | 2,0   |
|   | 3d <sup>8</sup> 4s-3d <sup>8</sup> 4p                 | 35   | <sup>2</sup> F- <sup>2</sup> F <sup>0</sup>  | 3,6   | 3½-3½ | 3569 | 2,1   |
|   |   | 5  | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> G <sup>0</sup>  | 0,7   | 4½-5½ | 3465 | 0,4   |
|   |   | 28   | <sup>2</sup> F- <sup>2</sup> G <sup>0</sup>  | 1,2   | 3½-4½ | 4121 | 0,5   |
| 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>7</sup> 4s4p | 62  | <sup>4</sup> P- <sup>4</sup> P <sup>0</sup>  | 0,6  | 2½-2½ | 3732  | 0,2  |       |
| 3d <sup>8</sup> 4s-3d <sup>7</sup> 4s4p               | 158   | <sup>6</sup> G <sup>0</sup> - <sup>6</sup> F | 4  | 6½-5½ | 4867  | 1,0  |       |
| Ni I  | 3d <sup>7</sup> 4s4p-3d <sup>7</sup> 4s5s             | 19   | <sup>3</sup> D- <sup>3</sup> F <sup>0</sup>  | 2,9   | 3-4   | 3414 | 0,8   |
|   |   | 35   | <sup>1</sup> D- <sup>1</sup> F <sup>0</sup>  | 1,4   | 2-3   | 3619 | 1,4   |
|   | 3d <sup>9</sup> 4s-3d <sup>9</sup> 4p                 | 7  | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> G <sup>0</sup>  | 0,35  | 4-5   | 3232 | 0,16  |
|   |   | 78   | <sup>3</sup> P- <sup>3</sup> D <sup>0</sup>  | 1,0   | 2-3   | 3181 | 0,6   |
|   |   | 25   | <sup>3</sup> D- <sup>3</sup> F <sup>0</sup>  | 4     | 3-4   | 3050 | 1,0   |
|   | 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>8</sup> 4s4p | 111  | <sup>5</sup> F <sup>0</sup> - <sup>5</sup> F | 2     | 5-5   | 5017 | 0,6   |
|   |   | 106  | <sup>5</sup> G <sup>0</sup> - <sup>5</sup> H | 16    | 6-7   | 3374 | 5     |
|   | 3d <sup>9</sup> 4s-3d <sup>8</sup> 4s4p               | 123  | <sup>5</sup> F <sup>0</sup> - <sup>3</sup> F | 7     | 5-5   | 3516 | 2     |
|   | 3d <sup>8</sup> 4s4p-                                 | 130  | <sup>3</sup> P <sup>0</sup> - <sup>3</sup> P | 1,2   | 2,2   | 4855 |       |
|   | 3d <sup>8</sup> 4s4d                                  | 143  | <sup>3</sup> F <sup>0</sup> - <sup>3</sup> G | 4     | 4-5   | 5080 | 1,8   |
|   | 3d <sup>9</sup> 4p-3d <sup>9</sup> 4d                 | 162  | <sup>3</sup> D <sup>0</sup> - <sup>3</sup> F | 2     | 3-4   | 5084 | 0,7   |
| 194   |   | <sup>1</sup> F <sup>0</sup> - <sup>1</sup> G | 2  | 3-4   | 5081  | 2    |       |

|       |                       |   |               |       |                             |        |       |
|-------|-----------------------|---|---------------|-------|-----------------------------|--------|-------|
| Cu I  |                       | 1 | $^2S-^2P^0$   | 0,7   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 3247   | 0,45  |
|       |                       | 2 | $^2D-^2P^0$   | 0,009 | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 5105   | 0,006 |
|       |                       | 7 | $^2P^0-^2D$   | 0,55  | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 5218   | 0,3   |
| Zn I  | 4s-4p                 |   |               |       |                             |        |       |
|       | $3d^94s^2-3d^{10}4p$  | 2 | $^3p^0-^3S$   | 1,1   | 2-1                         | 4810   | 0,6   |
|       | 4p-4d                 | 6 | $^1P^0-^1D$   | 1,1   | 1-2                         | 6362   | 1,1   |
| Sr I  | 4s4p-4s5s             | 2 | $^1S-^1P^0$   | 1,7   | 0-1                         | 4607   | 1,7   |
|       | 4s4p-4s4d             | 3 | $^3p^0-^3S$   | 1,6   | 2-1                         | 7070   | 0,9   |
| Sr II | 5s <sup>2</sup> -5s5p | 1 | $^2S-^2P^0$   | 2,0   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4077   | 1,3   |
|       | 5s5p-5s6s             | 2 | $^2D-^2P^0$   | 0,8   | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 10 327 | 0,5   |
|       |                       | 3 | $^2P^0-^2S$   | 1,0   | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 4305   | 0,7   |
| Ba I  | 5s-5p                 |   |               |       |                             |        |       |
|       | 4d-5p                 | 2 | $^1S-^1P^0$   | 1,6   | 0-1                         | 5535   | 1,6   |
|       | 5p-6s                 |   |               |       |                             |        |       |
| Ba II | 6s <sup>2</sup> -6s6p | 1 | $^2S-^2P^0$   | 2,2   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4554   | 1,50  |
|       |                       | 2 | $^2D-^2P^0$   | 1,2   | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 6141   | 0,7   |
|       |                       | 4 | $^2P^0-^2D$   | 6     | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 4130   | 4,0   |
| Hg I  | 6s-6p                 |   |               |       |                             |        |       |
|       | 5d-6p                 |   | $^1S-^1P^0$   | 1,5   | 0-1                         | 1849   | 1,5   |
|       | 6p-6d                 |   | $^1S-^3P^0$   | 0,03  | 0-1                         | 2536   | 0,03  |
|       |                       | 1 | $^3p^0-^3S$   | 0,9   | 2-1                         | 5460   | 0,45  |
|       | 6s <sup>2</sup> -6s6p | 4 | $^1P^0-^1D$   | 2     | 1-2                         | 5790   | 2     |
| Pb I  | 6s6p-6s7s             | 1 | $^3p^0-^3p^0$ | 0,26  | 2-1                         | 4057   | 0,14  |
|       | 6s6p-6s6d             |   |               |       |                             |        |       |
|       | 6p-7s                 |   |               |       |                             |        |       |

## Yaqin va yorug' yulduzlarning xarakteristikalari

| Yulduz                          | 1950     |                                | $V$                 | $B-V$ | $R-I$ | $M_V$ | $Sp$  | $I$ yil uchun $\mu$ , sek. | $\pi$ 0,001" | $u$ , km/s | $M/M_\odot$ | $R/R_\odot$ |       |
|---------------------------------|----------|--------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------|
|                                 | $\alpha$ | $\delta$                       |                     |       |       |       |       |                            |              |            |             |             |       |
| -37 <sup>o</sup> 15492; 225 213 |          | 0 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> | -                   | 8,63  | 1,45  | 0,92  | 10,39 | M4 V                       | 6,09         | 225        | +23         |             |       |
|                                 |          |                                | 37 <sup>o</sup> 36' |       |       |       |       |                            |              |            |             |             |       |
| +43 <sup>o</sup> 44; 1 326      | A        | 0 15                           | +43 44              | 8,07  | 1,56  | 0,88  | 10,32 | M1 V                       | 2,90         | 282        | +13         |             |       |
| » »                             | B        | »                              | »                   | 11,04 | 1,80  | 1,22  | 13,29 | M6 V                       | »            | »          | +20         |             |       |
| $\beta$ Hyi; 2151               |          | 0 23                           | -77 32              | 2,79  | 0,62  | 0,23  | 3,80  | G1 IV                      | 2,25         | 159        | +23         | 1,66        |       |
| $\eta$ Cas; 4614                | A        | 0 46                           | +57 33              | 3,45  | 0,57  | 0,22  | 4,60  | G0 V                       | 1,11         | 170        | +9          | 0,85        | 0,84  |
| » »                             |          | »                              | »                   | 7,51  | 1,39  | 0,59  | 8,66  | M0 V                       | »            | »          | +13         | 0,52        | 0,07  |
| v. Maanen; Wolf 28              |          | 0 46                           | +5 09               | 12,37 | 0,56  | -     | 14,26 | DG                         | 2,97         | 236        | +54         |             |       |
| L726-8                          | A        | 1 36                           | -18 13              | 12,45 | -     | 1,70  | 15,27 | M5                         | 3,36         | 367        | +29         | 0,044       |       |
| UV Cet                          | B        | »                              | »                   | 12,95 | -     | -     | 15,8  | M6                         | »            | »          | +32         | 0,035       |       |
| $\tau$ Cet; 10 700              |          | 1 41                           | -16 12              | 3,50  | 0,72  | 0,26  | 5,72  | G8 VI                      | 1,91         | 276        | -16         | 1,04        |       |
| LI 159-16                       |          | 1 57                           | +12 50              | 12,27 | 1,80  | -     | 13,91 | M8                         | 2,08         | 212        | -           |             |       |
| 82 Eri; 20794                   |          | 3 17                           | -43 16              | 4,26  | 0,71  | 0,28  | 5,29  | G5                         | 3,12         | 161        | +87         |             |       |
| $\epsilon$ Eri; 22 049          |          | 3 31                           | -9 38               | 3,73  | 0,88  | 0,30  | 6,13  | K2 V                       | 0,98         | 303        | +16         | 0,98        |       |
| 0 <sup>2</sup> (40) Eri; 26 965 | A        | 4 13                           | -7 44               | 4,43  | 0,82  | 0,31  | 5,99  | K1 V                       | 4,08         | 205        | -43         | 0,8         |       |
| -7 <sup>o</sup> 781; 26 976     | B        | »                              | »                   | 9,53  | 0,03  | 0,83  | 11,09 | DA                         | 4,11         | »          | -21         | 0,43        | 0,018 |
| » »                             | C        | »                              | »                   | 11,17 | 1,68  | -     | 12,73 | M4                         | »            | »          | -45         | 0,21        | 0,43  |
| AC+58 25001                     | A        | 4 26                           | +58 53              | 11,09 | 1,64  | -     | 12,51 | M4                         | 2,37         | 192        | -           |             |       |
| AC+58 25002                     | B        | »                              | »                   | 12,44 | 0,31  | -     | 13,86 | -                          |              | »          | -           |             |       |
| Kapteyn; -45 <sup>o</sup> 1841  |          | 5 10                           | -45 00              | 8,81  | 1,56  | 0,77  | 10,85 | M0                         | 8,81         | 256        | +245        |             |       |

|                                |   |                                |                  |       |      |       |       |       |      |     |      |      |       |
|--------------------------------|---|--------------------------------|------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|-------|
| -3 <sup>0</sup> 1123; 36 395   |   | 5 29                           | -3 41            | 7,97  | 1,47 | 0,85  | 9,12  | M1 V  | 2,23 | 170 | +11  |      |       |
| Ross 47; AC+121800-213         |   | 6 39                           | +12 29           | 11,60 | 1,65 | 1,27  | 12,75 | M6 VI | 2,37 | 168 | +103 |      |       |
| LP 658-2                       |   | 5 53                           | -4 08            | 14,52 | 1,06 | -     | 15,62 | DK    | 2,37 | 166 | -    |      |       |
| -21 <sup>0</sup> 1377; 42 581  |   | 6 08                           | -21 51           | 8,13  | 1,50 | 0,82  | 9,33  | M1 V  | 0,74 | 174 | +4   |      |       |
| Ross 614                       | A | 6 27                           | -2 46            | 11,17 | 1,74 | 1,39  | 13,16 | M7    | 0,99 | 250 | +24  | 0,14 |       |
| » »                            | B | »                              | »                | 14    | -    | -     | 16    | -     | »    | »   | »    | 0,08 |       |
| Sirius; 48 915                 | A | 6 43                           | -16 39           | -1,46 | 0,00 | -0,12 | 1,42  | A1 V  | 1,33 | 377 | -8   | 2,31 | 1,8   |
|                                | B | »                              | »                | 8,68  | -    | -     | 11,56 | DA    | »    | »   |      | 0,98 | 0,022 |
| Wolf 294; AC+3325644           |   | 6 52                           | +33 20           | 9,90  | 1,60 | 1,09  | 11,3  | M4    | 0,85 | 168 | +36  |      |       |
| Ross 986; AC+3823616           |   | 7 07                           | +38 38           | 11,48 | 1,71 | 1,39  | 12,62 | M5    | 1,08 | 169 | +39  |      |       |
| +5 <sup>0</sup> 1 668; Luyten  |   | 7 25                           | +5 23            | 9,82  | 1,56 | 1,19  | 11,98 | M5    | 3,74 | 268 | +26  |      |       |
| Procion; 61 421                | A | 7 37                           | +5 21            | 0,37  | 0,42 | 0,14  | 2,64  | F5 V  | 1,25 | 286 | -3   | 1,77 | 1,7   |
| » »                            | B | »                              | »                | 10,7  | -    | -     | 13,0  | DF    | »    | »   |      | 0,63 | 0,01  |
| YZ CMi; Ross 882               |   | 7 42                           | +3 41            | 11,20 | 1,59 | 1,40  | 12,29 | M4    | 0,61 | 165 | +18  |      |       |
| L97-12                         |   | 7 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> | -07 <sup>o</sup> | 14,34 |      | -     | 15,5  | D     | 2,05 | 173 | -    |      |       |
|                                |   |                                | 38'              |       |      |       |       |       |      |     |      |      |       |
| L674-15                        |   | 8 10                           | -21 24           | 13,8  |      | -     | 15,0  | M     | 0,73 | 171 | -    |      |       |
| +53 <sup>0</sup> 1 320; 79 211 | A | 9 11                           | +52 54           | 7,62  | 1,38 | 0,68  | 8,72  | M0 V  | 1,68 | 166 | +11  |      |       |
| +53 <sup>0</sup> 1 321; 79 210 | B | »                              | »                | 7,72  | 1,34 | 0,69  | 8,82  | M0 V  | 1,70 | »   | +10  |      |       |
| +50 <sup>0</sup> 1 725; 88 230 |   | 10 08                          | +49 42           | 6,59  | 1,36 | 0,60  | 8,32  | K7 V  | 1,45 | 219 | -26  |      |       |
| +20 <sup>0</sup> 2 465         |   | 10 17                          | +20 07           | 9,43  | 1,54 | 1,12  | 10,98 | M4 V  | 0,49 | 203 | +11  |      |       |
| Wolf 359                       |   | 10 54                          | +7 19            | 13,53 | 2,01 | 1,85  | 16,68 | M8    | 4,71 | 429 | +13  |      |       |
| +36 <sup>0</sup> 2147; 95 735  |   | 11 01                          | +36 18           | 7,50  | 1,51 | 0,91  | 10,49 | M2 V  | 4,78 | 401 | -84  | 0,35 |       |
| +44 <sup>0</sup> 2 051         | A | 11 03                          | +43 47           | 8,77  | 1,55 | 0,82  | 10,12 | M2 V  | 4,54 | 186 | +65  |      |       |



|                                  |   |       |        |       |      |      |       |       |      |     |      |      |      |
|----------------------------------|---|-------|--------|-------|------|------|-------|-------|------|-----|------|------|------|
| WX UMa                           | B | »     | »      | 14,53 |      | 1,72 | 15,88 | M8    | »    | »   | »    |      |      |
| 1,145-141                        |   | 11 43 | -64 33 | 11,44 | 0,19 | -    | 13,01 | DA    | 2,68 | 206 | -    |      |      |
| AC+79 <sup>0</sup> 3 888         |   | 11 45 | +78 58 | 10,94 | -    | 1,18 | 12,38 | M4 VI | 0,89 | 195 | -117 |      |      |
| Ross 128                         |   | 11 42 | +1 06  | 11,10 | 1,76 | 1,30 | 13,50 | M5    | 1,37 | 301 | -13  |      |      |
| Wolf 424                         | A | 12 31 | +9 18  | 13,16 | 1,80 | 1,62 | 14,98 | M6    | 1,75 | 230 | -5   |      |      |
| »                                | B | »     | »      | 13,4  | -    | -    | 15,2  | M7    | »    | »   | »    |      |      |
| +15 <sup>0</sup> 2 620; 119 850  |   | 13 43 | +15 10 | 8,50  | 1,43 | 0,85 | 10,02 | M4 V  | 2,30 | 205 | +15  |      |      |
| Sentavr proksimasi               | C | 14 26 | -62 28 | 11,05 | 1,97 | 1,65 | 15,45 | M5    | 3,85 | 762 | -16  | 0,1  |      |
| -11 <sup>0</sup> 3 759           |   | 14 32 | -12 19 | 11,36 | 1,65 | 1,28 | 12,38 | M4    | 0,69 | 160 | -    |      |      |
| Sen $\alpha$ ; 128 620           | A | 14 36 | -60 38 | -0,01 | 0,68 | 0,22 | 4,35  | G2 V  | 3,68 | 745 | -22  | 1,1  | 1,23 |
| » »                              | B | »     | »      | 1,33  | 0,88 | 0,24 | 5,69  | K5 V  | »    | »   | -    | 0,89 | 0,87 |
| -20 <sup>0</sup> 4 125; 131 977  | A | 14 55 | -21 12 | 5,78  | 1,10 | 0,42 | 7,06  | K5 V  | 2,04 | 180 | +26  |      |      |
| -20 <sup>0</sup> 4 123 »         | B | »     | »      | 7,93  | 1,50 | 0,89 | 9,21  | M2 V  | »    | »   | +26  |      |      |
| -40 <sup>0</sup> 9 712           |   | 15 29 | -41 06 | 10,1  |      | 1,05 | 11,2  | M4    | 1,55 | 169 | -    |      |      |
| -12 <sup>0</sup> 4 523           |   | 16 28 | -12 32 | 10,2  | 1,60 | 1,20 | 12,10 | M5    | 1,18 | 249 | -13  |      |      |
| Wolf 629                         | D | 16 53 | -8 14  | 11,70 | 1,70 | 1,22 | 12,73 | M4 VI | 1,19 | 161 | +22  |      |      |
| -8 <sup>0</sup> 4 352; Wolf 630  |   | 16 53 | -8 15  | 9,76  | 1,62 | 1,08 | 10,79 | M4    | 1,18 | 161 | +19  | 0,38 |      |
| » »                              |   | »     | »      | 9,8   |      |      | 10,8  | M5    | »    | »   | »    | 0,38 |      |
| VB 8                             | C | »     | »      | 16,66 | 2,05 |      | 17,69 |       | »    | »   | »    |      |      |
| +45 <sup>0</sup> 2 505; 155 876  | A | 17 11 | +45 45 | 9,96  | 1,49 | 1,08 | 10,91 | M3    | 1,59 | 155 | -21  | 0,31 |      |
| » Fu 46 »                        | B | »     | »      | 10,33 |      |      | 11,28 |       | »    | »   | »    | 0,25 |      |
| -26 <sup>0</sup> 12 026; 155 886 | A | 17 12 | -26 32 | 5,06  | 0,86 | 0,31 | 6,38  | K1 V  | 1,24 | 184 | -1   |      |      |
| 36 Oph; 155 885                  | B | »     | »      | 5,09  |      |      | 6,41  | K1 V  | 1,23 |     | 0    |      |      |

|                                    |   |                                 |                          |       |      |      |       |      |       |     |      |      |      |
|------------------------------------|---|---------------------------------|--------------------------|-------|------|------|-------|------|-------|-----|------|------|------|
| -26 <sup>0</sup> 12 036; 156 026   | C | 17 13                           | -26 29                   | 6,24  | 1,16 | 0,44 | 7,66  | K5 V | 1,22  | 184 | -1   |      |      |
| -46 <sup>0</sup> 11 540            |   | 17 25                           | -46 51                   | 9,36  | 1,53 | 1,03 | 11,03 | M4   | 1,10  | 216 | -    |      |      |
| -44 <sup>0</sup> 11 909            |   | 17 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> | -<br>44 <sup>0</sup> 17' | 11,2  |      |      | 12,8  | M5   | 1,16  | 213 | -    |      |      |
| +68 <sup>0</sup> 946; A0c 17 415-6 |   | 17 37                           | +68 23                   | 9,15  | 1,50 | 1,10 | 10,79 | M4 V | 1,32  | 209 | -22  |      |      |
| L205-128; UC 48                    |   | 17 42                           | -57 17                   | 12,9  |      |      | 14,0  | M    | 1,71  | 170 | -    |      |      |
| Barnard d; +4 <sup>0</sup> 3 561   |   | 17 55                           | +4 33                    | 9,54  | 1,74 | 1,23 | 13,25 | M5 V | 10,31 | 552 | -108 |      |      |
| +2 <sup>0</sup> 3 482; 70 Oph      | A | 18 03                           | +2 31                    | 4,22  | 0,86 | 0,30 | 5,67  | K0 V | 1,12  | 195 | -7   | 0,92 |      |
| 165 341; 70 Oph                    | B | »                               | »                        | 6,0   | -    | -    | 7,45  | K5 V | »     | »   | -10  | 069  |      |
| +59 <sup>0</sup> 1 915; 173 739    | A | 18 42                           | +59 33                   | 8,90  | 1,54 | 1,07 | 11,15 | M4   | 2,30  | 283 | 0    | 0,4  |      |
| » $\Sigma$ 2 398; 173 740          | B | »                               | »                        | 9,69  | 1,59 | 1,14 | 11,94 | M5   | 2,28  | »   | +10  | 0,4  |      |
| Ross 154; AC-242 833-183           |   | 18 47                           | -23 53                   | 10,6  | -    | 1,30 | 13,3  | M4   | 0,72  | 345 | -4   |      |      |
| +4 <sup>0</sup> 4 048; 180 617     | A | 19 14                           | +5 06                    | 9,12  | 1,50 | 1,00 | 10,31 | M4 V | 1,46  | 173 | +33  |      |      |
| VB10                               | B | 19 15                           | +5 05                    | 17,38 | 2,12 | -    | 18,57 | M5   | 1,49  | »   | »    |      |      |
| L347-14                            |   | 19 17                           | -45 37                   | 13,7  | -    | -    | 14,9  | M7   | 2,94  | 175 | -    |      |      |
| $\sigma$ Dra; 185 144              |   | 19 32                           | +69 35                   | 4,69  | 0,80 | 0,29 | 5,92  | K0 V | 1,83  | 176 | +27  |      | 0,84 |
| Altair; 187 642                    |   | 19 48                           | +8 44                    | 0,76  | 0,22 | 0,02 | 2,24  | A7 V | 0,66  | 197 | -26  |      |      |
| $\sigma$ Pav; 190 248              |   | 20 04                           | -63 19                   | 3,55  | 0,76 | 0,23 | 4,76  | G6 V | 1,65  | 175 | -22  |      |      |
| -36 <sup>0</sup> 13940; 191 408    | A | 20 08                           | -36 14                   | 5,32  | 0,87 | 0,34 | 6,56  | K3 V | 1,65  | 177 | -130 |      |      |
| » »                                |   | »                               | »                        | 11,5  | -    | -    | 12,7  | M5   | »     | »   | »    |      |      |
| -45 13 677; 191 849                | B | 20 10                           | -45 19                   | 7,97  | 1,41 | 0,73 | 9,04  | M0 V | 0,78  | 164 | -30  |      |      |
| 61 Cug; 201 091                    | A | 21 05                           | +38 30                   | 5,22  | 1,17 | 0,47 | 7,58  | K5 V | 5,21  | 294 | -64  | 0,63 |      |
| » ; 201 092                        | B | »                               | »                        | 6,03  | 1,37 | 0,60 | 8,39  | K7 V | »     | »   | »    | 0,6  |      |

|                                  |   |       |        |       |      |      |       |      |      |     |     |      |      |
|----------------------------------|---|-------|--------|-------|------|------|-------|------|------|-----|-----|------|------|
| -39 <sup>o</sup> 14 192; 202 560 |   | 21 14 | -39 04 | 6,67  | 1,38 | 0,69 | 8,75  | M0 V | 3,46 | 260 | +21 |      |      |
| -49 <sup>o</sup> 13 515; 204 961 |   | 21 30 | -49 13 | 8,67  | 1,46 | 0,93 | 10,32 | M1 V | 0,81 | 214 | +8  |      |      |
| ε Ind; 209 100                   |   | 22 00 | -57 00 | 4,68  | 1,05 | 0,40 | 7,00  | K5 V | 4,69 | 291 | -40 |      |      |
| Krúger 60; 239 960               | A | 22 26 | +57 27 | 9,85  | 1,62 | 1,15 | 11,87 | M3   | 0,86 | 253 | -26 | 0,27 | 0,51 |
| D0 Cer »                         | B | »     | »      | 11,3  | 1,8  | -    | 13,3  | M4   | »    | »   | »   | 0,16 |      |
| L789-6                           |   | 22 36 | -15 36 | 12,18 | 1,96 | 1,66 | 14,60 | M7   | 3,26 | 303 | -60 |      |      |
| +43 <sup>o</sup> 4 305           |   | 22 45 | +44 05 | 10,2  | 1,6  | 1,15 | 11,65 | M4   | 0,83 | 194 | -2  |      |      |
| -15 <sup>o</sup> 6 290; Ross 780 |   | 22 51 | -14 31 | 10,17 | 1,60 | 1,22 | 11,77 | M5   | 1,15 | 207 | +9  |      |      |
| -36 <sup>o</sup> 15 693; 217 987 |   | 23 03 | -36 08 | 7,36  | 1,46 | 0,85 | 9,59  | M2 V | 6,90 | 279 | +10 |      |      |
| +19 <sup>o</sup> 5 116           | A | 23 20 | +19 40 | 10,38 | 1,56 | 1,13 | 11,33 | M4   | 0,55 | 155 | -1  |      |      |
| »                                | B | »     | »      | 12,4  | -    | -    | 13,4  | M6   | »    | »   | -4  |      |      |
| Ross 248                         |   | 23 39 | +43 55 | 12,29 | 1,92 | 1,56 | 14,80 | M6   | 1,59 | 317 | -81 |      |      |
| 1 <sup>o</sup> 4 774             |   | 23 47 | +2 08  | 8,69  | 1,48 | 0,87 | 10,10 | M2 V | 1,37 | 175 | -65 |      |      |

| Yulduz  |       | 1950                           |                      | V    | B-V   | U-B   | M <sub>V</sub> | Sp     | Bir yilda<br>μ<br>0,001" | d,<br>ps | v.<br>km/s | Izoh  |
|---------|-------|--------------------------------|----------------------|------|-------|-------|----------------|--------|--------------------------|----------|------------|---|
|         |       | α                              | δ                    |      |       |       |                |        |                          |          |            |   |
| Alferas | α And | 0 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> | +28 <sup>o</sup> 49' | 2,03 | -0,10 | -0,39 | -0,9           | B9p    | 211                      | 39       | -12 o'zg.  | 2 qo'sh. 76'', sp. qo'sh. 96,7sut           |
| Shaf    | β Cas | 0 06                           | +58 52               | 2,26 | +0,34 | +0,10 | +1,5           | F2 IV  | 555                      | 14       | +12        | sp. qo'sh. 27 sut.                          |
|         | α Phe | 0 24                           | -42 35               | 2,39 | +1,08 | +0,87 | +0,2           | K0 III | 443                      | 28       | +75 o'zg.  | astr. 2 qo'sh. 0,07''<br>sp. qo'sh. 3849sut |

|            |              |      |        |      |       |       |      |           |     |     |           |   |
|------------|--------------|------|--------|------|-------|-------|------|-----------|-----|-----|-----------|---|
| Shedar     | $\alpha$ Cas | 0 38 | +56 16 | 2,22 | +1,17 | +1.13 | -1,0 | K0 II-III | 58  | 45  | -4        |   |
|            | $\beta$ Cet  | 0 41 | -18 16 | 2,04 | +1,02 | +0.87 | +0,7 | K1 III    | 234 | 18  | +13       | o`zg.   |
|            | $\gamma$ Cas | 0 54 | +60 27 | 2,59 | -0,22 | -1.07 | -3,9 | B0e IV    | 27  | 190 | -7        | noto`g`ri 2 qo`sh.<br>o`zg.2`                                     |
| Mirak      | $\beta$ And  | 1 07 | +35 21 | 2,06 | +1,62 | +1.96 | +0,1 | M0 III    | 211 | 23  | 0         | o`zg.   |
| Qutbiy     | $\alpha$ UMi | 1 49 | +89 02 | 2,3  | +0,6  |       | -4,6 | F8 Ib     | 46  | 240 | -17 o`zg. | o`zg. 4sut. sp. 2<br>qo`sh. 30 yil                                |
| Axemer     | $\alpha$ Eri | 1 36 | -57 29 | 0,48 | -0,18 | -0.67 | -2,2 | B5 IV-V   | 98  | 39  | +19 o`zg. |   |
| Almak      | $\gamma$ And | 2 01 | +42 05 | 2,13 | +1,20 | +0.92 | -2,2 | K3 II     | 69  | 75  | -12       | 2 qo`sh. 10`  |
| Xamal      | $\alpha$ Ari | 2 04 | +23 14 | 2,00 | +1,15 | +1.12 | +0,2 | K2 III    | 242 | 23  | -14       | o`zg.   |
| Mira       | 0 Cet        | 2 17 | -3 12  | 2,0  | +1,7  |       | -1,0 | M6e III   | 233 | 40  | +64 o`zg. | o`zg. 332 sut.  |
| Menkar     | $\alpha$ Cet | 3 00 | +3 54  | 2,52 | +1,64 | +1.95 | -0,7 | M2 III    | 75  | 45  | -26       |   |
| Algol      | $\beta$ Per  | 3 05 | +40 46 | 2,2  | -0,1  |       | -0,3 | B8 V      | 7   | 32  | +4 o`zg.  | 2 qo`sh. o`zg 1,8<br>yilda, so`ngra sp.3<br>qo`sh. 2 yilda 3 sut. |
| Mirfak     | $\alpha$ Per | 3 21 | +49 41 | 1,80 | +0,48 | +0.39 | -4,3 | F5 Ib     | 35  | 160 | -2        |   |
| Aldebaran  | $\alpha$ Tan | 4 33 | +16 25 | 0,85 | +1,53 | +1.89 | -0,7 | K5 III    | 203 | 21  | +54       | o`zg. 2 qo`sh. 31`<br>122`, 2`                                    |
| Kapella    | $\alpha$ Aur | 5 13 | +45 57 | 0,08 | +0,79 | +0.45 | -0,6 | G8 + F    | 436 | 14  | +30 o`zg. | o`zg. sp. qo`sh. 105<br>sut.                                      |
| Rigel      | $\beta$ Ori  | 5 12 | -8 15  | 0,11 | -0,03 | -0.67 | -7,0 | B8 Ia     | 1   | 250 | +21 o`zg. | o`zg. 2 qo`sh. 9`<br>sp. qo`sh. 10 sut.                           |
| Bellatriks | $\gamma$ Ori | 5 22 | +6 18  | 1,63 | -0,22 | -0.87 | -3,3 | B2 III    | 16  | 93  | +18       | o`zg.   |
| Elnat      | $\beta$ Tan  | 5 23 | +28 34 | 1,65 | -0,18 | -0.49 | -2,0 | B7 III    | 178 | 55  | +8        |   |

|            |       |                                |                      |       |       |       |       |         |      |     |           |  |
|------------|-------|--------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|---------|------|-----|-----------|--|
| Mintaka    | δ Ori | 5 29                           | -0 20                | 2,19  | -0,21 |       | -6,1  | 09,5 II | 2    | 460 | +17 o`zg. | 2 qo`sh. 33". sp.<br>qo`sh. 5,7 sut            |
| Arneb      | α Lep | 5 31                           | -17 51               | 2,58  | +0,22 | +0,22 | -4,7  | F0 Ib   | 6    | 300 | +25       |  |
| Alnilam    | ε Ori | 5 34                           | -1 14                | 1,70  | -0,19 | -1,04 | -6,7  | B0 Ia   | 0    | 470 | +26       |  |
| Alnitak    | ξ Ori | 5 38                           | -1 58                | 1,79  | -0,21 | -1,06 | -6,4  | O9,5 Ib | 5    | 450 | +18       | o`zg 2 qo`sh. 3".                              |
|            | χ Ori | 5 45                           | -9 41                | 2,05  | -0,18 | -1,03 | -6,8  | B0,5e I | 5    | 560 | +21       | o`zg.  |
| Betelgeyze | α Ori | 5 52                           | +7 24                | 0,8   | +1,86 |       | -6    | M2 I    | 29   | 200 | +21 o`zg. | o`zg sp. 2 qo`sh.<br>5,8 yil.                  |
| Menkalinan | β Aur | 5 56                           | +44 57               | 1,90  | +0,03 |       | -0,2  | A2 V    | 51   | 27  | -18 o`zg. | o`zg, so`ngra sp.<br>qo`sh. 3,98 sut.          |
| Mirsam     | β CMa | 6 20                           | -17 56               | 1,98  | -0,24 | -0,99 | -4,5  | B1 II   | 4    | 200 | +34 o`zg. | sp. qo`sh. 0,25 sut.<br>42 sut.                |
| Kanopus    | α Car | 6 23                           | -52 40               | -0,73 | +0,16 |       | -4,7  | F0 Ib   | 25   | 60  | +21       |  |
| Alxena     | γ Gem | 6 35                           | +16 27               | 1,93  | 0,00  | +0,03 | -0,4  | A0 IV   | 66   | 31  | -13 o`zg. | sp. 2 qo`sh. 2175<br>sut                       |
| Sirius     | α CMa | 6 43                           | -16 39               | -1,45 | 0,00  | -0,04 | +1,41 | A1 V    | 1324 | 2,7 | -8 o`zg.  | 2 qo`sh. 9", 50 yil                            |
| Aldara     | ε CMa | 6 57                           | -28 54               | 1,50  | -0,22 | -0,92 | -5,0  | B2 II   | 4    | 200 | +27       | 2 qo`sh. 8"                                    |
|            | δ CMa | 7 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> | -26 <sup>o</sup> 19' | 1,84  | +0,67 | +0,50 | -7,3  | F8 Ia   | 5    | 600 | +34       |  |
|            | η CMa | 7 22                           | -29 12               | 2,42  | -0,07 | -0,73 | -7,0  | B5 Ia   | 8    | 750 | +41       |  |
| Kastor     | α Gem | 7 31                           | +32 00               | 1,58  | +0,04 | +0,01 | +0,85 | A1 M+A  | 200  | 14  | +4 o`zg   | 3 qo`sh., har biri<br>sp. 2 qo`sh.             |
| Proсион    | α CMi | 7 37                           | +5 21                | 0,35  | +0,41 | 0,00  | +2,65 | F5 IV   | 1248 | 3,5 | -3 o`zg   | o`zg. 2 qo`sh. 4",<br>41yil. sp.qo`sh. 40 yil. |
| Polluke    | β Gem | 7 42                           | +28 09               | 1,15  | +1,00 | +0,85 | +0,95 | K0 III  | 625  | 11  | +3 o`zg   | o`zg. yaqin gigant                             |

|            |       |       |        |      |       |       |       |         |     |     |           |                                  |
|------------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|---------|-----|-----|-----------|----------------------------------|
|            | ξ Pup | 8 02  | -39 52 | 2,25 | -0,27 | -1,11 | -7    | O5      | 33  | 700 | -24       |                                  |
|            | γ Vel | 8 08  | -47 11 | 1,83 | -0,26 | -0,92 | -4    | DC7+O7  | 10  | 150 | +35       | o`zg. 2 qo`sh. 41"               |
|            | ε Car | 8 21  | -59 21 | 1,87 | +1,30 | +0,27 | -3    | K0 II+B | 29  | 100 | +12       | o`zg.                            |
|            | δ Vel | 8 43  | -54 31 | 1,95 | +0,04 | +0,04 | +0,1  | A0 V    | 87  | 23  | +2        | 3 qo`sh. 3", 69"                 |
| Al Suhayil | λ Vel | 9 06  | -43 14 | 2,26 | +1,69 | +1,8  | -4,5  | K5 Ib   | 26  | 200 | +18       | o`zg.                            |
|            | β Car | 9 13  | -69 31 | 1,68 | 0,00  | +0,02 | -0,4  | A0 III  | 184 | 26  | -5        |                                  |
|            | i Car | 9 16  | -59 04 | 2,24 | +0,18 | +0,11 | -4,5  | F0 Ib   | 20  | 200 | +13       | o`zg.                            |
|            | χ Vel | 9 21  | -54 48 | 2,49 | -0,20 | -0,74 | -3,0  | B2 IV   | 12  | 130 | +22 o`zg. | sp. 2 qo`sh. 117 sut.            |
| Alfard     | α Hya | 9 25  | -8 26  | 1,99 | +1,43 | +1,73 | -0,4  | K4 III  | 34  | 30  | -4        | o`zg.                            |
| Regul      | α Leo | 10 06 | +12 13 | 1,35 | -0,11 | -0,36 | -0,6  | B7 V    | 248 | 26  | +4        | o`zg. 3 qo`sh. 4". 217"          |
| Algeba     | γ Leo | 10 17 | +20 06 | 2,1  | +1,12 | +0,99 | -0,5  | K0 III  | 346 | 33  | -37       | 2 qo`sh. 619 yil. 2"             |
| Merak      | β UMa | 10 59 | +56 39 | 2,37 | -0,02 | -0,02 | +0,5  | A1 V    | 87  | 24  | -12 o`zg. | o`zg.                            |
| Dubxe      | α UMa | 11 01 | +62 01 | 1,79 | +1,06 | +0,90 | -0,7  | K0 III  | 138 | 32  | -9 o`zg.  | 2 o`zg. 0,6", 44 yil.            |
| Zosma      | δ Leo | 11 11 | +20 48 | 2,55 | +0,12 | +0,10 | +0,7  | A4 V    | 202 | 24  | -21       |                                  |
| Denebola   | β Leo | 11 47 | +14 51 | 2,14 | +0,09 | +0,07 | +1,58 | A3 V    | 510 | 13  | 0         | o`zg.                            |
| Fekda      | γ UMa | 11 51 | +53 58 | 2,43 | 0,00  | +0,01 | +0,5  | A0 V    | 94  | 25  | -13       | o`zg.                            |
|            | γ Crv | 12 13 | -17 16 | 2,59 | -0,11 | -0,35 | -2,0  | B8 III  | 162 | 85  | -4 o`zg.  | o`zg.                            |
| Akruks     | α Cru | 12 24 | -62 49 | 0,9  | -0,26 | -0,96 | -3,5  | B2 IV   | 43  | 80  | -7 o`zg.  | 2 qo`sh. 5", har biri sp. qo`sh. |
|            | γ Cru | 12 28 | -56 50 | 1,64 | +1,60 | +1,75 | -2,5  | M3 II   | 273 | 70  | +21       | o`zg.                            |
|            | γ Cen | 12 39 | -48 41 | 2,16 | -0,02 | 0,00  | -0,5  | A0 III  | 197 | 40  | -8 o`zg.  | 2 qo`sh. 0,9". 85 yil            |

|         |                |                                 |                      |       |       |       |      |              |      |      |           |  |
|---------|----------------|---------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|------|--------------|------|------|-----------|--|
|         | $\beta$ Cru    | 12 45                           | -59 25               | 1,26  | -0,24 | -1,00 | -4,7 | B0 III       | 49   | 150  | +20 o'zg. | o'zg. 0.25 sut                           |
| Aliot   | $\epsilon$ UMa | 12 52                           | +56 14               | 1,78  | -0,02 | +0,01 | -0,2 | A0p          | 114  | 25   | -9 o'zg.  | sp. qo'sh. 5 sut. 4 yil                  |
| Mitsar  | $\xi$ Uma      | 13 22                           | +55 11               | 2,09  | +0,03 |       | 0,0  | A2 V         | 128  | 27   | -9 o'zg.  | 3 qo'sh. 14", sp. 2 qo'sh. 20 sut.       |
| Spika   | $\alpha$ Vir   | 13 23                           | -10 54               | 0,96  | -0,23 |       | -3,4 | B1 V         | 52   | 80   | +1 o'zg.  | o'zg. so'ngra<br>sp.qo'sh. 4 sut.        |
|         | $\epsilon$ Cen | 13 37                           | -53 13               | 2,30  | -0,23 | -0,92 | -3,6 | B1 V         | 34   | 150  | +6        |  |
| Alkayid | $\eta$ Uma     | 13 46                           | +49 34               | 1,86  | -0,19 | -0,68 | -1,6 | B3 V         | 122  | 45   | -11       | o'zg.                                    |
|         | $\xi$ Cen      | 13 52                           | -47 03               | 2,54  | -0,24 | -0,90 | -3,5 | B2 IV        | 76   | 160  | +7 o'zg.  | sp. 2 qo'sh. 8 sut.                      |
|         | $\beta$ Cen    | 14 00                           | -60 08               | 0,60  | -0,23 | -0,98 | -5,0 | B1 II        | 35   | 120  | -11 o'zg. | 2 qo'sh. 1,2"                            |
|         | $\theta$ Cen   | 14 04                           | -36 08               | 2,06  | +1,02 | +0,84 | +1,0 | K0 IV        | 738  | 17   | +1        |  |
| Arktur  | $\alpha$ Boo   | 14 13                           | +19 27               | -0,06 | +1,23 | +1,26 | -0,2 | K2p III      | 2285 | 11   | -5        | o'zg.                                    |
|         | $\eta$ Cen     | 14 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> | -41 <sup>o</sup> 56' | 2,34  | -0,21 | -0,80 | -3,0 | B2 V         | 49   | 120  | 0 o'zg.   | o'zg. 3 qo'sh.<br>5,6", 0,1"             |
|         | $\alpha$ Cen   | 14 36                           | -60 38               | -0,1  | +0,7  |       | +4,3 | G2 V         | 3675 | 1,33 | -24 o'zg. | 3 qo'sh. 80 yil.<br>2.2"                 |
|         | $\alpha$ Lup   | 14 39                           | -47 10               | 2,31  | -0,22 | -0,88 | -2,5 | B2           | 33   | 90   | +7 o'zg.  |  |
| Itsar   | $\epsilon$ Boo | 14 43                           | +27 17               | 2,39  | +0,96 | +0,70 | -0,2 | K1 III,<br>A | 50   | 35   | -17       | 3 qo'sh. 3,6".<br>178". sp. 2 qo'sh.     |
| Koxab   | $\beta$ UMi    | 14 51                           | +74 22               | 2,07  | +1,46 | +1,78 | -0,5 | K4 III       | 33   | 32   | +17       | o'zg.                                    |
| Gemma   | $\alpha$ Cr B  | 15 33                           | +26 53               | 2,23  | -0,02 |       | +0,5 | A0 V         | 154  | 23   | +2 o'zg.  | o'zg. sp. 2 qo'sh.<br>17,4 sut. 2,8 sut. |
| Dshubba | $\delta$ Sco   | 15 57                           | -22 29               | 2,32  | -0,11 | -0,91 | -4,0 | B0 V         | 33   | 180  | -14 o'zg. |  |

|                   |                |       |        |      |       |       |      |               |     |     |           |  |
|-------------------|----------------|-------|--------|------|-------|-------|------|---------------|-----|-----|-----------|--|
| Aqrab             | $\beta$ Sco    | 16 03 | -19 40 | 2,52 | -0,08 | -0,83 | -3,8 | B0,5 V        | 27  | 180 | -7 o`zg.  | o`zg. 3 qo`sh. 14" 1"<br>sp. qo`sh. 6,8 sut. |
| Anteras           | $\alpha$ Sco   | 16 26 | -26 19 | 1,0  | +1,81 |       | -1,7 | M1 Ib         | 30  | 130 | -3 o`zg.  | o`zg. 1733 sut. 2<br>qo`sh. 3".              |
|                   | $\xi$ Oph      | 16 34 | -10 28 | 2,56 | +0,02 | -0,86 | -3,8 | O9,5 V        | 22  | 190 | -19 o`zg. |  |
|                   | $\alpha$ TrA   | 16 43 | -68 56 | 1,93 | +1,43 | +1,50 | -0,3 | K4 III        | 43  | 28  | -4        |  |
|                   | $\epsilon$ Sco | 16 47 | -34 12 | 2,29 | +1,15 | +1,16 | +0,7 | K2 III-<br>IV | 664 | 21  | -3        | o`zg.  |
|                   | $\eta$ Oph     | 17 08 | -15 40 | 2,44 | +0,05 |       | +0,8 | A2 V          | 96  | 21  | -1        | 2 qo`sh. 1". 88 yil.                         |
|                   | $\lambda$ Sco  | 17 30 | -37 04 | 1,62 | -0,22 | -0,90 | -3,4 | B1 V          | 32  | 100 | 0 o`zg.   | sp. qo`sh. 5.6 sut.                          |
|                   | $\theta$ Sco   | 17 34 | -42 58 | 1,87 | +0,40 | +0,15 | -4,5 | F0 Ib         | 12  | 160 | +1        |  |
| Ras - Alhar       | $\alpha$ Oph   | 17 33 | +12 36 | 2,07 | +0,15 | +0,09 | +0,8 | A5 III        | 261 | 18  | +13       | o`zg.  |
|                   | $\chi$ Sco     | 17 39 | -39 00 | 2,41 | -0,22 | -0,89 | -3,3 | B2 IV         | 30  | 140 | -10 o`zg. |  |
| Etamin            | $\gamma$ Dra   | 17 55 | +51 30 | 2,22 | +1,52 | +1,87 | -0,6 | K5 III        | 26  | 36  | -28       | o`zg.  |
| Kaus<br>Australic | $\epsilon$ Sgr | 18 21 | -34 25 | 1,83 | -0,02 | -0,10 | -1,5 | B9 IV         | 137 | 50  | -11       |  |
| Vega              | $\alpha$ Lyr   | 18 35 | +38 44 | 0,04 | 0,00  | 0,00  | +0,5 | A0 V          | 345 | 8,1 | -14       | o`zg.  |
| Nunki             | $\sigma$ Sgr   | 18 52 | -26 22 | 2,08 | -0,20 | -0,74 | -2,5 | B2 V          | 60  | 80  | -11       |  |
| Altair            | $\alpha$ Aqi   | 19 48 | +8 44  | 0,77 | +0,22 | +0,07 | +2,3 | A7 V          | 658 | 5,0 | -26       |  |
|                   | $\alpha$ Pav   | 20 22 | -56 54 | 1,93 | -0,20 | -0,72 | -2,9 | B3 IV         | 87  | 90  | +2 o`zg.  | o`zg. sp. 2 qo`sh.<br>11,8 sut.              |
| Sadr              | $\gamma$ Cyg   | 20 20 | +40 06 | 2,23 | +0,67 | +0,53 | -4,7 | F8 Ib         | 1   | 250 | -8        |  |
| Deneb             | $\alpha$ Cyg   | 20 40 | +45 06 | 1,25 | +0,09 | -0,23 | -7,3 | A2 Ia         | 3   | 500 | -5 o`zg.  | o`zg.  |
|                   | $\epsilon$ Cyg | 20 44 | +33 47 | 2,46 | +1,03 | +0,86 | +0,6 | K0 III        | 482 | 23  | -10 o`zg. |  |



|           |                |       |        |      |       |       |      |           |     |     |           |                        |
|-----------|----------------|-------|--------|------|-------|-------|------|-----------|-----|-----|-----------|------------------------|
| Alderamin | $\alpha$ Cep   | 21 17 | +62 22 | 2,43 | +0,23 | +0,11 | +1,5 | A7 IV-V   | 157 | 16  | -10 o`zg. |                        |
|           | $\epsilon$ Peg | 21 42 | +9 39  | 2,41 | +1,55 | +1,66 | -4,6 | K2 Ib     | 26  | 250 | +5        | o`zg. 2 qo`sh.<br>144" |
|           | $\alpha$ Gru   | 22 05 | -47 12 | 1,74 | -0,14 | -0,46 | +0,2 | B5 V      | 195 | 21  | +12       | o`zg.                  |
|           | $\beta$ Gru    | 22 40 | -47 09 | 2,2  | +1,6  |       | -2,5 | M3 II     | 134 | 90  | +2        | o`zg.                  |
| Folmagaut | $\alpha$ PsA   | 22 55 | -29 53 | 1,16 | +0,09 | +0,08 | +1,9 | A3 V      | 367 | 7,0 | +7        |                        |
| Shat      | $\beta$ Peg    | 22 01 | +27 49 | 2,54 | +1,66 |       | -1,4 | M2 II-III | 234 | 60  | +9        | noto`g`ri o`zg.        |
| Markab    | $\alpha$ Peg   | 23 02 | +14 56 | 2,49 | -0,04 | -0,04 | -0,1 | B9,5 III  | 71  | 33  | -4        | o`zg.                  |

| Multiplet №                                | $\lambda, \text{Å}$ | lg gf   | W, m Å |
|--|---------------------|---------|--------|
| 3<br><br>4<br><br>5<br><br>$\nu_s=0,03$    | 5460,51             | -2,36   | 8,5    |
|  | 5426,26             | -2,48   | 5,5    |
|  | 5490,84             | -2,67   | 2,5    |
|  | 5210,39             | -0,90   | 86     |
|  | 5192,97             | -0,96   | 80     |
|  | 5173,74             | -1,06   | 67     |
|  | 5219,71             | -1,90   | 25     |
|  | 5152,20             | -1,73   | 38     |
|  | 5147,48             | -1,71   | 36     |
|  | 5064,65             | -0,87   | 79     |
|  | 5039,96             | -0,96   | 66     |
|  | 5009,65             | -1,96   | 24     |
| 35<br><br>38<br><br>$\nu_s=0,82$<br><br>39 | 5366,65             | -1,89   | 2,5    |
|  | 5389,18             | -1,69   | 5      |
|  | 4981,73             | +0,57   | 112    |
|  | 4991,07             | +0,45   | 102    |
|  | 4999,50             | +0,38   | 104    |
|  | 5016,16             | -0,44   | 60     |
|  | 5020,03             | -0,29   | 86     |
|  | 5022,87             | -0,30   | 72     |
|  | 5024,84             | -0,47   | 62     |
|  | 5045,40             | -1,49   | 10     |
|  | 5043,58             | -1,30   | 14     |
|  | 5040,64             | -1,37   | 16     |
| 109<br><br>$\nu_s=1,44$<br><br>110         | 4926,15             | -1,71   | 5,5    |
|  | 4937,72             | -1,72   | 10     |
|  | 5145,47             | -0,19   | 37     |
|  | 5113,45             | -0,36   | 23     |
|  | 5087,06             | -0,55   | 22     |
|  | 5109,43             | -0,92   | 5      |
|  | 5085,33             | -1,02   | 5,5    |
|  | 5036,47             | +0,30   | 66     |
|  | 5038,40             | +0,23   | 60     |
|  | 5071,48             | -0,51   | 25     |
|  | 5065,99             | -0,65   | 19     |
|  | 156                 | 5297,24 | -0,19  |

|                       |   |            |         |       |     |
|-----------------------|---|------------|---------|-------|-----|
| 157                   | } |            | 4885,08 | +0,43 | 53  |
|                       |   |            | 4899,91 | +0,42 | 57  |
|                       |   |            | 4913,61 | +0,33 | 61  |
| 173                   | } | $v_s=1,99$ | 5025,57 | +0,44 | 20  |
|                       |   |            | 5013,28 | +0,31 | 59  |
|                       |   |            | 5000,99 | +0,30 | 44  |
|                       |   |            | 4989,14 | +0,09 | 29  |
|                       |   |            | 4964,71 | -0,37 | 7   |
| 183                   | } | $v_s=2,09$ | 5424,30 | +0,42 | 36  |
|                       |   |            | 5224,56 | -0,03 | 68  |
|                       |   |            | 5223,62 | -0,09 | 11  |
|                       |   |            | 5222,69 | -0,05 | 23  |
|                       |   |            | 5263,48 | -0,27 | 13  |
|                       |   |            | 5247,29 | -0,15 | 10  |
|                       |   |            | 5186,33 | -0,36 | 7   |
|                       |   |            | 5194,04 | -0,08 | 10  |
|                       |   |            | 5201,10 | -0,22 | 11  |
|                       |   |            | 5207,85 | -0,16 | 8   |
| 200                   | } | $v_s=2,15$ | 4921,77 | +0,38 | 40  |
|                       |   |            | 4919,87 | +0,21 | 24  |
|                       |   |            | 4928,34 | +0,27 | 30  |
|                       |   |            | 4948,18 | -0,56 | 7,5 |
|                       |   |            | 4941,56 | -0,39 | 3   |
| 201                   | } | $v_s=2,15$ | 4848,49 | -0,05 | 11  |
|                       |   |            | 4864,19 | -0,37 | 3   |
|                       |   |            | 4880,92 | -0,46 | 9   |
| 202                   | } | $v_s=2,15$ | 4731,17 | -0,10 | 11  |
|                       |   |            | 4733,43 | -0,21 | 11  |
|                       |   |            | 4742,13 | -0,52 | 5   |
| 216<br>231<br><br>232 | } | $v_s=2,24$ | 4995,06 | -0,32 | 3   |
|                       |   |            | 4856,01 | +0,66 | 39  |
|                       |   |            | 4870,13 | +0,58 | 36  |
|                       |   |            | 4868,26 | +0,48 | 26  |
|                       |   |            | 4882,33 | -0,16 | 7   |
|                       |   |            | 4778,26 | +0,02 | 16  |

## Atomlarning ossilyatorlar kuchi

| Atom                   | O'tish              | Multiplet |             |             | Chiziq                       |                     |              |
|------------------------|---------------------|-----------|-------------|-------------|------------------------------|---------------------|--------------|
|                        |                     | №         | Belgisi     | $g_f$       | J                            | $\lambda, \text{Å}$ | $g_f$        |
| H I<br>Layman seriyasi | $L\alpha$ $1s-2p$   | 1u        | $^2S-^2p^0$ | 0,8323      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 1215                | 0,5549       |
|                        | $L\beta$ $1s-2p$    | 2u        | $^2S-^2p^0$ | 0,1582      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 1025                | 0,1055       |
|                        | $L\gamma$ $1s-2p$   | 3u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0580      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 972                 | 0,0387       |
|                        | $L\delta$ $1s-2p$   | 4u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0279      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 949                 | 0,0186       |
|                        | $L\epsilon$ $1s-2p$ | 5u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0156      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 937                 | 0,0104       |
|                        | $L\zeta$ $1s-2p$    | 6u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0096      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 930                 | 0,0064       |
|                        | $L\eta$ $1s-2p$     | 7u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0064      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 926                 | 0,0043       |
|                        | $L\theta$ $1s-2p$   | 8u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0044      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 923                 | 0,0029       |
|                        | $L\tau$ $1s-2p$     | 9u        | $^2S-^2p^0$ | 0,0032      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 920                 | 0,0021       |
|                        | $L\chi$ $1s-2p$     | 10u       | $^2S-^2p^0$ | 0,0024      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 919                 | 0,0016       |
|                        | $L\lambda$ $1s-2p$  | 11u       | $^2S-^2p^0$ | 0,0018      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 918                 | 0,0012       |
|                        | Chegaraviy $s-np$   |           |             | $3,2n^{-3}$ | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 912                 | $2,1 n^{-3}$ |
|                        | Summa               |           |             | 1,1282      |                              |                     |              |
|                        | Kontiniuum $1s$     |           |             | 0,8178      |                              |                     |              |
| H I<br>Balmer seriyasi | $2s-3p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,8697      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 6562                | 0,5798       |
|                        | $2p-3s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0815      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 6562                | 0,0543       |
|                        | $2p-3d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 4,1747      | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 6562                | 2,5048       |
|                        | $H\alpha$           | I         |             | 5,1260      |                              | 6562                |              |
|                        | $2s-4p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,2055      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 4861                | 0,1370       |
|                        | $2p-4s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0183      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 4861                | 0,0122       |
|                        | $2p-4d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,7308      | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 4861                | 0,4385       |
|                        | $H\beta$            | I         |             | 0,9546      |                              | 4861                |              |
|                        | $2s-5p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0839      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 4340                | 0,0559       |
|                        | $2p-5s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0073      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 4340                | 0,0049       |
|                        | $2p-5d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,2262      | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 4340                | 0,1597       |
|                        | $H\gamma$           | I         |             | 0,3573      |                              | 4340                |              |
|                        | $2s-6p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0432      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 4101                | 0,0288       |
|                        | $2p-6s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0037      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 4101                | 0,0025       |
|                        | $2p-6d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,1298      | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 4101                | 0,0778       |
|                        | $H\delta$           | I         |             | 0,1767      |                              | 4101                |              |
|                        | $2s-7p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0255      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 3970                | 0,0170       |
|                        | $2p-7s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0022      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 3970                | 0,0015       |
|                        | $2p-7d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,0740      | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 3970                | 0,0444       |
|                        | $H\epsilon$         | I         |             | 0,1016      |                              | 3970                |              |
|                        | $2s-8p$             |           | $^2S-^2p^0$ | 0,0164      | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$  | 3889                | 0,0108       |
|                        | $2p-8s$             |           | $^2p^0-^2S$ | 0,0014      | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 3889                | 0,0009       |
|                        | $2p-8d$             |           | $^2p^0-^2D$ | 0,0465      | $1\frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 3889                | 0,0279       |
| $H\zeta$               | 2                   |           | 0,0643      |             | 3889                         |                     |              |
| $H\eta$ $n=9$          | 2                   |           | 0,0434      |             | 3835                         |                     |              |
| $H\theta$ $n=10$       | 2                   |           | 0,0308      |             | 3797                         |                     |              |
| $H\tau$ $n=11$         | 2                   |           | 0,0227      |             | 3770                         |                     |              |

|                  |   |                      |              |                             |        |              |
|------------------|---|----------------------|--------------|-----------------------------|--------|--------------|
| H $\alpha$ n=12  | 2   |                      | 0,0172       |                             | 3750   |              |
| Chegaraviy 2s-np |   | ${}^2S\text{-}^2p^0$ | $7,4n^{-3}$  | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 3646   | $4,9n^{-3}$  |
| 2p-ns            |   | ${}^2p^0\text{-}^2S$ | $0,7n^{-3}$  | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 3646   | $0,5n^{-3}$  |
| 2p-nd            |   | ${}^2p^0\text{-}^2D$ | $19,8n^{-3}$ | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 3646   | $11,8n^{-3}$ |
| H (n)            |   |                      | $28 n^{-3}$  |                             | 3646   |              |
| To'la 2s-np      |   | ${}^2S\text{-}^2p^0$ | 1,27         | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  |        | 0,85         |
| 2p-ns            |   | ${}^2p^0\text{-}^2S$ | 0,12         | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  |        | 0,08         |
| 2p-nd            |   | ${}^2p^0\text{-}^2D$ | 5,54         | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ |        | 3,35         |
| Summa            |   |                      | 6,93         |                             |        |              |
| Kontinuum 2s-p   |   |                      | 0,724        |                             |        |              |
| 2p-s             |   |                      | 0,048        |                             |        |              |
| 2p-d             |   |                      | 1,128        |                             |        |              |
| Balmerniki       |   |                      | 1,909        |                             |        |              |
| Pashen seriyasi  |   |                      |              |                             |        |              |
| 3s-4p            |   | ${}^2S\text{-}^2p^0$ | 0,970        | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 18 751 | 0,647        |
| 3p-4s            |   | ${}^2p^0\text{-}^2S$ | 0,19         | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 18 751 | 0,128        |
| 3p-4d            |   | ${}^2p^0\text{-}^2D$ | 3,72         | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 18 751 | 2,23         |
| 3d-4p            |   | ${}^2D\text{-}^2p^0$ | 0,110        | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 18 751 | 0,066        |
| 3d-4f            |   | ${}^2D\text{-}^2p^0$ | 10,16        | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 18 751 | 8,80         |
| P $\alpha$       |   |                      | 15,158       |                             | 18 751 |              |
| 3s-5p            |   | ${}^2S\text{-}^2p^0$ | 0,242        |                             | 12 818 | 0,61         |
| 3p-5s            |   | ${}^2p^0\text{-}^2S$ | 0,043        |                             | 12 818 | 0,029        |
| 3p-5d            |   | ${}^2p^0\text{-}^2D$ | 0,835        |                             | 12 818 | 0,500        |
| 3d-5p            |   | ${}^2D\text{-}^2p^0$ | 0,022        |                             | 12 818 | 0,013        |
| 3d-5f            |   | ${}^2D\text{-}^2p^0$ | 1,565        |                             | 12 818 | 0,894        |
| P $\beta$        | 8   |                      | 2,710        |                             | 12 818 |              |
| P $\gamma$       | 8   |                      | 1,005        |                             | 10 938 |              |
| P $\delta$       | 8   |                      | 0,494        |                             | 10 049 |              |
| P $\epsilon$     | 8   |                      | 0,289        |                             | 9 545  |              |
| P $\zeta$        | 8   |                      | 0,184        |                             | 9229   |              |
| P $\eta$         | 8   |                      | 0,126        |                             | 9 014  |              |
| P $\theta$       | 8   |                      | 0,090        |                             | 8 862  |              |
| Breket seriyasi  |   |                      |              |                             |        |              |
| 4s-5p            |   | ${}^2S\text{-}^2p^0$ | 1,09         | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 40 512 | 0,73         |
| 4p-5s            |   | ${}^2p^0\text{-}^2S$ | 0,318        | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 40 512 | 0,212        |
| 4p-5d            |   | ${}^2p^0\text{-}^2D$ | 3,66         | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 40 512 | 2,20         |
| 4d-5p            |   | ${}^2D\text{-}^2p^0$ | 0,273        | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 40 512 | 0,164        |
| 4d-5f            |   | ${}^2D\text{-}^2p^0$ | 8,90         | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 40 512 | 5,09         |
| 4f-5d            |   | ${}^2F^0\text{-}^2D$ | 0,124        | $3\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 40 512 | 0,071        |
| 4f-5g            |   | ${}^2F^0\text{-}^2G$ | 18,83        | $3\frac{1}{2}-4\frac{1}{2}$ | 40 512 | 10,45        |
| B $\alpha$       |   |                      | 33,21        |                             | 40 512 |              |
| B $\beta$        |   |                      | 5,74         |                             | 26 252 |              |
| B $\gamma$       |   |                      | 2,10         |                             | 21 656 |              |
| B $\delta$       |   |                      | 1,03         |                             | 19 445 |              |
| He II            | Vodorosimon ionlar uchun g,f va gf chiziqlar shu kabi vodorot chiziqlarinkiki singari |                      |              |                             |        |              |
| Li III           |   |                      |              |                             |        |              |
| Be IV            |   |                      |              |                             |        |              |
| B V              |   |                      |              |                             |        |              |

|       |                 |    |             |       |                               |        |       |
|-------|-----------------|----|-------------|-------|-------------------------------|--------|-------|
| He I  | $1s^2-1s2p$     | 2u | $^1S-^1p^0$ | 0,276 | 0-1                           | 584    | 0,276 |
|       | $1s^2-1s3p$     | 3u | $^1S-^1p^0$ | 0,073 | 0-1                           | 537    | 0,073 |
|       | $1s^2-1s4p$     | 4u | $^1S-^1p^0$ | 0,030 | 0-1                           | 522    | 0,030 |
|       | $1s2s-1s2p$     | 1  | $^2S-^3p^0$ | 1,62  | 1-2                           | 10 830 | 0,90  |
|       |                 |    | $^1S-^1p^0$ | 0,376 | 0-1                           | 20 581 | 0,376 |
|       | $1s2s-1s3p$     | 2  | $^3S-^3p^0$ | 0,193 | 1-2                           | 3 888  | 0,107 |
|       |                 | 4  | $^1S-^1p^0$ | 0,151 | 0-1                           | 5 015  | 0,151 |
|       | $1s2s-1s4p$     | 3  | $^3S-^3p^0$ | 0,069 | 1-2                           | 3 187  | 0,39  |
|       |                 | 5  | $^1S-^1p^0$ | 0,051 | 0-1                           | 3 964  | 0,051 |
|       | $1s2p-1s3s$     | 10 | $^3p^0-^1S$ | 0,624 | 2-1                           | 7 065  | 0,247 |
|       |                 | 45 | $^1p^0-^1S$ | 0,144 | 1-0                           | 7 281  | 0,144 |
|       | $1s2p-1s4s$     | 12 | $^3p^0-^1S$ | 0,106 | 2-1                           | 4 713  | 0,059 |
|       |                 | 47 | $^1p^0-^1S$ | 0,025 | 1-0                           | 5 047  | 0,025 |
|       | $1s2p-1s3d$     | 11 | $^3p^0-^1D$ | 5,48  | 2-3                           | 5 875  | 2,56  |
|       |                 | 46 | $^1p^0-^1D$ | 2,13  | 1-2                           | 6 678  | 2,13  |
|       |                 |    |             |       |                               |        |       |
| He I  | $1s2p-1s4d$     | 14 | $^3p^0-^3D$ | 1,12  | 2-3                           | 4 471  | 0,52  |
|       |                 | 48 | $^1p^0-^1D$ | 0,36  | 1-2                           | 4 921  | 0,36  |
|       | $1s2p-1s5d$     | 18 | $^3p^0-^3D$ | 0,427 | 2-3                           | 4 026  | 0,199 |
|       |                 | 51 | $^1p^0-^1D$ | 0,131 | 1-2                           | 4 387  | 0,131 |
|       | $1s3s-1g3p$     |    | $^3S-^3p^0$ | 2,69  | 1-2                           | 42 947 | 1,50  |
|       |                 |    | $^1S-^1p^0$ | 0,629 | 0-1                           | 74 351 | 0,629 |
|       | $1s3s-1s4p$     |    | $^3S-^3p^0$ | 0,129 | 1-2                           | 12 528 | 0,072 |
|       |                 |    | $^1S-^1p^0$ | 0,140 | 0-1                           | 15 083 | 0,140 |
| Li I  | $2s-2p$         | 1  | $^2S-^1p^0$ | 1,51  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 6 707  | 1,00  |
| Be II | $2s-2p$         | 1  | $^2S-^3p^0$ | 1,01  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 3 130  | 0,67  |
| C I   | $2p3s-2p3p$     | 1  | $^3p^0-^3D$ | 4,5   | 2-3                           | 10 691 | 2,1   |
|       |                 | 10 | $^1p^0-^1S$ | 0,33  | 1-0                           | 8 335  | 0,33  |
|       | $2p3s-2p4p$     | 4  | $^3p^0-^3D$ | 0,023 | 2-3                           | 5 041  | 0,011 |
|       |                 | 6  | $^3p^0-^3P$ | 0,05  | 2-2                           | 4 771  | 0,020 |
|       |                 | 11 | $^1p^0-^1P$ | 0,021 | 1-1                           | 5 380  | 0,021 |
|       |                 | 12 | $^1p^0-^1D$ | 0,033 | 1-2                           | 5 052  | 0,033 |
|       |                 | 13 | $^1p^0-^1S$ | 0,016 | 1-0                           | 4 932  | 0,016 |
| C II  | $2s^22p-2s2p^3$ | 1u | $^2p^0-^3D$ | 1,6   | $1 \frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 1 335  | 1,0   |
|       | $2p-3s$         | 4u | $^2p^0-^2S$ | 0,27  | $1 \frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$ | 858    | 0,18  |
|       | $2p-3d$         | 5u | $^2p^0-^3D$ | 1,5   | $1 \frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 687    | 0,9   |
|       | $2s-3p$         | 2  | $^2S-^3p^0$ | 1,8   | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 6 578  | 1,2   |
|       | $3p-4s$         | 4  | $^2p^0-^2S$ | 0,86  | $1 \frac{1}{2}-\frac{1}{2}$   | 3 920  | 0,57  |
|       | $3p-3d$         | 3  | $^2p^0-^3D$ | 3,5   | $1 \frac{1}{2}-2 \frac{1}{2}$ | 7 234  | 2,1   |
|       | $3d-4f$         | 6  | $^2D-^2p^0$ | 9,4   | $2 \frac{1}{2}-3 \frac{1}{2}$ | 4 267  | 5,4   |
| C III | $2s^2-2s2p$     | 1u | $^1S-^1p^0$ | 0,8   | 0-1                           | 977    | 0,8   |
|       | $2s^2-2s3p$     | 2u | $^1S-^1p^0$ | 0,26  | 0-1                           | 386    | 0,26  |
|       | $2s^2-2s3p$     | 1  | $^2S-^3p^0$ | 2,3   | 1-2                           | 4 647  | 1,3   |
| C IV  | $2s-2p$         | 1u | $^2S-^3p^0$ | 0,57  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 1 549  | 0,38  |
|       | $2s-3p$         | 2u | $^2S-^3p^0$ | 0,40  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 312    | 0,27  |
|       | $3s-3p$         | 1  | $^2S-^3p^0$ | 0,96  | $\frac{1}{2}-1 \frac{1}{2}$   | 5 804  | 0,64  |

|       |                   |    |               |       |                             |       |       |
|-------|-------------------|----|---------------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| C V   | $1s^2-1s1p$       |    | $^2S-^1P^0$   | 0,65  | 0-1                         | 40    | 0,65  |
| N I   | $2p^33s-2p^23p$   | 1  | $^4p-^4D^0$   | 4,3   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 8 680 | 1,7   |
|       |                   | 8  | $^2p-^2P^0$   | 1,90  | $1\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 8 629 | 1,07  |
| N II  | $2p^23s-2p^24p$   | 6  | $^4p-^4S^0$   | 0,025 | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 4 151 | 0,014 |
|       | $2s^22p^2-2s2p^2$ | 1u | $^3p-^3D^0$   | 1,5   | 2-3                         | 1 085 | 0,7   |
|       | $2p3s-2p3p$       | 3  | $^3P^0-^3D$   | 4,1   | 2-3                         | 5 679 | 1,9   |
|       |                   | 12 | $^1P^0-^1D$   | 1,9   | 1-2                         | 3 995 | 1,9   |
|       | $2p3p-2p3d$       | 19 | $^3D-^3P^0$   | 9,5   | 3-4                         | 5 004 | 4,1   |
| N III | $2s^22p-2s2p^2$   | 1u | $^3P^0-^3D$   | 1,1   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 991   | 0,6   |
|       | $3s-3p$           | 1  | $^2S-^2P^0$   | 1,5   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4 097 | 0,87  |
|       | $2s2p3s-2s2p3p$   | 3  | $^4P^0-^4D$   | 4,3   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 4 514 | 1,7   |
| N IV  | $2s^2-2s2p$       | 1u | $^1S-^1P^0$   | 0,7   | 0-1                         | 765   | 0,7   |
|       | $2s^2-2s2p$       | 2u | $^1S-^1P^0$   | 0,5   | 0-1                         | 247   | 0,5   |
|       | $2s3s-2s3p$       | 1  | $^3S-^3P^0$   | 1,9   | 1-2                         | 3 479 | 1,06  |
|       | $2s3p-2s3d$       | 3  | $^1P^0-^1D$   | 0,94  | 1-2                         | 4 057 | 0,94  |
| N V   | $2s-2p$           | 1u | $^2S-^2P^0$   | 0,47  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 1 238 | 0,31  |
|       | $2s-3p$           | 2u | $^2S-^2P^0$   | 0,47  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 209   | 0,31  |
|       | $3s-3p$           | 1  | $^2S-^2P^0$   | 0,79  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4 603 | 0,53  |
| N VI  | $1s^2-1s2p$       |    | $^1S-^1P^0$   | 0,67  | 0-1                         | 28    | 0,67  |
|       | $2p^4-2p^33s$     | 2u | $^3p-^3S^0$   | 0,3   | 2-1                         | 1 302 | 0,16  |
|       |                   | 5u | $^3p-^3D^0$   | 0,5   | 3-3                         | 988   | 0,24  |
| O I   | $2p^33s-2p^33p$   | 1  | $^5S^0-^5P$   | 4,6   | 2-3                         | 7 771 | 2,1   |
|       |                   | 4  | $^3S^0-^3P$   | 2,7   | 1-2                         | 8 446 | 1,5   |
|       | $2p^33s-2p^34p$   | 5  | $^3S^0-^3P$   | 0,017 | 1-2                         | 4 368 | 0,010 |
|       | $2p^33p-2p^34d$   | 10 | $^5P-^5D^0$   | 1,00  | 3-4                         | 6 158 | 0,36  |
| O II  | $2p^3-2p^23d$     | 3u | $^4S^0-^4P$   | 1,3   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 430   | 0,7   |
|       | $2s^22p^3-2s2p^4$ | 1u | $^4S^0-^4P$   | 1,8   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 834   | 0,9   |
|       | $2p^23s-2p^23p$   | 1  | $^4P-^4D^0$   | 6,6   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 4 649 | 2,6   |
|       |                   | 3  | $^4P^0-^4S^0$ | 1,5   | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 3 749 | 0,76  |
|       | $2p^23p-2p^23d$   | 20 | $^4P^0-^4D$   | 7,4   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 4 119 | 3,0   |
| O III | $2s^22p^2-2s2p^3$ | 1u | $^3P-^3D^0$   | 1,4   | 2-3                         | 835   | 0,6   |
|       |                   | 2u | $^3P-^3P^0$   | 1,6   | 2-2                         | 703   | 0,7   |
|       | $2p3s-2p3p$       | 2  | $^3P^0-^3D$   | 3,4   | 2-3                         | 3 759 | 1,6   |
|       | $2p3p-2p3d$       | 14 | $^3P-^3P^0$   | 3,4   | 2-3                         | 3 715 | 1,6   |
| O IV  | $2p-3d$           | 5u | $^2P^0-^2D$   | 3,0   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 238   | 1,7   |
|       | $2s^22p-2s2p^2$   | 1u | $^2P^0-^2D$   | 0,9   | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 790   | 0,5   |
|       | $2s2p3s-2s2p3p$   | 3  | $^4P^0-^4D$   | 3,6   | $2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}$ | 3 385 | 1,5   |
| O V   | $2s^2-2s2p$       | 1u | $^1S-^1P^0$   | 0,5   | 0-1                         | 629   | 0,5   |
|       | $2s^2-2s3p$       | 2u | $^1S-^1P^0$   | 0,6   | 0-1                         | 172   | 0,6   |
|       | $2p3s-2p3p$       | 4  | $^3P^0-^3D$   | 1,9   | 2-3                         | 4 123 | 0,9   |
|       | $2p3p-2p3d$       | 11 | $^3S-^3P^0$   | 0,60  | 1-2                         | 4 158 | 0,33  |
| O VI  | $2s-2p$           | 1u | $^2S-^2P^0$   | 0,39  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 1 031 | 0,26  |
|       | $2s-3p$           | 2u | $^2S-^2P^0$   | 0,52  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 150   | 0,35  |
|       | $2s-3p$           | 1  | $^2S-^2P^0$   | 0,67  | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 3 811 | 0,45  |

|                      |                                       |   |  |   |       |        |       |
|----------------------|---------------------------------------|---|--|---|-------|--------|-------|
| O VII                | 1s <sup>2</sup> -1s2p                 |   | <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> P <sup>o</sup>  | 0,69  | 0-1   | 21     | 0,69  |
| Ne I                 | 2p <sup>5</sup> 3s-2p <sup>5</sup> 3p | 1   |  | 4,0   | 1½-2½ | 6 402  | 1,9   |
| Ne II                | 2p <sup>4</sup> 3s-2p <sup>4</sup> 3p | 1   | <sup>4</sup> P- <sup>4</sup> P <sup>o</sup>  | 3,2   | 2½-2½ | 3 694  | 1,2   |
| Ne VI                | 2p-3d                                 |   | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D | 3,2   | 1½-2½ | 122    | 1,9   |
| Ne VII               | 2s <sup>2</sup> -2s2p                 |   | <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> P <sup>o</sup>  | 0,6   | 0-1   | 465    | 0,6   |
| Ne VIII              | 2s-2p                                 |   | <sup>2</sup> S- <sup>2</sup> P <sup>o</sup>  | 0,30  | ½-1½  | 770    | 0,20  |
| Ne IX                | 1s <sup>2</sup> -1s2p                 |   | <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> P <sup>o</sup>  | 0,72  | 0-1   | 13     | 0,72  |
| Na I                 | 3s-3p                                 | 1   | <sup>2</sup> S- <sup>2</sup> P <sup>o</sup>  | 1,96  | ½-1½  | 5 889  | 1,31  |
|                      | 3s-4p                                 | 2   | <sup>2</sup> S- <sup>2</sup> P <sup>o</sup>  | 0,028                                       | ½-1½  | 3 302  | 0,019 |
|                      | 3p-4s                                 | 3   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> S | 0,98  | 1½-½  | 11 403 | 0,65  |
|                      | 3p-5s                                 | 5   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> S | 0,082                                       | 1½-½  | 6 160  | 0,055 |
|                      | 3p-6s                                 | 8   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> S | 0,026                                       | 1½-½  | 5 153  | 0,018 |
|                      | 3p-3d                                 | 4   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D | 5,0   | 1½-2½ | 8 194  | 3,0   |
|                      | 3p-4d                                 | 6   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D | 0,63  | 1½-2½ | 5 688  | 0,38  |
|                      | 3p-5d                                 | 9   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D | 0,19  | 1½-2½ | 4 982  | 0,11  |
|                      | Mg I                                  | 3s <sup>2</sup> -3s3p                       | 1u   | <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> P <sup>o</sup> | 1,6   | 0-1    | 2 852 |
|                      |                                       | 1   | <sup>1</sup> S- <sup>3</sup> P <sup>o</sup>  | 0,054                                       | 0-1   | 4 571  | 0,054 |
| 3s3p-3s4s            |                                       | 2   | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>3</sup> S | 1,6   | 2-1   | 5 183  | 0,9   |
|                      |                                       | 6   | <sup>1</sup> P <sup>o</sup> - <sup>1</sup> S | 0,6   | 1-0   | 11 828 | 0,6   |
| 3s3p-3s5s            |                                       | 4   | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>3</sup> S | 0,15  | 2-1   | 3 336  | 0,08  |
| 3s3p-3s3d            |                                       | 3   | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>3</sup> D | 5,6   | 2-3   | 3 838  | 2,6   |
|                      |                                       | 7   | <sup>1</sup> P <sup>o</sup> - <sup>1</sup> D | 1,2   | 1-2   | 8 806  | 1,2   |
| 3s3p-3s4d            |                                       | 5   | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>3</sup> D | 1,2   | 2-3   | 3 096  | 0,56  |
| 3s3p-3p <sup>2</sup> |                                       | 6u  | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>3</sup> D | 5,5   | 2-2   | 2 779  | 2,3   |
| Mg II                | 3s-3p                                 | 1u  | <sup>2</sup> S- <sup>2</sup> P <sup>o</sup>  | 1,9   | ½-1½  | 2 795  | 1,25  |
|                      | 3p-4s                                 | 2u  | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> S | 0,83  | 1½-½  | 2 936  | 0,55  |
|                      | 3p-4d                                 | 3u  | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D | 5,5   | 1½-2½ | 2 797  | 3,3   |
|                      | 3d-4f                                 | 4   | <sup>2</sup> D- <sup>2</sup> F <sup>o</sup>  | 9,5   | 2½-3½ | 4,481  | 5,4   |
|                      | 4p-4d                                 | 8   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D | 7,4   | 1½-2½ | 7,896  | 4,4   |
|                      | Mg IX                                 | 2s <sup>2</sup> -2s2p                       |  | <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> P <sup>o</sup> | 0,31  | 0-1    | 3,68  |
| Mg X                 |                                       | 2s-2p                                       | <sup>2</sup> S- <sup>2</sup> P <sup>o</sup>  | 0,25  | ½-1½  | 609    | 0,17  |
|                      | 2s-3p                                 | <sup>2</sup> S- <sup>2</sup> P <sup>o</sup> | 0,64   | ½-1½  | 57    | 0,42   |       |
| Mg XI                | 1s <sup>2</sup> -1s2p                 |   | <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> P <sup>o</sup>  | 0,74  | 0-1   | 9      | 0,74  |
| Al I                 | 3p-4s                                 | 1   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> S | 0,69  | 1½-½  | 3 961  | 0,46  |
|                      | 4s-5p                                 | 5   | <sup>2</sup> S- <sup>2</sup> P <sup>o</sup>  | 0,07  | ½-1½  | 6 696  | 0,04  |
|                      | 3p-3d                                 | 3   | <sup>2</sup> P <sup>o</sup> - <sup>2</sup> D | 1,05  | 1½-2½ | 3 092  | 0,63  |
| Al II                | 3s <sup>2</sup> -3s3p                 | 2u  | <sup>1</sup> S- <sup>1</sup> P <sup>o</sup>  | 1,8   | 0-1   | 1 670  | 1,8   |
|                      | 3s3p-3s4s                             | 4u  | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>3</sup> S | 1,16  | 2-1   | 1 862  | 0,64  |



|        |  |     |                    |        |                                    |        |       |
|--------|--|-----|--------------------|--------|------------------------------------|--------|-------|
| Al III | 3s-3p  | 1u  | $^2S\text{-}^2P^0$ | 1,75   | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 1 854  | 1,17  |
|        | 4s-4p  | 2   | $^2S\text{-}^2P^0$ | 2,6    | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 5 696  | 1,7   |
| Al X   | 2s <sup>2</sup> -2s2p                              |     | $^1S\text{-}^1P^0$ | 0,29   | 0-1                                | 332    | 0,29  |
| Si I   | 3p <sup>2</sup> -3p4s                              | 1u  | $^3P\text{-}^3P^0$ | 1,4    | 2-2                                | 2 516  | 0,6   |
|        |  | 43u | $^1D\text{-}^1P^0$ | 0,7    | 2-1                                | 2 881  | 0,7   |
|        |  | 3   | $^1S\text{-}^1P^0$ | 0,14   | 0-1                                | 3 905  | 0,14  |
|        | 3p <sup>2</sup> -3p3d<br>3p4s-3p4p                 | 3u  | $^3P\text{-}^3D^0$ | 0,6    | 2-3                                | 2 216  | 0,3   |
|        |  | 4   | $^3P^0\text{-}^3D$ | 5,5    | 2-3                                | 12 031 | 2,6   |
|        |  | 5   | $^3P^0\text{-}^3P$ | 3,5    | 2-2                                | 10 827 | 1,5   |
| 6      | $^3P^0\text{-}^3S$                                 | 1,2 | 2-1                | 10 585 | 0,7                                |        |       |
| Si II  | 4s-4p  | 2   | $^2S\text{-}^2P^0$ | 2,5    | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 6 347  | 1,7   |
|        |  | 3   | $^2D\text{-}^2F^0$ | 5,1    | $2\frac{1}{2}\text{-}3\frac{1}{2}$ | 4 130  | 2,9   |
|        | 3s <sup>2</sup> 3p-3s3p <sup>2</sup><br>3p-3d      | 1u  | $^2P^0\text{-}^2D$ | 0,04   | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 1 816  | 0,02  |
|        |  | 4u  | $^2P^0\text{-}^2D$ | 7      | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 1 264  | 4     |
|        | 3p-4s<br>3p-4d                                     | 2u  | $^2P^0\text{-}^2S$ | 0,8    | $1\frac{1}{2}\text{-}\frac{1}{2}$  | 1 533  | 0,5   |
|        |  | 6u  | $^2P^0\text{-}^2D$ | 1,2    | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 992    | 0,7   |
| Si III | 3s <sup>2</sup> -3s3p<br>3s4s-3s4p                 | 2u  | $^1S\text{-}^1P^0$ | 1,7    | 0-1                                | 1,206  | 1,7   |
|        |  | 2   | $^3S\text{-}^3P^0$ | 3,5    | 1-2                                | 4 552  | 2,0   |
|        |  | 4   | $^1S\text{-}^1P^0$ | 0,7    | 0-1                                | 5 739  | 0,7   |
| Si IV  | 3s-3p<br>3s-4p<br>4s-4p                            | 1u  | $^2S\text{-}^2P^0$ | 1,61   | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 1 393  | 1,08  |
|        |  | 2u  | $^2S\text{-}^2P^0$ | 0,07   | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 457    | 0,05  |
|        |  | 1   | $^1S\text{-}^2P^0$ | 2,3    | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 4 088  | 1,56  |
| Si XI  | 2s <sup>2</sup> -2s2p                              |     | $^1S\text{-}^1P^0$ | 0,27   | 0-1                                | 303    | 0,27  |
| Si XII | 2s-2p  |     | $^2S\text{-}^2P^0$ | 0,22   | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 499    | 0,15  |
| S I    | 3p <sup>2</sup> 4s-3p <sup>2</sup> 4p              | 1   | $^5S^0\text{-}^5P$ | 5,5    | 2-3                                | 9 212  | 2,6   |
| S II   | 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> -3s3p <sup>4</sup> | 1u  | $^4S^0\text{-}^4P$ | 0,11   | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 1 259  | 0,05  |
| S IV   | 3p-4s  | 5u  | $^2P^0\text{-}^2S$ | 0,5    | $1\frac{1}{2}\text{-}2\frac{1}{2}$ | 554    | 0,4   |
| S V    | 3s <sup>2</sup> -3s3p<br>3s3p-3s3d                 | 1u  | $^1S\text{-}^1P^0$ | 1,46   | 0-1                                | 786    | 1,46  |
|        |  | 3u  | $^3P^0\text{-}^3D$ | 6,3    | 2-3                                | 663    | 3,0   |
| K I    | 4s-4p<br>4s-5p                                     | 1   | $^2S\text{-}^2P^0$ | 2,04   | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 7 664  | 1,36  |
|        |  | 3   | $^2S\text{-}^2P^0$ | 0,018  | $\frac{1}{2}\text{-}1\frac{1}{2}$  | 4 044  | 0,012 |
| Ca I   | 4s <sup>2</sup> -4s4p                              | 2   | $^1S\text{-}^1P^0$ | 1,75   | 0-1                                | 4 226  | 1,75  |
|        |  | 1   | $^1S\text{-}^3P^0$ | 0,045  | 0-1                                | 6 572  | 0,045 |
|        | 4s4p-4s5s<br>4s4p-4s6s<br>4s4p-4s5d<br>4s4p-4s5d   | 3   | $^3P^0\text{-}^3S$ | 1,12   | 2-1                                | 6 162  | 0,60  |
|        |  | 6   | $^3P^0\text{-}^3S$ | 0,15   | 2-1                                | 3 973  | 0,08  |
|        |  | 4   | $^3P^0\text{-}^3D$ | 3,2    | 2-3                                | 4 454  | 1,5   |
|        |  | 9   | $^3P^0\text{-}^3D$ | 1,0    | 2-3                                | 3 644  | 0,45  |

|       |   |     |             |      |             |       |      |
|-------|---|-----|-------------|------|-------------|-------|------|
|       | 4s4p-4s6d   | 11  | $^3P^0-^3D$ | 0,5  | 2-3         | 3 361 | 0,24 |
|       | 4s4p-4p <sup>2</sup>                                  | 5   | $^3P^0-^3P$ | 4,6  | 2-2         | 4 302 | 1,9  |
|       | 3d4s-3d4p   | 21  | $^3D-^3D^0$ | 4,5  | 3-3         | 5 588 | 1,9  |
| Ca II | 4s-4p   | 1   | $^2S-^2P^0$ | 2,1  | 1/2-1/2     | 3933  | 1,38 |
|       | 3d-4p   | 2   | $^2D-^2P^0$ | 0,72 | 2 1/2-1 1/2 | 8542  | 0,43 |
|       | 4p-5s   | 3   | $^2P^0-^2S$ | 1,0  | 1 1/2-1/2   | 3736  | 0,7  |
|       | 4p-4d   | 4   | $^2P^0-^2D$ | 5,5  | 1 1/2-2 1/2 | 3179  | 3,3  |
| Sc I  | 3d <sup>2</sup> 4s-3d <sup>2</sup> 4p                 | 12  | $^4F-^4G^0$ | 7,8  | 4 1/2-5 1/2 | 5671  | 2,6  |
|       |   | 14  | $^4F-^4D$   | 5,6  | 4 1/2-3 1/2 | 4743  | 1,9  |
|       |   | 15  | $^2F-^2G^0$ | 3,8  | 3 1/2-4 1/2 | 5520  | 2,1  |
|       |   | 16  | $^2F-^2F^0$ | 3,9  | 3 1/2-3 1/2 | 5481  | 2,2  |
|       | 3d4s <sup>2</sup> -3d4s4p                             | 5   | $^2D-^2F^0$ | 0,03 | 2 1/2-3 1/2 | 4779  | 0,02 |
|       |   | 6   | $^2D-^2P^0$ | 0,3  | 2 1/2-1 1/2 | 4082  | 0,2  |
| Ti I  | 3d <sup>2</sup> 4s-3d <sup>2</sup> 4p                 | 38  | $^5F-^5G^0$ | 13   | 5-6         | 4981  | 4    |
|       |   | 42  | $^5F-^5F^0$ | 10   | 5-5         | 4533  | 3    |
|       |   | 104 | $^3F-^3G^0$ | 1,4  | 4-5         | 6258  | 0,4  |
|       |   | 145 | $^5P-^5D^0$ | 5    | 3-4         | 4617  | 1,6  |
|       | 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>2</sup> 4s4p | 4   | $^3F-^3F^0$ | 0,35 | 4-4         | 5210  | 0,14 |
|       |   | 6   | $^3F-^3G^0$ | 0,18 | 4-5         | 4681  | 0,08 |
|       |   | 12  | $^3F-^3F^0$ | 2,2  | 4-4         | 3998  | 0,8  |
|       |   | 24  | $^3F-^3G^0$ | 2,6  | 4-5         | 3371  | 1,2  |
|       | 3d <sup>3</sup> 4s-3d <sup>2</sup> 4s4p               | 110 | $^3F-^3G^0$ | 3,7  | 4-5         | 5035  | 1,5  |
| Ti II | 3d <sup>2</sup> 4s-3d <sup>2</sup> 4p                 | 1   | $^4F-^4G^0$ | 5    | 4 1/2-5 1/2 | 3349  | 1,7  |
|       |   | 2   | $^4F-^4F^0$ | 5    | 4 1/2-4 1/2 | 3234  | 1,4  |
|       | 3d <sup>3</sup> -3d <sup>2</sup> 4p                   | 7   | $^4F-^4F^0$ | 2    | 4 1/2-4 1/2 | 3322  | 0,7  |
|       |   | 34  | $^2G-^2G^0$ | 1,3  | 4 1/2-4 1/2 | 3900  | 0,7  |
|       |   | 41  | $^4P-^4D^0$ | 0,9  | 2 1/2-3 1/2 | 4300  | 0,3  |
|       |   | 82  | $^2H-^2G^0$ | 1,1  | 5 1/2-4 1/2 | 4549  | 0,6  |
| VI    | 3d <sup>4</sup> 4s-3d <sup>4</sup> 4p                 | 21  | $^6D-^6P^0$ | 1,9  | 4 1/2-3 1/2 | 4460  | 0,7  |
|       |   | 22  | $^6D-^6F^0$ | 13   | 4 1/2-5 1/2 | 4379  | 4    |
|       |   | 27  | $^6D-^6D^0$ | 9    | 4 1/2-4 1/2 | 4111  | 2,5  |
|       |   | 35  | $^4D-^4F^0$ | 4    | 3 1/2-4 1/2 | 5727  | 1,0  |
|       |   | 88  | $^4H-^4H^0$ | 6    | 6 1/2-6 1/2 | 4268  | 2    |
|       |   | 109 | $^4F-^4G^0$ | 4    | 4 1/2-5 1/2 | 4545  | 1,3  |
|       | 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>3</sup> 4s4p | 4   | $^4F-^4G^0$ | 0,6  | 4 1/2-5 1/2 | 4594  | 0,23 |
|       |   | 14  | $^4F-^4G^0$ | 11   | 4 1/2-5 1/2 | 3185  | 3    |
|       | 3d <sup>4</sup> 4s-3d <sup>3</sup> 4s4p               | 29  | $^6D-^6P^0$ | 4    | 4 1/2-3 1/2 | 3703  | 1,5  |
|       |   | 41  | $^4D-^4F^0$ | 4    | 3 1/2-4 1/2 | 4090  | 1,9  |
|       | 3d <sup>3</sup> 4s4p-3d <sup>3</sup> 4s5s             | 125 | $^6F^0-^6F$ | 2,5  | 5 1/2-5 1/2 | 5193  | 0,8  |
|       | 3d <sup>3</sup> 4s4p-3d <sup>3</sup> 4s4d             | 114 | $^6G^0-^6H$ | 12   | 6 1/2-7 1/2 | 3695  | 3    |
| V II  | 3d <sup>3</sup> 4s-3d <sup>3</sup> 4p                 | 1   | $^5F-^5G^0$ | 10   | 5-6         | 3093  | 3    |
|       |   | 5   | $^3F-^3D^0$ | 2,5  | 4-3         | 3556  | 1,0  |
|       |   | 25  | $^5P-^5D^0$ | 0,16 | 3-4         | 4202  | 0,06 |

|       |   |     |  |       |       |      |       |
|-------|---|-----|--|-------|-------|------|-------|
| Cr I  | 3d <sup>5</sup> 4s-3d <sup>5</sup> 4p                 | 1   | <sup>7</sup> S- <sup>7</sup> P <sup>o</sup>  | 1,4   | 3-4   | 4254 | 0,6   |
|       |   | 7   | <sup>5</sup> S- <sup>7</sup> P <sup>o</sup>  | 2,6   | 2-3   | 5208 | 1,2   |
|       |   | 38  | <sup>5</sup> G- <sup>5</sup> H <sup>o</sup>  | 11    | 6-7   | 3963 | 3     |
|       |   | 22  | <sup>3</sup> D- <sup>5</sup> F <sup>o</sup>  | 1,3   | 4-5   | 4351 | 0,4   |
|       |   | 4   | <sup>7</sup> S- <sup>7</sup> P <sup>o</sup>  | 4     | 3-4   | 3578 | 1,7   |
| Mn I  | 3d <sup>5</sup> 4s-3d <sup>4</sup> 4s4p               | 43  | <sup>5</sup> G- <sup>5</sup> G <sup>o</sup>  | 10    | 6-6   | 3743 | 3     |
|       |   | 5   | <sup>6</sup> D- <sup>6</sup> D <sup>o</sup>  | 7     | 4½-4½ | 4041 | 2,3   |
|       |   | 6   | <sup>6</sup> D- <sup>6</sup> F <sup>o</sup>  | 6     | 4½-5½ | 3806 | 2     |
|       |   | 2   | <sup>6</sup> S- <sup>6</sup> P <sup>o</sup>  | 0,7   | 2½-3½ | 4030 | 0,35  |
|       |   | 1u  | <sup>6</sup> S- <sup>6</sup> P <sup>o</sup>  | 5     | 2½-3½ | 2794 | 2,4   |
| Fe I  | 3d <sup>5</sup> 4s4p-3d <sup>5</sup> 4s4d             | 18  | <sup>8</sup> P <sup>o</sup> - <sup>8</sup> D | 12    | 4½-5½ | 3569 | 4     |
|       |   | 20  | <sup>5</sup> F- <sup>5</sup> D <sup>o</sup>  | 3,7   | 5-4   | 3820 | 1,4   |
|       |   | 23  | <sup>5</sup> F- <sup>5</sup> G <sup>o</sup>  | 3,2   | 5-6   | 3581 | 1,2   |
|       |   | 41  | <sup>3</sup> F- <sup>5</sup> G <sup>o</sup>  | 4,6   | 4-5   | 4383 | 2,3   |
|       |   | 42  | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> G <sup>o</sup>  | 4,2   | 4-5   | 4271 | 0,9   |
| Co I  | 3d <sup>7</sup> 4s-3d <sup>7</sup> 4p                 | 43  | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> F <sup>o</sup>  | 5,0   | 4-4   | 4045 | 1,9   |
|       |   | 45  | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> D <sup>o</sup>  | 3,5   | 4-3   | 3815 | 1,1   |
|       |   | 4   | <sup>3</sup> D- <sup>3</sup> D <sup>o</sup>  | 0,7   | 4-4   | 3859 | 0,21  |
|       |   | 5   | <sup>5</sup> D- <sup>5</sup> F <sup>o</sup>  | 1,1   | 4-5   | 3719 | 0,35  |
|       |   | 2   | <sup>5</sup> D- <sup>7</sup> F <sup>o</sup>  | 0,010 | 4-5   | 4375 | 0,003 |
| Fe II | 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>6</sup> 4s4p | 15  | <sup>5</sup> F- <sup>5</sup> D <sup>o</sup>  | 0,018 | 5-4   | 5269 | 0,07  |
|       |   | 68  | <sup>3</sup> P- <sup>5</sup> D <sup>o</sup>  | 0,9   | 3-4   | 4258 | 0,2   |
|       |   | 152 | <sup>7</sup> D <sup>o</sup> - <sup>7</sup> D | 4     | 5-5   | 4260 | 1,2   |
|       |   | 27  | <sup>4</sup> P- <sup>4</sup> D <sup>o</sup>  | 0,10  | 2½-3½ | 4233 | 0,04  |
|       |   | 38  | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> D <sup>o</sup>  | 0,16  | 4½-3½ | 4583 | 0,06  |
| Ni I  | 3d <sup>8</sup> 4s-3d <sup>6</sup> 4p                 | 22  | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> G <sup>o</sup>  | 7     | 4½-5½ | 3453 | 3,0   |
|       |   | 23  | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> F <sup>o</sup>  | 6     | 4½-4½ | 3405 | 2,0   |
|       |   | 35  | <sup>2</sup> F- <sup>2</sup> F <sup>o</sup>  | 3,6   | 3½-3½ | 3569 | 2,1   |
|       |   | 5   | <sup>4</sup> F- <sup>4</sup> G <sup>o</sup>  | 0,7   | 4½-5½ | 3465 | 0,4   |
|       |   | 28  | <sup>2</sup> F- <sup>2</sup> G <sup>o</sup>  | 1,2   | 3½-4½ | 4121 | 0,5   |
| Ni I  | 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>7</sup> 4s4p | 62  | <sup>4</sup> P- <sup>4</sup> P <sup>o</sup>  | 0,6   | 2½-2½ | 3732 | 0,2   |
|       |   | 158 | <sup>6</sup> G <sup>o</sup> - <sup>6</sup> F | 4     | 6½-5½ | 4867 | 1,0   |
|       |   | 19  | <sup>3</sup> D- <sup>3</sup> F <sup>o</sup>  | 2,9   | 3-4   | 3414 | 0,8   |
|       |   | 35  | <sup>1</sup> D- <sup>1</sup> F <sup>o</sup>  | 1,4   | 2-3   | 3619 | 1,4   |
|       |   | 7   | <sup>3</sup> F- <sup>3</sup> G <sup>o</sup>  | 0,35  | 4-5   | 3232 | 0,16  |
| Ni I  | 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>8</sup> 4s4p | 78  | <sup>3</sup> P- <sup>3</sup> D <sup>o</sup>  | 1,0   | 2-3   | 3181 | 0,6   |
|       |   | 25  | <sup>3</sup> D- <sup>3</sup> F <sup>o</sup>  | 4     | 3-4   | 3050 | 1,0   |
|       |   | 111 | <sup>5</sup> F <sup>o</sup> - <sup>5</sup> F | 2     | 5-5   | 5017 | 0,6   |
|       |   | 106 | <sup>5</sup> G <sup>o</sup> - <sup>5</sup> H | 16    | 6-7   | 3374 | 5     |
|       |   | 123 | <sup>5</sup> F <sup>o</sup> - <sup>5</sup> F | 7     | 5-5   | 3516 | 2     |
| Ni I  | 3d <sup>8</sup> 4s4p-3d <sup>8</sup> 4s5s             | 130 | <sup>3</sup> P <sup>o</sup> - <sup>3</sup> P | 1,2   | 2,2   | 4855 |       |
|       |   | 143 | <sup>3</sup> F <sup>o</sup> - <sup>3</sup> G | 4     | 4-5   | 5080 | 1,8   |
|       |   | 162 | <sup>3</sup> D <sup>o</sup> - <sup>3</sup> F | 2     | 3-4   | 5084 | 0,7   |
|       |   | 194 | <sup>1</sup> F <sup>o</sup> - <sup>1</sup> G | 2     | 3-4   | 5081 | 2     |

|       |  |   |               |       |                             |        |       |
|-------|--|---|---------------|-------|-----------------------------|--------|-------|
| Cu I  |  | 1 | $^2S-^2P^0$   | 0,7   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 3247   | 0,45  |
|       |  | 2 | $^2D-^2P^0$   | 0,009 | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 5105   | 0,006 |
|       |  | 7 | $^2P^0-^2D$   | 0,55  | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 5218   | 0,3   |
| Zn I  | 4s-4p  | 2 | $^3P^0-^3S$   | 1,1   | 2-1                         | 4810   | 0,6   |
|       | 3d <sup>9</sup> 4s <sup>2</sup> -3d <sup>10</sup> 4p |   | $^1P^0-^1D$   | 1,1   | 1-2                         | 6362   | 1,1   |
| Sr I  | 4s4p-4s5s  | 2 | $^1S-^1P^0$   | 1,7   | 0-1                         | 4607   | 1,7   |
|       | 4s4p-4s4d  | 3 | $^3P^0-^3S$   | 1,6   | 2-1                         | 7070   | 0,9   |
| Sr II | 5s <sup>2</sup> -5s5p                                | 1 | $^2S-^2P^0$   | 2,0   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4077   | 1,3   |
|       | 5s5p-5s6s  | 2 | $^2D-^2P^0$   | 0,8   | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 10 327 | 0,5   |
|       |  | 3 | $^2P^0-^2S$   | 1,0   | $1\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$  | 4305   | 0,7   |
| Ba I  | 5s-5p  | 2 | $^1S-^1P^0$   | 1,6   | 0-1                         | 5535   | 1,6   |
|       | 4d-5p  |   |               |       |                             |        |       |
| Ba II | 5p-6s  |   |               |       |                             |        |       |
|       | 6s <sup>2</sup> -6s6p                                | 1 | $^2S-^2P^0$   | 2,2   | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$  | 4554   | 1,50  |
|       |  | 2 | $^2D-^2P^0$   | 1,2   | $2\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ | 6141   | 0,7   |
|       |  | 4 | $^2P^0-^2D$   | 6     | $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$ | 4130   | 4,0   |
| Hg I  | 6s-6p  | 1 | $^1S-^1P^0$   | 1,5   | 0-1                         | 1849   | 1,5   |
|       | 5d-6p  |   | $^1S-^3P^0$   | 0,03  | 0-1                         | 2536   | 0,03  |
|       | 6p-6d  |   | $^3P^0-^3S$   | 0,9   | 2-1                         | 5460   | 0,45  |
|       | 6s <sup>2</sup> -6s6p                                | 4 | $^1P^0-^1D$   | 2     | 1-2                         | 5790   | 2     |
| Pb I  | 6s6p-6s7s  | 1 | $^3P^0-^3P^0$ | 0,26  | 2-1                         | 4057   | 0,14  |
|       | 6s6p-6s6d  |   |               |       |                             |        |       |
|       | 6p-7s  |   |               |       |                             |        |       |

Mahalliy galaktikalar guruhi (biznig Galaktikadan tashqari)

6-ilova

| Galaktika                   | NGC<br>IC | Turi | $l^{\text{II}}$  | $b^{\text{II}}$  | Diametr   |                  | $\epsilon$ | Masofa,<br>kps | V   | B-V | M <sub>v</sub> | $v_{\text{rot}}$ ,<br>km/s | $v_{\text{cor}}$ ,<br>km/s | lg $M/M_{\odot}$ |
|-----------------------------|-----------|------|------------------|------------------|-----------|------------------|------------|----------------|-----|-----|----------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
|                             |           |      |                  |                  | burchakiy | chiziqiy,<br>kps |            |                |     |     |                |                            |                            |                  |
| Katta Magellen buluti       |           | Ir I | 280 <sup>0</sup> | -33 <sup>0</sup> | 460'      | 7                | 0,2        | 52             | 0,1 | 0,5 | -18,7          | 95                         | +270                       | 10,0             |
| Kichik Magellen buluti      |           | Ir I | 330              | -45              | 150       | 3                | 0,5        | 63             | 2,4 | 0,5 | -16,7          |                            | +168                       | 9,3              |
| Andromeda tumanligi         | 224       | Sb   | 121              | -22              | 100       | 16               | 0,7        | 670            | 3,5 | 0,5 | -21,1          | 280                        | -275                       | 11,5             |
| M32                         | 221       | E2   | 121              | -22              | 5         | 1                | 0,2        | 660            | 8,2 | 0,8 | -16,3          |                            | -210                       | 9,5              |
|                             | 205       | E5   | 121              | -21              | 12        | 2                | 0,5        | 640            | 8,2 | 0,9 | -16,3          |                            | -240                       | 9,9              |
| Uchburchak tumanligi<br>M33 | 598       | Sc   | 134              | -31              | 35        | 6                | 0,3        | 730            | 5,7 | 0,8 | -18,8          | 104                        | -190                       | 10,1             |
|                             | 147       | Ep   | 120              | -14              | 9         | 1                | 0,4        | 660            | 9,6 | 0,6 | -14,8          |                            | -250                       | 9                |
|                             | 185       | Ep   | 121              | -14              | 6         | 1                | 0,1        | 660            | 9,4 | 0,9 | -15,2          |                            | -300                       | 9                |
|                             | IC1613    | Ir I | 130              | -61              | 12        | 1                | 0,1        | 740            | 9,6 | 0,9 | -14,8          | 60                         | -240                       | 8,4              |
|                             | 6822      | Ir   | 25               | -18              | 15        | 2                | 0,4        | 470            | 8,6 | 0,5 | -15,6          | 110                        | -40                        | 8,5              |
| Xaykaltaroshdagi sistema    |           | E    | 285              | -83              | 30        | 1                | 0,6        | 85             | 7   | 0,5 | -12            |                            |                            | 6,5              |
| Pechdagi sistema            |           | E    | 237              | -66              | 40        | 2                | 0,6        | 170            | 7   | 0,8 | -13            |                            | +40                        | 7,3              |
| Asad I                      |           | E4   | 226              | +49              | 10        | 1                | 0,4        | 230            |     | 0,8 | -11            |                            |                            | 6,6              |
| Asad II                     |           | E I  | 220              | +67              | 8         | 1                | 0,1        | 230            |     |     | -9,5           |                            |                            | 6,0              |
| Ajdahodagi sistema          |           | E    | 86               | +35              | 15        |                  | 0,3        | 67             |     |     | -8,5           |                            |                            | 5                |
| Kichik ayiq turkumidagi     |           | E    | 104              | +45              | 40        |                  | 0,5        | 67             |     |     | -9             |                            |                            | 5                |

|                       |  |    |     |    |     |  |  |      |    |   |     |  |  |      |
|-----------------------|--|----|-----|----|-----|--|--|------|----|---|-----|--|--|------|
| sistema               |  |    |     |    |     |  |  |      |    |   |     |  |  |      |
| Maffel IQ galaktikasi |  | SO | 136 | -1 | 0,5 |  |  | 1000 | 11 | 3 | -20 |  |  | 11,3 |

Tanlangan yorqin galaktikalar ( $V < 9$ )

| Galaktika         | NGC<br>IC | Turi  | $\mu$            | $\delta$         | Diametr   |                  | $\varepsilon$ | Masofa,<br>kps | V   | B-V | M <sub>v</sub> | U <sub>rot</sub> ,<br>km/s | U <sub>cor</sub> ,<br>km/s | lg M/M <sub>☉</sub> |
|-------------------|-----------|-------|------------------|------------------|-----------|------------------|---------------|----------------|-----|-----|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
|                   |           |       |                  |                  | burchakdy | chiziqiy,<br>kps |               |                |     |     |                |                            |                            |                     |
|                   | 55        | Sc    | 333 <sup>0</sup> | -76 <sup>0</sup> | 25'       | 12               | 0.9           | 2.3            | 7,2 |     | -19,9          | 75                         | +190                       | 10,5                |
|                   | 563       | Sc    | 75               | -89              | 22        | 13               | 0.8           | 2,4            | 7   |     | -20            | 265                        | -70                        | 11                  |
|                   | 2403      | Sc    | 151              | +28              | 18        | 11               | 0.4           | 3,2            | 8,4 | 0,5 | -19,2          | 170                        | +190                       | 10,1                |
| M 81              | 3031      | Sb    | 142              | +41              | 20        | 16               | 0.5           | 3,2            | 6,9 | 1,0 | -20,9          | 260                        | +80                        | 11,2                |
| M 82              | 3034      | Ir II | 141              | +41              | 8         | 7                | 0.7           | 3              | 8,2 | 0,9 | -19,6          | 180                        | +400                       | 10,5                |
|                   | 3115      | E7    | 247              | +37              | 4         | 5                | 0.7           | 4              | 9,1 | 1,0 | -19,3          |                            | +430                       | 10,9                |
| M 106             | 4258      | Sb    | 138              | +69              | 15        | 17               | 0.6           | 4,0            | 8,2 | 0,8 | -20,1          | 300                        | +480                       | 11,0                |
| M 87              | 4486      | E1    | 283              | +75              | 4         | 13               | 0.2           | 13             | 8,7 | 1,0 | -21,7          |                            | +1220                      | 12,6                |
| M 104 "Sambbrero" | 4594      | Sa    | 298              | +51              | 6         | 8                | 0.3           | 12             | 8,1 | 1,0 | -22            |                            | +1050                      | 11,7                |
| M 94              | 4736      | Sb    | 123              | +76              | 7         | 10               | 0.2           | 4,5            | 8,2 | 0,8 | -20,4          | 180                        | +340                       | 11,0                |
| M 64              | 4826      | Sb    | 316              | +84              | 8         | 12               | 0.5           | 3,9            | 8,4 | 0,9 | -19,7          | 185                        | +360                       | 10,9                |
|                   | 4945      | Sb    | 305              | +13              | 12        | 14               | 0.8           | 4,0            | 7   |     | -21            |                            |                            |                     |
| M 63              | 5055      | Sb    | 105              | +74              | 10        | 15               | 0.5           | 4,6            | 8,4 | 0,9 | -20,0          | 250                        |                            | 9                   |
| Sentavr A         | 5128      | E 0p  | 310              | +19              | 14        | 15               | 0.2           | 4,4            | 7   |     | -20            |                            | +260                       | 11,3                |

|               |      |      |     |     |    |    |     |     |     |     |       |     |      |      |
|---------------|------|------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|------|------|
| M 51 "O'rama" | 5194 | Sc   | 105 | +69 | 9  | 9  | 0.4 | 3,8 | 8,2 | 0,6 | -19,7 | 325 | +550 | 10,9 |
| m 83          | 5236 | S Bc | 315 | +32 | 10 | 12 | 0.2 | 3,2 | 7,2 | 0,7 | -20,6 | 320 | +320 |      |
| m 101         | 5457 | Sc   | 102 | +60 | 20 | 23 | 0.0 | 3,8 | 7,5 | 0,6 | -20,3 | 285 | +400 | 11,2 |
|               | 7793 | Sd   | 4   | -77 | 6  | 4  | 0.4 | 2,6 | 8,8 |     | -18,4 |     | +290 |      |

## Pulsarlar ko'rsatgichlari

| PSR | $\alpha$                        | $\delta$         | $l^I$              | $b^{II}$           | P, c<br>1969 | P,<br>$10^{15}$ | T,<br>$10^6$ yil | DM,<br>$sm^{-3}\cdot ps$ | $W_e$ ,<br>$10^3 s$ | $E_{400}$ ,<br>$10^{-28} j/(m^2\cdot Hz)$ | Masofa,<br>ps |
|-----|---------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------------------|---------------------|---|---------------|
| CP  | 03 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> | +54 <sup>o</sup> | 145,0 <sup>o</sup> | -01.2 <sup>o</sup> | 0,71445187   | 2,05            | 11               | 26,8                     | 8,7                 | 120                                       | 500           |
| NP  | 05 31                           | +21              | 184,6              | -05,8              | 0,0330976    | 422,69          | 0,0025           | 56,8                     | 1,9                 | 1,6                                       | 1700          |
| CP  | 08 09                           | +74              | 140,0              | +31,6              | 1,2922413    | 0,16            | 250              | 5,8                      | 45                  | 10  | 130           |
| PRS | 08 33                           | -45              | 363,6              | -02,8              | 0,0892093    | 125,25          | 0,23             | 69,2                     | 1,7                 | 40  | 400           |
| CP  | 08 34                           | +06              | 219,7              | +26,3              | 1,2737635    | 6,80            | 5,9              | 12,9                     | 17                  | 10  | 400           |
| CP  | 09 50                           | +08              | 228,9              | +43,7              | 0,2530650    | 0,23            | 34               | 3,0                      | 9,5                 | 6   | 60            |
| CP  | 11 33                           | +16              | 241,9              | +69,2              | 1,1879112    | 3,73            | 10               | 4,8                      | 18                  | 12  | 130           |
| HP  | 15 08                           | +55              | 91,3               | +52,3              | 0,7396779    | 5,04            | 4,6              | 19,6                     | 13                  | 4   | > 600         |
| PSR | 17 49                           | -28              | 1,5                | -01,0              | 0,5625532    | 8,15            | 2,2              | 50,9                     | 6                   | 50  | 1000          |
| CP  | 19 19                           | +21              | 55,8               | +03,5              | 1,3373011    | 1,35            | 32               | 12,4                     | 25                  | 19  | 250           |
| JP  | 19 33                           | +16              | 52,4               | -02,1              | 0,3587354    | 6,00            | 1,9              | 158,5                    | 6,5                 | 4   | 300           |
| AP  | 20 16                           | +28              | 68,1               | -04,0              | 0,5579534    | 0,15            | 120              | 14,2                     | 14                  | 10  | 400           |
| PSR | 20 45                           | -16              | 30,5               | -33,1              | 1,9615669    | 10,96           | 5,6              | 11,5                     | 42                  | 12  |               |



## Rentgen manbalar ko'rsatgichlari

| Nomi         | 1950                           |                    | $\alpha^I$       | $\delta^{II}$   | lg f (e)<br>10 keV<br>atrofida<br>[1/sm <sup>2</sup> ·s] | Ob'yekt                           |
|--------------|--------------------------------|--------------------|------------------|-----------------|--|-----------------------------------|
|              | $\alpha$                       | $\delta$           |                  |                 |  |                                   |
| Tau X-1      | 5 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> | +22.0 <sup>o</sup> | 184 <sup>o</sup> | -6 <sup>o</sup> | 0,0  | Qisqichbaqasimon<br>tumanlik SN I |
| Vir A        | 12 31                          | +12,5              | 286              | +74             | -1,5   | Radiogalaktika<br>M 87            |
| Cen X-1      | 13 15                          | -62,0              | 306              | 0               | -0,4   |                                   |
| Sco X-1      | 16 18                          | -15,5              | 359              | +23             | +0,9   | Kuchsiz ko'k<br>o'zgaruvci        |
| Sco X-2      | 16 50                          | -39                | 346              | +2              | -0,1   |                                   |
| Ara X-1      | 16 52                          | -46                | 340              | -2              | -0,6   |                                   |
| Sgr X-1      | 17 58                          | -25                | 5                | -1              | 0,0  |                                   |
| Sgr X-2, X-3 | 18 05                          | -19                | 11               | +1              | -0,7   |                                   |
| Ser X-2      | 18 13                          | -13,8              | 17               | +2              | -0,6   |                                   |
| Ser X-1      | 18 45                          | +53,3              | 37               | +3              | -0,3   |                                   |
| Syg X-1      | 19 56                          | +35,1              | 71               | +3              | -0,3   |                                   |
| Syg X-3      | 20 31                          | +40,9              | 80               | +1              | -1,0   |                                   |
| Syg X-2      | 21 43                          | +38,2              | 87               | -11             | -0,8   | Kuchsiz ko'k<br>o'zgaruvci        |
| CasA X-1     | 23 21                          | +58,5              | 112              | -2              | -1,5   | II turidagi<br>o'tayangi qoldog'i |

**YUNON ALIFBOSI**

|    |         |   |         |
|----|---------|---|---------|
| α  | alfa    | ν | nyu     |
| β  | beta    | ξ | ksi     |
| γ  | gamma   | σ | omikron |
| δ  | delta   | π | pi      |
| ε  | epsilon | ρ | ro      |
| ζ  | dzeta   | σ | sigma   |
| η  | eta     | τ | tay     |
| υθ | teta    | ω | ipsilon |
| ι  | iota    | φ | fi      |
| κ  | kappa   | χ | xi      |
| λ  | lyambda | ψ | psi     |
| μ  | myu     | ω | omega   |

**KATTALIKLAR, KOEFFITSIYENTLARGA  
ALMASHTIRISHDAGI KONSTANTALAR**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Angstrom (Å)                  | 0.1 nanometr*  |
| Astronomik birlik (a. b.)     | 1.459 789 0x10 <sup>8</sup> kilometr*                      |
| Santimetr (sm)                | 0.3937 dyum  |
| Elektronvolt (eV)             | 1.6022x10 <sup>-19</sup> joul                              |
| Fut (ft)                      | 30.48 santimetr*   |
| Dyum (")                      | 2.54 santimetr*  |
| Kilogramm (kg)                | 2.2046 funt  |
| Kilometr (km)                 | 0.6214 mil   |
| Yorug'lik yili (yo.y.)        | 9.4605 x10 <sup>12</sup> kilometr = 0.30660 parsek         |
| Mikron (µm)                   | 1 mikrometr = 10 <sup>-6</sup> metr*                       |
| Mil                           | 1.6093 kilometr  |
| Nanometr (nm)                 | 10 <sup>-9</sup> metr*                                     |
| Parsek (ps)                   | 3.0857 x10 <sup>13</sup> kilometr = 3.26161 yorug'lik yili |
| Radian (rad)                  | 57 <sup>0</sup> .29578                                     |
| Quyosh massasi M <sub>☉</sub> | 1.9891 x 10 <sup>30</sup> kilogramm                        |
| Quyosh radiysi R <sub>☉</sub> | 6.960 x 10 <sup>5</sup> kilometr                           |
| Yorug'lik tezligi (c)         | 299792.458 kilometr sekynd                                 |
| Tonna (t)                     | 1000 kilogramm*  |

\* Ushby belgilar bilan ko'rsatilgan qiymatlar aniq.

## 2 - YULDUZIY KATTALIKDAN YUQORI YULDUZLAR RO'YXATI

| Yulduz                    | Nomi       | $\alpha$ |    |    | $\delta$ |    |    | Yulduziy kattaligi |
|---------------------------|------------|----------|----|----|----------|----|----|--------------------|
|                           |            | h        | m  | s  | °        | '  | '' |                    |
| Katta itning $\alpha$     | Sirius     | 06       | 45 | 09 | -16      | 42 | 58 | -1.5               |
| Kil $\alpha$              | Kanopus    | 06       | 23 | 57 | -52      | 41 | 44 | -0.7               |
| Kentavrning $\alpha$      |            | 14       | 39 | 37 | -60      | 50 | 02 | -0.3               |
| Sentavrning $\alpha$      |            | 14       | 39 | 35 | -60      | 50 | 13 |                    |
| Xo'kizboqarning $\alpha$  | Arktur     | 14       | 15 | 40 | +19      | 10 | 57 | 0.0                |
| Liraning $\alpha$         | Vega       | 18       | 36 | 56 | +38      | 47 | 01 | 0.0                |
| Aravakashning $\alpha$    | Kapella    | 05       | 16 | 41 | +45      | 59 | 53 | 0.1                |
| Orionning $\beta$         | Rigel      | 05       | 14 | 32 | -08      | 12 | 06 | 0.1                |
| Kichik itning $\alpha$    | Protion    | 07       | 39 | 18 | +05      | 13 | 30 | 0.4                |
| Eridan $\alpha$           | Axemar     | 01       | 37 | 43 | -57      | 14 | 12 | 0.5                |
| Orionning $\alpha$        | Betelgeyze | 05       | 55 | 10 | +07      | 24 | 26 | 0.5                |
| Sentavrning $\alpha$      | Gadar      | 14       | 03 | 49 | -60      | 22 | 22 | 0.6                |
| Dalvning $\alpha$         | Altair     | 19       | 50 | 47 | +08      | 52 | 06 | 0.8                |
| Savrning $\alpha$         | Aldebaran  | 04       | 35 | 55 | +16      | 30 | 33 | 0.9                |
| Janubiy xochning $\alpha$ | Akruks     | 12       | 26 | 36 | -63      | 05 | 56 | 0.9                |
| Janubiy xochning $\alpha$ | Akruks     | 12       | 26 | 37 | -63      | 05 | 58 | 0.9                |
| Aqrabning $\alpha$        | Antares    | 16       | 29 | 24 | -26      | 25 | 55 | 1.0                |
| Sunbulaning $\alpha$      | Spika      | 13       | 25 | 12 | -11      | 09 | 41 | 1.0                |
| Javzoning $\beta$         | Polluks    | 07       | 45 | 19 | +28      | 01 | 34 | 1.1                |
| Janubiy Xutning $\alpha$  | Fomalgaut  | 22       | 57 | 39 | -29      | 37 | 20 | 1.2                |
| Oqqushning $\alpha$       | Deneb      | 20       | 41 | 26 | +45      | 16 | 49 | 1.3                |
| Janbiy Xojning $\beta$    | Mimoza     | 12       | 47 | 43 | -59      | 41 | 19 | 1.3                |
| Asadning $\alpha$         | Regul      | 10       | 08 | 22 | +11      | 58 | 02 | 1.4                |
| Kata Itning $\epsilon$    | Adara      | 06       | 58 | 38 | -28      | 58 | 20 | 1.5                |
| Javzoning $\alpha$        | Kastor     | 07       | 34 | 36 | +31      | 53 | 18 | 1.6                |
| Janubiy Xojning $\gamma$  |            | 12       | 31 | 10 | -57      | 06 | 47 | 1.6                |
| Orionning $\gamma$        | Bellatriks | 05       | 25 | 08 | +06      | 20 | 59 | 1.6                |
| Aqrabning $\lambda$       | Shaula     | 17       | 33 | 36 | -37      | 06 | 14 | 1.6                |
| Janubiy Xojning $\alpha$  |            | 22       | 08 | 14 | -46      | 57 | 40 | 1.7                |
| Orionning $\epsilon$      | Al'nilam   | 05       | 36 | 13 | -01      | 12 | 07 | 1.7                |
| Savrning $\beta$          | Elnat      | 05       | 26 | 18 | +28      | 36 | 27 | 1.7                |
| Kilning $\beta$           |            | 09       | 13 | 12 | -69      | 43 | 02 | 1.7                |
| Perseyning $\epsilon$     | Mirfak     | 03       | 24 | 19 | +49      | 51 | 40 | 1.8                |
| Orionning $\delta$        | Alnitak    | 05       | 40 | 46 | -01      | 56 | 34 | 1.8                |
| Yelkanlarning $\gamma$    |            | 08       | 09 | 32 | -47      | 20 | 12 | 1.8                |

|                                 |                   |    |    |    |     |    |    |     |
|---------------------------------|-------------------|----|----|----|-----|----|----|-----|
| Katta Ayiqning $\alpha$         | Dubxe             | 11 | 03 | 44 | +61 | 45 | 03 | 1.8 |
| Katta Ayiqning $\epsilon$       | Aliot             | 12 | 54 | 02 | +55 | 57 | 35 | 1.8 |
| Aqrabning $\iota$               |                   | 17 | 37 | 19 | -42 | 59 | 52 | 1.9 |
| Janubiy Uchburchakning $\alpha$ |                   | 16 | 48 | 40 | -69 | 01 | 39 | 1.9 |
| Aravakashning $\beta$           |                   | 05 | 59 | 32 | +44 | 56 | 51 | 1.9 |
| Katta Ayiqning $\xi$            | Alkaid            | 13 | 47 | 32 | +49 | 18 | 48 | 1.9 |
| Javzoning $\gamma$              |                   | 06 | 37 | 43 | +16 | 23 | 57 | 1.9 |
| O'q-yoyning $\epsilon$          | Kaus<br>Australis | 18 | 24 | 10 | -34 | 23 | 05 | 1.9 |
| Katta Itning $\delta$           |                   | 07 | 08 | 23 | -26 | 23 | 36 | 1.9 |
| Kilning $\epsilon$              |                   | 08 | 22 | 31 | -59 | 30 | 34 | 1.9 |
| Tovusning $\alpha$              | Pikok             | 20 | 25 | 39 | -56 | 44 | 06 | 1.9 |
| Asadning $\gamma$               | Al'geba           | 10 | 19 | 58 | +19 | 50 | 30 | 1.9 |
| Asadning $\gamma$               | Al'geba           | 10 | 19 | 58 | +19 | 50 | 30 | 1.9 |
| Katta Itning $\beta$            | Mirzam            | 06 | 22 | 42 | -17 | 57 | 22 | 2.0 |
| Gidraning $\alpha$              | Al' fard          | 09 | 27 | 35 | -08 | 39 | 31 | 2.0 |
| Kichik Ayiqning $\alpha$        | Polyarnaya        | 02 | 31 | 50 | +89 | 15 | 51 | 2.0 |
| Kitning $\beta$                 |                   | 00 | 43 | 35 | -17 | 59 | 12 | 2.0 |
| Yelkanning $\delta$             |                   | 08 | 44 | 42 | -54 | 42 | 30 | 2.0 |
| O'q-yoyning $\theta$            | Nunki             | 18 | 55 | 16 | -26 | 17 | 48 | 2.0 |
| Xamalning $\alpha$              | Gamal             | 02 | 07 | 10 | +23 | 27 | 45 | 2.0 |

## YULDUZ TURKUMLARINING NOMLANISHI

| LOTIN TILIDAGI NOMLANISHI |                      |           | Rus tilida      | O'zbek tilida     |
|---------------------------|----------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| Bosh kelishikda           | Qaratqich kelishikda | Qisqartma |                 |                   |
| Andromeda                 | Ar. dromedae         | And       | Андромеда       | Andromeda         |
| Antila                    | Antilae              | Ant       | Насос           | Nasos             |
| Apus                      | Apodis               | Aps       | Райская Птица   |                   |
| Aquarius                  | Aquarii              | Aqr       | Водолей         | Dalv              |
| Aquila                    | Aquilae              | Aql       | Орел            | Burgut            |
| Aries                     | Arietis              | Ari       | Овен            | Hamal             |
| Auriga                    | Aurigae              | Aur       | Возничий        | Aravakash         |
| Bootes                    | Bootis               | Boo       | Волопас         | Xo kizboqar       |
| Camelopardalis            | Camelopardalis       | Cam       | Жираф           | Jiraf             |
| Cancer                    | Canceri              | Cnc       | Рак             | Saraton           |
| Canes Venatici            | Canum Venaticorum    | CVn       | Гонимые Псы     | Ovchi itlar       |
| Canis Major               | Canis Majoris        | CMa       | Большой Пес     | Katta it          |
| Canis Minor               | Canis Minoris        | CMi       | Малый Пес       | Kichik it         |
| Capricornus               | Capricorni           | Cap       | Козерог         | Jaddi             |
| Cassiopeia                | Cassiopeiae          | Cas       | Кассиопея       | Kassiopeya        |
| Centaurus                 | Centauri             | Cen       | Центавр         | Sentavr           |
| Cepheus                   | Cephei               | Cep       | Цефей           | Sefey             |
| Cetus                     | Ceti                 | Cet       | Кит             | Kit               |
| Circinus                  | Circini              | Cir       | Циркуль         | Sirkul            |
| Columba                   | Columbae Comae       | Col       | Волосы Вероники | Veronika sochlari |
| Coma Berenices            | Berenices            |           | Голубь          | Kaptar            |
| Corona Australis          | Coronae Australis    | CrA       | Южная Корона    | Janubiy Toj       |
| Corvus                    | Corvi                | Crv       | Ворон           | Qarg'a            |
| Crater                    | Crateris             | Crt       | Чаша            | Kosa              |
| Cruces                    | Crucis               | Cru       | Крест           | Xoch              |
| Cygnus                    | Cygni                | Cyg       | Лебедь          | Oqqush            |
| Delphinus                 | Delphini             | Del       | Дельфин         | Delfin            |
| Dorado                    | Doradus              | Dor       | Золотая Рыба    | Oltin baliq       |
| Draco                     | Draconis             | Dra       | Дракон          | Ajdaxo            |
| Equuleus                  | Equulei              | Equ       | Малый Конь      | K. Ot             |
| Eridanus                  | Eridani              | Eri       | Эридан          | Eridan            |
| Fornax                    | Fornacis             | For       | Печь            | Pech              |
| Gemini                    | Geminorum            | Gem       | Близнецы        | Javzo             |
| Grus                      | Gruis                | Gru       | Журавль         | Oqqush            |
| Hercules                  | Herculis             | Her       | Геркулес        | Gerkules          |
| Horologium                | Horologii            | Hor       | Часы            | Soat              |
| Hydra                     | Hydrae               | Hya       | Гидра           | Gidra             |
| Hydrus                    | Hydri                | Hyi       | Южный Змей      | Janubiy ilon      |
| Lacerta                   | Lacertae             | Lac       | Ящерица         | Kaltakesak        |
| Leo                       | Leonis               | Leo       | Лев             | Asad              |
| Leo Minor                 | Leonis Minoris       | LMi       | Малый Лев       | Kichik Asad       |
| Lepus                     | Leporis              | Lep       | Заяц            | Quyov             |
| Libra                     | Librae               | Lib       | Весы            | Mezon             |

|                     |                     |     |                   |                    |
|---------------------|---------------------|-----|-------------------|--------------------|
| Lupus               | Lupi                | Lup | Волк              | Bo'ri              |
| Lynx                | Lyncis              | Lyn | Рысь              | Silovsim           |
| Lyra                | Lyrae               | Lyr | Лира              | Lira               |
| Microscopium        | Microscopii         | Mic | Микроскоп         | Mikroskop          |
| Monoceros           | Monocerotis         | Mon | Единорог          | Yakkashox          |
| Octans              | Octantis            | Oct | Октант            | Oktant             |
| Ophiuchus           | Ophiuchi            | Oph | Змееносец         | Ilon eltuvchi      |
| Orion               | Orionis             | Ori | Орион             | Orion              |
| Pavo                | Pavonis             | Pav | Павлин            | Tovus              |
| Pegasus             | Pegasi              | Peg | Пегас             | Pegas              |
| Perseus             | Persei              | Per | Персей            | Persey             |
| Pisces              | Piscium             | Psc | Рыбы              | Xut                |
| Piscis Austrinus    | Piscis Austrini     | PsA | Южная Рыба        | Janubiy baliq      |
| Puppis              | Puppis              | Pup | Корма (Корабля)   | Kema quyrag' i     |
| Pyxis               | Pyxidis             | Pyx | Компас            | Kompas             |
| Sagitta             | Sagit-ac            | Sge | Стрела            | O'q-yoy            |
| Sagittarius         | Sagittarii          | Sgr | Стрелец           | Qavs               |
| Scorpius            | Scorpii             | Sco | Скорпион          | Aqrab              |
| Sculptor            | Sculptoris          | Scl | Скульптор         | Xaykaltarosh       |
| Scutum              | Scuti               | Set | Щит               | Qalqon             |
| Serpens             | Serpentis           | Ser | Змея              | Ilon               |
| Sextans             | Sextantis           | Sex | Секстант          | Sekstant           |
| Taurus              | Tauri               | Tau | Телец             | Savr               |
| Telescopium         | Telescopii          | Tel | Телескоп          | Teleskop           |
| Triangulum          | Trianguli           | Tri | Треугольник       | Uchburchak         |
| Triangulum Australe | Trianguli Australis | Tra | Южный Треугольник | Janubiy uchburchak |
| Ursa Major          | Ursae Majoris       | UMa | Большая Медведица | Katta ayiq         |
| Ursa Minor          | Ursae Minoris       | UMi | Малая Медведица   | Kichik ayiq        |
| Vela                | Velorum             | Vel | Паруса            | Yelkanlar          |
| Virgo               | Virginis            | Vir | Дева              | Sunbula            |
| Volans              | Volantis            | Vol | Летучая Рыба      | Uchar baliq        |
| Vulpecula           | Vulpeculae          | Vul | Лисичка           | Tulki              |

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. Sattarov I. «Astrofizika» 1-qism, Toshkent. Iqtisod-moliya, 2009.
2. Sattarov I. «Astrofizika» 2-qism, Toshkent. Iqtisod-moliya, 2007.
3. Sattarov I., Qodirov B.G', Begimqulov U.Sh. «Astrofizikadan kompyuterda laboratoriya ishlari». Toshkent. 2002.
4. Sattarova B. Yulduzlarni spektral sinflashtirishda zamonaviy axborot texnologiyalarini qo'llash metodlari (CIEA dasturi misolida). // Pedagogik ta'lim. Toshkent 2010 / 5. 38-45 betlar.
5. Sattarova B. Koinotning uch o'lchamli tuzilishi // Pedagogik ta'lim. Toshkent, 2004. -№4. - B. 23-25.
6. Sattarova B. va boshqalar. Astronomiuya. Elektron darslik. 2007.
7. Sattarova B. Yulduzlarning rang ko'rsatkichlariga ko'ra spektr yorqinlik diagrammasini tuzish va uni ta'lim jarayoniga tatbiq etish. Pedagogik ta'lim. Toshkent, № 4, 2013.
8. Мартинов Д. Я. "Курс общей астрофизики". М., Наука, 1992.
9. Мартинов Д. Я. "Курс практической астрофизики". М., Наука. 1983.
10. Прист Е. "Солнечная магнитогидродинамика", М., Мир. 1985.
11. Фпанк-Каминский. "Элементы физики плазмы", М., Физмат, 1970.
12. Мартинов Д. Я. "Курс практической астрофизики". М., Наука, 1983.
13. Соболев В. В. "Курс теоретической астрофизики". М., Наука, 1981.
14. Аллен К.У. Астрофизические величины. М., Мир. 1977.
15. Миннарт М. Практическая астрономия. М., Мир. 1971.
16. Sattarov I. Karachik N... Physics of Sun and Star Spots. Proceedings of the 273th Symposium of the international astronomical union held in Ventura, California, USA. August 22-26, 2010.
17. VIREO, [www.gettsburg.edu/vireo](http://www.gettsburg.edu/vireo)- AQSh. Gettsburg.
18. <http://umbrawww.nascom.nasa.gov> – Quyosh va geliosferik observatoriya (SOHO - Solar and Heliospheric Observatory) ma'lumotlari.



## Sattorov Isroil



Isroil Sattorov 1938 yil 12 avgustda Buxoro viloyatining Qiziltepa tumaniga qarashli Maita (G'ardiyn) qishlog'ida tug'ilgan. 1956 yilda Navoiy nomidagi O'zbekiston (Samarqand) davlat universitetining fizika-matematika fakultetiga o'qishga kirgan. 1958 yili o'qishni respublika hukumati tomonidan o'zlashtirish bilan Leningrad (Sankt-Peterburg) davlat universitetining (LDU) matematika-mexanika fakulteti astronomiya bo'limiga o'tkazgan. 1962 yil universitetning to'la kursini tamomlagach O'zFA Astronomiya institutida ishlashga

yuborilgan.

1962-1964 yy. Astronomiya institutida kichik ilmiy xodim lavozimida ishlagan va o'zining birinchi ilmiy maqolasini O'zFA Axborotnomasida e'lon qildi. 1964-1967 yy LDU aspiranturasida tahsil oldi va 1969 yilda fizika-matematika fanlari nomzodi ilmiy darajasiga ega bo'ldi.

1967-1982 yy. O'zFA Astronomiya instituti katta ilmiy xodimi lavozimida ishladi. Quyosh dog'larining mayda strukturasi tekshirish bo'yicha dunyo miqyosidagi yirik ishlarni bajardi. Olingan natijalar Halqaro Astronomiya jamiyatining 1981 yilning eng yaxshi yutuqlari deb qayd qilindi. 1982 yilda Rossiya FA ning prezidiumi unga Katta ilmiy xodim unvoni berdi, "Bilim" jamiyati o'zining oltin medali bilan taqdirladi.

1982-1994 yy. O'zFA Astronomiya instituti bo'lim boshlig'i vazifasida ishlashi davomida doktorlik dissertatsiyasi ustida ham ish olib bordi. Ilmiy tekshirish ishlarini avtomatlashtirishda, kadrlar tayyorlash ishga katta e'tibor berdi. Bo'limga yangi avtomatlashtirilgan xromosfera teleskopi olindi, gonzontal Quyosh teleskopi ishga tushirildi. Uning ilmiy faoliyati Quyosh dog'larining nozik strukturasi, Quyoshdagi aktiv tuzilmalar va toj yorug' nuqtalarining evolyutsiyasini o'rganishga bag'ishlangan. Birinchi marta u quyosh dog'larini soyasining spektrini oldi va o'rgandi, Quyosh dog'larining yuqori sifatli rasmni oldi hamda dog'larning yashash davri va evolyutsiyasini o'rgandi.

1995 y. Rossiya FA ning Quyosh-Er fizikasi instituti qoshidagi ixtisoslashgan kengashda I.Sattorov fizika-matematika fanlari doktori ilmiy darajani muvaffaqiyatli yoqladi va tez orada uning tasdiq'ini oldi.

I.Sattorovning keyingi ilmiy izlanishlari Quyosh tojning yorug' toj nuqtalari tuzilishini tekshirishga bag'ishlangan. 1997 y. Gollandiyada bo'lib o'tgan xalqaro konferentsiyada I.Sattorov Quyoshning rentgen nurlanishini tekshirishdan olgan natijalari bilan chiqish qildi. 2002 yilda Amerika astronomiya jamiyatining «The Astrophysical Journal» jurnalida tojning yorug' rentgen nuqtalarini tekshirishdan olgan natijalar bosib chiqildi. SHU yili u Amerika Milliy Quyosh observatoriyasida (MQO) bo'lgan xalqaro konferentsiyada taklif bo'yicha Quyosh atmosferasining mayda tuzilishini o'rganish natijalari va muammolari bo'yicha ma'ruza qildi. 2003 y. I.Sattorov MQO da uch oylik xizmat safarida bo'lib, u yerda tojni avtomatik (komp'yuterda) tekshirish metodini ishlab chiqdi va komp'yuter dasturini tuzdi.

2004 y. ikkita (Sankt-Peterburg va AQO) xalqaro simpoziumlarda tojning mayda tuzilishini tekshirish natijalari bo'yicha to'rtta ma'ruza qildi. 2006 y. Italiya va Xitoyda bo'lib o'tgan simpoziumlarda tojni tekshirish bo'yicha olgan natijalari to'g'risida ma'ruzalar qildi. Olingan natijalar Kosmik tadqiqotlar yutuqlari jurnalida bosib chiqilgan.

2003-2006 yy. Quyosh aktivligini turli spektral chiziqlarda operativ qayd qilish maqsadida Ukraina va Ameraka olimlari bilan hamkorlikda ishlar olib bordi. U Ukraina Texnologiyalar Markazining granti rahbari sifatida Quyosh teleskoplarini takomillashtirish ustida tadqiqot ishlarini yo'lga qo'ygan.

I.Sattorov tomonidan Quyoshni chekka ulstrabinafsha nurlarda olingan tasvirlarida tojning yorug' nuqtalarini (TYoN) avtomatik topish usuli ishlab chiqildi va TYoNlar sonining tsiklik o'zgarish egrisi olindi. Oxirgi yillardan TYoN ni tiplarga ajratish va ularning evolyutsiyasini o'rganish bo'yicha bir qator ilmiy ishlar amalga oshirildi. Natijalar xalqaro nufuzli jurnallarda chop etildi (*Solar Phys.* 262, 2, 321, 2010, *Astrophys. Space Sci. Proc.* 30, 197, 2012, *Astronomy Letters*, Volume 40, Issue 8, pp 510-518, 2014) Sattorovning ilmiy tadqiqotlari keng jamoatchilikka ma'lum va unga tez-tez murojaat qilinib kelinmoqda. I.Sattorov – Quyosh fizikasi bo'yicha taniqli mutaxassis bo'lib, u Amerika astronomiya jamiyatining "The Astrophysical journal" ga va Yeropaning "Solar Physics" jurnallariga tushgan ko'plab maqolalarga taqrizlar berib kelgan.

I.Sattorov buyuk pedagog olim bo'lib, u 1996 umrining so'ngiga qadar Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universitetining "Fizika va uni o'qitish metodikasi" kafedrasida faoliyat yuritib, ko'plab shogirdlarni tayyoradi. Bu yerda u astronomiyani o'qitishga axborot texnologiyalarini qo'llashni O'zbekistonda birinchi bo'lib kiritdi va axborot texnologiyalarini o'qitishga joriy etish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlarini oldi bordi. I.Sattorov 150 dan ortiq ilmiy maqolalar muallifi va u Pedagogika institutlari va universitetlari talabalari uchun ikki qismdan iborat "Astrofizika" nomli o'quv qo'llanmalar muallifi bo'lib, ushbu "Astrofizika praktikum" nomli o'quv qo'llanma uning oxirgi ishlaridan xisoblanadi.

Satarov oliy o'quv yurtlarida astronomiyani o'qitish metodikasi bo'yicha bir qator ilmiy tekshirish ishlarini bajargan. U astronomiyani o'qitishda kompyuter va axborot texnologiyalarini joriy qilish bo'yicha ham bir qancha ishlarni amalga oshirgan, shu ishlari uchun O'zR patent byurosining guvohnomasini olgan. U Qibla tomonni aniqlash usuli bo'yicha mualliflik guvohnomasiga ega.

I.Sattarov keng omma uchun astronomiyani targ'ib qilish bo'yicha ham katta ishlarni amalga oshirdi: respublika radiosida suhbatlar olib bordi, respublika gazetasi va jurnallari uchun ilmiy - ommabop maqolalar yozdi.

I.Sattarov O'zbekiston Milliy Universiteti, Toshkent davlat pedagogika universiteti va O'zbekiston FA qoshidagi dissertatsiyalar himoyasi bo'yicha maxsus bir necha ilmiy kengashlarning a'zosisifatida faoliyat yuritdi. Hukumatimiz Isroil Sattrovni Vatan va xalq oldidagi xizmatlarini taqdirlab, uni bir qancha medallar va faxriy yorliklari bilan mukofotlagan. O'zbekiston faniga qo'shgan hissasini inobatga olgan holda, 2001 yilda - «O'zbekiston mustaqilligini o'n yilligi» ko'krak nishoni bilan taqdirladi.

I.Sattarov yigirma yil davomida Universitetda fizika sohasi bo'yicha fundamental tadqiqotlarni yo'lga qo'yib, Oliy Ta'lim tomonidan berilgan grantga rahbarlik qilib keldi.

I.Sattarov ko'plab shogirdlar tayyorladi. Ulardan ba'zilari xalqaro markazlarda faoliyat yuritmoqda (A.A. Pevtsov MQO, AQSH). N.V.Karachik MQO da ikki yillik stajiryovkani o'tab qaytdi. Ch.T.Sherdanov va N.V.Karachiklar fan nozodligini I.Sattarov rahbarligida himoya qilgan. Hozirda Ye.P.Minenko, N.V.Karachik, Ch.T.Sherdanovlar doktorlik ishlarini tayyorlab, ularni taqdim etish arafasida. Bugungi kunda uning boshlagan ishlarini uning kelini, dotsent B.J.Sattarova davom ettirmoqda.

Isroil Sattorov

Barno Djaxangirovna Sattarova

# Astrofizik praktikum

(o'quv qo'llanma)

Nashriyot litsenziyasi: AI № 271. 15.07.2015.

Qog'oz bichimi: 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Times New Roman garniturasida terildi.

Shartli bosma tabog'i: 10,75.

Buyurtma № 67. Adadi: 100 nusxa.

«Adabiyot uchqunlari» MChJ nashriyotida bosmaga tayyorlandi va chop etildi. Toshkent shahri Bunyodkor shohko'chasi 28–uy.