

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
XALQ TA'LIMI VAZIRLIGI**

**MUQIMIY NOMIDAGI QO'QON DAVLAT
PEDAGOGIKA INSTITUTI**

FIZIKA KAFEDRASI

**“ASTROFIZIKA”
FANIDAN**

ma'ruza matnlari

Qo'qon 2011 y.

Ushbu ma`ruzalar matni 5140200-fizika-astronomiya yo`nalishi bo'yich ta'lim olayotgan bakalavrlar uchun «Astrofizika» fanining Davlat standarti asosida tuzilgan ishchi dasturiga muvofiq tayyorlandi.

Ma`ruzalar matnlari sarlavha, reja, asosiy matn, nazorat uchun savollar, foydalanilgan adabiyotlar va tayanch so'z va iboralardan tashkil topgan. Asosiy matnda zaruriy ma'lumotlar berilgan bo'lib, ular talabalarning ushbu fan asoslarini o'rganishlarida va maktabda mehnat hamda chizmachilik predmetlari bo'yicha darslarni o'tishlarida nazariy asos vazifasini o'taydi.

Tuzuvchi:

R. Ibragimova, fizika kafedrası katta o`qituvchisi.

Taqrizchi:

B. Mamadaliyev, f.m.f.n.

Tashqi taqrizchi:

A. Xusanov, f.m.f.n.

Qo'qonDPI Fizika kafedrasining yig'ilishida ko'rib chiqilgan va ma'qullangan (2011 yil __ sonli bayonnoma).

Qo'qonDPI Uslubshunoslik kengashi tomonidan ma'qullanib, chop e'tishga tavsiya e'tilgan (2011 yil __ sonli bayonnoma).

Astrofizika fanining predmeti va tushunchalari.

Reja:

- 1 Astrofizika fani va bo'limlari.
- 2 Astrofizika tekshirish usullari.
- 3 Elektromagnit nurlanishi va uning xususiyatlari.
- 4 Yer atmosferasining elektromagnit nurlanishlarga ta'siri.
- 5 Astrofizik observatoriyalar.

Astrofizika astronomiya fanining eng katta, yosh va rivojlangan bo'limlaridan biridir. Bu bo'lim hozirgi kunda alohida fan sifatida astronomiya fanidan ajralib chiqqan. Uning asosiy maqsadi fizika qonunlariga asoslangan xolda osmon yoritgichlarining, shuningdek Er, Oy, Sayyoralar, Astroidlar, Kometalar, Meteoritlar, diffuz tumanliklar va materiyaning fizik xodisa va xossalarini, kimyoviy tarkibini, ularning yuza qatlamida ro'y berayotgan jarayonlarning fizik tabiatini, ichki tuzilishi va rivojlanishini o'rganadi

Bu masalani xal qilish uchun uning 3 ta bo'limi ishtirok etadi.

- 1 Amaliy astrofizika
- 2 Nazariy astrofizika
- 3 Umumiy astrofizika.

Amaliy astrofizikaning asosiy vazifasi osmon yoritkichlarining tekshirish vositalari va usullarini ishlab chikish va amalda qo'llashdir.

U teleskoplarni tuzilishi vazifasi va qo'llanilishini, uning kamchiliklari va bu kamchiliklarni yo'qotish yo'llarini teleskopga o'rnatiladigan qo'shimcha asboblari va nurlanishlarni qayd qiluvchilarning ishlash prinsiplarini va asosiy ko'rsatkichlarini tekshirish usullarini va ular yordamida osmon yoritkichlarini fizik ko'rsatkichlarini o'lchashni o'rganadi.

Nazariy astrofizika kuzatish natijalarini nazariya bilan bog'langan xolda osmon yoritgichlarining modelini yaratadi va unda bo'layotgan fizik jarayonlar tabiatini ochib beradi. Bunda nurlanish qonunlariga yulduzlar atmosferasida energiyaning sochilishi, yutilishi xodisalariga asoslangan xolda yulduzlarning ichki qatlamini tuzilishini, uning xosil bo'lishi va rivojlanishini o'rganadi

Umumiy astrofizikaning asosiy vazifasi Quyoshning tuzilishi, aktivligi, atmosferasida kuzatiladigan jarayonlarni namoyon bo'lishi sababi va qonuniyatlari, sayyoralar va Quyosh sistemasiga kiradigan kosmik jismlarning tabiati, shuningdek yulduzlarning fizik xususiyati va qonuniyatlarini, ular sirtida ro'y berayotgan jarayonlar tabiatini, yulduzlararo muhitda tarqalgan chang va gazning fizik tabiati va kimyoviy tarkibini o'rganishdir.

Yoritgichlarning fizik tabiatini o'rganishda bir qator usullar fizika sohasida yaratilgan yangi qonunlar asosida vujudga keldi. Bu usullardan biri spektral taxlil usulidir. 1859 yilda Kirxgof va Bozen tomonidan yaratilgan spektral taxlil asosida astrofizikada astrospektroskopiya usuli vujudga keldi.

Celner tomonidan yorug'lik miqdorini o'lchash imkoniyati yaratildi va u astrofotometriya usuliga asos bo'ldi. 19 asrning ikkinchi yarmidan boshlab astrofotografiya usuli ishlatila boshlandi. Bu usulning qulayligi shundan iboratki, olingan kuzatish natijalarini istalgan uzoq muddatda saqlash va undan foydalanish mumkin.

Fotoeffekt xodisasining ochilishi fotoelementlar fotoelektr yo'li bilan yorug'lik miqdorini aniqlash elektromagnit to'lqinlarning xosil qilish va qabul qilish imkoniyatining yaratilishi radioastronomiya usulining yaratilishiga asos bo'ladi. Fan va texnikaning rivojlanishi elektron teleskoplar, ularda ishlatiladigan elektrton – optik uzgartiruvchilar, televizion texnikalari kullanilishiga imkon yaratildi.

Astrofizik tekshirishlar asosan osmon yoritkichlaridan erga etib kelayotgan elektromagnit nurlanishlar asosida bajariladi. Bu nurlanishlar koinotning turli nuqtalaridan 300000 km\ s

tezlik bilan bizga milliardlab yillarda etib keladi. Nurlanishni xosil qiladigan jarayonlarni o'zgartirish mumkin emas, takrorlanmaydi va tez xamda nixoyatda sekin bo'ladi.

Yoritgichlardan chiqqan elektromagnit nurlanishlar o'zi bilan energiya olib keladi va bu nurlanish atom va elementar zarrachadan yorug'lik kvantlar asosida tarqaladi. Ularning energiyalari turlichadir. Barcha turdagi nurlanishlar to'plamiga elektromagnit nurlanishlar spektri deyiladi.

Xar bir foton energiyasi eV lar bilan o'lchanadi. Bu shunday energiyaki, erkin elektron 1Volt potentsiallar ayirmasidan o'tganda olgan energiyaga tengdir.

$$1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

Ko'rinishi sohasidagi nurlanishlarning energiyasi

2-3eV bo'lib, u elektromagnit to'lqin shkalasida juda tor sohani egallagan. γ - nurlarining energiyasi MeV, metrli radioto'lqinlarning energiyasi 10^{-6} eV tengdir.

Elektromagnit to'lqinlar shkalasida infraqizil, ultrabinafsha, rentgen nurlari xam joylashgan. Bu nurlar muhitda bir xil tezlik bilan tarkaladi. Bushlikdagi yorug'lik tezligi $299792 \text{ km/s} \approx 300000 \text{ km/s}$ dir. $S=\lambda\nu$ yorug'lik fotonlarining energiyasi elektromagnit tebranish chastotasi ν ga boglikdir.

$$\varepsilon=h\nu=hc/\lambda \quad (1)$$

$h=6,625 \times 10^{-34} \text{ DJ} \cdot \text{s}$ Plank doimiysi. Agar foton energiyasi 1 eV bo'lsa, nga mos keluvchi to'lqin uzunligi; $\lambda=hc/\varepsilon=12400\text{\AA}=1.24 \text{ mk}$. chastotasi $\nu=2,24 \times 10^{14} \text{ Gu}$ bo'ladi. Kurinish sohasidagi yorug'lik to'lqin uzunligi $3900 \text{ \AA}$ (binafsha) dan $7600 \text{ \AA}$ (qizil chegara) gachadir. Ular orasida binafsha ($3900 - 4500 \text{ \AA}$), kuk ($4500-4800 \text{ \AA}$) xavorang ($4800- 5100 \text{ \AA}$), yashil ($5100-5700\text{\AA}$), sarik ($5700-5850\text{\AA}$), zargaldoq ($5850- 6200\text{\AA}$) va qizil ($6200-7600\text{\AA}$). Bu chegaralar taxminiy bo'lib, ular bir-birlariga uzluksiz utadilar. Bu to'lqinlar Er atmosferasidan utadi. Ammo spektrning qolgan kismiga tegishli bo'lgan elektromagnit nurlanishlar Er atmosferasida yutiladi, ayniksa ultrabinafsha, rentgen nurlari va gamma nurlari Er atmosferasining yuqori qatlamlarida kuchli yutiladi. Infraqizil va radioto'lqinlar xam atmosfera tomonidan yutiladi va kaytadi. Infraqizil nurlar suv buglarida, xavo molekulalarida, korbanat angidridid gazi tomonidan yutiladi. Er atmosferasi 1sm dan 20m radioto'lqinlar uchun shaffofdir. To'lqin uzunligi 1sm kichiklari $\lambda=1\text{mm}$, $4,5\text{mm}$ va 8mm dan tashqarisi atmosferaning pastki qatlamlarida tula yutiladi. To'lqin uzunligi bir necha 10 m dan kattalari kaytadi va ionosferada yutiladi. SHunga asosan bu nurlanishlarni kuzatish usullari yaratilgandir va u quyidagi jadvalda ifodalangandir.

Astrofizikada o'rganiladigan elektromagnit spektrlar va ularni kuzatish usullari.

Spektr Sohasi	To'lqin Uzunligi	Atmosferadan O'tish imkoniyati	Kuzatish usuli	Qabul qilish
γ -nur	$< 0,1 \text{ \AA}$	N,O,N ₂ ,O ₂ ,O ₃ va xavo molekulalari		Foton xisoblagich, ionlashish Kamerasi, Fotoemulsiya lyumenaforlar
Rengen nuri	$0,1- 100\text{\AA}$	Kuchli yutiladi		Foton xisoblagich, ionlashish Kamerasi, Fotoemulsiya lyumenaforlar
Ultrabinafsha nuri	$100-3900 \text{ \AA}$	Qisman yutiladi		Kuz,foto emulsiya Fotokatod
Kurinish nurlari	$3900-7600\text{\AA}$	Yutilmaydi		Kuz,foto emulsiya Fotokatod
Infraqizil nurlar	$0,76- 15\text{mm}$	Yutilmaydi		Bolometr,termojuft Fotoqarshilik,maxsus Fotoqatod va fotoe'mulsiya
Radio to'lqin	$15\text{mk}-1\text{mm}$ 1mm dan uzun	1mm , $4,5\text{mm}$, 8mm va 1sm dan 20 m gachani utkazadi. Kushsiz yutiladi	Kisman er sirtida Aerostatlar erdamida	Radioteleskop

		N ₂ O, SO ₂ va boshqa Molekulalarning Kisman yo'tish yo'llari	Er sirtidan	
		Kuchli molekulyar yutilish		

Atmosferadan tashqaridagi fazoni tekshirish uchun xavo sharlari, kosmik raketalar, sun'iy yo'ldoshlardan foydalanila boshlandi. Astrofizik kuzatish ishlari dunyo miqyosida juda ko'p davlatlardagi abservatoriyalarda olib boriladi. Dunyoda eng katta teleskoplar

Diametri 8,2 m dan bo'lgan 4 ta teleskoplar to'plami Chilida o'rnatilgan. 2 ta bir xil Kek teleskopi ko'zgu diametri 10 m. 2 ta diametri 10 m li teleskop Mauka – Keada o'rnatilgan. Kampyuterda boshqariladi. Ajratish qobiliyati 0,005 teng. Biokulyar teleskop diametri 8,4 m li 2 ta ko'zgudan iborat. Arizon Maut – Trexem rasadxonasi. Xobbe – Eberli teleskopi diametri 11 metrli va 9,2 metrli ko'zgu. Teleskop “Subaru” Diametri 8,2 m Yaponiya. Mauka – Keya oroliga o'rnatilgan.

“Jemini” teleskoplari. Diametri 8 m li 2 ta teleskop. Mauka - Kea va Sverro – Pajin (Chili) da o'rnatilgan. Azimutal teleskop diametri 6,05 metr. Shimoliy Kavkazda o'rnatilgan. Jordj Xeyl teleskopi. Ko'zgu diametri 5 m Polomar rasadxonasi. Vilim Gershel teleskopi. Diametri 4,2 m La – Palma Kongad orollarida Anglo – Avstraliya teleskopi diametri 3,4 m Sayding – Spiring.

Nikolas Mayola nomli Teleskop ko'zgu diametri 4 metr. Britan infraqizil teleskopi diametri 3,8 m Mauka – Kea Gavana orollarida. o'rnatilgan. Shimoliy Kavkazga Teleskop-reflektor urnatilgan bo'lib, uning kuzgusini diametri 6 metr, uning qalinligi 65 sm, og'irligi 40 t, fokus masofasi 24m, u o'rnatilgan minoraning diametri 44m bo'lib, uni o'rnatilgan asbobning umumiy massasi 850 t dan oshadi. Teleskopning tubusi vertikal uk atrofida aylana oladi. Ikkinchi urindagi teleskop 1949 yilda Palomar togiga (AKSH) urnatilgan bo'lib, uning diametri 5m, massasi 13t, trubasining uzunligi 17m, ogirligi 140 t.

Chilidagi Kitt – Pik (1973) va Serro – Tololo observatoriyasiga diametri 3,8 va 3,9 m Amerika teleskoplari urnatilgan shuningdek La Silla (Chili) da 3,6 metrli reflektor Jankbiy Evropa abservatoriyasiga, Mauna Kea togiga Kanada – fin – gavyay 3,6 metrli teleskopi urnatilgan. Bunday teleskoplar Ispaniyada, Germaniyada, mavjuddir. Krim astrofizik abservatoriyasi Armanistonda Byurikan astrofizika abservatoriyasi va Uzbekistonda xam mavjuddir.

Radioteleskoplar Jodrell BENK (Angliyada) urnatilgan bo'lib, uning diametri 76m va massasi 750 tonnadir. Ikkinchi Sidne (Avstraliya) diametri 65m Bonn (Germaniya) diametri 100m. AKSH da eng kattasi Puerto- Riko oroliga urnatilgan uning diametri 305 m Toshkent ilmiy tekshirish institutida Quyosh teleskopi urnatilgan. Bundan tashqari Kashkadaro'yo viloyati CHiroqchi tumanidagi Maydanak togiga diametri 1 –1,5 m teleskop urnatildi. Ikkinchi radioastronomik abservatoriya Jizzax viloyatining Zomin tumanidagi Supa baland togida kurilmoqda. Xabl kosmik teleskopi ishlarida uning diametri 2 m. Yaponiyada uchirilgan. Rentgen teleskopi Quyoshni o'rganmoqda.. Astrofizika asosida kelib chikadigan. xulosalar astronomiyaning boshqa bo'limlarida- yulduzlar astronomiyasida, kosmogoniya va kosmologiyada keng qo'llaniladi. Yulduzlar sistemasi, yulduzlararo muhit va ularning tuzilishini astrofizika qonunlari bilan taxlil qilish mumkin emas.

Tayanch suz va iboralar: Astrofizika, observatoriya, teleskop, refraktor, reflektor, radio teleskoplar, elektromagnit nurlanish, spektr, to'lqin, energiya, teleskop, rentgen nurlanishi, infraqizil nurlanishi, gamma nurlanish.

Savollar:

1. Amaliy astrofizika nimani o'rganadi?
2. Nazariy astrofizika nimani o'rganadi?

3. Umumiy astrofizikaning oldiga kuyilgan maqsadi nima?
4. Astrofizik kuzatishlar kaerdagi observatoriyalarda olib boriladi?
5. Elektromagnit nurlanishining turlari?
6. E'lektromagnit nurlanishlarini qanday yo'l bilan qabul kilinadi?
7. Nima uchun er atmosferasida e'lektromagnit nurlari yutiladi?

Mavzu-2: Fotometrik tushunchalar. Pogson formulasi.

Reja .

1. Asosiy fotometrik tushunchalar.
2. Yulduzlarning yorug'ligini o'lchash. Pogson formulasi.
3. Yulduz kattalik tizimlari.

Yorug'lik energiyasining miqdori yorug'lik manbaining asosiy xarakteristikasini aniqlaydi. Uni o'lchash usuli ikki xil bo'lib birinchisi: manbadan chiqqan yorug'lik e'nergiyasi miqdorini ulchaydigan asbobga etib kelganini aniqlash; ikkinchi yorug'lik manbalarini taqqoslash orqali. Bunda bittasining nurlanish kobiliyati aniq xisoblangan bo'ladi. Yorug'lik manbalarining kuvvatlari bir xil bo'lsada, ularning nurlanish spektr tartiblari turlicha bo'ladi. Taqqoslashda spektrning bitta sohasi tanlab olinadi. Koinotdagi yulduzlarni nuqtaviy manba sifatida karash mumkin. Ulardan kelayotgan yorug'lik e'nergiyasini aniqlashda optikadan mahlum bo'lgan fotometrik kattaliklardan foydalaniladi. Yorug'lik e'nergiyasining kuvvati yorug'lik oqimi orqali xarakterlanadi. Yorug'lik oqimi deb birlik vaqt ichida birlik yuzasidan utuvchi nur e'nergiyasining miqdoriga aytiladi. (Astrofizikada teleskopning kirish tirkishi).

1sm^2 yuza tushaetgan eruglik oqimiga yoritilganlik deyiladi. Agar yorug'lik oqimi S yuzani bir tekisda yoritgan bo'lsa

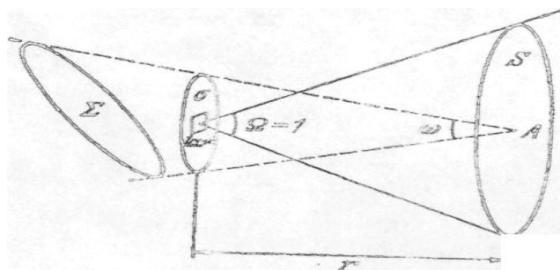
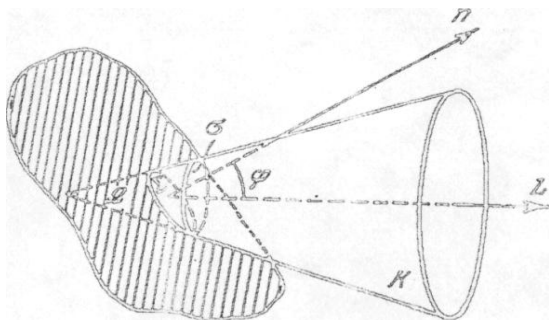
$E = F / S$ (1) orqali yoritilganlik astrofizikada

aniqlanadi va bu kattalik aloxida axamiyatga e'ga bo'lib, u kuzatish orqali xaqiqiy o'lchanadigan kattalikdir. YOritilganlik yorug'lik manbaigacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari, nurning tushish burchagining kosinusiga tugri proporuiionaldir. Bu qonunni kullanilishida muhitning optik xususiyatini xisobga olish kerak.

Yorqinlik deb yorug'lik manbaini uragan berk sirt dan birlik vaqt ichida chiqib ketayotgan tulik e'nergiyaga aytiladi. Bu kattalikni yoritilganlik integrali va uning birligi $\text{Wt/m}^2\text{Gu}$.

Ravshanlik deb nurlanuvchi yuzaga tutash berilgan yunalishiga tik bo'lgan birlik yuzadan utuvchi va birlik fazaviy burchak ichidagi nurlanish oqimiga aytiladi.

Ravshanlikni ko'p xollarda intensivlik deb xam ataladi.



Σ - nurlanuvchi sirt e'lementi. Ω -konusning fazaviy burchagi .

τ - konus ukiga tik bo'lgan sirt $\gamma = \sum \cos \varphi$ φ - n bilan konus uki orasidagi burchak u xolda ravshanlik $V = F / \Omega \sum \cos \varphi = F / \Omega \sigma$

Yoritilganlik bilan ravshanlik va uzaro nurlanuvchi sirt uzaro uzviy boglikdir. Agar $\Omega=1$ deb olinsa u xolda $F=V\sigma$ aniqlanadi. Bu oqim $S=\Omega r^2$ yuza bo'ylab taqsimladi.

$$E = F / S = B \sigma / \Omega r^2 = B \sigma / r^2 = B\omega$$

ω - yoritkichning fazoda erdan kurish burchagidir. Demak, yorug'lik manbaining kuzatish eridagi yoritilganligi manbaning urtacha ravshanligini uni fazoviy kurinish burchagi ko'paytmasiga tengdir. Bu burchakni teleskopning fokus masofasi va obhektning foqal tekislikdagi tasvirning yuzasi S orqali aniqlash mumkin. YAhni:

$$\omega = S / F^2 ;$$

Intensivligi (ravshanlik V) I bo'lgan manbaning r_1 va r_2 masofadagi yoritilganlik E_1 va E_2

$$E_1 = V \sigma / r_1^2 ; \quad E_2 = B \sigma / r_2^2 \text{ bo'lib}$$

$$E_2 / E_1 = r_1^2 / r_2^2$$

Fizikada yoritilganlik lyukslarda o'lchanadi. Astronomiyada e'sa yoritilganlikni oldindan yulduz kattaligi degan kattalik bilan ifodalangan va m xarfi bilan belgilangan $m_0 = -13^m.89$ yulduz kattaligi 1 lyuksga tugri keladi. Bu inson kuziga tasir e'tish darajasini bildiradi. Agar kuzga ta'sir e'tish darajasi geometrik progressiya asosida uzgarsa, kuzatish sezgisi arifmetik progressiya asosida uzgaradi. Bu qonun 19-asrning urtalarida yuzaga keldi va uni Veber- Fexner qonuni deb ataldi. Ingliz astronomi Norman Robert Pogson tomonidan 5 yulduz kattaliklarning yaltiroqligini nisbati 100 ga teng e'kanligini aniqladi.

E_m va E_{m+1} ning nisbati 1 ta tartibga farqlanish qonuniyati

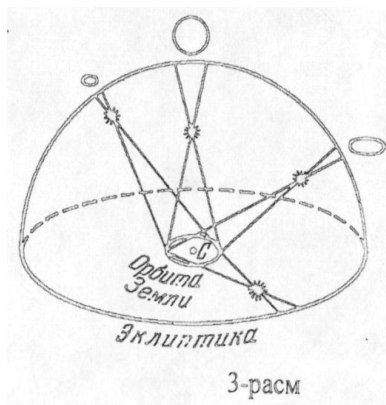
$$E_m / E_{m+1} = \sqrt[5]{100} = 2.512$$

$$\text{yoqi } E_0 / E_1 = 2,512^{m-m} = 10^{0,4(m-m)}$$

$$\text{yoqi } \lg E_0 / E_1 = -0,4(m_1 - m_2) \quad \text{Pogson formulasi}$$

Demak, birinchi yulduz kattaligining yoritilganligi ikkinchi yulduz kattaligidan 2,512 marta katta va xakazo.

Quyosh er yuzini 10^{15} lk bilan yoritadi. Yorug'lik kuchi 1 kandellaga teng xalqaro sham 1km uzoqlikda $0^m.8$ va 10 km uzoqlikda e'sa $5^m.8$ kattalikdagi yulduz sifatida ko'rinadi. O'lchash yo'li bilan aniqlangan yoritilganlik ko'rinma yulduziy kattalikdir. Yoritkichning yorug'lik kuchini topishda uning uzoqligini topish shart. Yulduzlarni solishtirish uchun ularni bir xil masofaga joylashtirish maqsadga muvofikdir. SHunday masofa qilib 10 parsek uzoqlik tanlangan. Bu masofadagi yulduzni kattaligi absolyut kattalik M deb qabul kilingan.



$$0,4(m-M)=2 \lg r-2$$

$$0,4m-2 \lg r+2=0,4M$$

Agar r nc masofadagi ko'rinma yulduz

kattaligi m bo'lgan yulduz er

sirtidagi eritilganligi E , 10 ns

masofadagi yulduzning xosil kilgan

yoritilganligi E_0 , absalyut yulduz

M ga tengdir.

$$E/E_0 = 10^2/r^2 \text{ eki } E/E_0 = r^2/100$$

$$\lg E/E_0 = 2 \lg r - 2$$

$$\text{Pogson qonunidan} \quad 0,4(m-M) = \lg \frac{E_0}{E}$$

$$M=m+5-5 \lg r \quad (*)$$

(*) formula orqali yulduzning absolyut kattaligi aniqlanadi. Agar $M=0^m$ bo'lgan yoritkichning yorug'lik kuchi $2,65 \cdot 10^{29}$ Kandelaga (kd) ga teng. Quyoshning absolyut yulduz kattaligi 4^m , 84 bo'lib, yorug'lik kuchi $I=3,07 \cdot 10^{27}$ kd. Yulduzlar ko'rinma kattalik shkalasi $-26,7^m$ (Quyosh) dan $+24^m$ gachadir.

Tayanch suz va iboralar: nuqtaviy manba, yoritilganlik, yorug'lik oqimi, yorug'lik kuchi, ravshanlik, ko'rinma yulduz kattaligi, absolyut yulduz kattaligi, fazoviy burchak.

Savollar:

1. Fotometrik kattaliklar nima?
2. Pogson formulasining fizik mohiyati?
3. Ko'rinma va absolyut yulduz kattaliklar orasidagi boglanish?

Mavzu-3: Spektral tahlil tushunchalari. Nurlanishlar.

Reja:

1.Spektral tahlil tushunchalari.

2.Issiklik nurlanish qonunlari.

3.Noissqlik nurlanish.

Yorug'lik dispersiyasi va interferensiya hodisalari oq rangli nurni 7 xil rangga ajralishiga sabab bo'ladi. Bu hodisani spektr deb ataladi. Jismlar qizdirilganda o'zidan nur chiqaradi. Bu nurlanishni prizma, difraksiya panjara yordamida ajratilgan spektrga *tutash spektr* deb ataladi. Tutash spektr deyilishiga sabab spektral rang bir-biriga uzluksiz tutashib ketadi. Tajribalar qizdirilgan gaz yoki bug' atomlaridan chiqqan nurlanishlar chiziqli spektrni hosil qilishini isbotladi. Masalan, vodorod gazi qizdirilganda 6 xil spektral seriyalar hosil bo'lishligi aniqlangan. Demak, har bir atom o'ziga xos to'lqin uzunligini chiqarish xususiyatiga ega. Katta sondagi molekulalardan iborat muhit qizdirilganda yo'l-yo'l spektrini hosil qiladi va uni molekulalar spektri deb ataladi. Yo'l-yo'l spektrning bir tomoni aniq ikkinchi tomoni yoyilgan bo'ladi. Chiqarish spektridan tashqari yutilish spektri ham kuzatilgan. Chunki, yorug'lik manbaidan chiqayotgan nurlanish tekshirilayotgan modda bug'laridan o'tkazilganda uning hosil qilgan spektrida qora yutilish chiziqlari hosil bo'ladi. Chunki, modda atomlari o'zi chiqarishi mumkin bo'lgan yorug'lik to'lqinini yutadi. Bu qonunni G.R.Kirgof va R.V.Bunzen aniqlangan. Chiziqli yutilish va chiqarish spektrini tekshirish usuliga **spektral tahlil** deb ataladi va u nozik metoddir. Chiziqli spektr unda ya'ni muhitda elementlarning mavjudligini sifat jihatdan ifodalaydi. Spektral chiziqlarning yorqinligi elementning miqdorini aniqlab beradi.

Nurlanishlar hosil bo'lish jarayoniga qarab 2 turga bo'linadi. 1. Issiklik nurlanishlari. 2. Noissqlik nurlanishlari

1. Boglik va e'ркиn o'tish. Bunday o'tishda boglik e'lektron boglik xolatdan e'ркиn xolatga va aksincha o'tish jarayonida yutilish va chiqarish jarayonlari vujudga keladi.
2. Boglik va boglik o'tishlar. Bunday boglik e'lektron uzining e'nergetik satxini uzgartiradi va buning natijasida yutilish yoqi chiqarish spektrlari kuzatiladi. Agar gaz shaffof bo'lsa, bu chiziqlarning intensivligi kuchli bo'ladi. Qatlam kalinligi ortgan sari bu chiziqlar tutash spektrlar sohasida yuqoladi.
3. E'ркиn va e'ркиn o'tishlar. Bunda e'ркиn e'lektron uzining e'nergetik xolatini o'zgartirish jarayonida e'ркиnlik xolatida bo'ladi. Bu erda yorug'lik fotonlari asosan e'ркиn e'lektronlarga tushib unda sochiladi. Bunda yorug'lik chastotasi uzgarmaydi, ammo ularning yunalishi uzgarishi mumkin. Agar e'lektron kuzatuvchiga nisbatan xarakat kilayotgan bo'lsa, bu vaqtda Dopler e'ffekti kuzatiladi. Demak, yulduzlar atmosferasida tutash spektrning xosil bo'lishida 3 da kurib utilgan jarayonlar sababchi bular e'kan. Bundan tashqari yutilish xodisasi turli spektral sinflar uchun xaroratiga boglik ravishda turlicha bo'ladi. Bu xolatni taxlil qilishda yulduzlarning plazma xolatda e'kanligin e'tiborga olish zarur.

Issiklik muvozanat deyilganda yulduz bagridan chiqib kelayotgan nurlanish bilan yulduz sirtidagi nurlanishlar orasidagi uzaro muvozanat tushuniladi.

Issilik nurlanishi temodinamik muvozanatda bo'lganda absolyut kora jism uchun yaratilgan nurlanish qonunlarini kullash mumkin. Yulduz shunday joylashganki, ularni koinotda termostat ichida joylashgan jism sifatida karash mumkin, ya'ni u qancha e'nergiya nurlatsa, shuncha e'nergiya yutadi.

Bizga ma'lumki, absolyut kora jism uchun nurlanish e'nergiyasi chastotaga, xaroratga boglik. Bu boglanish Plank tomonidan quyidagi qonun asosida aniqlanadi.

$$E_\nu d\nu = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} d\nu \text{ yoki } E_\lambda d\lambda = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda$$

Plankning bu qonuni asosida e'nergiyaning taqsimot qonuni xaroratga boglik ravishda aniqlangan va bundan maksimal to'liq uzunligi xaroratga quyidagicha boglik e'kanligi kelib chikadi

$$\lambda_{max} = \frac{0,290}{T} \text{ Vinning siljish qonuni.}$$

Xaroratning ortishi fakatgina yulduzning rangini uzgartirmasdan, balki nurlanish kuvvatini xam orttiradi. Bu nurlanish Stefan- Bolhuman qonuni asosida aniqlanadi.

$$R = E = \sigma T^4 \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wt/K}^4$$

Nurlanish kobilyatini to'liq uzunligiga boglik ravishda turlicha bo'lishi mumkin. M-n: Binafsha nurlar uchun Plank formulasi maxrajidagi birni e'htiborga olmasa xam bo'ladi. Bu xolda

$$E_\lambda = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{hc}{\lambda kT}} \text{ bo'ladi.}$$

Bu qonun Vin qonuni deyiladi. Agar $e^{\frac{hc}{\lambda kT}} = 1 + \frac{hc}{\lambda kT} + \dots +$

Dastlabki 2- xadni Plank qonuniga kuyamiz.

$$E_\lambda = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{1 + \frac{hc}{\lambda kT} - 1} \quad E_\lambda = \frac{2\pi c}{\lambda^4} \cdot kT \quad \text{Reley—Jins qonuni deyiladi.}$$

Bu qonunlar yordamida yulduzlar bagrida bo'ladigan jarayonlarni va uning fizik ko'rsatkichlarini aniqlash mumkin.

Bu qonunlarni tadbik qilishda nurlanishlarning muhitdan o'tish jarayonida kuzatiladigan xodisalarni, ya'ni muhitning nurlanishga kursatadigan ta'sirini xisobga olish kerak. Bizga ma'lumki, optik muhitga yorug'lik nuri tushsa, yorug'lik bu muhitdan kuchsizlanib chikadi. CHunki nurlanish muhitda yutiladi.

YUtilish koe'ffiuienti $\tau = \ell n \frac{\Phi}{\Phi_0}$ tushayotgan nurlanish oqimi bilan utgan nurlarning oqimining

nisbatiga tengdir. Bu koe'ffiuientni optik kalinlik deyiladi. Utayotgan nurning intensivligi $I = I_0 e^{-\tau}$ optik kalinlikka boglik. Nurlanishning kuchsizlanishini astrofizikada yulduz kattaligi orqali aniqlanadi va quyidagicha xisoblanadi. $\Delta m = 1.08 \tau$ Berilgan muhitimizning optik kalinligi birdan kichik deb karalsa, u xolda bunday kalinlikdagi qatlamdan utayotgan yorug'lik intensivligi quyidagicha aniqlanadi.

$$I = I_0 (1 - \tau) \quad \tau = \frac{I_0 - I}{I_0} = \frac{\Delta I}{I_0} = \chi k = \chi \ell \rho$$

χ - 1 gr. Muhitga mos keluvchi yutilish koe'ffiuienti.

$k = n\ell$ - modda miqdori n - konuentrauiya, ℓ - qatlamning kalinligi.

ρ - muhitning zichligi

Agar optik kalinlikning yutilish koeffitsientiga konuentrauiyaga boglikligini e'tiborga olinsa, u xolda issiklik nurlanish qonunlarini real xolat uchun ishlatish mumkin bo'ladi. U xolda nurlanishning intensivligi quyidagicha aniqlanadi.

$$I = \epsilon \rho \ell = \frac{\epsilon}{\chi} \tau$$

Yulduz bagridagi jarayonni o'rganishda stauionar xolatda unda mavjud bo'lgan zaryadli, zaryadsiz zarrachalar konuentrauiyasi orasidagi uzaro xolatni boglanishni stauionar xolatda qanday bo'lishligini aniqlash zarur. Yulduzlar bagrida neytral atomlar ionlashadi, ya'ni parchalanadi. SHu bilan bir qatorda ionlashgan ionlar kayta tiklanadi. Bunday jarayon stauionar xolatda muvozanatda bo'ladi deb karaladi. YA'ni vaqtga boglik ravishda ionlashgan va neytral atomlar soni uzgarmaydi. Bu vaqtda n e'nergetik satxga mos keluvchi e'nergiyaga e'ga bo'lgan e'lektronlar soni asosan N uchun Bolhuman qonuniga buysungan xolatda aniqlanadi.

$$\frac{N}{N_0} = n^2 e^{-\frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{kT}}$$

N_0 -asosiy xolatda bo'lgan e'lektronlar soni.

N_1 -kuzgalgan xolatga utgan e'lektronlar sonini ifodalaydi.

$$\frac{N_1}{N_0} = 4e^{-\frac{117900}{T}}, \quad N_1 = N_0 4 e^{-\frac{117900}{T}}$$

Yulduzlar tarkibidagi zarrachalarning uzaro boglikligini asosan neytral va ionlashgan atomlar orasidagi boglanishni soha tomonidan kelib chiqqan. U quyidagicha:

$$Ne \frac{N^+}{N_H} = 2,24 \cdot 10^{15} T^{3/2} e^{-\frac{157200}{T}}$$

$$N = N^+ + N_H$$

$$\chi = \frac{N^+}{N} - \text{ionlashish darajasi deb olib quyidagicha yozamiz.}$$

$$\frac{\chi^2}{1 - \chi} = \frac{2,24 \times 10^{15}}{N} T^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{157200}{T}}$$

Taqsimot qonunlaridan yana biri bo'lgan Maksvell taqsimot qonuni xam stauionar xolat uchun

$$dN = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2 dv \quad \text{bajariladi.}$$

Bu uchala qonun xam yulduz moddasidagi zarrachalarning soni xarakatga boglik ravishda taqsimlanish qonuniyatini ifodalaydi. Agar bu qonunlar yordamida yulduzlar xaroratini aniqlash mumkin. Agar aniqlangan xarorat uchala qonun asosida bir xil bo'lsa, u xolda yulduzlardagi muvozanat xolatini loqal termodinamik muvozanat xolati deb ataladi. Yulduz atrofi uzining atmosferasi bilan uralgan bu atmosfera yutilish va chikarish jarayonlari kuzatiladi. Bu jarayonlar natijasida tutash va chiziqli spektr xosil bo'ladi. Dastavval tutash spektrdagi yutilish va chikarish spektrlarining kelib chikishi sabablarini kurib utaylik. Yorug'lik fotonlari zaryadli zarrachalar bilan uzaro ta'sirlashishi natijasida asosan e'lektronlar bilan xosil bo'ladi va yuqoladi. Agar e' ion bilan ta'sirlashib sekinlashsa, ya'ni tuxtasa nurlanish bo'ladi, ya'ni foton chikadi va bunda tormozlangan tutash spektr deyiladi. E'ркиn e'lektronlar tuxtash jarayonida chikargan nurlanish chastotasi turlicha bo'ladi. CHunki foton chastotasi e'lektronning kinetik e'nergiyaga boglikdir. Agar e'lektronlar boglik xolatda bo'lsa, ya'ni atomga tegishli bo'lsa, u xolda e'lektron uzining e'nergetik satxini atom ichida uzgartiradi. Bu o'zgartirish aniq chastotaga mos keladi. Bunday xolatni N atomidagi e'lektronlarning e'nergetik xolatini uzgarishiga karab tushuntirib berish mumkin. N atomi tashqaridan e'nergiya olsa, bu vaqtda uning tarkibidagi e'lektron atomdan uzilib chikadi va yutilish xolati kuzatiladi. Bunday xolatni ionlanish deyiladi. Aksincha, agar e'lektron ion tomonidan ushlab kolinsa, bu vaqtda chikarish spektri kuzatiladi. N atomida bo'ladigan jarayonlarni o'rganish asosida tutash spektrning xosil bo'lishi quyidagi 3 ta jarayonlarga boglik e'kanligi aniqlangan.

4. Boglik va e'ркиn o'tish. Bunday o'tishda boglik e'lektron boglik xolatdan e'ркиn xolatga va aksincha o'tish jarayonida yutilish va chikarish jarayonlari vujudga keladi.

5. Boglik va boglik o'tishlar. Bunday boglik e'lektron uzining e'nergetik satxini uzgartiradi va buning natijasida yutilish yoqi chikarish spektrlari kuzatiladi. Agar gaz shaffof bo'lsa, bu chiziqlarning intensivligi kuchli bo'ladi. Qatlam kaliniigi ortgan sari bu chiziqlar tutash spektrlar sohasida yuqoladi.

6. E'ркиn va e'ркиn o'tishlar. Bunda e'ркиn e'lektron uzining e'nergetik xolatini o'zgartirish jarayonida e'ркиnlik xolatida bo'ladi. Bu erda yorug'lik fotonlari asosan e'ркиn e'lektronlarga tushib unda sochiladi. Bunda yorug'lik chastotasi uzgarmaydi, ammo ularning yunalishi uzgarishi mumkin. Agar e'lektron kuzatuvchiga nisbatan xarakat kilayotgan bo'lsa, bu vaqtda Dopler e'ffekti kuzatiladi. Demak, yulduzlar atmosferasida tutash spektrning xosil bo'lishida 3 da kurib utilgan jarayonlar sababchi bular e'kan. Bundan tashqari yutilish xodisasi turli spektral sinflar uchun xaroratiga boglik ravishda turlicha bo'ladi. Bu xolatni taxlil qilishda yulduzlarning plazma xolatda e'kanligini e'tiborga olish zarur.

Noissqlik nurlanishlari elektronlarning tezliklar bo'yicha Maksvell taqsimot qonuniga bo'ysunmaydigan jarayonlarda hosil bo'ladi. Koinotni radio diyapozonda kuzatish radionurlanishlarning noissqlik xarakterga ega ekanligini ko'rsatadi. Noissqlik nurlanishlardan biri sinxroton nurlanishdir.

Sinxroton nurlanish – relyativistik elektronlar yulduzlararo magnit maydonoda xarakatlanishidan hosil bo'ladi. Relyativistik elektronlar energiyasi

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

agar $v \approx c$ ga teng bo'lsa, $E \gg m_0 c^2$ bo'ladi va energiya nurlanadi.

Zarraning tezlanubchan harakatlanish sababi to'liq ochilmagan. Relyativistik elektrin zarracha Maksvell taqsimot qonuniga bo'ysunmaydi va nazariya uning elektromagnit nurlanishini kuchli generatsiyalashini ta'kidlaydi. Nazariy tahlil E energiyali elektron magnit maydoni kuchlanganlik yo'nalishiga tik harakatlanib, keng sohadagi elektromagnit to'lqin chiqaradi. Uning intensivligi kosmik sharoitda

$$I_\nu = \text{const} H^{\frac{\gamma+2}{2}} - \nu^{-\frac{\gamma-1}{2}}$$

galaktikamiz uchun $\nu^{-0.82}$ $\gamma = 2,6$

2. Relyativistik elektronlarda elektromagnit to'lqinlarning Kompton sochilishi

Manbadan chiqqan ν_0 chastotali chiqqan nurlanish relyativistik elektronlar bilan to'qnashish jarayonida nurlanish hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan nurlanishning chastotasi

$$\frac{\nu_0}{2} \left(\frac{m_0 c^2}{E} \right) \leq \nu \leq 2\nu_0 \left(\frac{E}{m_0 c^2} \right)^2.$$

Natijada kuchsiz radionurlanish manbai o'rnida kuchli roentgen manbaini kuzatiladi. Demak, sinxroton nurlanish va kompton sochilishdagi intensivlik chastotaga bog'liq.

3. Kosmik sharoitda gaz ionlashgan holatda bo'lib, ular bo'ylama va ko'ndalang to'lqin hosil qilib harakatlanadi. Ayniqsa bo'ylama to'lqinda harakatlanayotgan zarrachalar elektr maydoni bilan o'zaro ta'sirlashadi buning natijasida bo'ylama plazmonlarning relyativistik elektronlarda sochilishi kuzatilib, ular elektromagnit nurlanishlarini generatsiyalanishiga sabab bo'ladi. Bu

nurlanishlarning intensivligi $J_\nu \approx \nu^{-\frac{\gamma+2}{2}}$

4. O'tishdagi nurlanish – tekis harakatlanayotgan elektronlar bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda elektromagnit maydonlarning o'zgarishida chiqqan nurlanishga aytiladi.

Tayanch suz va iboralar: termodinamik muvozanat, gravitatsion ta'sir, issiklik nurlanishi, optik kalinlik, yutilish ko'effitsienti, loqal muvozanat, e'nergetik o'tishlar.

Savollar:

1. Spektral tahlil metodi nima?
2. Nurlanishlar qanday hodisaga asosan spektrga aj
3. Gravatauion muvozanat nima?
4. Termodinamik muvozanatda qanday qonuniyatlar qo'llaniladi?
5. Lokal termodinamik sharti nima?
6. Yulduzlar bag'rida qanday o'tishlar kuzatiladi?
7. Nurlanishlar necha turli bo'ladi?
8. Noisqlik nurlanish turlari necha xil va uning hosil bo'lish mexanizmini ko'rsating.

Mavzu-4: Astrofizik tekshirish asboblari (optik, rentgen, radio, gamma teleskoplari)

Reja:

- 1. Teleskopning asosiy ko'rsatkichlari.**
- 2. Radio teleskop va uning asosiy ko'rsatkichlari.**
- 3. Rentgen va gamma telaskoplari.**

Astrofizik tekshirishlar osmon yoritkichlarining xususiyatlarini e'htiborga olgan xolda kuzatish asboblari yaratishni talab e'tadi. Osmon yoritkichlari xar xil yorug'likka e'ga. Quyoshning ko'rinma yulduz kattaligi $m = -26^m 8$ bo'lsa tim korongi osmoning bir yoy minut kvadrat yuzasini $m_0 = 13^m 50$.

Astrofizik kuzatishlarda asosan ishlatiladigan asboblari teleskoplar va nurlanish qabul kiluvchilardir. Bu asboblari davr talabiga asosan rivojlanib mukammallashib bormoqda.

Teleskoplar turlari quyidagicha:

Optik, radioteleskoplar, gamma, rentgen turli teleskoplardir.

Bu teleskoplarning uziga xos yutuk va kamchiliklari, shuningdek xar biri uchun umumiy bo'lgan ko'rsatkichlari mavjuddir. Teleskoplar asosan qanday masalani xal kilinishiga qarab uning loyixasi chiziladi. Teleskopning asosiy maqsadi osmon yoritkichlaridan kelayotgan parallel nurlarni yig'ish va sifatli tasvir xosil qilishidir. Optik teleskoplarda nur yig'uvchi sifatida qabariq linza yoqi botiq ko'zgu olinadi. Refraktorning ob'ektivi bitta yoki bir nechta (4 tagacha) bo'lishi mumkin. Reflektorning nur yig'uvchi qismi bosh ko'zgu deyiladi. Uning optik o'qi va fokusi, fokal tekisligi mavjuddir. Agar fokal tekislikka fotoplastinka o'rnatilsa u xolda yoritgichlar yoki ob'ektlarning suratini olish mumkin.

Fokl tekislikdagi ob'ekt tasvirining kattaligi ob'ektivning fokus masofasiga bog'liq. Agar yoritgich burchak kattaligi α bo'lsa, u xolda foksi F bo'lgan teleskopning foqal tekislikdagi chiziqli tasvirning kattaligi ℓ bilan belgilanib, quyidagicha aniqlanadi.

$\ell = F \operatorname{tg} \alpha$ u tasvir masshtabini bildiradi. Uning o'hov birligi minut va sekundlarda ifodalanadi. A kichik bo'lgani uchun tangensi radian o'hovida o'lchash qulay

$$\text{yahni } \operatorname{tg} \alpha = \alpha / 3438' = \alpha / 206265''$$

α burchak minut, sekundlara, maxrajda esa bir radianda minut va sekundlar soni keltirilgan

Tasvirning kattaligi

$$\ell = F \alpha / 3438' \text{ yoqi } \ell = F \alpha / 206265''$$

Tasvir masshtabi ;

$$\ell / \alpha = F / 3438' \text{ mm/yoy.sekundi. yoqi } \ell / \alpha = F / 206265'' \text{ mm/yoy.sekundi.}$$

Agar $\alpha = 1$ bo'lsa $\ell = F / 3438 \text{ mm}$ bo'ladi.

M; Oy gardishining burchak kattaligi $\alpha = 30^\circ$ fokus masofasi $F=100\text{mm}$ bo'lgan teleskopda oy tasvirining chiziqli kattaligi 9mm masshtabi 9mm/ey.min. teleskop ob'ektivining diametri D va fokus masofasi F uning asosiy ko'rsatkichi xisoblanadi. Obektiv diametri qancha katta bo'lsa teleskop shuncha ko'p nurlanish oqimi F yig'di.

$$F=ES=\pi ED^2/4$$

Ob'ektivning diametrining fokus masofasiga nisbati $A=D/F$ teleskop aperturasi yoki nisbiy tuynugi deb ataladi. Sirti ko'rinadigan yoritkichlarning

(Oy, sayera) teleskop foqal tekisligidagi yoritilganligi $E=(D/F)^2=A^2$ orqali aniqlanib A^2 teleskopning optik kuchi deyiladi. Odatda nuqtaviy yorug'lik manbalari uchun teleskopning optik kuchi deyilganda A tushuniladi, chunki ularni yaqinlashtirish (kattalashtirish) foydasizdir. Agar A qancha kichik ($0 < A < 1$) bo'lsa teleskopning optik kuchi shuncha katta bo'ladi. E'ng katta optik kuchga e'ga bo'lgan teleskoplar $A=1/1$ ya'ni $D=F$

Astrometrik o'lchashlarda esa $A=1/10$

Astrofizik o'lchashlarda $A=1/3$ ga teng bo'lgan teleskoplar ishlatiladi.

Juda katta optik kuchga ega bo'lgan

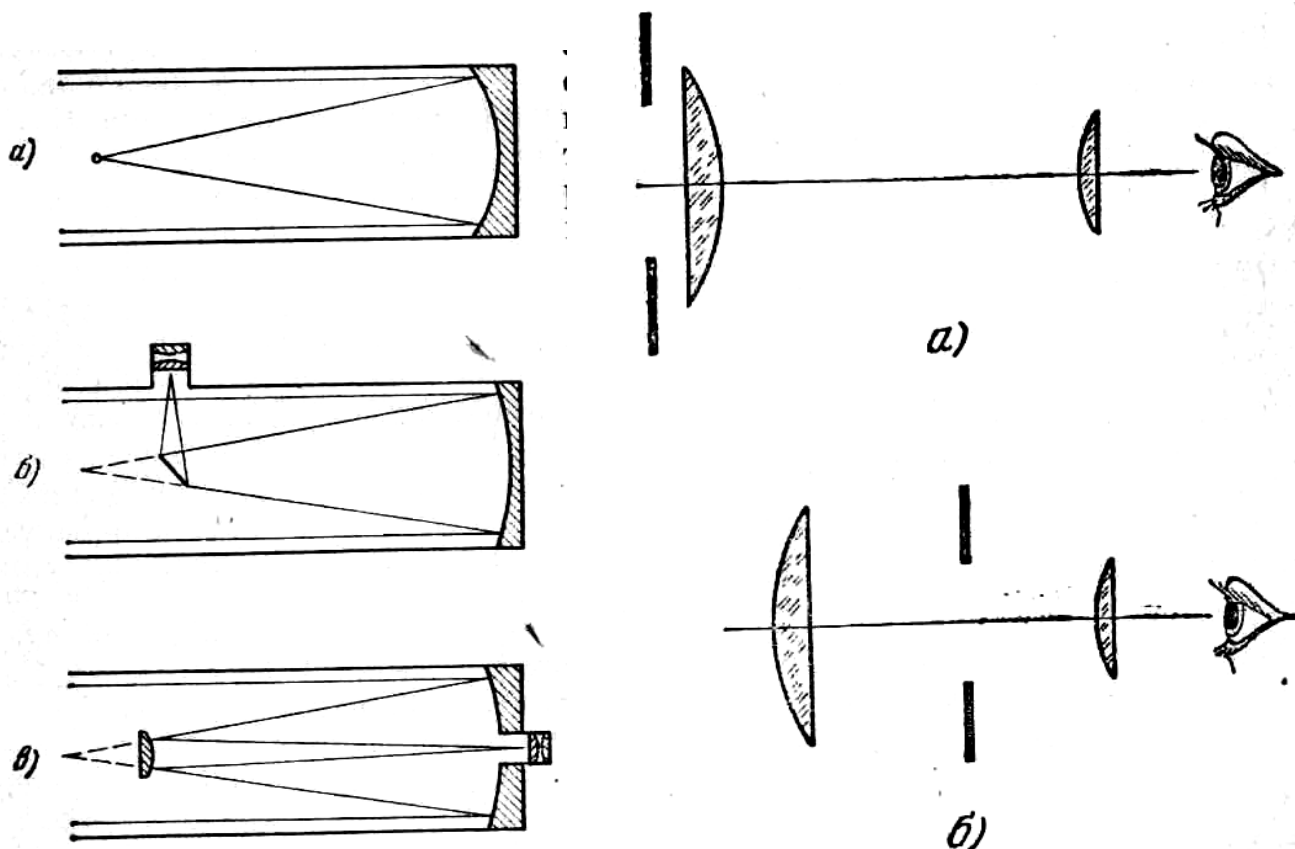


Рис. 63. Схемы важнейших систем зеркальных телескопов: а) система с прямым (главным) фокусом, б) система Ньютона, в) система Кассегрена.

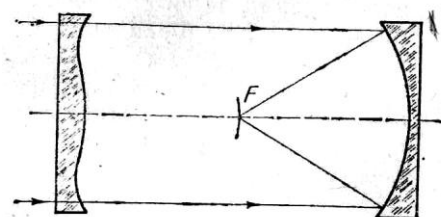
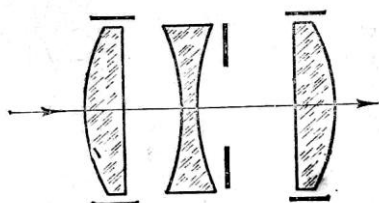


Рис. 65. Система Шмидта.

teleskopni yasash qiyin, chunki ob'ektivda kuzatiladigan kamchiliklar (abberaiiya) A^2 va A^3 ga proporsional ravishda kuchayadi.

Yulduz kuz orqali kuzatilganda undan kelayotgan parallel nurlar dastasining o'lchami ko'z qorachig'ining diametriga teng qismi sezgi xosil qiladi. Teleskopda nurlar tasvir xosil qilishda ishtiroq etadi. Teleskop $(D/d)^2$ marta ko'proq kuzata oladi, chunki

$$E_1/E_0 = (D/d)^2 \text{ d-nur dastasi.}$$

Agar yulduz kattaligi ko'z yordamida $m_0=6^m$ teng bo'lsa teleskop yordamidagi Pogson formulasi asosida

$$m_1 - m_0 = 2.5 \lg (E_1/E_0) = 2.5 \lg (D/d)^2$$

$$m_1 = m_0 + 2.5 \lg (D/d)^2 = m_0 + 5 \lg D/d$$

Masalan, agar $d=6\text{mm}$, $D=10\text{sm}$ va $F=1000\text{mm}$ bo'lsa, ko'rinma yulduz kattaligi quyidagicha bo'ladi.

$$m_1 = 6^m + 5 \lg D - 5 \lg 6 = 2,1 + 5 \lg D = 12^m,1$$

Oddiy kuz 3000 ta yulduzni kura olsa maktab teleskopi orqali 200000 ta yulduzni kurish mumkin.

Vizualh kuzatishlarga muljallangan teleskopga oqulyar kuyiladi. Oqulyar teleskopning kattalashtirishini kuchaytiradi yahni

$$N = F/f = D/d$$

Bu erda f - oqulyarning fokus masofasi, d - oqulyar diametri u kuz korachigining diametriga δ teng bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Demak f qancha kichik bo'lsa, uning kattalashtirishi shuncha katta bo'ladi. Teleskop ikkita yonma-yon yoritkichni ajratish kobilyatiga e'ga va uni ajratish kuchi deyiladi. Yorug'lik to'lqinlari ob'ektivning chegarasida og'di va difrakuiya xodisasi kuzatiladi. Uning natijasida teleskopning Fokal tekisligida difraksion xalqalar xosil bo'ladi. Bu difrakuiyon xalqa radiusi

$$\alpha = 1,22 \lambda/D \text{ orqali aniqlanadi.}$$

$$\lambda = 5500 \text{\AA} \quad \alpha^{11} = 14/D(\text{sm})$$

agar ikki manba orasidagi burchak masofasi a dan kichik bo'lsa ularni bir-biridan ajratib bo'lmaydi. Ko'z uchun $\alpha = 1'$, $D=0,5\text{m}$ bo'lgan teleskop uchun $\alpha = 0,423$ $D=1\text{m}$ $\alpha = 0,412$ $D=5\text{m}$ $\alpha = 0^{11},03$. Fotografik usuldan foydalanilganda teleskopning optik kuvvati aloxida ahamiyatga e'ga. Yulduzning chegaraviy qiymati $m_2 \approx 4^m + 5 \lg D + 2.1 \lg t$ orqali aniqlanadi. Agar $D=600\text{sm}$ 20^m1 kattalikdagi yulduzni aniqlash uchun $t=10\text{min}$ e'kspozitsiya berildi. $D=60\text{sm}$ uchun e'sa 17 soat berish kerak. E'kspozitsiya vaqti $\lg t \leq (0,6 - 2032 \lg A) \text{ min.}$ aniqladi.

Agar $A=1/1$ bo'lsa $t_r=4\text{m}$ $A=1/5$ da 3 soat $A=1/10$ da e'sa $t=14 \text{ s.}$

Fotografik usulda sharoit bir xil bo'lishi va atmosfera tinch bo'lishi zarurdir.

Optik teleskoplarda uch xil bo'lib linzali, ko'zguli va linza-ko'zguli teleskoplarga bo'linadi. Ularning o'ziga xos kamchiliklari mavjud. Bu kamchilikni abberaiiya deyiladi. U ikki turli fizik va geometrik. Fizik abberaiiyaga xromatik abberaiiya kiradi. Geometrik abberaiiyaga esa sferik abberaiiya, koma, astigmatizm, maydoning egrilanish, distorsiya.

Xromatik abberaiiya $n=n(\lambda)$ ga bog'ligligidan kelib chikadi. Bu abberaiyani 16 marta kamaytirishda ikki yoqlama kabarik linza bilan sochuvchi linza bir qilib olinadi. Linzalar xar xil shishalardan yasaladi. Ularning sindirish ko'rsatkichi turlicha bo'ladi. Dubletlar diametri 50sm , fokus masofasi 28m uchun bu kamchilikni tula yukotish mumkin, diametri 1m , $F=112\text{m}$ uchun mumkin e'mas. Ko'zguda bu kamchilik yuk, ammo qolganlari albatta mavjuddir. Sferik abberaiiya parallel nurlarning optik ukka yaqinlari kaytgandan sung kuzgudan uzoqda, optik ukdan uzoqlari e'sa kuzguga yaqin nuqtada yigiladi. Bu kattalikni ko'zguni parabolik kurinishda yasash orqali yukotiladi.

Koma va boshqa kamchiliklar optik ukka burchak ostida kelayotgan yoritkich nurlari tahsirida kuzatiladi. Komada nuqtaviy yorug'lik manbaining tasviri kometaga o'xshash bo'ladi. Astigmatizmda yorug'lik manbai chiziqcha sifatida kuzatiladi. Bu kamchiliklar Kun firmasi tomonidan yasalgan linzalar sistemasida yukotiladi. Ular ikkita Tashqi kron, urtasidagi flintdan yasaldi.

Radioteleskop osmon yoritkichlaridan kelayotgan radionurlanishni yigish, o'lchash va qayd qilish uchun qo'llaniladi. Radioteleskop ikki kismdan iborat bo'ladi; antenna va priyomnik. Antenna osmon yoritgichidan kelayotgan radionurlanishni aks kaytaradi va kaytgan nurlanish antenaning fokusida yigiladi. Yigilgan nurlanishlar to'liq tashuvchi yordamida priyomnikda nurlanishga ishlov berilgandan keyin u qayd kilinadi.

Kuyilgan maqsadga muvofik antennalar turlicha bo'ladi: dipolli antenna, parobalik antenna, reflektor, rупorli, spiralli va xakazo. Dipolli antenna 2 ta metal sterjendan iborat. bo'lib uning uzunligi $\lambda/2$ ga tengdir.(3-rasm)

E'lektromagnit to'liq antennaga etib kelib unda uzgaruvchan toq xosil qiladi va u uzgaruvchan simlar orqali (fider yo'llar) priyomnikka uzatiladi. Antennaning sezgirligi kelayotgan to'liq frontining antennaga nisbatan qanday yunalganligiga boglikdir.

Bu boglanish yunalish diagrammasi grafigi deyiladi.(4-rasm)

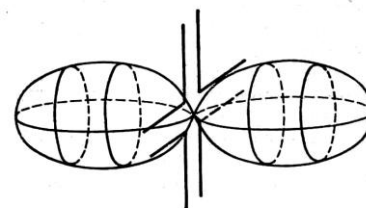
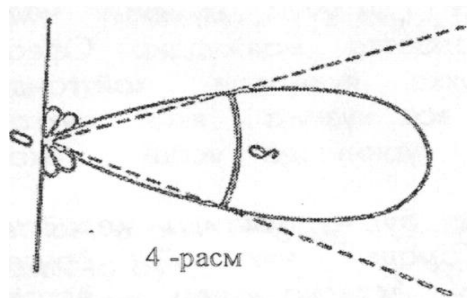


Рис. 92. Диаграмма направленности антенны, состоящей из двух диполей.

φ burchak tarkalaetgan to'liq yunalishi bilan antenna uki orasidagi burchakdir. $\varphi = 0$ da signal kuvvati maksimal bo'ladi.

Agar $\varphi = 45^\circ$ bo'lsa kuvvat 2marta kichik bo'ladi. $\varphi = 90^\circ$ kuvvat 0 ga teng bo'ladi. Bu antenna yagona bulmasdan, balki bir necha bo'lib ular bir-birlaridan $\lambda/2$ masofada bitta tekislikda joylashtiriladi. Bu dipollarni barchasi ulovchi simlar orqali priyomnikka shunday ulanadiki, ulardan keluvchi tebranishlar fazasi bir xil bo'ladi. Bu antennani sinfazali deyiladi. Uning ishi oddiy teleskop kabi bo'lib, uziga tushgan barcha e'nergiyani priyomnikka yigadi. Sinfazali ko'p dipolli antenna tekisligiga perpendikulyar bo'lgan nurlanishga sezgirligi kuchli bo'ladi, chunki cheksiz uzoqdan kelayotgan radioto'liqlar antennaga bir vaqtda etib keladi va bir xil fazali uzgaruvchan toqni xosil qiladi.

Agar radioto'liq chikaruvchi manba radioteleskop ukidan φ burchakka siljigan bo'lsa u xolda dipollarga xar xil keladi va ularda xosil bo'lgan uzgaruvchan toqlar turlicha bo'lib, ular uzoro kushilganda bir birini yukotadi eki kuchsizlantiradi. Mahlum bir φ_2 burchakda 2ta dipolning xosil kilgan tebranishlarning yo'llar farqi λ ga teng bo'lib qoladi va signal kuchayadi. Ammo uning intensivligi $\varphi = 0$ ga nisbatan 100 marta kichik bo'lishi mumkin. SHuning uchun sinfazali antennada asosiy yaproqcha va bir nechta kichik enboshdagi yaproqchalar mavjud bo'ladi. (5-rasm)

Agar n ta dipolli bo'lsa asosiy yaproqchanning kengligi $\varphi_n \approx 120^\circ / n$ orqali aniqlanadi. Agar dipolli antenna m qatordan va xar bir qatorda n tadan dipollar bo'lsa antennaning kengligi $b = m \lambda/2$ uzunligi $a = n \lambda/\ell$ bo'lib yaproqchalarning kengligi

$$\varphi_{n2} = 60^\circ \lambda / b$$

$$\varphi_n = 60^\circ \lambda / a$$

agar manba radioteleskop ukidan $\varphi_n / 2$ burchak ostida bo'lsa, uning intensivligi maksimal qiymatdan 2 marta kichik bo'ladi. agar $\varphi = \varphi_n$ intensivlik 0 ga teng bo'ladi. M; $n = m = 10$ $\varphi_n = 13^\circ$ shu aniqlikda radio manba kordinatasi aniqlanadi. SHuning uchun dipollar sonini ortirish kerak. bu antenna juda tor sohada ishlaydi yahni bitta λ uchun

Parobalik antenna uz fokusida barcha e'lektromagnit to'liqlarni yigiladi. Fokusga yarim to'liqli dipol eki rупor urnatiladi. va fakat u uziga mos keluvchi nurlanishni xosil qiladi. Bu dipolni boshqa dipol bilan almashtirib boshqa to'liqlarni xam qabul qilishi mumkin.

Parobalik kuzguni chekka kismlarida difrakuiyalanish kuzatiladi, natijada fokusda nuqta e'las doiraviy tasvir xosil bo'ladi.

$\Phi_D = \lambda / D \text{ rad} = 57''$ radioteleskopning ajratish kobiliyati deyiladi. $D=60\text{m}$. $\lambda=1\text{m}$, $\varphi_0=1^\circ$ Angliyada radioteleskop diametri 76m, ogirligi 750t, $\lambda=50\text{sm}$ uchun ishlaydi. Krimda $D=576\text{m}$. uning fokusining ogirligi 100tonna.

Radioteleskoplarning ajratish kuchini oshirishda radiointerferometrlardan foydalaniladi. Bunda sinfazali dipolli antennalardan foydalanish mumkin buning uchun ular yunalishida xuddi shunday dipollar qatorini urnatish kifoyadir

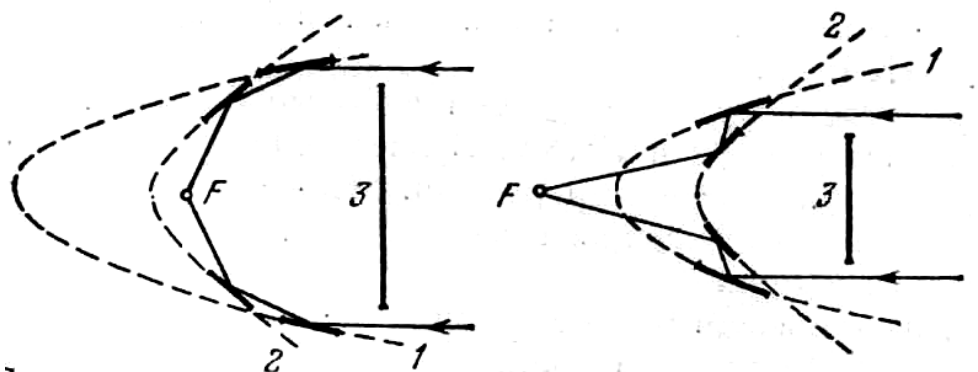
Masalan . 2 ta dipolli antenasi olib ularni bir- biridan a masofada urnatib ulardan bir xil uzunlikdagi utkazgichlar yordamida qabul kiluvchiga ulash etarlidir.

Xuddi shu usulda 2ta parobalik antennalar diametri D bir xil bo'lganligi sababli ular bir xil fazali toqni xosil qiladi va ularning intensivligi 2marta kuchli bo'ladi. Agar urning xarakatini e'htiborga olsak ular orasida fazalar farqi vjudga keladi bu farq $d=a \sin\varphi$ eki $d=a\varphi$ $\varphi=\lambda a/2$ bo'ladi.

Natijada to'qlinlar uzaro kushilib interferenuiyanadi.

Gamma kvantlar kalpoqchadan utib konvertorga tushadilar. Xosil bo'ladigan zarralar didektorlar orqali qayd kilinadi.

Kosmik astrofizik tekshirish astrofizikada aloxida ahamiyatga e'gadir. Bu masalani xal qilishda rentgen nurlarni va gamma nurlarni qayd e'tuvchi teleskoplardan foydalaniladi. Rentgen nurlarni osmon yoritkichlarida relyativistik e'lektronlarni magnit maydonlarda tormozlanishi yoqi e'lektronni ogir atomlar yadrosida e'ng yaqin e'lektron kobikka (K) tushish natijasida xosil bo'ladi. birinchi xolda tutash spektr, ikkinchi xolda chiziqli spektr bo'ladi. Rentgen nurlarning e'nergiyasi bir necha kiloe'lektronvolht bo'ladi.



Gamma kvantlari xosil bo'lishi mexanizmlari turlichadir.

Birinchidan yuqori e'nergiyali protonlar yulduzlararo muhitdagi gaz atomlari bilan tuknashishi natijasida xosil bo'ladi. Bunda gaz atom yadrolari uygongan xolatga utadi. Yadro normal xolatga utganda 10Me'V e'nergiyali gamma kvantlari nurlanadi.

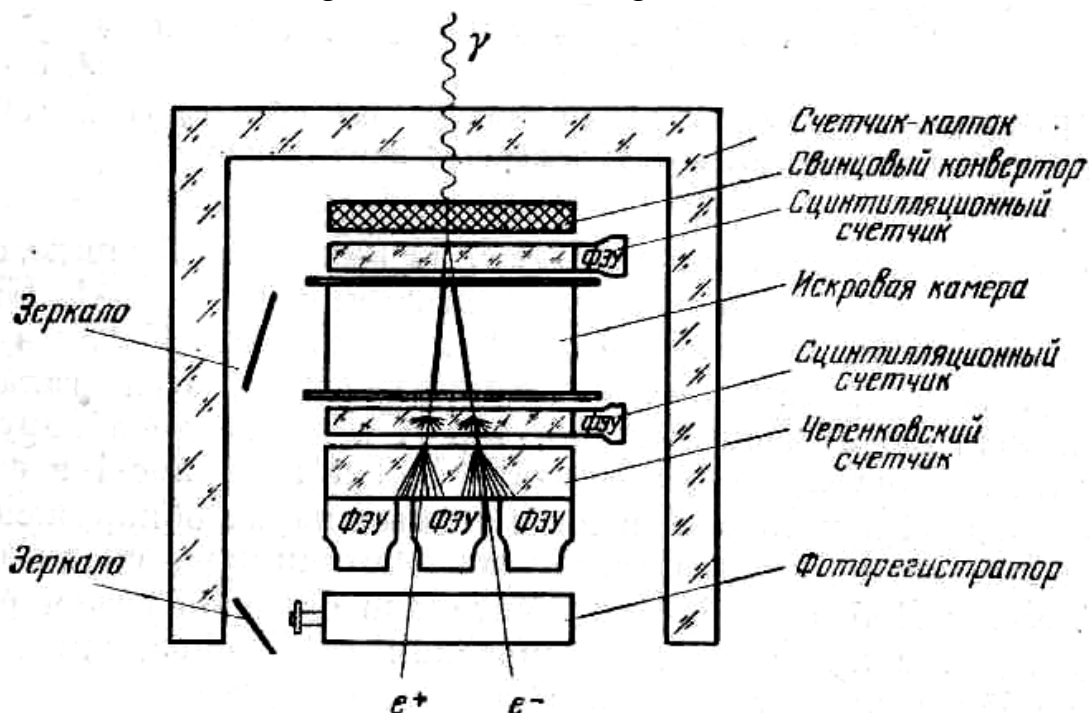
Ikkinchidan e'lektron bilan pozitron tuknashuvida $0,5\text{Me'V}$ e'nergiyali ikkita gamma kvant xosil bo'ladi.

Uchinchidan kosmik nurlar yulduzlararo muhit gaz atomlari bilan tuknashishida π mezon xosil bo'ladi. Biroq π mezon e'nergiyasi 50Me'V dan ortik bo'lgan 2 ta gamma kvantga parchalanadi. Bu jaraenlar kosmik fazodagi noissiklik jaraenidir. Uning tabiatini o'rganish aloxida ahamiyatga e'ga va uni atmosferadan tashqarida kuzatiladi. Ularni kuxatish uchun rentgen va gamma teleskoplari yaratilgandir.

Rentgen teleskoplarning dastlabkisi rentgen nurlarini gazga tahsiri natijasida xosil bo'lgan ion va e'lektronlarni sanashga asoslangan Geyger xisoblagichi (sanoqchisi) ishlash prinupiga o'xshash bo'lgan. Rentgen nurlari maxsus tanlangan gaz (argon) tuldirilgan Geyger soqchisi bo'lib uning nur tushadigan tuyinigini berilliydan yasalgan, 10mikron kalinlikdagi folhga urnatilgan .U $1,5-6 \text{ Ke'V}$ e'nergiya kvantlarni qayd

kila oladi. Bundan teleskop orqali e'nergiyasi 1000Me'V gacha bulagn protonlar va e'lektronlar oqimini o'lchash mumkin.

Tasvir xosil kiluvchi rentgen teleskoplari xam yaratilgan. Ularning kuzgulari parabolik va giperbolik kuzgulardan iborat. Rentgen nurlar kuzgu sirtiga tik tushsa kaytmaydi. Ularning tula kaytishini tahminlash uchun rentgen fotonlari sirt yuzasiga urinmaga yaqin yunalishda tushishi kerak. SHuning uchun rentgen teleskopning kuzgusi e'grilik radiusi ikki xil (parabola, giperbola) bo'lgan xalqasimon bo'ladi. Ular shunday simmetrik joylashtiriladiki ulardan kaytgan nurlar teleskopning foqal tekisligida yigiladi. Kuzgular oldiga xalqasimon tusik va nur saralagich umatiladi. Tusik kalinligi 13m bo'lgan berilliy folhga $\lambda=3,5 \text{ \AA}$ dan $14\text{ \AA}$, lavsan tusik e'sa $\lambda = 44\text{ \AA}$ dan $60\text{ \AA}$ larni uikazadi. Ular erdamida rentgen nurlari manbaining tasvirini xosil kilinadi.



Gamma teleskoplar xam Geyger sanoqchisi kabi ishlaydi. U gamma kvant modda bilan tuknashganda xosil bo'ladigan e'lektrondan pozitron juftligini qayd qiladi. Ammo Geyger sanoqchisida boshqa zaryadlangan zarralar tahsirida xosil bo'ladigan jaraenlar xam bo'ladi. SHuning uchun gamma kvantlarni ajratish zarurligi kelib chikadi. Buning uchun gamma kvantlar yo'liga kurgoshin konventor (almashtirish) eki ko'p qatlamli kristal kuyiladi. Bu tusiklardan gamma kvantlar utganda uzining bir kism e'nergiyasini e'lektronlarga beradi.

(Kompton sochilishi) eki konverterda yutiladi eki e'lektrondan pozitron juft xosil bo'ladi. Xosil bo'lgan zarralarni 3ta detektor orqali aniqlanadi. Suintilyauion va CHerenkov sanoqchilari chaknash kamerasi va atom yadrolari qayd kiluvchi fotoe'mulhsiya tasvir xosil bo'ladi.

Tayanch suz va iboralar: tasvirning masshtabi, optik kuchi, ajrata olish kobiliyati, kuvvati, chiziqli kattalashtirish, astigmatizm, koma, distoruiya, xromatik abberauiya, geru dipoli, antenna, priyomnik, rupor, spiralli, detektor, radioteleskop, sinfaza, fider yo'llari, uzgaruvchan toq, interferometr.

Savollar:

1. Tasvir masshtabi qanday aniqlanadi?
2. Teleskopning ajrata olish kuchi?
3. Teleskopning optik kuvvati qanday kattaliklarga boglik?
4. Optik teleskoplarda qanday kamchiliklar mavjud va qanday yukotiladi?
5. Radioteleskopning vazifasi nimalardan iborat?
6. Radioteleskopda ishlatiladigan antenna turlari qanday?

7. Radiointerferometrlarining maqsadi nima?
8. Radioteleskoplarning asosiy ko'rsatkichlarini sanang?

Mavzu-5: Astrofizik tekshirish asboblari. Quyosh teleskoplari.

Reja.

1. Gorizantal va vertikal quyosh teleskoplari.
2. Fotogeliograf.
3. Xromosfera teleskopi.
4. Koronograf.

Adabiyotlar.

1. Martinov D. YA. Kurs prakticheskoy astrofizika.
2. Klimishin. I, A. Astronomiya nashix dney.

Quyosh teleskoplarining optik kuchi $A = D/F = 1/10$ dan $1/30$ teng bo'ladi. Chunki Quyoshdan keladigan yorug'lik etarli darajada kuchlidir. Bunday teleskopda tasvir masshtabi katta bo'lib, Quyosh yuzidagi mayda detallarni kurish imkonini beradi. SHuning uchun Quyoshni tekshirishda ishlatiladigan teleskoplar yordamida yigilgan nur taxlil kiluvchi asboblarga yunaltiriladi. Bu asboblarning xarakatsiz bo'lib, unga yunaltirilgan nurlanish doimo bir xil bo'lishi kerak. Mahlumki, kun davomida kueshning ogish burchagi asta sekin ($\approx 15''$ /sutka) uzgaradi va yil davomida e'sa ($+23^\circ 26'$) ($-23^\circ 26'$) uzgaradi. SHuning uchun olam uki atrofida aylantiriladigan yassi kuzgu erdamida Kuesh yo'lining yunalishini uzgartirmagan xolda saqlash mumkin va bu asbobni geleostat deyiladi. Geliostat olam uki atrofida soatiga $70,5$ burchak tezlik bilan aylanuvchi yassi kuzgudur. Bu kuzgu ogish aylanasi buyicha xam aylanaladi, xamda teleskopning optik uki olam uki bo'ylab yunalgan bo'ladi. Kuzgudan nur bir xil yunalishda teleskop ob'ektiviga tushadi va uni yoritadi. Bunda kueshning tasviri optik uk atrofida aylanadi. Bu kamchilikni yukotishda ueleostatdan foydalaniladi. Ueleostat yassi kuzgudan iborat bo'lib u olam ukiga parallel joylashtiriladi va u atrofida aylanadi. Kueshning yillik ogish burchagini uzgarishiga moslab qo'shimcha yassi kuzgu urnatiladi. Qo'shimcha kuzgu va teleskopning ob'ektivi meridian tekisligiga urnatiladi. Bu teleskopning gorizantal kuesh teleskopi deyiladi. Qo'shimcha kuzgu meridian buyicha urnatilib, uni uzunligi 3m bo'lgan temir yo'lda teleskop ob'ektivi tomon oldinga va orkaga siljitish mumkin.

Minorasimon Quyosh teleskopiga urnatilgan qo'shimcha kuzgu vertikal uk bo'ylab yuqoriga kutarish yoqi tushirish mumkin. Bu kuzgu (ueleostat) meridian tekisligiga tik yunalishda urnatilgan temir yo'llar bo'ylab SHark va Garbga siljiydi. Bu ueleostatga soat mexanizmi urnatilgan. Uning xarakati shu mexanizmi yordamida boshqariladi.

Gorizantal teleskop ob'ektivi ueleostatdan shimolda korongi bino ichida bo'ladi. Minorasimon teleskopning ob'ektivi minora tagida kuduk ichida joylashgan bo'ladi. Ulardan biri Uz FA Astronomiya institutida urnatilgan. Uning diametri **D=44sm**, **F=1700cm**.

Kueshning oq nurda eki rangli shisha filthr orqali suratga olishda qo'llaniladigan teleskopni foto geliograf deyiladi. Uning ob'ektivi 2 ta (yigivchi va sochuvchi). Sochuvchi yiguvchidan oldinroq urnatiladi.

$$F = - f_1 f_2 / d - (f_1 + f_2)$$

Fotogeliografning uzunligi

$$l = F - d (f_1 - d) / d - (f_1 + f_2)$$

bilan aniqlanadi. Fotogeliografning kuzgusidagi abberauiya 2ta yupka linza (menisk) erdamida bartaraf e'tiladi. Bu linzalar kabarik - botik bo'lib ular bosh kuzgu fokusi oldiga urnatiladi.

Kueshning xromosferasini kuzatish teleskopiga xromosfera teleskopi deyiladi. Bu asosan linzalar sistemasidan iboratdir ammo kuzatish manaxramatik nur orqali bo'lishi kerak. Bu maqsadga e'rishish uchun maxsus nur saralagichdan foydalaniladi. Bu saralagich yorug'likning interferenuiyalanishi va kutblantirishga moslashtirilgan filthrdan iboratdir. IPF dan utgan nur tahsirida kueshning monaxramatik tasviri xosil bo'ladi. Bu filthrni vodorod va kalhuiy ioni chizigiga mos keluvchi nurlarni utadigan qilib tayerlash mumkin. H_2 chizigiga mos keluvchi 8000^0 K kaluiy ioni uchun mos keluvchi 6000^0 K bo'lib ular orqali xromosferaning turli qatlamlaridagi xaraenlar o'rganiladi.

Xromosfera teleskopi yordamida Quyosh chikishlari va tez uzgaradigan jarenlarni kuzatishga va urnganishga imkoniyat beradi. Kueshni o'rganuvchi yana bitta asbobning nomi koronografdir. Bu teleskop erdamida kueshning e'ng chekka qatlami bo'lgan kuesh tojini o'rganadi.

Quyosh xromosferasini kuzatuvchi teleskop refraktor bo'lib manoxramatik (rang) nurda kuzatiladi. U linza obektiv maxsus nur saralagich (inteferenuion-polarizauion filter- IPF) dan, kallimator va kamera linzalaridan iboratdir. Bunda kueshning monnoxramatik tasviri xosil kilinadi. IPF dan foydalanib Vodorod va kalhuiy chizigiga mos keluvchi kuesh tasviri xosil kilinadi. Vodorod uchun 8000^0 , kalhuiy ioni uchun 6000^0 mos keladi. Ular orqali xar xil qatlamlarga tuzilmalar, xromosferaning boshqa - boshqa qatlamlarini o'rganiladi. Xromosfera teleskoplari kuesh chaknashlari va tez uzgaruvchan kuzatishga va o'rganishga imkon beradi.

Koronograf kuesh tojini o'rganuvchi teleskopdir. Tojning intensivligi fotosferaniqida 10^6 marta kamdir va oddiy sharoitda masofada er atmosferasidagi sochilish intensivligidan 10 marta kuchsizdir. SHuning uchun korongraf teleskopi baland tog'larga urnatiladi. Koronograf ichiga kuesh gardishini tusib turuvchi .. suniy oy - prizma shaklidagi dumaloq kuzgu urnatiladi. Gardish nuri kuzgudan tula kaytib en tomonga teleskop kuviridan tashqariga chiqib ketadi. Uni yasashda asosiy shart sochilishini minimal bo'lishini tahminlashdir. Buning uchun obehtiv yuqori navli shishadan yasaladi. U kabarik yassi linzadan iboratdir. Suniy Oy Obektivinig fokusiga urnatiladi. Uning orkasiga maydon linzasi urnatiladi va kamera linzasi bilan birgalikda kuesh gardishi atrofning tasviri xosil kilinadi

Tayanch suz va iboralar: geliostat, ueleostat, koronograf, xromosfera, optik uk, olam uki.

Savollar:

1. Quyosh teleskoplarining uziga xos qanday xususiyatlarga e'ga?
2. Quyosh teskoalarining turlari va undan foydalanish usullari?

Mavzu – 6. Astrofizik tekshirish usullari va osmon yoritkichlarining fizik ko'rsatkichlarini o'lchash.

Reja:

1. Astrofizik tekshirishdan maqsad.
2. Yulduzlarning spektri.
3. Nurlanishlarning Yer atmosferasida kuchsizlanishi.
4. Astrofizik tekshirish usullari.

Astrofizik tekshirishlar osmon yoritkichlarinig fizik holati va ko'rsatkichlarini (temperatura, zichlik, bosim, massa, radius) va kimyoviy tarkibini aniqlashga qaratilgan. Osmon yoritkichi to'g'risidagi bu ma'lumotlarni undan kelayotgan nurlanish oqimi keltiradi. Osmon yoritkichidan kelayotgan nurlanish oqimi quvvatini va yoritkichning uzoqligini o'lchash yo'li bilan uning temperaturasini, undan kelayotgan nurlanishni spektrga yoyish va uni tekshirish yo'li bilan uning boshqqa ko'rsatkichlarini va kimyoviy tarkibini aniqlash mumkin. Bu ishlarni amaliy astrofizika

bajaradi va u bir necha bo'limlarga bo'linadi. Astrofizik tekshirishlar yoritkichlardan kelayotgan nurlanish oqimini o'lchashdan va tahlil qilishdan boshlanadi. Yoritkichlarning rangi turlicha nurlanishlarni qabul qiluvchilarning spektral sezgirligi o'tkazish yo'li har xil. Shuning uchun tekshirish usullariga o'tishdan oldin osmon yoritkichlarining fizik xususiyatlarini belgilovchi, ularni bir – biridan ajratib turuvchi umumiy ko'rsatkichlariga to'xtalib o'tish kerak. Shunday ko'rsatkichlardan ikkitasi yoritkichlarning rangi va spektridir. Yulduzlarning yorqinligini o'zaro solishtirib o'lchashda ularning bu ko'rsatkichlarini hisobga olish zarur.

Yulduzlarning spektri teleskopga o'rnatilgan spektrograf yoki ob'ekti oldiga prizma o'rnatilgan astrograf yordamida olinadi. Bunday spektrlar past dispersiyali bo'ladi (100 mm/A) va ularda intensiv chiziqlar ko'rinadi. Ko'pchilik yulduzlarning spektri qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat. Tutash spektr yulduzning ichki zich gaz qatlamlarida hosil bo'ladi. Bunday tutash spektrga ega nurlanish yulduzning tashqi, nisbatan past temperaturali va siyrak gazlardan tarkib topgan qatlamlari, atmosferasi, orqali o'tayotganda atomlar tomonidan yutiladi, natijada spektrda yutilish qora chiziqlari hosil bo'ladi. Bu yutilish chiziqlari orqali yulduz atmosferasidagi kimyoviy tarkib aniqlanadi. Yulduz spektrlariga qarab kuzatilgan barcha yulduzlar o'nta sinfga bo'lingan, ular quyidagi ko'rinishda

$O - B - A - F - G - K - M - R - N - S$

Kuzatilgan yulduzlarning 99 % $B - A - F - G - K - M$ sinfig kiradi, qolganlari $O - R - N - S - L - T$ sinflariga kiradi. Oxirgi yillarda past temperaturali yulduzlar aniqlandi va ularni 2 ta spektral sinfga ajratildi. Ularning harorati 3500^0 dan past bo'lib, L sinfga kiruvchi yulduzlar spektrida ishqor metallar (Li, Na, K, Cs) chiziqlari T sinfga kiruvchi yulduzlar spektrida metan (NH_4) va ishqor metallar chiziqlari kuzatiladi. (Yulduzlarning spektral sinflari mustaqil o'rganiladi).

Yer yuzida turib bajarilayotgan astrofizik takshirishlar yoritkichning Yer atmosferasi orqali o'tib kelayotgan nurlanishi ustida olib boriladi. Bu nurlanish atmosferadan o'tayotganda uni tashkil qilgan zarrachalar tomonidan yutiladi va sochiladi natijada nurlanish intensivligi kamayadi, ya'ni kuchsizlanadi va uning spektral tarkibi o'zgaradi. Nurlanishning atmosferadan o'tgandan keyingi kuchsizlanish miqdorini o'lchash usulini Buger tomonidan kiritilgan va uni Buger usuli deb ataladi. Ko'rinma yulduz kattaligi quyidagi qonun bo'yicha topiladi:

$$\Delta m = m_z - m_0 = (M(z) - 1)(2.5 \lg e^{-k})$$

bu yerda m_z - z zenit masofada bo'lgan yulduz kattaligi.

m_0 - z zenitda bo'lgan vaqtdagi yulduz kattaligi.

$M(z)$ - z zenit masofadagi havo massasi.

e^{-k} - atmosferaning tiniqlik koeffitsienti.

Yoritkichlardan kelayotgan nurlanishlar Yer atmosferasida sochiladi. Buning natijasida nurlanish kuchsizlanadi. U quyidagi qonun asosida aniqlanadi:

$$\Delta m_R = 1.086 \frac{32\pi^3 (n-1)^2}{3N\lambda^4} H_0$$

bu yerda n – atmosfera (havo) ning sindirish koeffitsienti, N – havo molekulari konsentratsiyasi, λ - nurlanishning to'liq uzunligi, H_0 – bir jinsli atmosfera balandligi. Sof tiniq atmosferada sochilish natijasida har xil to'liq uzunlik (λ) dagi nurlarda kuchsizlanish miqdori 5.2 – jadvalda keltirilgan.

λ, mkm	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Δm_R	1,237 ^m	0,367 ^m	0,146 ^m	0,070 ^m	0,037 ^m	0,022 ^m

Demak yoritkichdan kelayotgan nurlanish atmosferada kuchsizlanishi uning rangini va kuzatilayotgan spektrda energiya taqsimlanishini o'zgarishiga olib keladi. Nurlanish Yer atmosferasida yutiladi ham. Asosan yutuvchi elementlar azot molekulas, kislorod molekulas, suv, karbonad angidridi, karbonad oksidi. Yutilgan energiya molekularning parchalanishiga va ularning kinetik energiyasini ortishiga sabab bo'ladi. Yutilishdan qutilish uchun kuzatish asbobini atmosferadan tashqariga chiqarish kerak.

Astrofizik kuzatishda yutilish sohasidan uzoqroq bo'lgan sohalarda amalga oshiriladi.

Astrofizikada nurlanishlarni o'rganadigan usullarga astrofotometriya, fotografik astrometriya, elektrofotometriya, kalorometriya, astropoliarimetriya, astrospektrofotometriya usullaridan iboratdir.

Astrofotometriya osmon yoritkichlari yorqinligini o'lchash usullarini ishlab chiqadi va astrofizik amaliyotga qo'llaydi. O'lchash natijalarini tahlil qilish usullarini ishlab chiqadi. Fotografik astrometriya yulduzlarning yorqinligini tasvirga tushirish orqali o'rganadi.

Elektrofotometriyada tashqi va ichki fotoeffekt hodisasiga asoslanib hosil bo'lgan fotoelektrik kattalik aniqlanadi va o'lchanadi.

Kalorometriya usulida yoritkichlarning rangi o'lchanadi va unga asoslanib uning temperaturasi aniqlanadi.

Astropoliarimetriya usulida osmon yoritkichlar nurlanishining qutblanish darajasi aniqlanadi va tekshiriladi.

Astrospektrofotometriya osmon yoritkichlari spektrida energiyaning to'lqin uzunligi bo'yicha taqsimlanishini o'lchash va olingan natijalarga asoslanib yoritkichlarning fizik ko'rsatkichlarini aniqlash usullarini ishlab chiqish va astrofizik kuzatishlarga qo'llash masalasi bilan shug'ullanadi.

Tayanch so'z va iboralar: astrofotometriya, yutilish, sochilish, spektral sinf, astrofotografiya, kalorometriya, astropoliarimetriya, astrospektrofotometriya.

Savollar:

1. Astrofotometriya nimani o'rganadi?
2. Astrofotometrik tekshirish usullari nechta?
3. Nechta spektral sinflar mavjud?
4. Atmosferaning nurlanishlarga ta'siri.
5. Spektr turlari.
6. Kalorometriya nima?

Teleskopga o'rnatilgan qo'shimcha asboblarning (qo'shimcha o'qish uchun).

Reja.

1. Kameralar va ularning turlari.
2. Nur saralagichlar va ularning turlari.
3. Radioto'lqinlarni antennadan nurlanishini qayd qiluvchi uzatgichlar.

Teleskop obektivida yig'ilgan nurlarni qayd qilishda qanday maqsad kuyilganligiga qarab teleskoplarga qo'shimcha asboblarni urnatiladi.

Masalan; Nurlanish intensivligini kamaytirish keraksiz nurlardan tozalash, spektrga yoyish, tasvirni kattalashtirish yoki kichraytirish va xakozo. SHu maqsadda nur tuskichlari, nur saralagichlar, spektrograflar va boshqa asboblardan foydalaniladi va teleskopga urnatiladi. Ulardan utgan nurlanish qayd kilinadi va o'rganiladi. Osmon yoritkichlarini suratga tushiradigan asbob kamera deb ataladi. Teleskop bu vazifani bajaradi. Bu kameralarda tasvir masshtabi uzgarmas va ob'ektivining fokus masofasiga bog'liq bo'lib, u yordamida olingan suratlar yordamida yoritgichlarning koordinatalarini aniqlash mumkin.

Ammo astrofizik kuzatishlarda tasvir masshtabini o'zgartirish, tasvir yorug'ligini kuchaytirish, kontrastni oshirish, rangini almashtirish talab kilinadi.

SHuning uchun teleskop oqulyar kismiga kuydagi maxsus optik va e'lektrooptik kurilmalar urnatiladi.

1. Kattalashtiruvchi va kichraytiruvchi kameralar.
2. E'lektron optik almashtirgichlar.
3. E'lektron kamera.
4. Televizion kamera

1. Tasvir masshtabini uzgartiruvchi kamera f_1 oqulyar va undan keyin fokus masofasi f_2 bo'lgan linza urnatiladi. Oqulyardan chikan parallel nurlar ikkinchi linzadan utib, uning foqal tekisligida kichraygan yoki kattalashgan tasvir xosil bo'ladi. Oqulyar fokusi bilan linza

fokusining nisbati $f_2/f_1 > 1$ bo'lsa kattalashtiradi, $f_2/f_1 < 1$ bo'lsa kichrayadi. SHu orqali yoritkichlarning surati kamera bilan olinadi.

2 E'lektron optik almashtirgichlar yordamida spektral diapazondagi tasvir kurinadagan optik diapazonga utkaziladi. Tasvir kurinadagan optik diapazonga utkaziladi, ya'ni infraqizil nurlar sohasiga utkaziladi. Tashqi fotoe'ffekt xodisasiga asoslangan fotoqatodga karama-karshi tomoniga shu'lalanadigan e'kran urnatiladi. Anodga tushgan e'lektronlar shu e'kran tomoniga yunaltiriladi va tasviri xosil kilinadi.

3.E'lektron kamera e'lektron optik almashtirishda o'xshash prinuipga asoslangan bo'lib uning farqi katoddan chiqqan e'lektronlar tugri fotoplastinkaga tushadi. Bunday usulda yulduz kattaligi $26^m 0$ bo'lgan yulduzning tasvirini xosil qilishi mumkin.

1. Televizion kamera. E'lektron optik almashtirish singari teleskopda xosil kilingan tasvirni yoruglashtiradi va kontrasni oshiradi. Xozirgi kunda televizion kameralar turli sun'iy yo'ldoshlarga urnatilib uchirilmoqda. Ular yordamida kosmik fazodagi jismlarning aniq tasvirini kuzatish imkoniyati kengaymoqda. Zamonaviy televizion kameralarda faktgina optik nurlanishni aniqlovchi kurilmalardan tashqari zaryadiy boglanishga e'ga bo'lgan detektorlardan xam foydalanilmoqda. Bu yo'l bilan kuzatish nixoyatda qiyin bo'lgan kosmik jarayonni o'rganish sohasini kengaytirishga yordam beradi. Ba'zi vaqtlarda kelayotgan nurlanishlarni saralash zarurichti tugiladi. SHunga asoslanib, ma'lum bir to'lqin uzunliklar diapazondagi e'lektromagnit to'lqinlarni utkazuvchi yoqi utkazmaydigan optik muhit nur saralagich deyiladi. Ular quyidagilardir,

1.Yorug'lik saralagichlari

2.Interferenuion saralagichlar.

3. Polyaroidlar.

4.Interferenuion polarizauiou saralagichlar.

Yorug'lik saralagichlar rangli parallel yassi shishadan yasalgan bo'lib, uning kalinligi bir necha mm. dan yuzasi e'sa bir necha sm kvadratga teng bo'ladi. Bu saralagichlardan foydalanib, o'tish sohasini toraytirish mumkin.

Kuzatish sohasini yanada toraytirish uchun interferenuiya sohasiga asoslanib ishlaydigan interferenuion saralagichlar yaratilgan. Bularning ishlash prinuipi *Fabri -Pero* interferometriga o'xshash bo'lib, ajratib olish sohasi $\Delta\lambda$ $5 \div 10$ Å atrofida bo'ladi. Buning uchun

kalnligi $d = \frac{\lambda}{4}$ ga teng bo'lgan toza shaffof sifati kuchli bo'lgan parallel plastinka olinib uning bir tomoniga Zn SO (rux sulfati) ikkinchi tomoniga krilet (Na Al Fe) surtiladi. Ulardan kaytgan nurlar interferenuiyalanib kuzatish diapozonini kichraytiradi.

Polyaroid xiralagich yordamida kelayotgan tabiiy yorug'lik yassi parallel kutblangan nurga aylantiriladi. Bunday saralagichlar kristall prizmalar tuplamidan iborat bo'ladi. Bunda kuzatish sohasi $\Delta\lambda \leq 1$ Å bo'ladi. Bunday toraytirishda shunday muhit tanlab olinadiki, bu muhitga tushgan nurlar oddiy va oddiymas nurga ajraladi. Bu ajralgan nurlar kayta uchrashganda fazalar farqi bilan kelganligi uchun ular uchrashganda interferenuiyalanadi. Bu muhitning kalinligi

$d = \frac{\lambda_0}{n_e - n_o}$ xisoblanadi. n_o – oddiy nurning sindirish ko'rsatkichi, n_e - gayrioddiy nurning sindirish

ko'rsatkichi.

Bu usulda ishlaydigan saralagichni interferenuion polarizauiou saralagich(IPS) deyiladi

Radio teleskoplarda xam nur saralagichlar urnatiladi,

Parabolik antennadan kaytgan nurlar uning fokusida to'rgan Geru dipoliga tushadi. Geru dipoli uzgaruvchan toq xosil kiluvchi generatoriga ulangan vaqtda undan dipolning uzunligidan ikki marta katta bo'lgan e'lektromagnit to'lqinlari tarkala boshlaydi. Bu vaqtda Geru dipolining priyomnikka ulasak, u uziga mos keluvchi e'lektrogmagnit to'lqinini yutadi. Demak, bu erda dipol nur sarlagich vazifasini bajaradi. Ba'zi vaqtda parabolik antenna fokusiga karnaysimon kuvurchalar urnatiladi. Bu kuvurchalar uzining diametriga mos keluvchi e'lektromagnit to'lqinlarini nurlantiradi yoqi yutadi. Bu usullardan foydalanib kerakli bo'lgan e'lektrogmagnit to'lqinlari saralanib ajratib olinadi.

Tayanch suz va iboralar: kattalashtiruvchi va kichraytiruvchi kameralar, e'lektron optik almashtirgichlar, e'lektron kamera, televizion kamera, saralagich, interferenuiya, polyaroid.

Savollar:

1. Nima uchun teleskoplarga qo'shimcha asboblarni urnatiladi?
2. Urnatilgan qo'shimcha asboblarni qanday qonuniyatlarga bo'ysunadi?

Spektrograflar va ularning asosiy ko'rsatkichlari. (qo'shimcha o'qish uchun).

Reja:

1.Prizmalı spektrograf.

2.Difraktsion panjarali spektrograf.

3.Yulduz spektrograflari yoki astrograflar.

Astrofizik tekshirishlar faqatgina yuqorida kuringan qo'shimcha asboblardan foydalanish etarli emas. Erni manbalari kimyoviy tarkibi va unda bo'ladigan fizik jarayonlarni taxlil qilishda ularni kelayotgan nurlanishlarni spektrlarga yoyish orqali xam o'rganiladi. SHuning uchun spektral asboblardan astrofizik tekshirishlarda keng qo'llaniladi. Optikadan bizga ma'lumki, nurlanishlarni spektrlarga yoyuvchi asboblarni spektrograflardir. Bu spektrograflar teleskopga shunday urnatilganki, spektrograf tirkishi ob'ektivni foqal tekisligida joylashgan bo'ladi. Tirkishdan utgan oq yorug'lik bu asbobda monoxromatik Tashkil etuvchilarga, ya'ni spektrlarga yoyiladi. Bu spektrograflar ishlash prinsipiiga karab,

1.Prizmalı spektrograf.

2.Difraktsion panjarali spektrograf

3.Astrograflarga ajraladi.

Prizmalı spektrograflar --- oq nur monoxromatik to'lqinlarga ajratuvchi asosiy optik ismi kvarudan yasalgan uchburchakli prizmadan iboratdir. Yorug'lik to'lqinlarni bir-biridan yanada yaxshiroq ajratish uchun bu prizmalar soni bitta emas, bir nechta bo'lishi mumkin. Spektrografning asosiy ismlari quyidagilardan iborat.

1.) Kirish tirkishi. 2) Prizma. 3) Kallimotor. 4) Kamera linzalari. 5) Kamera linzalaridan utgan qabul kiluvchi priyomnik.

Bu erda oq nurlarning monoxromatik nurga ajralishi prizmaning sindirish ko'rsatkichiga, prizmaning sindirish burchak va kamera linzasining fokus masofasiga boglikdir. Ajratish kobiliyati ortishida prizmaning sindirish burchagi 10^0 atrofida bo'lsa, aniq monoxromatik nurlarga ajratish shuncha yaxshi bo'ladi. Bu spektrografning asosiy ko'rsatkichlari burchak va chiziqli dispersiyasidir.

$\frac{d\varphi}{d\lambda}$ -burchak dispersiya.

$\frac{d\ell}{d\lambda}$ - chiziqli dispersiya.

$$\left[\frac{d\varphi}{d\lambda} \right] = \left[\frac{\varphi_{\text{padyc}}}{A} \right]$$

$$\left[\frac{d\ell}{d\lambda} \right] = \left[\frac{mm}{A} \right]$$

$$d\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \Delta\lambda$$

$$\lambda = 5896 \text{ \AA}$$

$$\lambda_2 = 5898 \text{ \AA}$$

$$2 \text{ \AA} = \Delta\lambda$$

$d\ell$ -2ta spektr orsidagi masofa

2 Oq murakkab eruglik nurini monoxromatik nurlarga ajratishda difraktsion panjaradan foydalanish mumkin. Bu usulda ishlaydigan spektrografni difraktsion panjarali spektrograf deyiladi.

Bunday spektrograflarni difraktsion panjarasi uzini sirtiga tushgan nurni tula kaytaruvchi sirti maxsus mashina erdamida uzaro parallel bo'lgan teng oralikdagi chiziqli kuzgudan iboratdir. Bu difraktsion panjarali spektrografni kirish tirkishi enma-en joylashgan 2ta parallel tirkishdan iborat bo'lib

undan utgan nurlar kuzguli difrakuiion panjarada difrakuiyalanadi va interferenuialadi. Difrakuiyalangan parallel nurlar fazalar farqiga e'ga bo'lib ular uchrashgan vaqtda e'nergiyaning kayta taqsimlanishi ya'ni interferenuialanishi kuzatiladi. Bu xodisa asosida kelayotgan nurlar spektrlarga yoyiladi YOyilgan spektrlar priyomnikka uzatiladi va qayd kilinadi. Bu spektrograflarning chizzikli disperuiyasi difrakuiion panjara doimiysiga va difrakuiya manzarasining tartibiga (m) boglikdir .

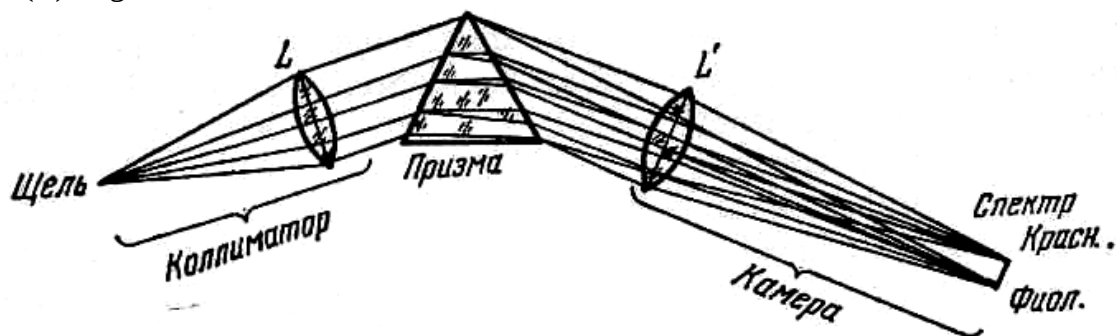


Рис. 80. Схема призмённого спектрографа.

$$\frac{d\ell}{d\lambda} = \pm \frac{m}{a + b \cos \varphi}; \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

Bu kattaliklar kamera obektivining fokus masofasiga xam boglik bo'ladi. Spektroglarning yana bir uziga xos xususiyati ajratish kobilyatidir.

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} \quad \delta \text{ -- ayirma}$$

Difrakuion spektrografning ajratish kobilyati panjara shtrix soniga va difrakuiya tartibiga boglikdir.

3 Bu asboblardan tashqari yulduzlar spektrining o'rganadigan maxsus kurilma yaratilgan bo'lib, uni astrograf deyiladi. Astrograf shunday tuzilganki bunada teleskop obektivining oldiga burchakli prizma uranatiladi. Bu prizmaning sindirish burchagi 10^0 dan kichik bo'lishi shart. Prizmaning ob'ektiv oldiga kuyilishini sababi yulduzdan kelayotgan nurlar uta parallel deb olinadi. Prizmaga kelgan nurlar parallel sinadi va 7 spektrga ajraladi. Ajralgan bu nurlar teleskop ob'ektividan utgandan sung ob'ektivining fakal tekisligidan ranglarga ajratilgan tasmachalar xosil bo'ladi. Bu erda teleskopni uz kamera vazifasini bajaradi Agar uning fakal tekisligiga fotoe'mulhsiya surtilgan plastinka urnatilsa unda xosil bo'lgan spektrlarning surati xosil bo'ladi. Bu asbob yordamida bir vaqtning uzida bir necha yulduzlarning spektrini suratga lish mumkin .bo'ladi.

Astrografning dispersiyasi kichik ammo keng sohadagi spektrlarni kurish ya'ni ajratib olish mumkin.

Fabri-Pero interferometri uta parallel yassi kuzgular sistemasidir.

Tayanch suz va iboralar: spektrograf, difrakuiion panjara, astrograf, prizma, chiziqli disperuiya, panjara doimiysi, spektr.

Savollar:

1. Spektrograflarning turlari va ularning ishlash prinuiplari qanday?
2. Astrograf qanday asbob va u qanday maqsadda ishlatiladi?
3. Spetrograf bilan astrograflarning farqi nimada?

Reja:

1. Vizual, fotografik, fotoe'lektrik astrometriya.
2. Fotometrik standartlar.
3. Yulduz fotometri va uni ishlash prinsipi.
4. Foton sanoqchi. Kolorometriya.
5. Ko'p rangli fotometrik tizimlar.

5.3.1. Astrofotometriyaning vazifalari. Astrofotometriya osmon yoritqichlari yorug'ligini o'lchash usullarini ishlab chiqadi va astrofizik amaliyotga qo'llaydi. O'lchash natijalarini tahlil qilish usullarini ishlab chiqadi.

Teleskopning obyektivi orqali o'tayotgan nurlanish oqimi yoritqich tasviri (difraksiya gardishchasi) ning yoritilganini belgilaydi va uni o'lchab va yoritqichning uzoqligini bilgan holda yoritqichning yorug'lik kuchini yoki yorqinligini aniqlash mumkin. Bu ko'rsatkichlar endi yoritqichning energetik ko'rsatkichi bo'ladi va unga asosan yoritqichning temperaturasini aniqlash mumkin. Obyektiv yordamida yig'ilgan nurlanish oqimi priyomnikda ma'lum signal yoki taassurot hosil qiladi. Bu signal bilan yoritqich hosil qilayotgan yoritilganlik orasidagi bog'lanish har xil bo'lishi mumkin.

Nurlanish priyomnigi (o'lchash asbobi) da hosil bo'lgan taassurot (signal) miqdori bilan unga tushayotgan nurlanish oqimi orasidagi bog'lanishni topish zarur bo'ladi. Bundan tashqari, yoritqichdan kelayotgan nurlanish oqimi priyomnikka tushguncha, u Yer atmosferasi va teleskopning optik sirtlari va qismlari orqali o'tadi va ularda yutiladi va sochiladi. Yoritqichning haqiqiy energetik ko'rsatkichlarini chiqarishda bu ham hisobga olinishi zarur.

Yer atmosferasi va teleskopning optik qismlarida osmon yoritqichidan kelayotgan nurlanish oqimining yuqorida sanab o'tilgan va boshqa o'zgarishlarini hisobga olgan holda astronomik o'lchashlar bajarish va ular natijalarini tahlil qilish usullarini ishlab chiqish **astrofotometriyaning** asosiy masalasi hisoblanadi. Har bir nurlanish priyomnigi (o'lchash asbobi) o'ziga xos spektral sezgirlikka va unga tushayotgan nurlanish oqimiga mos va o'ziga xos taassurot hosil

qilish xususiyatiga ega bo'ladi. Shuning uchun har bir priyomnik uchun o'lchash va tahlil qilish usullari ishlab chiqilgan va shunga ko'ra astrofotometriya bir necha bo'limlarga, masalan, vizual, fotografik, fotoelektrik va radiometrik astrofotometriyaga bo'linadi. Hozirgi paytda astrofizik tekshirishlarda asosan yuqori aniqlikka ega fotoelektrik va radiometrik usullar qo'llaniladi. Bu usullarga o'tishdan oldin qisqacha vizual va fotografik usullarga to'xtalamiz.

5.3.2. Vizual astrofotometriya. Osmon yoritqichlari yorug'ligini ko'z yordamida solishtirish yo'li bilan o'lchashga asoslangan usul **vizual astrofotometriyaning** asosini tashkil etadi. Hozirgi zamonda bu usul kam qo'llaniladi, biroq, u fotometriyaning rivojlanishida juda katta rol o'ynagan. Bu usul soddaligi bilan boshqalardan farq qiladi va ayrim hollarda, masalan, o'zgaruvchan yulduzlarni tekshirishda yaxshi natijalar berishi mumkin.

Vizual fotometriyada nurlanish priyomnigi vazifasini kuzatuvchi astronomning ko'zi bajaradi va osmon yoritqichlarining yorug'ligi bir-biri bilan solishtiriladi va ularning yulduziy kattaliklari ayirmasi o'lchanadi. Bunda, yorug'ligi noma'lum yulduzning tasviri, boshqa yulduziy kattaligi ma'lum, yulduzniki yoki sun'iy yorug'lik manbainiki bilan solishtiriladi. Odam ko'zi yuqori darajada (1%) yorug'liklar farqini sezish qobiliyatiga ega. Agar ikkita osmon yoritqichining yorug'lik kuchi yoki intensivligi I_1 va I_2 , ulardan kelayotgan nurlanish oqimi F_1 va F_2 , ular hosil qilayotgan yoritilganlik E_1 va E_2 bo'lsa, bularning nisbati $I_1/I_2 = F_1/F_2 = E_1/E_2 = n$ bir-biriga teng va ularning yulduziy kattaliklari ayirmasi $m_2 - m_1 = 2.5 \lg(n)$ ga teng bo'ladi. Kuzatuvchi astronomning vazifasi n -ni topishdan iborat. Buning uchun ikkita yoritqichdan yorug'rog'ini nuri maxsus tayyorlangan xiralatgich orqali o'tkaziladi va u yordamida ikkinchisiga teng bo'lguncha xiralashtiriladi. Agar xiralatkichning xiralatish kuchi oldindan ma'lum bo'lsa, u holda, yuqoridagi munosabatdan yulduziy kattaliklar farqi hisoblanishi mumkin. Xiralatkich sifatida 1) fotometrik pona, 2) diametri o'zgartiriladigan diafragma, 3) ikkita polyaroiddan iborat asbob qo'llanilishi mumkin.

1). Fotometrik pona, bu ma'lum notiniqlikka ega shishadan pona shaklda yasalgan asbob bo'lib, uning xiralatish miqdori nur o'tayotgan qismi qalinligiga bog'liq bo'ladi. Xira yulduzning nuri (I_1) ponaning eng tiniq joyidan va yorug'rog'ini (I_2) ki esa, ponaning shunday joyidan o'tkaziladiki, undan o'tayotgan nurlarning inten-

sivligi xira yulduzlikiga teng bo'lsin. U holda, yorug' yulduz nuri intensivligi (I_2) ning kamayish darajasi ponaning nurlar o'tayotgan joylar orasidagi masofa (l) ga proporsional bo'ladi, ya'ni $m_2 - m_1 = 2.5 \lg(I_1/I_2) = kl$. Bu yerda k – fotometrik ponaning doimiysi, ya'ni uzunlik birligiga mos keladigan va yulduziy kattaliklarida ifodalangan xiralatish darajasi. Bir jinsli yaxshi fotometrik pona yasash mashaqqatli ishdir. Bu jihatdan ikkita polyaroiddan yasalgan xiralatkich maqsadga muvofiqdir.

2). Polyarizatsion xiralatkich. Biz bunday asbob to'g'risida nur saralagichlarga bag'ishlangan bobda to'xtalgan edik. Agar yorug'roq yulduzning nuri polyaroidlar orqali, xirasiniki esa to'ppa-to'g'ri o'tkazilsa va polyaroidlardan birini teleskopning optik o'qi atrofida asta-sekin aylantirib yoritqichlar yorug'ligini tenglashtirish mumkin bo'ladi. Shunda polyaroidlarda nurni kuchsizlanish miqdori ularning qutblantirish tekisliklari orasidagi burchak (φ) ning kosinusi kvadratiga proporsional bo'ladi, ya'ni $I_1/I_2 = \cos^2 \varphi$. Bu yerda, I_2 polyaroidlarga tushayotgan intensilik. U holda,

$$m_2 - m_1 = 2.5 \lg(k \cos^2 \varphi) = 5 \lg(\cos \varphi) + 2.5 \lg k. \quad (5.6)$$

bu yerda k – polyarizatsion xiralatkichning doimiysi va u $\varphi=0$ bo'lganda yulduziy kattaliklar farqiga teng, ya'ni $k = 10^{0.2(m_2-m_1)}$.

5.3.3. Vizual fotometrik o'lchashlarning aniqligi va xatolari. Odam ko'zining fotometrik sezgirlik chegarasi 1% ga teng, ya'ni yoritilganliklar farqi 1% bo'lganda ham ko'z bu farqni seza oladi. Bu xususiyat yaxshi ko'rish sharoitlarida va yorug' yuzalarni solishtirib o'rganishda amal beradi. Bunday solishtirib o'lchashlarning aniqligi yuqori 0,020^m-0,005^m, ya'ni ularning xatosi yulduziy kattaliklarda 0,020^m dan oshmaydi. Biroq, yulduzlarni solishtirib ular yorug'ligini o'lchashlarda xato 5-10% , tajribasiz kuzatuvchilarda hatto 20% gacha etadi. Shuning uchun vizual astrofotometrik o'lchashlarning xatosi 0,15^m-0,07^m bo'lsa, bu hol normal hisoblanadi.

Yulduzlarni bir-biri bilan solishtirishda osmon sahni yorug'ligi katta rol o'ynaydi. Yulduzning nuri xiralatkich yordamida kuchsizlantirilayotganda, uning atrofidagi osmon ham xiralashadi. Ikkinchi yulduz atrofidagi osmon endi birinchi yulduz atrofidagidan yorug'roq bo'lib qoladi. Bu yulduz kattaliklari farqini o'lchashda xatoliklarga olib keladi. Agar solishtirilayotgan yulduzlar har xil rangda bo'lsa, bu ham katta xatoliklarga olib keladi. Bundan tashqari,

har bir kuzatuvchining ko'zi ma'lum spektral sezgirlikka ega va boshqa-boshqa kuzatuvchilar tomonidan o'lchangan yulduziy kattaliklar xatosi $0,2''-0,3''$ gacha yetishi mumkin.

5.3.4. Yulduzlar yorug'ligini qurollanmagan ko'z yordamida baholash. Astronomik amaliyotda yulduzlar yorug'ligini o'lchash yoki solishtirish asbobisiz yetarli darajada yuqori aniqlikda ($0,1''$) baholash usullari ham ishlab chiqilgan va ayrim hollarda, masalan, o'zgaruvchan yulduzlar yorug'ligini o'lchashda ulardan foydalanish mumkin. Bunday usullar astronom olimlar F.V. Argelandr (1799-1875), E.Ch. Pikking (1846-1919), A.Neyland (1868-1936) va S.N. Blajko (1870-1956) tomonidan ishlab chiqilgan.

a). Argelandr usuli. Yorug'ligi o'zgaruvchan yulduzni v bilan belgilaylik va uning yaqin atrofida shunday yulduz (a) tanlaymizki, ularning yorug'ligi kuzatishlar boshida (t_0) teng bo'lsin, ya'ni $a=v$. Vaqt o'tishi bilan v yulduzning yorug'ligi o'zgaradi: v yulduzning yorug'ligi a nikidan zo'rg a seziladigan bo'lgan payt t_1 da $a1v$, ya'ni o'zgaruvchan yulduz a yulduzdan bir birlikka yorug'lashdi deb yozib qo'yamiz. Yana biroz vaqt o'tgach, v ning yorug'ligi a nikidan oshganligi yaqqol ayon bo'lgach, t_2 da $a2v$ deb yozamiz, ya'ni, v yulduz a dan ikki pog'ona yorug'lashdi. Bunday kuzatishlarni v yulduzning yorug'ligi a nikidan 4 pog'ona oshguncha davom ettiramiz va yozib boramiz. Shundan keyin solishtirish uchun boshqa, a ga nisbatan yorug'roq, b yulduz tanlaymiz va davom ettiramiz: t_5 da $b1v$, t_6 da $b2v$, t_7 da $b3v$ bo'lsin. Endi solishtirish uchun yana ham yorug'roq yulduz (s) tanlaymiz va t_8 da $s1v$, $s2v$, $s3v$ tarzda davom etamiz. Bu o'lchashlardan $b-a=5$, $s-b=4$ ekanligini topish mumkin. Agar $a=0$ deb hisoblasak, $b=5$, $s=9$ va t vaqt momentida $anvmb$

uchun $v = a + \frac{(b-a)}{(n+m)}$ bo'ladi.

b). Pikking usuli: O'zgaruvchan yulduz atrofida ikkita (a va b) yulduz shunday tanlanadiki ulardan biri (a) v dan yorug' ikkinchisi (b) esa xira bo'lsin. a va b yulduzlarning yorug'liklari ayirmasini xayolan 10 ta oraliqqa bo'lamiz va shu oraliqda o'zgaruvchan yulduz (v) ning o'rmini belgilaymiz. Masalan, t_0 vaqt momentida v yulduz a dan uch birlik xira, biroq b dan 7 birlik yorug' bo'lsin, ya'ni $a3v7b$. Boshqa t_1 vaqtda $a2v8b$, t_2 vaqtda esa, $a1v9b$ bo'lsin. U holda, a va b yulduzlarning yorug'ligi m_a va m_b bo'lsa, yuqoridagi yozuvlarga asoslanib

$$t_0 \text{ da } m_v = m_a + \frac{3(m_b - m_a)}{10} \text{ yoki } m_v = m_b + \frac{7(m_a - m_b)}{10},$$

$$t_1 \text{ da } m_v = m_a + \frac{2(m_b - m_a)}{10} \text{ yoki } m_v = m_b + \frac{8(m_a - m_b)}{10}$$

va hokazo ifodalarni yozish va ular yordamida o'zgaruvchan yulduzning yorug'ligini hisoblash mumkin.

s). Neyland-Blajko usuli: Yuqorida ko'rilgan usullarning afzalliklaridan foydalaniladi va kamchiliklari bartaraf etiladi. Birinchi usulning kamchiligi v yulduz bitta yulduz bilan solishtiriladi bu uning kamchiligi, ikkinchi usulda ikki yulduz yorug'liklari farqi xayolan o'nta bo'lakka bo'linadi. Buni yaxshi amalga oshirish qiyin va xatoliklarga sababchi bo'ladi. Neyland-Blajko usulida v yulduzning yorug'ligi ikkala yulduzniki bilan bir vaqtning o'zida solishtiriladi va baholanadi. Bu yulduzlarning biri (a) v dan yorug', ikkinchisi (b) esa xira bo'lishi kerak. Solishtirish yulduzlarining yulduziy kattaliklari yulduz jadvllaridan olinadi va o'zgaruvchan yulduzning yorug'ligi hisoblanadi.

Bu usullar yordamida yulduzning yorug'ligi $\pm 0,1^m$ dan oshmaydigan xatolik bilan o'lchanishi mumkin va ular o'zgaruvchan yulduzlar, meteorlar va kometalarning yorug'ligini baholashda qo'llaniladi.

5.3.5. Vizual fotometrik yulduzlar jadvallari. Yulduzlarning birinchi fotometrik jadvali meloddan oldin II asrda grek olimi Gipparch tomonidan tuzilgan. Unda odam ko'zi yordamida yorug'ligi o'lchangan 1000 dan ortiq yorug' yulduz ro'yxati berilgan. Bu jadvalda yulduzlar yorug'liklari bo'yicha 5 ta yorug'lik guruhiga ajratilganlar. Eng yorug' yulduzlar birinchi guruhga, eng xiralari esa, beshinchi guruhga kiritilgan. Yulduzlarning ikkinchi jadvalini Mirzo Ulugbek boshliq Samarqand astronomlari XV asrda tuzganlar.

Teleskop ixtiro etilgandan keyin, astronomlar uni yulduzlarning yorug'ligini baholashga qo'llaydi. An'ana bo'yicha, yulduzlarning yorug'ligi yulduziy kattaliklarida ifodalanadi. XIX asrda Bonn (Germaniya) observatoriyasida 9^m -kattalikkacha bo'lgan yulduzlarning yorug'ligi ko'z yordamida o'lchandi. XIX asrning 80-yillarida Potsdam (Germaniya) va Garvard (AQSh) observatoriyalarida yulduzlarning yorug'ligi vizual fotometr (polyarizatsion xiralatkich) yordamida o'lchash ishlari boshlanadi. XX asr boshiga kelib, yorug'ligi

6^m,5 dan yorug' bo'lgan yulduzlarning 9110 tasini yulduz kattaligi Garvard, 7,5^m dan yorug' yulduzlarning 14199 tasini Potsdam observatoriyalarida o'lchandi va jadval sifatida chop etildi. Bu jadval-larning ichki xatosi yetarli darajada kichik ($\pm 0,1^m$) bo'lsada, ular-ning bir-biridan farqi katta ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu kuzatuvchi-lar ko'zining sezgirligiga, ularning tajribaliligiga va uslubiyatiga bog'liq. Bunday jadvallar subyektiv sabablar va xatolardan holi emas. Bu jihatdan fotografik va, ayniqsa, fotoelektrik usullar vizual usuldan ancha ustun turadi.

5.4. Fotografik astrofotometriya

5.4.1. Yulduzlar osmonining negativ tasviri. Yulduzning yorug'-ligini uning fotoplastinkaga tushirilgan tasviriga (negativdagi tasviriga) ko'ra aniqlash, fotografik astrofotometriyaning asosini tashkil etadi. Yulduz qancha yorug' bo'lsa, uning negativdagi tasviri shuncha qora bo'ladi. Demak, tasvirning qorayish darajasi yoki fotografik zichligi bilan yoritilganlik orasida bog'lanish mavjud. Bu bog'lanish nega-tivning xarakteristik egri chizigi (XECh) da o'z ifodasini topadi. Agar negativning XECh ma'lum bo'lsa, uning yordamida tasvir-ning zichligiga ko'ra fotoplastinkada yulduz nuri hosil qilgan yoritil-ganlikni topish mumkin. Pogson formulasi esa, yoritilganliklar nis-batidan yulduziy kattaliklar ayirmasini topishga imkon beradi. Shun-day qilib yoritqichning yorug'ligini aniqlash uchun negativning XECh ni topish zarur. Bu amal negativni **kolibrovka qilish va stan-dartlash** deb ataladi.

5.4.2. Negativni xarakteristik egri chizig'ini topish. Fotomate-rialning XECh i, uning kontrast sezgirligiga va ochilish sharoitiga bog'liq. Shuning uchun XECh ni topish maqsadida fotoplastinkaning bir qismiga yorug'ligi ma'lum bo'lgan, qolgan qismiga esa yorug'ligi o'lchanishi kerak bo'lgan yoritqichlarning surati tushiriladi. Bu surat-lar iloji boricha bir xil ekspozitsiya (E) bilan olinishi zarur. Shundan keyin, fotoplastinkaga ishlov beriladi (u ochuvchi eritmaga solinadi, yuviladi, fiksajga solinadi va yana oqar suvda yuviladi).

Yorug'ligi ma'lum manba sifatida naychalardan iborat fotometr yoki pog'onali xiralatkich qo'llaniladi. Naychasimon fotometr ki-rish teshiklari har xil va chiqish teshiklari bir xil kattalikdagi kesma konussimon naychalardan iborat. Uning chiqish teshiklari tomoni-

ga fotoplastinkaning bir cheti yopishtirib joylashtiriladi va kirish teshiklari tomonidan bir tekis yorug'lik tushiriladi. Shundan keyin, fotoplastinkaning qolgan qismiga yorug'ligi o'lchanishi kerak bo'lgan yulduzlar osmonining teleskop fokusidan biroz chetroqdagi surati tushiriladi (fokal tekislikdagi yulduz tasviri nuqtasimon bo'ladi va negativdagi uning suratini o'lchashda xatoliklar vujudga kelishi mumkin). Naychasimon fotometrning tasviri yonma-yon joylashgan 10 tacha har xil qoralikdagi gardishchalar qatoridan iborat bo'ladi. Naychasimon fotometrning tasvirlarida yoritilganlik kirish teshiklarining radiusi kvadratiga (yuzasiga) proporsional bo'lgani uchun ikkita tasvirning yulduziy kattaliklari ayirmasi

$$m_1 - m_2 = 5(\lg r_2 - \lg r_1). \quad (5.6)$$

Bu yerda r_1 va r_2 — naychalarning kirish teshigi radiuslari ($m_1 - m_2$) esa, ularga mos keladigan yulduziy kattaliklar ayirmasi. Tasvirlarning qoralik darajasi yoki fotografik zichligi (D) maxsus asbob, mikrofotometr yordamida o'lchanadi.

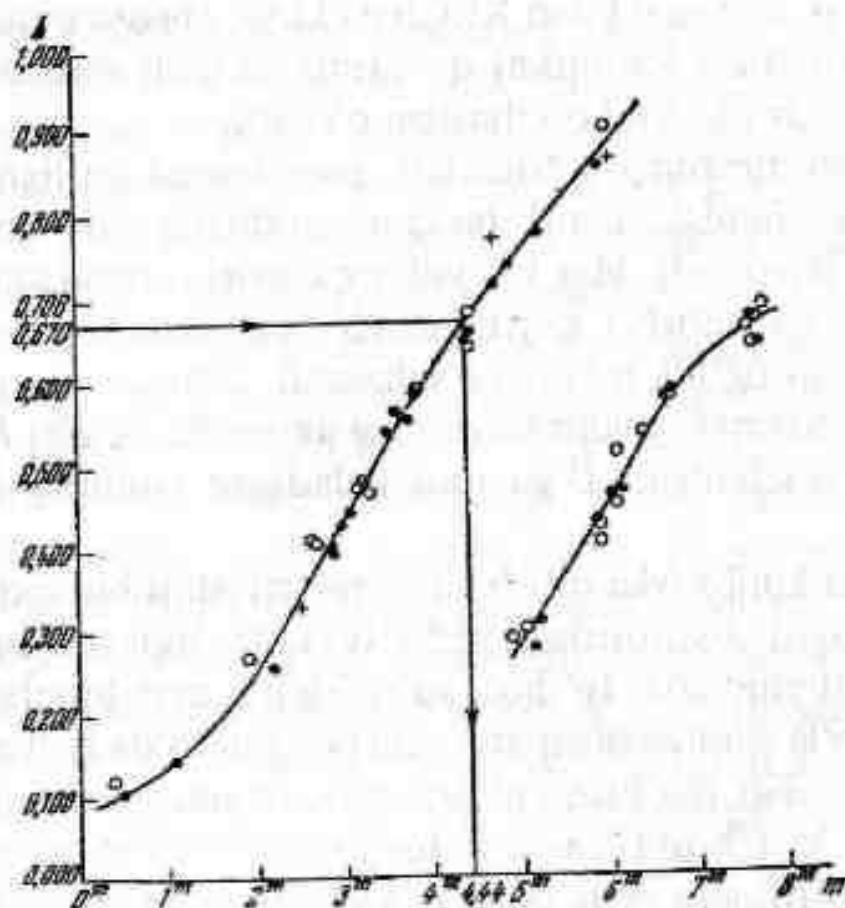
Mikrofotometrda o'zgarmas yorug'lik kuchiga ega bo'lgan maxsus pilliksimon elektr lampochka (L) dan sochilayotgan nur dastasi yo'liga negativdagi (P) tasvir kiritiladi. Tasvirdan o'tgan nur fotoelement (Pe) ga tushadi va unda tushayotgan nur intensivligiga mos tok kuchi (i) hosil bo'ladi. Agar tasvirga tushayotgan nurning intensivligi I_0 va undan o'tgan nurniki I bo'lsa tasvirning fotografik zichligi

$$D = \lg \left(\frac{I}{I_0} \right) = \lg \left(\frac{i - i_k}{i_0 - i_k} \right) \quad (5.7)$$

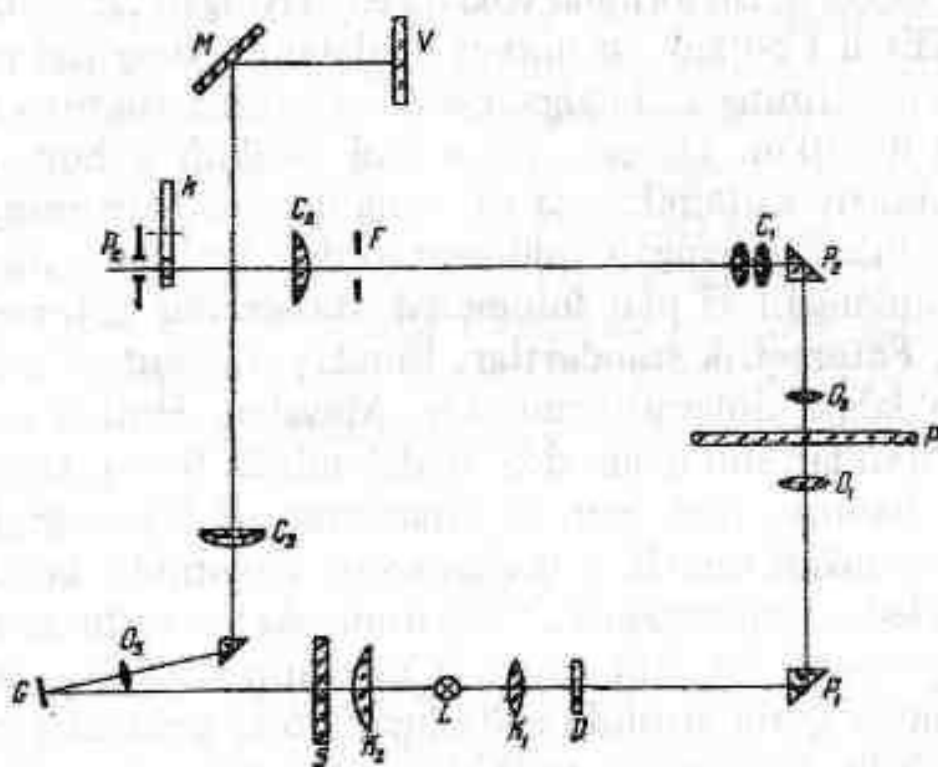
bu yerda i , i_0 va i_k — tasvirda, undan chetroqda (qoraymagan joqda, fonda), negativning toza joyida va fotoelement bекitilganda milliampermetrni ko'rsatishlari (tok kuchlari).

Naychasimon fotometrni har bir tasvirining zichligi (D_n) o'lchanadi va ularga mos keladigan yulduziy kattaliklari $m = 5 \cdot \lg r_n$ bo'lgani uchun, kirish teshigi radiusining logarifmi absissa o'qi bo'ylab unga mos keladigan zichlik D_n ordinata o'qi bo'ylab qo'yiladi. Hosil bo'lgan nuqtalar ($D_n, \lg r_n$) ni tutashtiruvchi chiziq kuzatishda ishlatilayotgan fotoplastinkaning XECh bo'ladi. Bu amallar fotoplastinkani **kolibrovkalash** deb ataladi. Endi uni standartlash zarur.

Negativni standartlash uchun yulduziy kattaligi ma'lum yulduz tasvirini yuqoridagi singari yo'l bilan o'lchab, tasvirning fotografik



5.5-rasm. Negativning xarakteristik egri chizig'i.



5.6-rasm. Mikrofotometr. P – negativ, L – lampa, G – galvanometr, V – ekran, Pe – fotoelement.

zichligini topamiz va u bilan XECh ga kirib, absissa o'qida unga mos keladigan yulduziy kattalikni qo'yamiz. XECh standartlangandan so'ng yulduzlar tasvirini o'lchashga o'tiladi.

Mikrofotometrning fotometrik nur dastasi yo'liga birin-ketin yorug'ligi o'lchanishi kerak bo'lgan yulduzlar kiritilib yuqoridagi o'lchashlar bajariladi. Har bir yulduz tasviri o'lchangandan (i galvanometrni ko'rsatishi) keyin, tasvir yonidagi negativning oydin joyi (i_0) va qorong'ilik toki (i_k) o'lchanadi. Ularga asosan, yuqoridagi formula yordamida yulduz tasvirining fotografik zichligi D o'lchanadi. XECh dan o'lchangan D ga mos keladigan yulduziy kattalik (m) topiladi.

XECh ni kolibrovka qilish va standartlashni bir vaqtda bajarish mumkin, agar osmonda yulduziy kattaligi ma'lum har xil yorug'likdagi yulduzlar to'dasi, ya'ni kichik maydonchaga joylashgan va bir yo'la suratga olish mumkin bo'lgan to'da bo'lsa. Bu holda, yulduziy kattaligi ma'lum yulduzlar tasvirining zichligini o'lchab, negativning XECh ni tuzamiz: absissa o'qi bo'ylab yulduziy kattaliklar (m_n), ordinata o'qi bo'ylab esa, ularga mos yulduzlar tasvirining zichligi (D_n) qo'yiladi va nuqtalar (m_n, D_n) dan o'tadigan egri chiziqning formulasi eng kichik kvadratik chetlanishlar usuliga asoslanib topiladi. Bu formula yoki u tasvirlaydigan egri chiziq, negativning XECh i bo'ladi va undan foydalanib yorug'ligi noma'lum yulduzlar tasvirining zichligiga asosan, ularning yulduziy kattaligini topish mumkin. Demak, bu usulni qo'llash uchun, osmonda har xil yulduziy kattalikka ega va yorug'ligini o'zgartirmaydigan va yorug'ligi aniq o'lchangan yulduzlar to'dasi bo'lishi zarur. Bunday to'dalar tanlangan va ular **fotometrik standartlar** deb ataladi.

5.4.3. Fotometrik standartlar. Bunday standart sifatida tarqoq yulduz to'dalari tanlanishi mumkin. Masalan, Hulkar nomli yulduzlar to'dasidan shu maqsadda foydalaniladi. Biroq, Hulkar tungi osmonda hamma vaqt ham ko'rinavermaydi (Quyoshning yillik ko'rinma harakati tufayli, u ma'lum vaqt davomida, kunduzgi osmonda bo'ladi). Buning uchun, tungi osmonda har kecha ko'rinadigan yulduzlar to'dasi bo'lishi zarur. XX asrning 20-yillarida olamning shimoliy qutbi atrofida joylashgan 96 ta yulduzlar majmuasi (ular Shimoliy Qutbiy Qator (ShQQ) deb ataladi) bosh standart sifatida qabul qilindi. Bu yulduzlarning yorug'ligi ($2,55^m$ dan to $20,10^m$ gacha oraliqni egallaydi) ko'pchilik observatoriyalar ishtirokida yax-

shilab tekshirildi va fotografik yulduziy kattaligi (m_{pg}) o'lchandi. Keyinchalik bajarilgan o'lchashlar, ana shu bosh standartga asoslanib bajarila boshlandi. ShQQ yulduzlari orasida qizil, sariq, oq yulduzlar bo'lib, ularning 79 tasini fotovizual kattaligi (m_{pv}) ham o'lchangan. Bu yulduzlarning yulduziy kattaliklari fotometrik standartlarning xalqaro tizimini tashkil etadi va ular IP_g (xalqaro fotografik) va IP_v (xalqaro fotovizual) bilan belgilanadi. Bu tizimning xatosi $\pm 0,02^m$ dan oshmaydi. Biroq, keyinchalik bajarilgan fotoelektrik o'lchashlar tizim faqat 6^m dan 15^m gacha oraliqda yetarli aniqlik berishi mumkinligini ko'rsatdi. Yorug' yulduzlarda xatolik katta ($0,19^m$ gacha) ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu xatolik qo'llanilgan fotoplastinka naviga va teleskopga bog'liqligi aniqlandi.

Shunday qilib, fotografik fotometrik ishlar bir necha bosqichdan iborat: yorug'ligi o'lchanishi kerak bo'lgan yulduzlar surati tushirilgan fotoplastinkaning bir chetiga ShQQ ni surati tushiriladi va shundan keyin fotoplastinka ochuvchi eritmaga tushirib ochiladi. Maxsus fotometr, u iris fotometr deb ataladi, uning yordamida yulduzlar tasviri o'lchanadi. ShQQ yulduzlari bo'yicha negativning XECh topiladi va uning yordamida yorug'ligi o'lchanishi kerak bo'lgan yulduzlarning yulduziy kattaliklari topiladi. Qutbiy qatorni suratga tushirish davomida teleskopning ko'rish maydonining aylanishi yulduzlar tasviri sifatini biroz buzadi. Bu kamchilik boshqa standartlar tuzishga majbur qildi. Shunday standartlardan biri Kop-teyn maydonchalaridir. Ular osmonning shimoliy qutbidan janubiy qutbigacha bir tekis joylashgan, diametri 15 yoy minutiga teng 206 ta maydonchalardir. Bu maydonchalardagi, yorug'ligi 16^m gacha bo'lgan, 250 ming yulduzning fotografik yulduziy kattaligi (m_{pg}) o'lchandi. Aniqligi yuqori fotografik ($m_{pg} \leq 16^m$) va fotovizual ($m_{pv} \leq 12^m$) standartlar Hulkar va Yasli nomli yulduz to'dalari bo'yicha tuzilgan.

Savollar

- 1). Astrofotometriyaning asosiy vazifasi nimalardan iborat?
- 2). Nega osmon yoritqichlarining yorug'ligi Yer atmosferasida kuchsizlanadi va kuchsizlanish miqdori nimalarga bog'liq?
- 3). Yorug'likni Yer atmosferasida kuchsizlanishi qanday o'lchanadi?

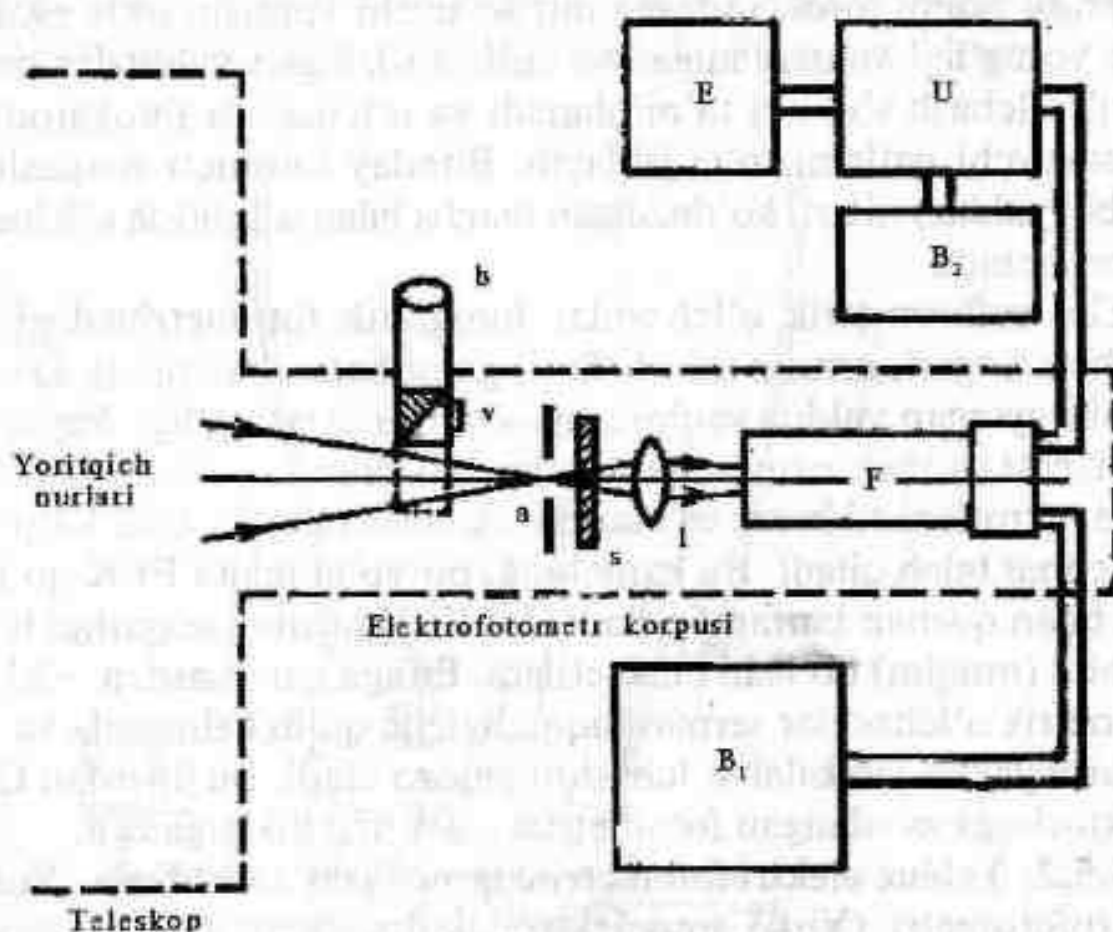
- 4). Yer atmosferasida yoruglikni yutilishi va sochilishi nimalarga olib keladi?
- 5). Nega radiodarchaning kengligi biroz kengayib va torayib turadi?
- 6).Linzali obyektivlarda nurni yutilishi qancha va u to'liq uzunlik bilan qanday bog'langan?
- 7). Nega linzali obyektivlar oydinlashtiriladi?
- 8). Vizual fotometrik o'lchashlar qanday prinsipga asoslanganlar?
- 9). Qurollanmagan ko'z yordamida baholash usullari va ularning xatosi?
- 10). Vizual fotometrik jadvallar to'g'risida nima bilasiz?
- 11). Negativni xarakteristik egri chizigi nima uchun kerak va u qanday topiladi?
- 12).Negativni kolibrovka qilish va standartlash nima?
- 13). Qanday fotometrik standartlarni bilasiz va ularning kamchiliklari?

5.5. Elektrofotometriya

5.5.1. Fotoelektrik o'lchash prinsipi va usullari. Nur ta'sirida metallidan elektron (fotoelektron) ajratish va uni elektr (magnit) maydonda harakatini boshqarish shu darajada mukammallikka yetdiki, natijada fotoelektrik fotometriya aniqligi bo'yicha tengi yo'q usulga aylandi. Hozirgi zamon astronomiyasida fotoelektrik o'lchash eng aniq va asosiy fotometrik usul hisoblanadi. Fotografik usul ko'plab yulduzlarni bir yo'lakay suratga tushirishga va o'lchashga imkon bersa, fotoelektrik usul yulduzlarni alohida-alohida o'lchashni taqozo etadi va ko'p mehnat talab qiladi.

Astrofotometrik o'lchashlar yulduz elektrofotometri yordamida bajariladi. Yulduz elektrofotometri fotoelektron ko'paytkich (FEK) asosida yasaladi. Bunday elektrofotometrning ikki xili mavjud: biri oniy taassurotga asoslangan bo'lsa, ikkinchisi yulduzdan kelayotgan fotonlarni sanashga, ya'ni taassurot yig'ishga asoslangan. Birinchi xil elektrofotometr ko'z singari ishlaydi va asosan yorug' yulduzlarning yorug'ligini o'lchashda qo'llaniladi, ikkinchi xili esa, o'ta xira yulduzlarni qayd qilishda qo'llaniladi. Ikkala holda ham FEK ni fotokatodiga yulduzning tasviri emas, balki undan kelayotgan va teleskop obyektivi yordamida yig'ilgan nurlanish oqimi tushiriladi va o'lchanadi. Fotokatod teleskopning chiqish qorachig'iga shunday

o'rnatiladiki, yulduzning obyektiv (bosh ko'zgu) dan o'tgan barcha nurlari fotokatodning nur sezuvchi yuziga tushadi, fotokatod yuziga teleskopning $(D/d)^2$ marta kichraytirilgan, demak yoritilganligi shuncha marta kuchaytirilgan kirish teshigi (obyektiv) tasviri tushiriladi. Bu yerda: D – obyektiv, d – katod diametrlari. Shunday qilib, elektrofotometr yulduz nuri yoritib turgan teleskopning kirish teshigi yoritilganligini o'lchaydi.



5.7-rasm. Teleskopda yig'ilgan nurni Barlou linzasi (L) va FEK (Φ) ga tushishi.

Ma'lumki, yulduziy kattaliklar ayirmasini o'lchashda nurlanish oqimlari (F) nisbati yoritilganliklar (E) nisbatiga, u esa, elektrofotometrda hosil bo'lgan fototoklar (i) nisbatiga teng, ya'ni

$$m_2 - m_1 = 2.5 \lg(E_1 / E_2) = 2.5 \lg(F_1 / F_2) = 2.5 \lg\left(\frac{i_1 - i_q}{i_2 - i_q}\right). \quad (5.8)$$

Bu yerda i_q – elektrofotometr zanjirida qorong'ilik toki, F , E va i ning indeksleri birinchi va ikkinchi yulduzlarga tegishli bo'ladi. Yuqo-

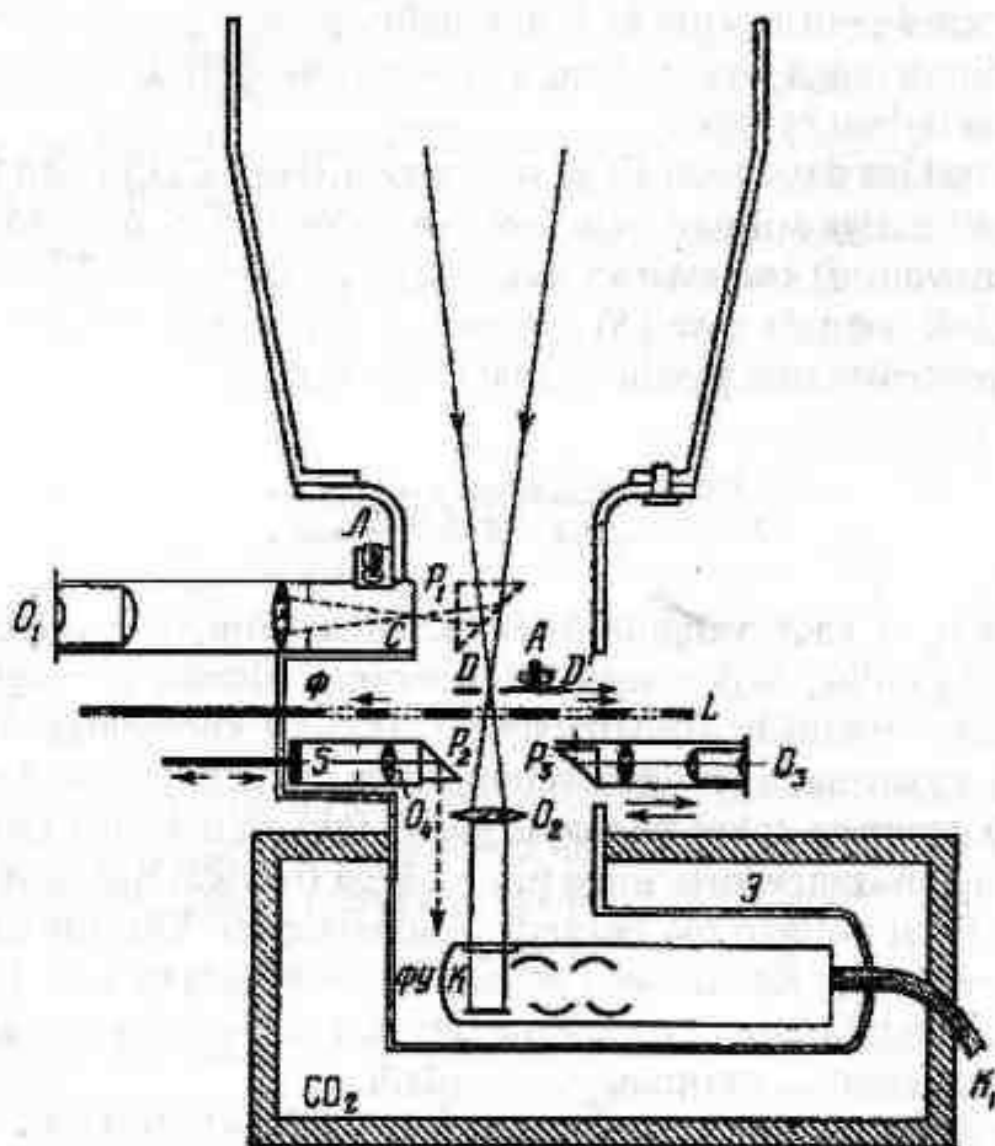
rida aytilgandek, elektrofotometr yulduz tasviri hosil qilgan yoritilganlikni emas, balki yulduzdan kelayotgan nurlanish oqimini o'lchaydi. Buning sababi, agar tasvirning yoritilganligi o'lchanganda, yulduz tasviri fotokatodni kichik bir qismiga tushar edi va bu yerda uning sezgirligi boshqa joydagidan, masalan, solishtiriladigan yulduz tasviri tushadigan joydagidan farq qilishi mumkin. Natijada hisobga olib bo'lmaydigan xatoliklar paydo bo'ladi. Yulduzdan kelayotgan nurlanish oqimi fotokatodning nur sezuvchi yuzasini to'la egallaydi va yorug'ligi aniqlanadigan va solishtiriladigan yulduzlar uchun bir xil o'lchash sharoiti ta'minlanadi va o'lchashda fotokatodning nur sezuvchi qatlami to'la ishlaydi. Bunday fotometr nuqtasimon manba (yulduz) ni sirti ko'rinadigan manba bilan solishtirib o'lchashga imkon beradi.

Elektrofotometrik o'lchashlar fotografik fotometriyadagi o'lchashlar singari, osmon sahni (foni) ga nisbatan bajariladi. Dastlab tekshirilayotgan yulduz yaqinidagi osmonning yorug'ligi, keyin esa, yulduzniki va yana osmonniki o'lchanadi. Bunday o'lchashlar ko'p marta takrorlanishi kerak va ularni o'rtachasi olinadi. Ular ko'p vaqt va mehnat talab qiladi. Bu kamchilik, bir yo'la ikkita FEK qo'llash yo'li bilan qisman bartaraf etiladi. Bu FEK larning sezgirligi bir xil va stabil (muqim) bo'lishi talab etiladi. Bunga qaramasdan, elektrofotometrik o'lchashlar sermashaqqatligicha qolib kelmoqda va yulduzlarni yakka-yakkalab o'lchashni taqozo etadi. Bu jihatdan CCD detektorlarga asoslangan fotometrlar talay afzalliklarga ega.

5.5.2. Yulduz elektrofotometrining tuzilishi va ishlashi. Yulduz elektrofotometri (YuE) fotoelektron ko'paytkich (FEK) asosida yig'iladi va teleskopning bosh fokusiga o'rnatiladi. Yuqorida ta'kidlaganimizdek, YuE yulduzlarni alohida-alohida o'lchashga mo'ljallangan asbob bo'lib, u yulduzdan kelayotgan nurlanish oqimini o'lchaydi. Shuning uchun yorug'ligi o'lchanishi kerak bo'lgan yulduz boshqa yulduzlardan ajratilishi va aynan shu yulduzdan kelayotgan nurlanish oqimi fotokatodga tushirilishi kerak. Buning uchun teleskopning fokal tekisligiga, fotometrni ko'rish maydonini chegaralovchi kichik (d) teshikli aylanuvchi diafragma (D) o'rnatiladi. Diafragmadan o'tgan yulduz nuri rangli shishalardan tuzilgan nur saralagichlar (Φ) orqali o'tib O_2 linzaga tushadi. Maydon (Fabri) linzasi deb ataluvchi bu linzaning oldingi fokal tekisligi teleskopning fokal tekisligi bilan ustma-ust tushirilgan va undan o'tgan nurlar

parallel holda katodga tushadi. Ya'ni, katod teleskopning chiqish qorachig'iga joylashtirilgan.

Yulduz tasvirini diafragma D orqali o'tishi, yulduz nuri yo'liga kiritiladigan va chiqarib qo'yiladigan prizma P_1 va oldiga iplar tortilgan linza O_1 orqali nazorat qilib turiladi. Prizma P_1 yulduzlar osmoni tasvirini yon tomonga chiqarib beradi va u O_1 okulyar orqali ko'rinadi. Bu nazorat tizimi shunday joylashtiriladiki, iplar kesishgan nuqta diafragma teshigiga (d) mos kelsin va tekshirilayotgan yulduz iplar kesishgan joyga keltirilgach, bu nazorat tizimi orqaga



5.8-rasm. Yulduz elektrofotometrining sxemasi. Teleskopdan kelayotgan (yuqorida) nurlar diafragma (D) orqali o'tgach maydon linzasiga (O_2) tushadi va undan parallel nur dastasiga aylanib chiqadi va FEK ning (ΦY) katodiga (K) tushadi.

tortib qo'yiladi va yulduz nuri diafragmaning kichik teshigi (d) orqali o'tib O_2 linzaga va undan chiqayotgan va obyektivda yig'ilgan parallel nurlar dastasi fotokatodga (K) tushadi. Tekshirilayotgan yulduz diafragma teshigi d markazida bo'lishi kerak va bu yulduz nuri yo'lga kiritiladigan P_3 prizma va O_3 okulyar orqali nazorat qilib turiladi.

FEK (CO_2 bilan to'ldirilgan ballon ichda) ni sezgirligini nazorat qilib turish maqsadida, lyuminafor (radioaktiv etalon) qo'llaniladi. Etalon nuri O_4 linza va P_2 prizma yordamida (ular yaxlit optik tizim sifatida yasalgan va maydon linzasi (O_2) oldiga kiritilishi mumkin) fotokatodga vaqti-vaqti bilan tushiriladi va o'lchash asbobi-ning ko'rsatishi yozib boriladi. Lyuminafor qat'iy o'zgarmas yorug'lik manbaidir va unga mos kelgan yozuvlar fotometr ko'rsatishlarini tuzatishga imkon beradi.

O'lchashlar davomida FEK suyuq azot (yoki CO_2) bilan to'ldirilgan quti ichiga solinadi. Bu sovitish tadbiri FEK ni qorong'ilik tokini (shovqinni) kamaytirish maqsadida qo'llaniladi. FEK da foydali fototok (signal) ning (S) shovqinga (N) nisbati o'rtacha (10^3 - 10^5) ko'paytirishlarda yaxshi qiymatga ega bo'ladi.

$$S/N = \sqrt{n_0 \tau} \quad \text{va} \quad \delta = \frac{1}{\sqrt{n_0 \tau}}, \quad (5.9)$$

bu yerda n_0 — vaqt birligida fotoelektronlar soni; τ — o'lchashlar vaqtlari yig'indisi; S/N — signalni shovqinga nisbati; δ — signallar-ning nisbiy tebranishi (fluktuatsiyasi). Ikki xil kuchaytirgich qo'llaniladi: o'zgarmas va o'zgaruvchan toklarni kuchaytirgichlar.

a) O'zgarmas tokni kuchaytirgichi. Ikki tranzistorli (lampali) kuchaytirgich tranzistorlarining biri bazisiga (to'riga) qarshilik orqali FEK da hosil bo'lgan tok beriladi. Kuchaytirgich Uinston ko'prigi sifatida yasaladi va fototok yo'q paytida muvozanatda bo'ladi. Fototok yuklama qarshilik orqali tranzistor (lampa) lar bazislari (to'rlar) da har xil potentsiallar ayirmasi hosil qiladi.

Tranzistor (lampa) larda har xil anod toki hosil bo'ladi. Ko'prikda muvozanat buziladi, galvanometr (G) ko'rsatishi noldan chetlashadi va uning ko'rsatishi fototokning qiymatiga, u orqali esa, yulduzdan kelayotgan nurlanish oqimiga bog'liq. Ko'prikda hosil bo'lgan muvozanat holdan chetlanish o'zi yozuvchi asbob (magnitafon) yordamida yozib olinadi.

bo'ladi. Bundan keyin, ma'lum ranglarda o'lchangan yulduziy kattaliklarini shu rang belgisi bilan beramiz. Masalan, V yulduzning yashil, B esa, ko'k rangda yulduziy kattaligini ifodalaydi. Jonson, Morgan va Xarris xalqaro tizim (IPg va IPv) ga kiritilgan rang ko'rsatkichi shkalasi boshini belgilash shartini qabul qildilar. Unga ko'ra oq yulduzlar uchun rang ko'rsatkichi $C=B-V=0$ deb qabul qilingan (xalqaro tizmda $C=IPg-IPv$).

Yulduzlarning ultrabinafsha nurlanishi alohida ahamiyat kasb etadi, shuning uchun, yulduzlarning bu nurlarda yorug'ligi ultrabinafsha yulduziy kattalik (U) bilan belgilandi va oq (A_0 spektral sinf) yulduzlar uchun ultrabinafsha rang ko'rsatkichi ham $U-B=0$ degan shart kiritildi. Natijada UBV fotoelektrik fotometrik tizim yaratildi. Jonson, Morgan va Xarris U ni o'lchash uchun surma-seziy katodga ega 1-P-21 markali FEK bilan birgalikda Corning 9863, B ni o'lchash uchun - Schott GG13 va V uchun - Schott GG11 markali nur saralagichlar qo'lladilar (Corning va Schott rangli shisha zavodlari). Natijada UBV tizim yulduziy kattaliklari quyidagi effektiv to'lqin uzunlik (λ_e) ka va o'tkazish polosasi ($\Delta\lambda$) ga ega bo'ldi:

5.4-jadval

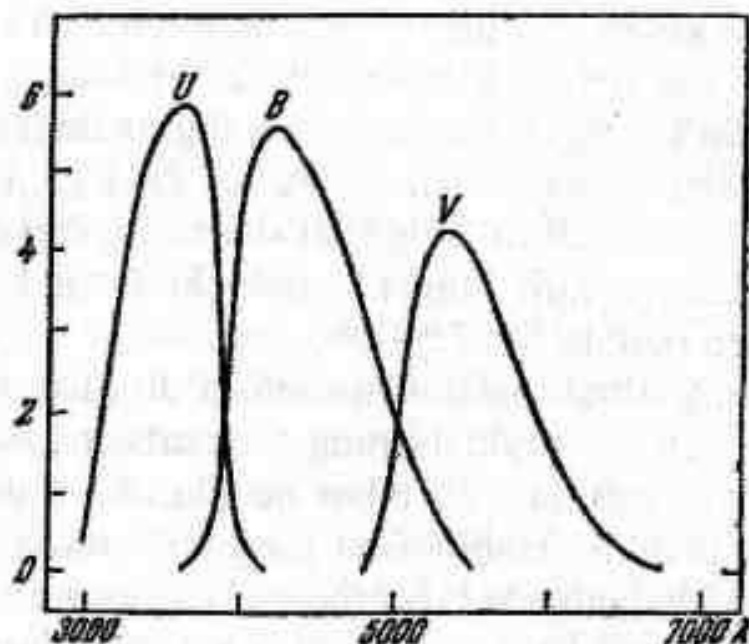
Uch rangli fotometrik tizim

	U	B	V
λ_e, nm	350	430	550
$\Delta\lambda, nm$	60	95	140

Bu tizim quyidagi tartibda qo'llaniladi: fotometr yordamida yulduzning V kattaligi, ko'k ($B-V$) va ultrabinafsha ($U-B$) rang ko'rsatkichlari o'lchanadi. Ularga asoslanib B va U topiladi:

$$B=V+(B-V) \text{ va } U=B+(U-B). \quad (5.11)$$

Hozirgi zamonda UBV yulduziy kattaliklar tizimi keng qo'llaniladi. Bu tizimda standart sifatida, asosan, shimoliy osmonda joylashgan 400 dan ortiq yulduz qo'llaniladi. Ular orasida yorug' yulduzlar bilan birgalikda $V=15,90^m$ gacha bo'lgan xira yulduzlar ham bor. Bu tizimda birinchi darajali ko'plab standart yulduzlar Hulkar, Giadlar va Yasli nomli tarqoq yulduz to'dalarida tanlangan va o'lchangan.



5.10-rasm. Uch rangli fotometrik tizmda tanlangan spektral o'tkazish sohalari. Egrilar ustida yulduziy kattaliklar (U , B , V) belgilari qo'yilgan.

Fotoelektron ko'paytgich FEK-106 o'rnatilgan fotometr bilan o'lchashlar bajarilganda yulduzning B kattaligini olish uchun rangli shishalar $YG10+BG5+BGG21$ dan iborat, V ni olish uchun esa, $YG18+BGG21$ nur saralagich ishlatiladi. UBV yulduziy kattaliklarini fotografik usul bilan ham o'lchash mumkin. Bunda U ni aniqlash uchun yulduzning tasviri sezgirlashtirilmagan fotoplastinkaga $UFG6$ rangli shisha, B -uchun esa, $BC8$ orqali va V ni aniqlash uchun esa, panxramatik fotoplastinkaga $YG18+BGG21$ orqali tushiriladi va tasvirlar iris fotometr yordamida o'lchanadi.

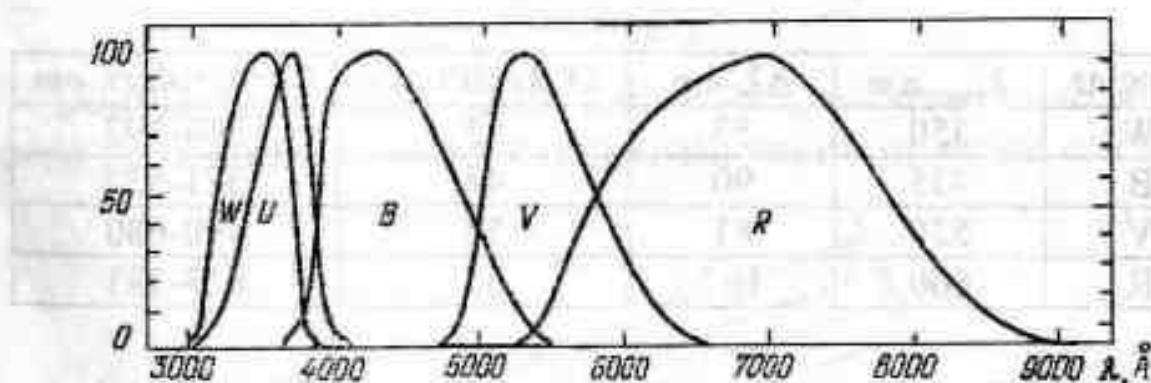
Ko'p rangli elektrofotometrik o'lchash natijalari yulduzning tutash spektrida energiyani taqsimlanishini baholashga qaratilgan, shuning uchun bunday o'lchash metodik jihatdan nihoyatda puxta ishlab chiqilgan bo'lishi kerak. Birinchidan, o'lchash uchun tanlangan spektr sohalari tutash spektrga to'g'ri kelishi kerak. Tutash spektrga ega nurlanish yulduz atmosferasining eng ichki qatlamlaridan chiqadi va o'lchash uchun spektral soha tanlashda, unga atmosferaning yuqori qatlamlari ta'siri minimal bo'lgan joylar rang saralagichlar yordamida ajratib olinishi kerak. Masalan, U rang saralagichning maksimumi 350 nm va uning yaqinida Balmer seriyasi ($364,6\text{ nm}$) chegarasi joylashgan. Vodorod atomlarini bog'liqdan ozodga o'tishlari Balmer kontinuumda, ya'ni $\lambda < 364,6\text{ nm}$ da, nurlanish sifatida atmosferadan sochiladi. Har xil yulduzlarda Balmer

kontinuumi har xil bo'ladi va ayrim hollarda u keskin farq qilishi mumkin.

Ikkinchidan, nur saralagichlar faqat tanlangan spektral soha nurini o'tkazishi kerak. Rangli shisha bir necha o'tkazish sohaga ega bo'lishi mumkin. Masalan, UFG-2 (yoki Korning 9863) ikkita sohani, yaqin ultrabinafsha (300–400 nm) va to'q qizil (700–800 nm) ranglarini o'tkazadi. To'q qizil sohani o'tkazishi juda past (nisbiy 10%) bo'lsada, aniq fotometrik o'lchashlarni ta'minlash uchun uni hisobga olish zarur. Jonson va Morgan yulduzlarning U rangda yulduziy kattaligini o'lchashda Korning 9863 rangli shisha qo'llaganlar va 1R-21 markali FEK to'q qizil nurlarni sezmaydi deb hisoblaganlar. Keyinchalik oxirgi xulosa noto'g'riligi aniqlandi.

Uch rangli fotometriya bo'yicha komp'yuterda laboratoriya ishi Gettsburg (AQSh) universiteti olimlari tomonidan tayorlangan. Uni internet orqali www.gettsburg.edu/CLEA web sahifadan olish mumkin. Astronomiyadan zamonaviy laboratoriya ishlari (CLEA – Contemporar Laboratory Execises on Astronomy) deb nomlangan bu dasturiy mahsulotda Hulkar to'dasi yulduzlari yorug'ligini U, B, V ranglarda o'lchash va tekshirish mumkin.

b). To'rt rangli WBVR tizim. U rang saralagichning Balmer kontinuumi bilan bog'liq yuqorida ko'rsatilgan kamchiligini bartaraf etish maqsadida V. Strayjis (Estoniya) yangi ultrabinafsha W rang taklif etdi.



5.11-rasm. Besh rangli (W, U, B, V, R) tizimning spektral o'tkazish sohalarini ajratilishi. Absissa o'qi bo'ylab to'liqin uzunliklari (λ).

Bu yangi rang sohaning maksimumi qisqa to'lqinlar tomon biroz siljigan. Strayjis taklifi asosida Moskva davlat universiteti Astronomiya instituti (GAISH) olimlari to'rt rangli WBVR elektrofotometriyani

yo'lga qo'ydilar va muvafaqqiyatli ishlatmoqdalar. Bu tizimda astronomik amaliyotda keng qo'llaniladigan fotoelektron ko'paytkich FEK-79 va ranglarni ajratish uchun quyida keltirilgan turli xil rangli optik shishalardan tayyorlangan «qatlama» nur saralagichlar qo'llaniladi:

<i>W</i> ni o'lchash uchun	- UFG-2 (3 mm) + BG-5 (1,5 mm) + + CuSO_4 (2 mm) + silikon.
<i>B</i> ni o'lchash uchun	- BG-5 (2 mm) + YG-10 (2 mm) + + BGG-21 (1,7 mm).
<i>V</i> ni o'lchash uchun	- YG-18 (3 mm) + BGG-21 (1,7 mm).
<i>R</i> ni o'lchash uchun	- RG-14 (5 mm) + ko'p ishqorli katod.

Bu yerda BGG-ultrabinafsha, BG-purpur (qirmizi), BG-ko'k, YG-sariq, BYG-ko'k-sariq, RG-qizil rangli optik shishalar, qavs ichida ularning qalinligi.

Bu rangli shishalarning o'tkazish koeffitsientlari FEK ning sezgirligi bilan yuqoridagi rasmda berilgan. UFG-2 rangli shishaning to'q qizildagi maksimumini mis-sulfididan tayyorlangan CuSO_4 saralagich bartaraf etadi.

5.5-jadval

To'rt rangli fotometrik tizim

Ranglar	λ_{max}, nm	$\Delta\lambda, nm$	O'tkazishi, %	Chegaralari, nm
W	350	53	45	306-397
B	435	90	47	371-535
V	530	81	55	490-680
R	660	107	55	613-883

Jadvalda GAISH da qo'llaniladigan to'rt rangli fotometrik tizim ko'rsatkichlari keltirilgan: birinchi ustunda ranglar, ikkinchida — o'tkazish maksimumi, uchinchi — yarim o'tkazish soha kenligi, to'rtinchida — o'tkazish miqdori foizlarda, beshinchida — soha chegaralari. O'tkazish soha chegaralari temperaturaga bog'liq ravishda siljiydi: temperatura 0°C ga oshganda u qizilga tomon 0,1 nm ga siljishi aniqlangan.

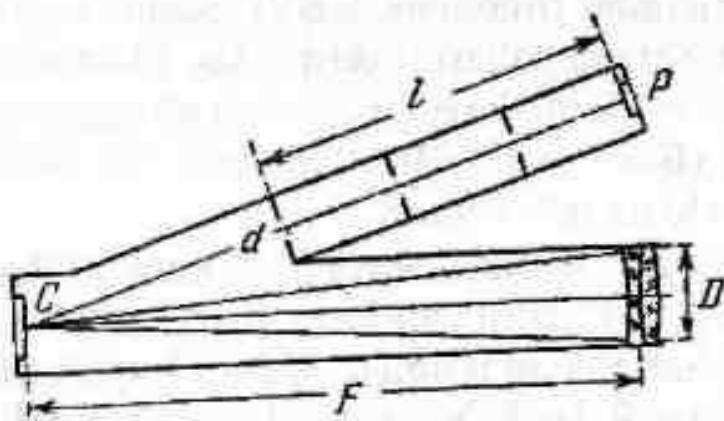
Shuningdek, olti rangli va hokazo, fotometrik tizimlar ishlab chiqilgan va qo'llaniladi. Bu ko'p rangli tizimlarga, keyinroq, kolorimetriyaga bag'ishlangan paragrafda qaytamiz.

5.6. Quyosh va Oyning yorug'ligini o'lchash

Quyosh va Oyning to'la yorug'ligini o'lchash uchun, ularning yorug'ligini ko'plab marta (aniq miqdorga), yulduz yorug'ligi darajasigacha tushguncha, kamaytirishga to'g'ri keladi. Bu ishni nurni qayta sochish darajasi (albedosi) ma'lum bo'lgan ortotrop ekranda, ular tasvirini kuzatish yo'li bilan bajarish mumkin. Quyosh gardishi markazining ravshanligi B_0 bo'lsa, teleskopning fokal tekisligida tasvirning ravshanligi qB_0 bo'ladi. Tasvir obyekt (mas. Quyosh) dan F/R marta kichik (R — obyektgacha masofa). Obyekt sir-tining yuza birligi teleskop obyektivida B/R^2 yoritilganlik hosil qiladi va obyektivdan $(\pi BD^2/4R^2)$ oqim o'tadi va tasvirning yuza birligida $E=qB_0 \pi D^2/4F^2$ yoritilganlik hosil bo'ladi. U holda, ekran C ning ravshanligi $B_c=qAB_0 D^2/4F^2$. Kuzatish va o'lchashlarni yon tomondagi (5.12-rasm) quvur orqali bajaramiz. Quvur ichiga diafragma (d) lar qo'yilgan va ularning diametri d kichik bo'ladi. Birinchi diafragmadan nurlanish priyomnigigacha masofa l bo'lsa, priyomnik yuza-sining ekrandan qaytgan nuri bilan yoritilganligi

$$E = \frac{qB_0 \pi D^2}{10F^2 l^2}.$$

Diafragma diametri (d) ni kichik va l ni katta tanlab, Quyosh yorug'ligini million marta kamaytirish mumkin va bu o'lchashlar



5.12-rasm. Quyosh yordamida standartlashda qo'llaniladigan qurilma:
 D — obyektiv, C — ekran, P — priyomnik

uchun yetarli bo'ladi. Quyosh yorug'ligini o'lchash uchun priyomnik yon quvurga, yulduznikini o'lchash uchun esa, C ekran o'rniga joylashtiriladi. Oy yorug'ligi Quyoshga nisbatan o'lchanadi. Bunda Quyosh yon quvurdan Oy esa, C ekran tomondan ketma-ket o'lchanadi. Yulduz yorug'ligi Oyga nisbatan o'lchanadi. Bu holda, endi Oy yon quvur orqali yulduz esa, ekran tomondan o'lchanadi. Ko'plab marta bajarilgan bunday o'lchashlardan so'ng olingan qiymatlar quyidagicha:

5.5a-jadval

Quyosh va Oyni uch xil rangda yorug'ligi yulduziy kattaliklarda

	V	B	U	B-V	U-B
Quyosh	-26,74 ^m	-26,09 ^m	-25,59 ^m	0,65 ^m	0,13 ^m
Oy	-12,73	-11,82	-11,37	0,91	0,45

5.7. Kolorimetriya

Yulduzning rangi uning temperaturasi bog'liq bo'ladi, chunki, yuqorida aytganimizdek, yoritqichning spektrida energiyaning taqsimlanishini uning temperaturasi belgilaydi. Yoritqichlarning rangini o'lchaydigan va unga asoslanib ularning temperaturasi aniqlaydigan astrofizika bo'limi **kolorimetriya** deb ataladi. Hozirgi zamon kolorimetrik o'lchashlar elektrofotometrlar yordamida xalqaro fotometrik tizimlar (masalan, UBV) asosida bajariladi. Oldindan tanlangan nur saralagichlarni ketma-ket elektrofotometr oldiga, yulduz nuri yo'lga kiritish natijasida ikki xil rangda yulduziy kattaliklar ayirmasi (B-V) va (U-B) o'lchanadi. Bu natijalar **yulduzning rang ko'rsatkichlari** deb ataladi.

Spektral sezgirliги kengaytirilgan FEK larni qo'llash kolorimetriya imkoniyatlarini kengaytirdi. Natijada, osmon yoritqichlarining ko'p rangli yulduziy kattaliklari tizimlari ishlab chiqildi. Masalan, UBVR (U-ultrabinafsha, B-ko'k, V-yashil, R-qizil), yoki WBVR (yuqorida ko'rilgan, GAISH da qo'llaniladi) va UBVGRI (U-ultrabinafsha, B-ko'k, V-binafsha, G-yashil, R-qizil, I-infracizil). Bu tizimlarda

ikki xil yo'l bilan yulduzlarning yorug'ligi (yulduziy kattaligi) ni o'lchash mumkin: 1). Har xil (U, B, V, R,...) nur saralagichlarda yulduziy kattaligini o'lchash (ko'p rangli o'lchashlar) 2). Birorta nur saralagichda yulduziy kattalikni va boshqalarida esa, faqat rang ko'rsatkichlarini o'lchash (kolorimetriya). Ikkinchi holda masala kolorimetrik o'lchashga aylanadi. Rang ko'rsatkichlar o'lchangandan keyin, ulardan yulduziy kattaligini topish oddiy arifmetik amaldan iborat. Masalan, yuqorida UBV tizimda ko'rgandek, oldin yulduzning V da yulduziy kattaligi o'lchanadi, keyin rang ko'rsatkichlari (B-V) hamda (U-B) va 5.11 formula yordamida boshqa ranglarda yulduziy kattaliklari B hamda U topiladi. Kolorimetrik usul ko'p rangli fotometrik o'lchashlarga qaraganda yuqori aniqlikka ega.

5.7.1. Olti rangli kolorimetriya. Amerikalik astronomlar D. Stibbens (1878-1966) va A. Uitford tomonidan ishlab chiqilgan olti rangli kolorimetrik tizimda kislorod-seziy fotokatodli FEK va olti xil nur saralagichlar to'plamlari ishlatiladi va natijada olti xil rangda yulduziy kattaliklar aniqlanadi. U (ultrabinafsha), V_i (binafsha), B (ko'k), G (yashil), R (qizil) va I (infraqizil). FEK ni har bir rang saralagich bilan birgalikda ishlatilishidan ajratiladigan spektral sohaning effektiv to'lqin uzunligi (λ_e) va kengligi ($\Delta\lambda$) hamda Qutb yulduzining rangi 5.6-jadvalda berilgan. Effektiv to'lqin uzunlikni belgilashda atmosferani ($p_\lambda(z)$), saralagichni (q_λ) va priyomnikni spektral o'tkazish sohasi va sezgirli (s_λ) hisobga olinadi (5.17- formula).

5.6-jadval

Olti rangli fotometrik tizim

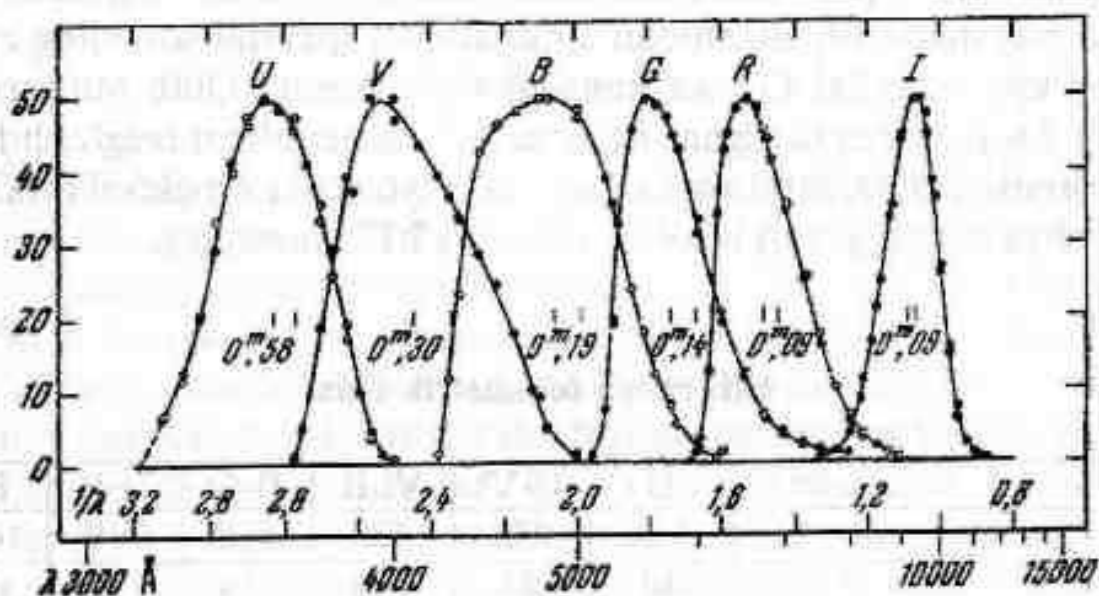
	U	U- V_i	V_i -B	B-G	G-R	R-I
λ_e, nm	353	422	488	570	719	1030
$\Delta\lambda, nm$	40	84	120	110	170	180
Qutb yulduzi rangi	+0,15 ^m	-0,14	-0,06	-0,03	+0,06	+0,17

Bu tizimda (U- V_i), (V_i -B), (B-G), (G-R), va (G-I) kabi rang ko'rsatkichlari o'lchanadi.

Jonson va Strayjas 12 rangli tizimni ishlab chiqdilar va u ham astrofizik amaliyotda qo'llanilmoqda. Yuqorida keltirilganlardan ko'rinib turibdiki, bu tizimlar keng (40-200 nm) o'tkazish polosa (soha) siga ega, ya'ni ular keng polosali tizimlardir. O'tgan asrning

oltmishinchi yillarning o'rtalaridan boshlab bir necha o'rta kenglikdagi o'tkazish polosaga ega fotometrik tizimlar ishlab chiqildi.

5.7.2. O'rta polosali fotometrik tizimlar. Bu tizimlarni yaratishdan maqsad, yulduzlarning ikki va uch o'lchovli spektral klassifikatsiyasini (spektral sinf, yorqinlik sinf, metallarga boyligi darajasi) ishlab chiqish, yulduzlararo muhitda nurni yutilishi natijasida yulduz rangini qizarishi bilan bog'liq masalalarni yechish bo'ldi. Ularning bir qismi (masalan, Gole, Volravenlar va Stremgren-Perri tizimlari) UVB tizim egallagan spektral diapazonni maydalab o'rganishga qaratilgan bo'lsa, boshqalari (masalan, Vilnyus Observatoriyasida ishlab chiqilgan tizim yoki Jonson, Mitchell va Latama tizimi) keng spektral diapazonni o'z ichiga oladi va yulduz spektrida energiyani taqsimlanishi, yulduzlararo muhitda nurlanishni yutilish qonunlarini o'rganishga yo'naltirilgan. Bu tizimlarda ko'p ishqorli FEK lar (FEK-79, EMI-9885 (Vilnyus tizimida), 1-P-21 va 7102 RCA (Jonson va boshqalar)) bilan birgalikda rangli shisha va interferetsion nur saralagichlar qo'llaniladi.



5.13-rasm. Olti rangli (U, V, B, G, R, I) fotometrik tizim nur saragichlarining spektral o'tkazish sohalari. Absissa o'qi bo'ylab to'lqin uzunliklari (λ).

Vilnyus tizimida U yulduziy kattalik Balmer seriyasi kontinuumi orqasiga to'g'ri keladi va X bilan birgalikda balmer sakrashini aniqlashda rang ekvivalentlarini (X-Y) va (Y-Z) esa, yulduzlararo muhitda nurlanishni yutilishni aniqlashda qo'llaniladi.

Vilnyus elektrofotometrik tizimi

	U	P	X	Y	Z	V	T	S
λ_0, nm	346	374	404	466	515	543	620	650
$\Delta\lambda, nm$	40	26	22	26	21	21	20	20

Jonson, Mitchell va Latama tizimi

λ_0, nm	337	353	375	402	459	518	583	635	724	800	858	985
$\Delta\lambda, nm$	11	9	9	21	25	23	21	28	64	44	52	64

Shuningdek, tor polosali fotometrik tizimlar ham ishlab chiqilgan va ular yulduz yorug'ligini biror spektral chiziq, masalan, vodorodning H_β chizig'i, nurida o'lchashga imkon beradi. Bunda tor polosali interferetsion saralagich va FEK qo'llaniladi.

Shunday qilib, elektrofotometrlar va turli xil nur saralagichlar yordamida yulduzlarning ma'lum ranglarda yorug'ligi yoki yulduziy kattaligi, shuningdek, rang ko'rsatkichlari o'lchanadi. Bunday o'lchashlardan olingan natijalar bizga yulduzning temperaturasi va boshqa fizik ko'rsatkichlari to'g'risida boy ma'lumotlar beradi.

5.7.3. Yulduz kattaligi va rang ko'rsatkichini belgilashning nazariy asoslari. Yuqorida, yulduzlarning har xil ranglarda yorug'ligini o'lchash usullari bilan tanishib chiqdik. Astrofotometrik o'lchash natijalari bilan yulduzlarning temperaturasi orasida qanday bog'lanish mavjud. Avvalo, yulduzlarning rang ko'rsatkichlari bizga ularning spektrida energiyani taqsimlanishi to'g'risida ma'lumot beradi. Ma'lumki, absolut qora jismning (yulduzning ichki, zich gaz qatlamlari absolut qora jism singari nurlanish sochadi) spektrida energiyani taqsimlanishi nurlanishning to'lqin uzunligi (λ) ga va manbaning temperaturasi (T) ga bog'liq va u Plank formulasi yordamida (1.8) ifodalanadi. Haqiqatdan, yoritqichning yuza birligidan unga tik yo'nalishda bir fazoviy burchak (bir steradian, bir sr.) ichida va bir birlik chastota (to'lqin uzunligi) oraligida sochilayotgan energiya oqimining spektral zichligi

$$I(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)} \cdot \frac{\text{joul}}{\text{sm}^2 \cdot \text{sr}}, \quad (5.12)$$

bu yerda $c_1 = 3,74 \cdot 10^{-12} \text{ joul/sm}^2 \cdot \text{sr}$, $c_2 = 1,439 \text{ sm} \cdot \text{K}$. Ma'lum temperatura va to'liqin uzunlari oralig'ida $\frac{c_2}{\lambda T} \gg 1$ bo'ladi va bu oralig' uchun Vin siljish qonuni formulasini qo'llash mumkin,

$$I(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 \cdot e^{\frac{c_2}{\lambda T}}}. \quad (5.13)$$

Astrofotometrik o'lchashlarda ma'lum (λ_1 dan λ_2 gacha) spektral diapozonda (oralig'ida) yulduzdan kelayotgan nurlanish oqimi ($F(\lambda_1, \lambda_2)$) o'lchanadi. Odatda, bunday o'lchashlar nisbiy xarakterga ega, ya'ni bir yulduzning yorug'ligi boshqa yulduzniki bilan yoki birorta yulduzning bir spektral diapazondagi yorug'ligi boshqa diapazondagisi bilan solishtirib o'lchanadi. Shuning uchun

$$\frac{F(\lambda_1, \lambda_2)}{F(\lambda_3, \lambda_4)} = \frac{E(\lambda_1, \lambda_2)}{E(\lambda_3, \lambda_4)} = \frac{I(\lambda_1, \lambda_2)}{I(\lambda_3, \lambda_4)}, \quad (5.14)$$

ya'ni, oqimlar yoki yoritilganliklar nisbati $\frac{E(\lambda_1, \lambda_2)}{E(\lambda_3, \lambda_4)}$ o'rnida shu oralig'larda oqimning o'rtacha spektral zichligini $\frac{I(\lambda_1, \lambda_2)}{I(\lambda_3, \lambda_4)}$ ishlatish mumkin. Bu nisbat monoxromatik nurlanish uchun quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{E(\lambda_2, T)}{E(\lambda_1, T)} = \frac{I(\lambda_2, T)}{I(\lambda_1, T)} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^5 e^{c_2 \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) T}. \quad (5.15)$$

Bu nisbatga Pogson formulasini qo'llasak,

$$\begin{aligned} \lg \frac{E(\lambda_2, T)}{E(\lambda_1, T)} &= 0,4(m(\lambda_1) - m(\lambda_2)) = \\ &= 5(\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2) + c_2 \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) T \cdot \lg e \end{aligned} \quad (5.16)$$

bu yerda $\lg e = 0.4343$; $C_{eq} = m(\lambda_1) - m(\lambda_2) = 2.5 \lg(E(\lambda_2, T) / E(\lambda_1, T))$ - rang ekvivalenti deb ataladi. Agar $C_0 = 12.5(\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2)$ belgilash kiritsak, u holda

$$C_{eq} = C_0 + 1.56 \cdot \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) T. \quad (5.16a)$$

Bundan temperatura $T = 1.56 \frac{\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}{C_{eq} - C_0}$ topiladi. Bu yerda, λ -

to'liq uzunligi sm larda. Bu formulalar monoxromatik nurlanishni ideal priyomnik bilan ideal sharoitlarda o'lchash uchun chiqarildi. Real sharoitlarda, Yer atmosferasida va teleskopning optik qismlari va sirtlarida yutilishi va sochilishi natijasida spektral tarkibi biroz o'zgargan yulduz nurlanishini ma'lum spektral sezgirlikka va o'tkazish polosaga ega priyomnik yordamida biror fotometrik tizmda o'lchaymiz. Yulduzning haqiqiy fizik ko'rsatkichini topish uchun sanab o'tilgan o'zgarishlar va xususiyatlar hisobga olinishi kerak. Biror λ_1 dan λ_2 gacha spektral diapazonni o'z ichiga olgan «K» fotometrik tizimda yulduziy kattalik

$$m_K = -2.5 \lg \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) \cdot p_\lambda(z) \cdot q_\lambda \cdot s_\lambda d\lambda + const. \quad (5.17)$$

Bu yerda $E(\lambda)$ - yoritilganlik, $p_\lambda(z)$ - Yer atmosferasining spektral o'tkazish koeffitsienti, q_λ - optik tizimning o'tkazish koeffitsiyenti, s_λ - nurlanish priyomnigini spektral sezgirligini belgilovchi koeffitsient. Konstanta yulduziy kattaliklar tizimi hisob boshini belgilash bilan bog'liq miqdor. Biror boshqa spektral diapazonda, masalan, λ_3 dan λ_4 gacha, va «I» tizimda berilgan yulduz ustida bajarilgan o'lchashlar m_I yulduziy kattalikni beradi, u holda rang ekvivalentligi quyidagicha hisoblanadi:

$$C_{KI} = -2.5 \lg \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) p_\lambda(z) \cdot q_\lambda \cdot s_\lambda^K d\lambda}{\int_{\lambda_3}^{\lambda_4} E(\lambda) p_\lambda(z) \cdot q_\lambda \cdot s_\lambda^I d\lambda} + const \quad (5.18)$$

Fotografik va fotovizual o'lchashlar natijasidan topilgan rang ko'rsatkichi $C = m_{pg} - m_v$ bilan yulduzning rang temperaturasi (T) orasidagi tajriba yo'li bilan topilgan bog'lanish quyidagi ko'rinishga ega:

$$T = \frac{7200}{C + 0,65^m}. \quad (5.19)$$

Asosiy fotoelektrik rang ko'rsatkichi (B-V) uchun bu bog'lanish quyidagicha:

$$T = \frac{7920}{B - V + 0,65^m}. \quad (5.20)$$

Shunday qilib, yulduzlarning rang ko'rsatkichlari ularning spektrida energiyani taqsimlanishini ko'rsatish bilan bir qatorda, ularning temperaturasini ham aniqlashga imkon beradi.

5.7.4. Bolometrik yulduziy kattalik va bolometrik tuzatma. Yuqorida ko'rib chiqilgan yulduziy kattaliklar tizimlari yulduzning har xil, ko'pincha, ixtiyoriy tanlangan, spektral diapazonlarda yorug'ligini ko'rsatadi va asosan nisbiy o'lchashlarda qo'llaniladi. Ular yulduzning haqiqiy energetik quvvatini, uning yorqinligini ko'rsata olmaydi. Yulduzning to'la energetik quvvatini ko'rsatuvchi kattalik **bolometrik yulduziy kattalik** deb ataladi. Bu ko'rsatkich yulduzning barcha tomonga va barcha, ultrabinafshadan to uzoq infraqizilgacha spektral diapazonlarda sochayotgan to'la energetik quvvatini belgilaydi. Bolometrik yulduziy kattalik (m_b), bolometr deb ataladigan va keng, ultrabinafshadan to infraqizilgacha bo'lgan, spektral diapazonda bir xil sezgirlikka ega bo'lgan noselektiv priyomnik yordamida o'lchanadi. Bunday o'lchashlar juda ko'p mehnat va xarajat talab qiladi va uni keng miqyosda amalda qo'llab bo'lmaydi. Buning o'rnida bolometrik tuzatma (Δm_b) hisoblanadi va vizual yulduziy kattalik (m_v) ga qo'shilb bolometrik yulduziy kattalik topiladi, ya'ni, $m_b = m_v + \Delta m_b$.

Bolometrik tuzatma yulduzning spektral sinfiga va yorqinlik sinfiga bog'liq. U yulduz spektrida energiyani taqsimlanish egri chizig'iga ko'ra hisoblab topiladi. Shuning uchun bir xil spektral va yorqinlik sinfga kiruvchi yulduzlarning bolometrik tuzatmasi bir xil bo'ladi. Quyida har xil effektiv temperaturaga, bosh ketma-ketlik (V), gigant (III) va o'tagigant (I) yorqinlik sinflariga kiruvchi yulduzlarning spektral sinflariga mos keladigan bolometrik tuzatmalari keltirilgan:

**Bosh ketma-ketlik, gigant va o'tagigant yulduzlar uchun
bolometrik tuzatma**

$\lg(T)$	Δm_b	Spektral sinf	Δm_b , bosh k-k	Δm_b , gigantlar	Δm_b , o'tagigant
5,0	-6,3 ^m	O5	-4,6 ^m		
4,8	-4,8	B0	-3,0		-3,0 ^m
4,6	-3,55	B5	-1,6		
4,4	-2,16	A0	-0,08		-0,7
4,2	-1,5	A5	-0,30		
4,1	-0,8	F0	-0,10		-0,2
4,0	-0,7	F5	0,00		
3,9	-0,15				
3,8	-0,05	G0	-0,03	-0,1 ^m	-0,30
3,7	-0,2	G5	-0,10	-0,3	-0,6
3,6	-0,9	K0	-0,20	-0,6	-1,0
3,5	-1,7	K5	-0,58	-1,0	-1,6
3,4	-3,1	M0	-1,2	-1,7	-2,5
3,3	-4,6	M5	-2,1	-3,0	-4
3,2	-7				

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, bolometrik tuzatma effektiv temperaturaga bog'liq va F5 sinfga kiruvchi yulduzlarning bolometrik tuzatmasi nolga teng. Undan o'nga va chapga tomon m_b kamayib boradi: bosh ketma-ketlik yulduzlarida 0 dan -4,6 va 0 dan -2,1 gacha, gigant yulduzlarda -0,1 dan -3,0 gacha o'zgaradi.

Savollar

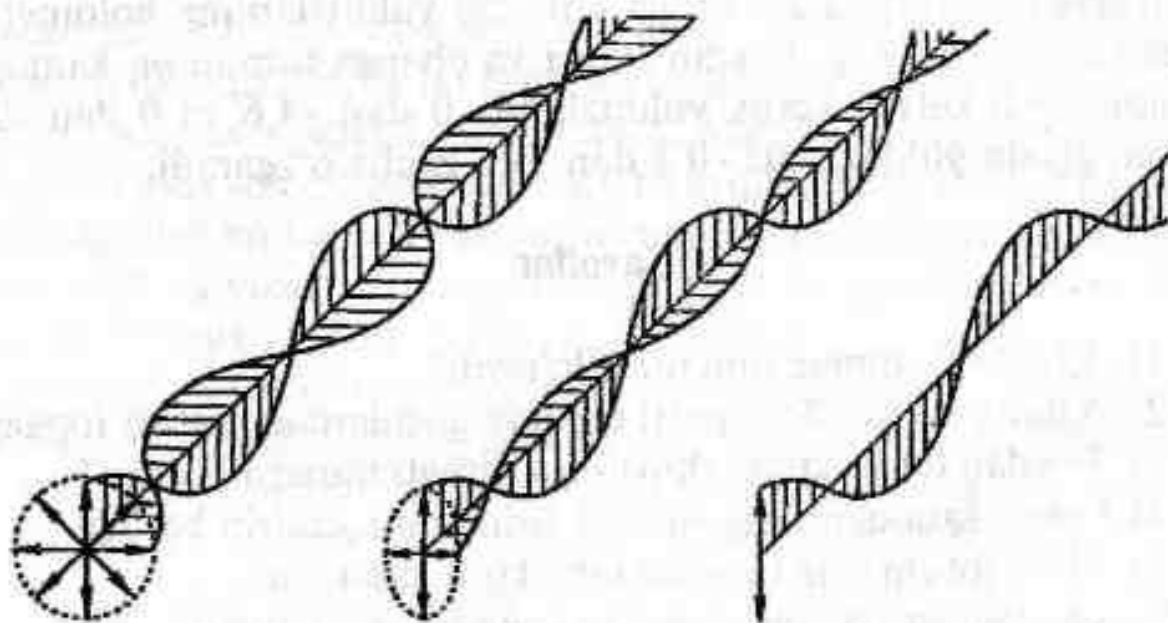
- 1). Elektrofotometr nimani o'lchaydi?
- 2). Yulduz elektrofotometri qanday qismlardan tashkil topgan?
- 3). Foydali fototokning shovqinga nisbati nimaga bog'liq?
- 4). Foton sanoqchining ishlash prinsipini gapirib bering
- 5). UBV fotometrik tizimda nimalar o'lchanadi?
- 6). Quyosh va Oyning yorug'ligi qanday o'lchanadi?
- 7). Kolorimetriya nima va u nimani o'lchaydi?
- 8). Olti rangli keng polosali kolorimetriya nimani o'rganadi?

- 9). O'rta polosali kolorimetriya qanday masalalarni yechadi?
- 10). Yulduziy kattalik va rang ko'rsatkichi nimani ifodalaydi?
- 11). Bolometrik yulduziy kattalik va bolometrik tuzatma nima?

5.8. Astropolyarimetriya

5.8.1. Osmon yoritqichlari nurlanishini qutblanganligi va uni tekshirishning mohiyati. Osmon yoritqichidan kelayotgan nurlanish o'zi bilan uni hosil qilayotgan muhitning fizik xususiyatlari to'g'risida turli-tuman ma'lumotlar keltiradi. Shunday ma'lumotlardan biri nurlanishning qutblanganidir. Agar nurlanish ichki qatlamlardan kelayotgan energiyani elektronlarda sochilishi natijasida hosil bo'lgan bo'lsa, u qutblangan bo'ladi. Yoki u magnit maydonda hosil bo'lsa, uning spektral chiziqlari turlicha qutblangan tashkil etuvchilarga ajraladi (Zeeman effekti). Qutblangan elektromagnit to'lqinlar elektrik (magnit) vektorning tebranishi ma'lum yo'nalishda maksimal va unga tik yo'nalishda minimal qiymat qabul qiladi. Bunday to'lqinda elektrik vektorning uchi fazoda aylana (tabiiy va notabiiy to'lqinlar yarim faza siljishga ega bo'lgani uchun) va turli eksentritetga(cho'zinchoqliqqa) ega ellips chizadi.

1949-yilda ko'pchilik yulduzlarning nuri qisman qutblanganligi aniqlandi. Yuz yildan buyon Oy sirtining ayrim qismlaridan qayt-



5.14-rasm. Elliptik (o'rtada), chiziqliy (o'ngda) qutblangan elektromagnit to'lqin.

gan nurlanish yoki sayyoralarning nurlanishi qutblanganligi ma'lum bo'lib kelmoqda. Quyosh tojining nurlanishini yoki zodiakal shu'laning qutblanganligi azaldan ma'lum bo'lgan. Toj nurlanishi fotosfera nurini elektronlarda, zodiakal shu'la esa, Quyosh nurini sayyoralararo muhitda (ekliptika tekisligida) chang zarralarda sochilishi natijasida hosil bo'ladi. Osmon yoritqichlari nurlanishini qutblanganligini tekshirish bilan shug'ullanadigan astrofizika bo'limi astropolyarimetriya deb ataladi.

Qaytgan nurning qutblanganligi fizika kursida ko'riladi. Masalan, suv sirtidan taxminan 55° (Bruster burchagi) burchak ostida aks qaytgan yorug'lik suratga tushirishda halaqit beradi. Bu yorug'likning qutblanganligini hisobga olib, uni fotoapparat obyektiviga o'rnatilgan polyaroid yordamida bartaraf etiladi.

5.8.2. Nurlanishning qutblanish darajasini aniqlash usuli. Tekshirilayotgan nurlanishning intensivligi I bo'lsin. U ikki qismdan iborat: qutblanmagan I va qutblangan I_q . Qutblanish yo'nalishini φ_0 burchak bilan belgilaylik. Elektrik vektor E ikkita tashkil etuvchiga ajratilishi mumkin: $E = E_\varphi + E_{\varphi+90^\circ}$. Nurlanishning intensivligi elektrik vektorning kvadratiga proporsional ekanligini hisobga olsak

$$I = I_\varphi + I_{\varphi+90^\circ}. \quad (5.21)$$

Bu yerda $I_\varphi = \frac{I_0}{2} + I_p \cdot \cos^2(\varphi - \varphi_0)$, $I_{\varphi+90^\circ} = \frac{I_0}{2} + I_p \cdot \sin^2(\varphi - \varphi_0)$.

$$I_{\varphi_0} = I_{\max} = \frac{I_0}{2} + I_p, \quad I_{\varphi_0+90^\circ} = I_{\min} = \frac{I_0}{2} \quad (5.22)$$

Nurlanishning qutblanish darajasi (P) quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$P = \frac{I_p}{I} = \frac{I_p}{I_0 + I_p}. \quad (5.23)$$

Odatda, qutblanish darajasi protsentlarda ifodalanadi: $p\% = 100 \cdot P$. (5.23) ga (5.22) ni qo'ysak:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}. \quad (5.24)$$

Bu yerda $I_{\max}$ — maksimal intensivlik yoki nurlanish oqimi va unga tik yo'nalishida intensivlik yoki nurlanish oqimi minimal qiymatga tushadi

I_{min} . Bu qiymatlar fotometr oldiga teleskopik tizimning optik o'qiga tik o'rnatilgan polyaroidni asta-sekin aylantirish yo'li bilan aniqlanadi. Astrofizik amaliyotda yulduziy kattaliklar bilan ish ko'riladi, shuning uchun maksimal va minimal yo'nalishda oqim quvvati nisbati sifatida topiladi, ya'ni

$$\Delta m_p = 2.5 \lg \frac{I_{max}}{I_{min}}. \quad (5.25)$$

Bu ifoda qutblanish darajasi P bilan quyidagicha bog'langan:

$P = \lg(0.461 \cdot \Delta m_p)$ yoki $\Delta m_p < 0,1^m$ bo'lgani uchun taqriban

$$P = 0,461 \cdot \Delta m_p \quad (5.26)$$

Agar analizator sifatida Vollaston prizmasi qo'llanilsa, u holda I intensivlikdagi nur bir-biriga tik yo'nalishlarda qutblangan ikkita, I_o oddiy va I_e nooddiy nurlarga ajraladi.

$$\Delta I = I_o - I_e = I_p \cos 2(\varphi_1 - \varphi_0). \quad (5.27)$$

I_p va φ_0 larni aniqlash uchun analizatorning uch xil burchakdagi (masalan, 60° ga farq qiladigan) holatlarida I intensivlik o'lchanadi va u holda

$$I_1 = 0,5[I_0 + I_p + I_p \cos 2(j - j_0)] = 0,5I_0 + I_p \cos 2(j_1 - j_0)$$

$$I_2 = 0,5I_0 + I_p \cos 2(j_1 + 60^\circ - j_0)$$

$$I_3 = 0,5I_0 + I_p \cos 2(j_1 + 120^\circ - j_0)$$

Trigonometrik almashtirishlar Fesenkovning quyidagi formulasiga olib keladi:

$$P = 2 \frac{\sqrt{(I_1 - I_2)I_1 + (I_2 - I_3)I_2 + (I_3 - I_1)I_3}}{I_1 + I_2 + I_3}. \quad (5.28)$$

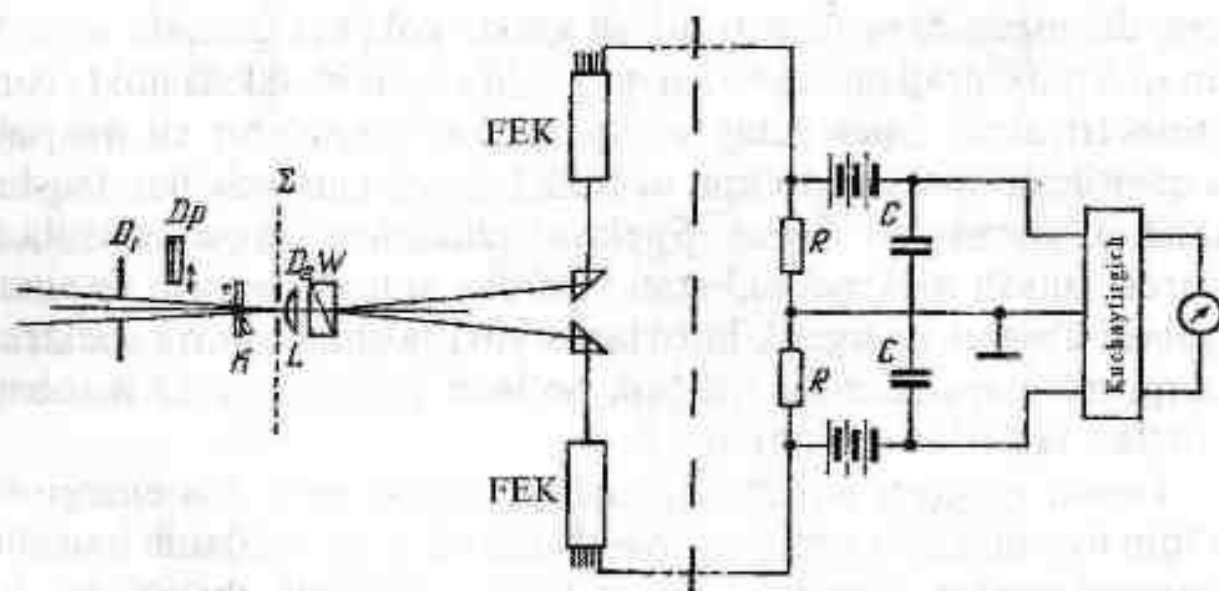
$$\lg 2(\varphi_0 - \varphi_1) = \sqrt{3} \frac{I_2 - I_3}{2I_1 - I_2 - I_3}. \quad (5.29)$$

5.8.3. Qutblanishni fotoelektrik o'lchash usuli. Qutblanishni o'lchashning eng aniq usuli elektrofotometr yordamida bajariladi. Bu ishni bajarish uchun ixtiyoriy elektrofotometr yaraydi, agar uning fotoelektron ko'paytkichi oldiga analizator o'rnatish mumkin

bo'lsa, shuning o'zi yetarli bo'ladi. Nur dastasiga perpendikulyar o'rnatilgan analizatorni (masalan, Vallaston prizmasi) optik o'q atrofida ma'lum burchakka aylantirib nurlanish oqimi o'lchanadi.

a). Yorug'lik modulatsiyasiga asoslangan polyarizatsion o'lchashga asoslangan elektrofotometr. Fotoelektron ko'paytuvchiga tushayotgan parallel nur dastasiga tik o'rnatilgan analizator optik o'q atrofida tez aylantiriladi. Fototok (5.21) formulaga ko'ra ikki marta katta chastota bilan sinusoidal o'zgaradi. Bu fototok kuchaytirgichning kirishiga tushadi va bu kirishga laboratoriya manbadan shunday chastotali o'zgaruvchan tok beriladi. Bu ikkita o'zgaruvchan toklar orasida hammavaqt fazalar farqi bo'ladi. Bu toklar orasidagi fazalar farqini asta-sekin 0° dan 360° gacha o'zgartiramiz. Natijada bu toklar dam qo'shiladi, dam ayriladi. Agar qo'shilgan toklar yozib borilsa, bu yozuvlardan I_p va φ_0 ni aniqlash mumkin.

b). Qutblangan nurlanishning ikkala tashkil etuvchilarini birga o'lchashga asoslangan elektrofotometr. Yulduz nurlanishining kuchsiz qutblanishini aniqlashda yuqoridagi usul yaramaydi. Chunki yulduzdan qayd qilinayotgan fluktuatsialanuvchi signal ichida kuchsiz sinusoidal signalni topish muammoli masala. Agar analizator sifatida Vallaston prizmasi ishlatilayotgan bo'lsa, undan oddiy I^0 va nooddiy I^{90} nurlanish chiqadi.



5.15-rasm. Qutblangan nurlanishning ikkala (oddiy va nooddiy) tashkil etuvchilarini birga o'lchaydigan differensial elektrofotometrning optik (rasmni chap qismi) va elektrik sxemasi (rasmni o'ng qismi). FEK — fotoelektron ko'paytgich (FEK).

Yulduz nurining miltillashi analizatoridan chiqqan ikkala tashkil etuvchiga (I^p , I^{no}) bir xil ta'sir etadi. 5.15-rasmda ko'rsatilgandek bir xil xususiyatlarga ega ikkita FEK yordamida qutblangan nurlanishning ikkala tashkil etuvchisi bir vaqtning o'zida o'lchanadi. Nurlanishi qutblanmagan manbadan bu FEK larga tushayotgan oqim ta'sirida hosil bo'lgan foto toklarni qarshilik va sig'imga orqali tenglashtirib olinadi. Shundan keyin tekshiriladigan yulduzni o'lchash boshlanadi. Standartlashtirilgan boshqa-boshqa FEK larda o'lchangan oddiy I^p va nooddiy I^{no} tashkil etuvchilarning ayirmasi yuqori aniqlikda o'lchanadi va galvanometrغا yoki o'zi yozuvchi priborga beriladi. Agar oddiy va nooddiy oqimlar teng bo'lsa, galvanometr nolni ko'rsatadi, teng bo'lmasa, oqimlar farqiga mos fototokni ko'rsatadi.

5.9. Astrospektrofotometriya

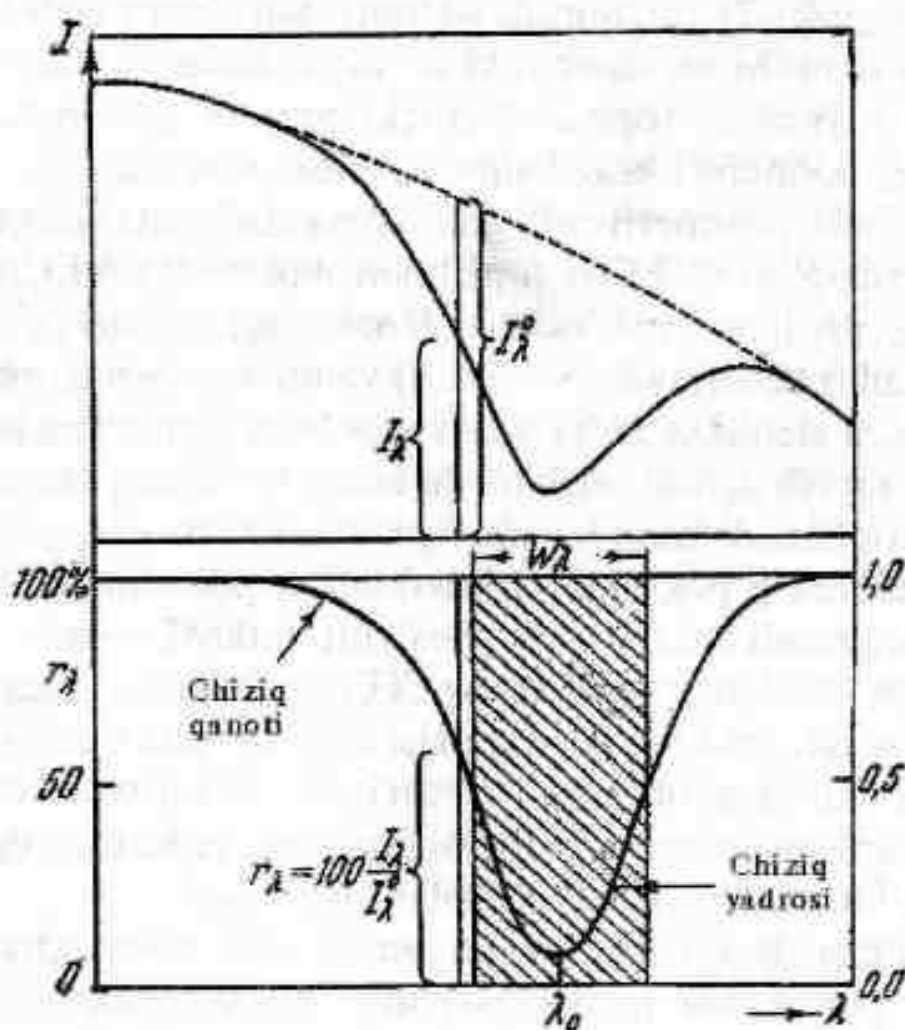
5.9.1. Astrospektrometriya masalalari. Osmon yoritqichlari spektrida intensivlikni (energiyani) to'liq uzunlik bo'yicha taqsimlanishini o'lchash va olingan natijalarga asosan yoritqichning fizik ko'rsatkichlarini aniqlash usullarini ishlab chiqish va astrofizik kuzatishlarga qo'llash masalalari bilan **astrospektrofotometriya** shug'ullanadi. Astrospektrofotometriya osmon yoritqichi spektrini fotometriyalash demakdir. Bunday masalalar yoritqich spektrining keng diapozonini egallagan tutash spektr yoki tor qismida joylashgan spektral chiziqlarga nisbatan qo'yilishi mumkin. Ikkala holda ham, fotometriyalash (spektrning yorug'ligini o'lchash) bir xil maqsadga qaratilgan: spektrda to'liq uzunlik bo'yicha intensivlikni taqsimlanishini topishdan iborat. Spektral chiziqlarni fotometriyalash, odatda, tutash spektrga nisbatan bajarilsa, tutash spektrni fotometriyalash absolut energetik birliklarda yoki boshqa birorta spektrida energiyani taqsimlanishi ma'lum bo'lgan yoritqich yoki manbaga nisbatan bajarilishi mumkin.

Tutash spektrni fotometriyalash yoritqich spektrida energiyani to'liq uzunligi bo'yicha taqsimlanishini va unga asosan **taqsimot temperaturasi**ni topishga imkon bersa, spektral chiziqlarni fotometriyalash spektral **chiziq profilini** topishga va unga asosan yulduz atmosferasida atomlarning uyg'onish va ionlanish temperaturasi, chiziqni hosil qilishda ishtirok etgan atomlar miqdorini (yulduz atmosferasining kimyoviy tarkibi), modda zichligini topishga imkon

beradi. Bu Astrospektrofotometrik masalalar an'ana bo'yicha, dastavval, faqat fotografik usul bilan bajarilgan, keyinchalik fotoelektrik usul ham qo'llanila boshlangan. Hozirgi zamonda fotoelektrik spektrofotometriya asosiy usulga aylangan.

5.9.2. Osmon yoritqichining tutash spektrini fotometriyalash.

Tutash spektrni fotometriyalashda past dispersiya ($0,01 \text{ \AA/mm}$, ya'ni bir mm spektr uzunligiga $100 \text{ \AA}$ to'g'ri keladi) li spektrlar qo'llaniladi va keng spektral diapozonda (500 nm) to'lqin uzunlik bo'yicha intensivlikni asta-sekin o'zgarish (tutash spektrda shunday) egri chizig'i topiladi. Bu ish spektrni fotoelektrik spektrofotometr yordamida dispersiya yo'nalishida, unga tik joylashgan tor tirqish orqali uzluksiz ravishda yozib olish yoki yetarli darajada ko'p, ketma-ket, ma'lum (spektral chiziqlardan xoli) tor tutash spektr oraliqlarida intensivlikni o'lchash asosida bajariladi.



5.16-rasm. Spektral chiziq atrofida tutash spektr yozuvi (yuqorida) va chiziq atrofini tutash spektr birliklarida ifodalangan profili.

a). Absolut spektrofotometriya. Absolut spektrofotometriya, odatda, noselektiv priyomniklar (bolometr yoki radiometr) yordamida bajariladi. Bunda, bolometr kolibrovkalangan bo'lishi kerak, ya'ni uning berilgan oqimga mos keladigan ko'rsatishi absolut energetik birliklar (erg/sek) da aniqlangan bo'lishi kerak. Tog' observatoriya-si sharoitida bunday ishlarni bajarish sermashaqqat va serxarajat bo'ladi va hamma vaqt bajarishga zaruriyat yo'q. Bu ish selektiv priyomnik yordamida ham bajarilishi mumkin. Bunday hollarda priyomnikning spektral sezgirligi hisobga olinishi va har bir spektral diapozon uchun priyomnik graduirovka (signallar shkalasini belgilash) qilinishi, ya'ni teleskop ob'yektiviga tushayotgan bir birlik energiya oqimiga qancha miqdorda fototaassurot (negativda - qorayish zichligi, elektrofotometrda esa - fototok) to'g'ri kelishi topilishi kerak. Bu masala ikkiga ajratilishi mumkin: 1) tushayotgan oqim o'zgarganda priyomnikda unga mos kelgan ko'rsatishlar bilan oqim quvvati orasidagi bog'lanishni topish; 2) priyomnik ko'rsatishlarining hisob boshini belgilash, ya'ni bir birlik oqim yoki yoritilganlikka mos keladigan fototaassurot qiymatini topish. Birinchi masala priyomnikni graduirovkalash, ikkinchisi esa, kalibrovkalash deb ataladi.

Fotografik fotometriyada graduirovkalash, negativni xarakteristik egri chizig'ini (XEC) topishdan iborat. Bu XEC intensivlik I bilan negativni qorayish zichligi D orasidagi nochiqiy bog'lanishni (5.7 formula) tasvirlaydi (5.2-rasm) va undan foydalanib, o'lchashdan topilgan zichlikka ko'ra, unga mos keladigan intensivlik topiladi. XEC ni topish uchun o'lchanishi kerak bo'lgan spektr surati tushirilgan fotoplastinkaning bir chetiga, shu spektrning yoki unga o'xshash spektrning pog'onali xiralatkich orqali olingan surati tushiriladi. Pog'onali xiralatkich spektrini mikrofotometr (5.1-rasm) yordamida o'lchab, negativning XEC tuziladi. Agar bog'lanish chiziqli bo'lsa, graduirovka masalasi hosil bo'lgan taassurotdan oqim quvvatiga o'tish koeffitsientini topish bilan yakunlanadi. Bu masalalar spektrida energiyaning taqsimlanishi m'alam bo'lgan yorug'lik manbai spektrini fotometriyalash yo'li bilan bajariladi.

Absolut spektrofotometriya masalasi kalibrovka qilingan elektrofotometr yordamida ham bajariladi. Bunday elektrofotometrning kirish tirqishi (u spektrning dispersiyasiga perpendikulyar holda bo'lishi shart) oldida yoritqich spektri tirqishga tik yo'nalishda asta-sekin qat'iy bir tekis tezlikda siljitilib va unda hosil bo'lgan fototok magnit

lenta yoki diskka yozib boriladi. Spektelni kirish tirqish oldida siljitish baroborida yozuv bo'ylab, unga to'liq uzunligi belgilari qo'yib boriladi. Bunday yozuvda dispersiya yo'nalishida to'liq uzunliklari va unga tik yo'nalishda intensivlik chiqadi. Shunday usul bilan lentaga yozib olingan yozuv yoritqichning spektri bo'ladi va u yoritqichning spektrida energiyani (nurlanish oqimi quvvatini) to'liq uzunlik bo'yicha taqsimlanishini ifodalaydi. Bu taqsimot egri chizig'iga tuzatmalar kiritish zarur. Birinchi tuzatma Yer atmosferasi bilan bog'liq.

Ma'lumki, Yer atmosferasida nurlanishning yutilish va sochilish miqdori uning to'liq uzunligiga bog'liq. Demak, atmosferadan o'tayotganda osmon yoritqichi spektrining tarkibi, unda energiyani taqsimlanishi biroz o'zgaradi. Yoritqichning haqiqiy fizik ko'rsatkichlarini topish uchun buni hisobga olish zarur. Ikkinchi tuzatma, teleskopning optik qismlari va sirtlarida nurlanishning yutilishi va aks qaytishi bilan bog'liq va bular ham to'liq uzunlikka bog'liq bo'lgani uchun, ular hisobga olinishi shart. Uchinchi tuzatma past dispersiyali spektrda ajralmaydigan spektral chiziqlarda energiyaning yutilib qolgan qismi bilan bog'liq. Tutash spektrda energiyani taqsimlanishini topish uchun o'lchashlar sof tutash spektrga tegishli bo'lishi kerak va chiziqlarda to'silib qolgan energiya hisobga olinishi kerak.

b). Nisbiy spektrofotometriya. Nisbiy spektrofotometriya oqimlar yoki yoritilganliklar nisbatini o'lchashga asoslanadi. Ma'lum spektral diapazon (markaziy to'liq uzunligi λ) da ma'lum o'tkazish sohasiga ($\Delta\lambda$) ega priyomnikda i -nchi yoritqichdan kelayotgan oqim ($F_{\lambda}^i \Delta\lambda$), hamma yoritqichlar uchun umumiy solishtirish spektrga ega bo'lgan yoritqichdan kelayotgan oqim ($F_{\lambda}^0 \Delta\lambda$) bilan ketma-ket o'lchanadi va bu yoritqichlarning monoxromatik yulduziy kattaliklari

ayirmasi $\Delta m_{\lambda}^i = m_i - m_0 = 2,5 \lg \frac{F_{\lambda}^0 \Delta\lambda}{F_{\lambda}^i \Delta\lambda}$ topiladi. Solishtirish yoritqichi

ustida bajarilgan o'lchashlar absolut bo'lishi shart emas. Xuddi shunday nisbiy o'lchashlar k -nchi yoritqich uchun ham bajariladi, yani

$\Delta m_{\lambda}^k = 2,5 \lg \frac{F_{\lambda}^0 \Delta\lambda}{F_{\lambda}^k \Delta\lambda}$ topiladi. U holda, bu yoritqichlarning monoxro-

matik yulduziy kattaliklari ayirmasi $\Delta m_{\lambda}^{ki} = \Delta m_{\lambda}^i - \Delta m_{\lambda}^k = 2,5 \lg \frac{F_{\lambda}^k \Delta\lambda}{F_{\lambda}^i \Delta\lambda}$

bo'ladi. Har xil spektral diapozonlar (λ) uchun bajarilgan bunday o'lchashlar yoritqichlarning ayirma spektrini beradi va unga asoslanib yoritqichlarning fizik xususiyatlari nisbiy o'rganiladi. Agar birorta yoritqich spektri aniq bo'lsa, ikkinchi yoritqich spektri ham aniqlanadi.

Yoritqichning temperaturasini uning tutash spektrida intensivlikni o'zgarishidan baholash mumkin. Ma'lumki, yoritqichning sirt

ravshanligi $B(\lambda, T) = \frac{I(\lambda, T)}{\pi}$ va (5.12) formuladan λ to'liqida uning yulduziy kattaligi

$$m_\lambda = \text{const} + 12,5 \cdot \lg \lambda + \frac{1,086 \cdot c_2}{\lambda T} + 2,5 \cdot \lg \left(1 - \exp \frac{c_2}{\lambda T} \right) \quad (5.30)$$

va ikkinchi yoritqich uchun

$$m_\lambda^0 = \text{const} + 12,5 \cdot \lg \lambda + \frac{1,086 \cdot c_2}{\lambda T^0} + 2,5 \cdot \lg \left(1 - \exp \frac{c_2}{\lambda T^0} \right). \quad (5.31)$$

Ular ayirmasi

$$\Delta m_\lambda = m_\lambda - m_\lambda^0 = 1,086 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T^0} \right) \cdot \frac{c_2}{\lambda} + 2,5 \lg \frac{1 - \exp \frac{c_2}{\lambda T^0}}{1 - \exp \frac{c_2}{\lambda T}}.$$

Yulduzlarda $1 - \exp \frac{c_2}{\lambda T^0}$ kam o'zgaradi, shuning uchun yuqoridagi ifodada oxirgi hadni tushirib qoldirish mumkin. U holda,

$$\Delta m_\lambda = \frac{1,086 \left(\frac{c_2}{T} - \frac{c_2}{T^0} \right)}{\lambda} \quad \text{va} \quad \beta = 1,086 \left(\frac{c_2}{T} - \frac{c_2}{T^0} \right) \quad \text{belgilash kiritsak, u}$$

Δm_λ bilan $1/\lambda$ orasidagi chiziqli bog'lanishning ($\Delta m_\lambda = \beta \cdot \frac{1}{\lambda}$) burchak koeffitsienti bo'ladi. Agar T^0 -absolut qora jismning temperaturasi va Δm_λ tekshirilayotgan yulduz bilan T^0 temperaturali yulduz yorug'liklari ayirmasi bo'lsa, u holda, yulduzning temperaturasi

$$T = \frac{c_2}{\frac{c_2}{T^0} + 0.921 \cdot \beta} \quad (5.32)$$

Bu temperatura gradatsion temperatura deb ataladi.

Savollar

- 1). Astrospektrofotometriya nima bilan shug'ullanadi?
- 2). Tutash spektrni fotometriyalash yo'li bilan nimalar topiladi?
- 3). Absolut spektrofotometriyalash qanday amalga oshiriladi?
- 4). Nisbiy spektrofotometriyalash qanday bajariladi?

5.9.3. Yoritqichning spektral chiziqlarini fotometriyalash. Tutash spektr, bu har xil rangli nurlarning ma'lum tartibdagi ketma-ketligi, ular orasida intensivlikni uzilishi ro'y bermaydi. Qizil nurlar bilan sariq nurlar orasida ularning aralashmasidan iborat nurlar joylashadi. Spektrofotometriyada rangli fotomateriallar (fotoplyonka yoki fotoplastinka) qo'llanilmaydi, balki oq-qora tasvir beradigan fotoplastinka (plenka) qo'llaniladi. Ilmiy maqsadlarga mo'ljallangan bunday fotoplastinkalarda olingan yoritqich spektrining surati **spektrogramma** deb ataladi. U oq-qora tasvir bo'lib, **negativ** deb ataladi, unda yorug'lik ko'p tushgan joylar kam tushgan joylarga qaraganda qoraroq chiqadi. Shunday qilib, yoritqich spektrogrammasida intensivlikning taqsimlanishi uning spektritikiga teskari. Spektrogrammada spektral chiziqlar tutash spektrning uzilish joylarini eslatadi. Aslida, bunday emas, tutash spektr uzilmagan, faqat uning intensivligi, negativda qoraligi pasaygan, xalos. Spektrda qora holda ko'ringan chiziqlar spektrogrammada oq chiziq yoki tutash spektrning «uzilishi» sifatida ko'rinadi. Spektrdagi chiziqlarning qoraligi (spektrogrammada, aksincha, oydinligi) va kengligi har xil bo'ladi. Odatda, chiziqning o'rtasi (markazi), uning eng qora (negativda oq) joyi bo'ladi. Bu joy chiziqning markaziy chastotasi (ν_0) yoki to'lqin uzunligi (λ_0) ga mos keladi. Qoralik (negativda, oydinlik) markazdan ikkala tomonga kamayib boradi. Chiziq ichidagi ma'lum chastota (n) yoki to'lqin uzunlik (λ) da qoralik (negativda, oydinlik) bu chastotada yoritqichdan kelayotgan monoxromatik oqim zichligiga bog'liq. De-

Amaliy astrofizikada yorug'lik manbalaridan kelayotgan nurlanishlar oqimini ulchaydigan bo'limga astrometriya deyiladi. Nurlanishlar oqimini o'lchash orqali yulduzlar, gallaktikalar, tumanliklar va boshqa astronomik ob'ektlar xakida ma'lumot tuplanadi, va taxli kilinadi. Nurlanishlar oqimini vizual fotografik va fotoe'lektirik usullardan foydalaniladi. M-n; vzual kuzatish yordamida, ya'ni kurollanmagan kuz orqali bizning e'ramizdan 2 asr avval yashagan Gipparx uzi kuzatgan yulduzlarni, uzaro taqqoslash orqali 6 ta sinfga ajratib bergan.

Fotografik usulning yaratilishi bilan osmon yoritkichlaridan kelayotgan yorug'lik oqimi tulikroq o'rganila boshlandi. Keyinchalik fotoe'lektirik usul yaratildi. Bu usul yuqorida kursatilgan usullardan ko'p jixatdan uzining afzalliklariga e'ga. SHuning uchun xozirgi kunda fotoe'lektirik usuli asosan astrofizik o'lchashda kulanilmoqda va u takomillashib bormoqda. Bularga misol qilib; fotoe'lektron kuchaytirgich (FE'U). E'lektron optik almashtirgich (E'OP)

Fotoqarshiliklar va fotodiodlarni olish mumkin. Astrofizik manbalarning va yulduzlarning spektridagi e'nergiyaning taqsimotini tekshirish ko'p rangli fotometriyani kelib chikishiga sabab bo'ldi. Bu usulda nurlanish oqimlari aniq chegaralangan spektr sohalarida olib boriladi va bu vaqtda Pogson formulasidan foydalaniladi.

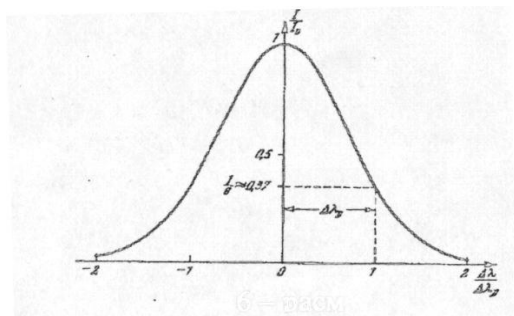
M:

kuzatish vaqtidagi e'ffektiv to'liqin uzunligi $\lambda_0 = 5500 \text{ \AA}$ da m_0 - yulduz kattaligi 0 ga teng

deb qabul kilinganda undan kelaetgan eritilganlik E_0 nurlanish er atmosferasining Tashqi sirti $E_0 = 2.5 \cdot 10^{-6}$ lk yoritilganlikni xosil qiladi. Yulduz kattaliklar farqi, yulduzlardan kelayotgan nurlanishlar to'liqin uzunliklariga boglik va bu boglanish quyidagi qonun asosida $\Delta m = m_2 - m_1 =$

$2.5 \lg \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$ asosida ifodalanaadi. YOqi $s = m_2(\lambda_2) - m_1(\lambda_1) = -2.5 \lg \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$ shu usulda

aniqlanadi. Bu erda s - yulduzlar yorug'liklarini farqi bo'lib, uni rang ko'rsatkichi deb ataladi. Rang ko'rsatkichi qancha katta bo'lsa, yulduz «qizilroq» bo'ladi. YOritkichlar spektridagi e'nergiyaning taqsimlanishini o'rganadigan tizimga fotometrik tizim deyiladi. Bu tizimda asosiy xarakterli xossasi e'ffektiv to'liqin uzunligini (λ_0) ni tanlash va shu sohaga tegishli bo'lgan nurlanish tasmachasining yarim kenglikni $\Delta \lambda$ olish orqali olib boriladi.



Bu 2 ta kattalik yorug'lik filtrlari yordamida tanlanadi. Bundan tashqari e'nergiya taqsimotini o'rganishda er atmosferasining xususiyatlarini xisobga olish talab e'tiladi. CHunki manbalardan kelayotgan nurlanishlar er atmosferasida sinadi, sochiladi, yutiladi va utadi. Bu xossalar er atmosferasining fizik xolatiga kimyoviy tarkibiga boglikdir. Fotometrik sistemalardan tashqari fotometrik standrtlardan foydalanish zarur, yahni bu standartda aniq yulduzlarning nurlanishi ulchanib bu ulchanish natijasida ma'lum bir chegaraviy shartlar kuyish orqali bir biridan ajraladi. Bu chegaraviy shartlar asosan nurlanish oqimini ulchaydigan asboblarga kuyiladi. Agar kuzatuvchi asbob chegaraviy sistema shartni kanoatlanirsa, u xolda bu kuzatish asboblari kuzatish uchun loyik deb topiladi. SHunga asosan, fotometrik tizimlar:

1. Keng sohali
2. Urtacha sohali
3. Tor sohali tizimga bulinadi.

Keng sohali tizimda yarim kenglik $\Delta\lambda > 300\text{\AA}$ bo'ladi.
 Urtacha sohali tizimda $\Delta\lambda > 100\text{\AA}$ dan $300\text{\AA}$ gacha bo'lishi kerak.
 Tor sohadagi $\Delta\lambda > 100\text{\AA}$ bo'lishi kerak.

Keng sohali fotometrik tizimni xosil qilishda dastavval 3 ta filhtrdan foydalanilgan. Ular U.V.B

U- ultrabinafsha nurlar sohasi uchun $\lambda_{e,f} = 3500\text{\AA}$

V- sarik, yahni vizual nurlar sohasi uchun $\lambda_{e,f} = 5550\text{\AA}$

B- Kuk nurlar sohasi uchun $\lambda_{e,f} = 4850\text{\AA}$

Ultrabinafsha nurlar uchun e'ffektiv to'lqin uzunligi $3500\text{\AA}$

Bu filtrlar yordamida yulduzlarni kuzatish usuli, yahni standarti tanlab olinadi. Bunda U-B, B-V sistemasidan foydalaniladi. Bunday usulda 53000 mingdan ortik yulduzlar e'nergiya taqsimoti o'rganilgan va ma'lum bir sistemaga solingan. Xozirgi vaqtda yuqoridagi filtrlarga qo'shimcha qilib qizil, infraqizil ko'rsatkichiga e'ga bo'lgan R., I 2 ta filtr qo'llaniladi. Bu 5 ta filtrlar yordamida aniqlangan sistemaga 5 rangli fotometrik sistemalar deyiladi. AKSH va Meksikalik astrofizik olimlar tomonidan yana 7 ta rang ko'rsatkichiga e'ga bo'lgan filtr kiritildi va shunga asoslangan xolda 12 ta rangli fotometrik tizim yaratildi. Keyingi kiritilgan rang ko'rsatkichlari asosan infraqizil nurlar sohasiga tegishli bo'lib, ularning belgisi I.L.K. M.N.K. va E ($\lambda = 162\text{ mkm.}$)

Urta va tor sohadagi fotometrik tizimni xosil qilish keng sohadagiga nisbatan ancha murakkabdir. Bunda maxsus usuldan foydalaniladi. Bu sohalarda xam e'nergiya taqsimotini o'rganish 4 ta rang ko'rsatkichli filhtrdan foydalanib, 105000 ta yulduz aniqlangan va ma'lum bir tizimga joylashtirilgan bu erda 4 ta rang ko'rsatkichi N_β ning β chizigiga moslashtirib soha toraytiriladi. Vilnyusda astrofizik kuzatish uchun 7 ta rang ko'rsatkichiga e'ga bo'lgan filtrlardan foydalanib 2000 ta yulduz fotometrik tizimga kiritilgan. Tor sohada kuzatish ishi asosan infraqizil nurlar sohasida olib borilgan bo'lib unda 6 rangli fotometrik tizim yaratilgan. Bu sohadagi o'tish yarim kengligi 0,045 dan 0,068 mkm ga tengdir.

Xozirgi kunda fotometrik tizim xosil qilishda kuzatish ishlari atmosferadan tashqarida kosmik apparatlar yordamida aniqlanmoqda. Nurlanish e'nergiya oqimini o'lchash orqali fakatgina fotometrik tizim yaratishdan tashqari yorug'lik manbalarining xaroratini aniqlash mumkin. Bunday usulni kollorometriya deyiladi. Bu usulda quyidagi qonuniyat bajariladi.

$$T = \frac{7000}{2.5 - V + 0.57} \text{ (K)}$$

Bundan tashqari yorug'lik manbalaridan kelayotgan miqdor jixatidan kichik bo'ladigan nurlanishlarni o'lchash xam aloxida ahamiyatga e'ga. Bunday nurlanishlarni aniqlashda foton sanoqchi usulidan foydalaniladi. Bu asboblarda chaknash yoqi Cherenkov e'ffekti yoqi Kompton e'ffektiga o'xshash ishlash printipiga e'ga bo'ladi. Bu xisoblagichlar yordamida birlik vaqt ichida kelayotgan kosmik nurlar miqdori yahni e'nergiya aniqlanadi.

Tayanch suz va iboralar: nurlanish, fotometrik standart, fotometrik astrometriya, rang ko'rsatkichi, yarim kenglik, filtrlar, foton sanoqchi.

Savollar:

1. Astrofotometriyaning asosiy maqsadi nima?
2. Fotometrik standartlarni o'rganishda qo'llaniladigan asboblarda sohalarda?

Mavzu: Spektrofotometriya...

Reja.

- 1. Spektrofotometriyaviy masalalar.**
- 2. Absolyut va nisbiy spektrofotometrik o'lchashlar.**
- 3. Spekttr chiziqlarini fotometrlash.**
- 4. Yulduzlarni xaroartini va radiusini spektrofotometrik usulda aniqlash.**

Osmon yoritkichlar spektrida intensivlikning to'liq uzunligi buyicha taqsimlanishini o'lchash va undan olingan natijalar asosida yoritkichlarning fizik ko'rsatkichlarini aniqlash imkoniyatlarini kursatib beruvchi bo'limga ya'ni yunalishiga astrospektrofotometriya deyiladi. Kuyilgan masalani xal qilishda tutash spektrlardan va tor sohadan spektral chiziqlar asosida xal kilinadi.

E'nergiyaning spektrda taqsimlanishini to'liq uzunligiga boglik, shuning uchun tutash va tor diapazondagi spektrlarni fotometrlash bir xil maqsadga muljallangan bo'ladi. Spekttr chiziqlarini fotometrlashda tutash spektrga nisbatan bajarilsa, uning fotometrlashdagi ulchov birligi absolyut e'nergetik birlikda yoqi spektrida

E'nergiya taqsimoti aniq bo'lgan yoritkichga nisbatan bajariladi. Tutash spektrni fotometrlash yoritkich spektrida to'liq uzunligiga mos ravishda e'nergiyaning taqsimlanishi topish orqali yoritkichning xaroratini aniqlash imkoniyati bo'ladi. Spekttr chiziqlarining fotometrlash orqali e'sa spekttr chizigining profilini topib, u orqali yulduz atmosferasidagi atomlarning uygonish va ionlanish xarorati, shu spekttr chizigini xosil kilgan atomlar miqdori va modda zichligi topiladi.

Xozirgi astrofizik kuzatishlarda yoritkich spektrini fotometrlash usuli 2 xildir.

1. Fotografik usul
2. fotoe'lektrik usuldir.

Fotografik usulda spektrofotometrlash sohasi fotoe'mulhsianing xarakteristik e'gri chizigiga moslab tanlanadi.

Fotografik usuldan kura fotoe'lektr spektrofotometriya usuli xozirgi kunda kengroq kulanilmoqda. Fotometrlash tutash spektrda bajarilayotgan bo'lsa, bunda kichik dispersiyaga e'ga bo'lgan spektrografdan foydalanish mumkin. Bunda e'ffektiv to'liq uzuknligi $5000\text{\AA}$ bo'lib, keng spektral diapazonda e'nergiyaning taqsimot e'gri chizigi aniqlanadi. Bu vaqtda fotoe'lektrik spektrometr dispersiya yunalishida tik joylashgan tor tirkish yordamida yoqi etarli darajada ko'p ketma-ket tor tutash spekttr oraliklarida spekttrning intensivligini o'lchanadi. Fotometrik o'lchashlarda absolyut spektrofotometriya usuli va nisbiy spektrofotometriya usuli qo'llaniladi. Absalyut spektrofotometriyada balometr yoqi radiometr ishlatiladi. Bu ulchaydigan asboblal kuzatish ishiga moslashtirilgan va sozlangan bo'lishi kerak, buni kalibrovka va gradirovka deyiladi.

Balometrni kalibrovklash deyilganda unga berilgan xar bir oqimga mos keladigan absalyut e'nergetik birliklar aniq bo'lishi kerak bu vaqtda priyomnikning (qabul kiluvchining) spektral sezgirligi e'htiborga olinib, xar bir spektral diapazon uchun uni sozlash kerak. Bu masala 2 yo'l bilan bajariladi.

1. Ballometrga tushayotgan oqim uzgarganda bu uzgarishga mos keluvchi oqim kuvvatini aniqlab beruvchi boglanishni kursatish orqali.
2. Xisob boshini tanlash orqali bajariladi.

Fotoe'lektrik spektrofotometriyada moslashtirilgan priyomnik yordamida yoritkich spektri e'nergiya taqsimoti buyicha yozib olinadi. YOzib olingan taqsimot e'gri chizigi taxlil qilish jarayonida nurlarning er atmosferada sochilish yutilish teleskop optik kismlarida kaytish sinish yutilish xodisalari past dispersiya e'ga bo'lgan spekttr chiziqlarida e'nergiyaning yutilish xisobaga olinishi kerak. Yuqoridagi xodisalariga tegishli bo'lgan tuzatmalarni xisoblab, yozib olingan taqsimot e'gri chizigidan sof xoldagi e'gri chizigini ajratib olinadi.

Nisbiy spektrofotometriyada yoritkichlardan kelayotgan oqimlari yoqi yoritilganliklarini uzaro taqqoslash orqali aniqlanadi. Buni chukurroq taxlil qilish maqsadida quyidagi misoldan foydalanish mumkin.

I-yoritkichdan kelayotgan nurlanish e'neriyasi $\Delta\lambda$, λ uchun yorug'lik oqimi F_{λ}^i $\Delta\lambda$ i orqali belglanadi va shuto'liq uzunligiga mos keluvchi e'talon yulduzning oqimi aniqlanadi. Xuddi

shunday usulda k-yulduzning $F_{\lambda}^k \Delta\lambda^k$ yorug'lik oqimi o'lchanadi va shu oqimga mos keluvchi yulduz kattaliklari ayirmasi topiladi. $\Delta m_i = 2.5 \lg \frac{\phi_{\lambda}^0 \Delta\lambda^0}{\phi_{\lambda}^k \Delta\lambda^k}$ (1)

$$\Delta m_i = 2.5 \lg \frac{\phi_{\lambda}^0 \Delta\lambda^0}{\phi_{\lambda}^k \Delta\lambda^k} \text{ va ularni } \Delta m_i = 2.5 \lg \frac{\phi_{\lambda}^0 \Delta\lambda^0}{\phi_{\lambda}^k \Delta\lambda^k} \text{ ikkalasini taqqoslab ayirmasini}$$

olamiz. $\Delta m_k^{ik} = 2.5 \lg \frac{\phi_{\lambda}^k \Delta\lambda}{\phi_{\lambda}^i \Delta\lambda}$ bu kattalik uz navbatida xarorat bilan boglik bizga mahlumki

fotometriya qonunlarining sirt ravshanligi xaroratga boglikligi $B(\lambda, T) = I(\lambda, T)/\pi$ orqali aniqlanadi.

Yulduz kattaliklar ayirmasi λ ga boglik xolda quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta m_k^{ik} = 2.5 \lg \frac{\phi_{\lambda}^k \Delta\lambda}{\phi_{\lambda}^i \Delta\lambda} = 1,086 \left(\frac{C_2}{T} - \frac{C_2}{T^0} \right)$$

Bu erda S – rang ko'rsatkichi, T^0 e'talon xarorati. Aniqlanayotgan yulduzning xaroratini xisoblashda quyidagi belgilash kiritiladi $\beta = 1,086 \left(\frac{C_2}{T} - \frac{C_2}{T^0} \right)$ va yoritkichning xarorati

aniqlanadi.

$$T = \left(\frac{C_2}{\frac{C}{T^0} + 0,921\beta} \right)$$

β - tajribada aniqlanib taqqoslanayotgan yulduzning gradiuon xaroratini aniqlash imkoniyatini yaratadi.

Demak, mana shu usul bilan yulduzlarni xaroratini aniqlash mumkin ..

Bundan tashqari yoritgichlarni o'lchamini xam spektroskopiya yo'li bilan uzaro taqqoslash orqali aniqlanadi. YOritkichlarning radiusini aniqlashda 2 ta usul bevosita va bilvosita usuldan foydalaniladi.

1-usul. Yulduzlarning interferometriyasi asosida bajariladi va yulduzning diametri

aniqlanadi. $\lg \frac{\varphi}{2} = \frac{d}{2r} = d = 2r \lg \frac{\varphi}{2}$ d-chiziqli diametr r-yulduzdan bizgacha bo'lgan masofa

φ - burchak diametri yulduz interferometri 2 ta Kude tipida ishlaydigan teleskoplar olinib ular bir- birdan L masofada joylashtiriladi. Ular yordamida yigilgan nurlar ikkalasi uchun umumiy bo'lgan fokusda yigiladi. Va interferenuion manzaralarda xosil kilinadi. Interferenuion manzaraning markaziy kismi yulduzning ko'rinma burchak diametriga teng bo'ladi. Bu teleskoplarining ajratish kobiliyati 10^{-4} yoy.s ga tengdir. Bu usulning ob'ektiv diametri 6m bo'lgan teleskoplarda xam kullash mumkin. Bunda 2 ta bir-biridan L masofada bo'lgan tor tirkish olinadi. Tanlangan to'lqin uzunligi uchun interferenuion manzara teleskopning fokusida xosil kilinadi . Kuzatish asosan to'lqin uzunligi $\lambda=0,55\text{mkm}$ uchun bajarilsa, ajratish yoqi burchak diametri $\alpha^4=5,7/L$ qonun asosida aniqlanadi.

2-usul.

Bilvosita usul bo'lib bunda e'sa yulduzga tegishli bo'lgan boshqa fizik ko'rsatkichlar asosida aniqlash usuliga aytiladi.

$$R_0 = \sigma T^4. \quad L_0 = 4\pi R_0^3 \sigma T^4 \quad \text{Quyosh tula chikargan e'nergiyasi.}$$

$$L = 4\pi R^3 \sigma T^4 \quad \text{-- yulduzning tula chikish e'nergiyasi}$$

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^3 \left(\frac{T}{T_0}\right)^4 = \left(\frac{R}{R_0}\right)^3 = \frac{L}{L_0} \left(\frac{T_0}{T}\right)^4 \quad R = R_0 \sqrt[3]{\frac{L}{L_0} \left(\frac{T_0}{T}\right)^4}$$

SHu qonun asosida biz istalgan yoritgichning radiusini aniqlash mumkin.

Spektrofotometriya yo'li bilan spektr chiziqlarini fotometrlash jarayonida spektr chiziqlarining yulduzlarni fizik xolatiga kimyoviy tarkibiga bog'lik e'kanligini bilish aloxida ahamiyatga e'gadir.

Kuzatilayotgan yulduz spektrida uygongan va ionlashgan atomlarga tegishli bo'lgan chiziqlar kuzatiladi. Ularning kuzatilishi yulduz atmosferasida shu e'lementlarning mavjud e'kanligi tasdiqlanadi. Bundan yulduzning kimyoviy tarkibi aniqlanadi. Xaroratning ortishiga bog'lik ravishda spektr chiziqlarining yarim kengligi kattalashadi. Bu kengayish yulduz xaroratining uzgarishi aniqlashga imkon beradi.

Spektr chiziqlaridagi siljish xodisasi yulduzlarning uz uki atrofida aylanishini aniqlab berishga yordam beradi. Spektr chizigini qizil yoqi binafashaga siljishini Dopler e'ffektidan foydalanib aniqlanadi. Bundan tashqari spektr chiziqlari yulduz atmosferasining magnit maydonini mavjud e'kanligi xakida xam mahlumot beradi. Bu mahlumot Zeeman e'ffekti orqali aniqlanadi. Zeyman e'ffekti deyilganda magnit maydoniga kirgan zaryadli zarrachalar uzining e'nergetik xolatini uzgartiradi. Bu uzgarish kuzatilayotgan zarrachaning xarakteristik chizigini 2 ta spektr chiziga ajralishiga sabab bo'ladi.

Tayanch suz va iboralar: spektr, siljish, kalibrovka, gradirovka, ravshanlik, xarorat.

Savollar:

1. Spektrofotometriyaning asosiy masalalari nimalardan iborat?
2. Spektr chiziqlarini fotometrlash usullarini ayting?
3. YOritkich xarorati va radiusi qanday aniqlanadi?

Mavzu – 8. Astrofotometriya. Fotografik standart yulduzlar.

Nurlanishning qayd kiluvchi kurilmalar. (qo'shimcha o'qish uchun).

Reja.

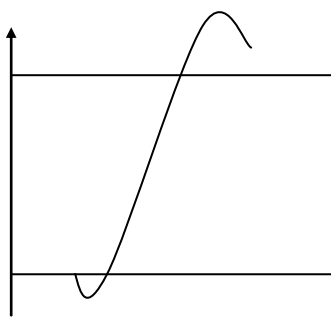
1 Odam kuzi va uni sezish xususiyati.

2 Fotoe'mulsiya va uni sezgirlashtirish.

3 Fotoe'lektrik qayd qilish.

Astrofizik kuzatishlarda xuddi shuningdek astronomiyada uzoq vaqt davomida yoritkichlarni o'rganish va taqqoslashda inson kuziga yorug'likni tasiri orqali olib borilgan inson kuzining sezish imkoniyati 3900Å dan 4600Ågacha bo'lgan sohani uz ichiga oladi. Uning sezish miqdori bu chegaralardan tashqarida 0 ga tengdir. Inson normal kurish 1s ga 1000 ta kvant tushgan vaqtdan bog'lab sezish mumkin. SHunga asosanib Gipparx tomonidan kurollanmagan kuz yordamida 6^m – yulduz kattaligidagicha yulduzlarni kurish mumkin. va shunga asosanib kuzatiladigan barcha yulduzlarni sinflarga ajratishni taklif e'tgan. Inson kuzi bulayotgan xodisanni ma'lum bir vaqt davomida kuzata olish mumkin ya'ni uning kuzatish davomiyligi kiskadir. Bu usul fotoplastinkalarning yaratilishigacha kullanib kelingan.

Fotoplastinkalar yordamida yorug'likning manbalaridan kelayotgan nurlanishni plastinka sirtiga surtilgan yorug'lik tasirda kimyoviy jarayon xosil bo'lishi orqali yorug'lik manbalarining tasviri xosil kilinadi. Bunday ta'sirni bilish uchun maxsus kimyoviy aralashma ya'ni fotoe'mulsiya tayyorlanadi. Xosil kilingan fotoe'mulsiyaning sezgirligi uning tarkibida mavjud bo'lgan kumush atomlari va galloidlar ya'ni brom bilan yod miqdoriga boglikdir. Bizga ma'lumki kumush Bromid kristallarini xosil qiladi. Xosil bo'lgan kristallarning o'lchami 1mkm ga teng bo'ladi. Bu e'mulsiyaga tushgan yorug'likning urilishi ta'sirida bunday kristallik panjaralari bo'ylab brom atomining Tashqi e'lektronlari xarakatlanadi va ular kumush atomlaridan iborat bo'lgan markazga yigiladilar. Bu markazlarni sezgirlik markazlari deb ataladi. Sezgirlik markazlarining miqdori ortgan sari fotoe'mulsiyani markazlari ortadi. Natijada plyonka korayadi. Korayish darajasi yoritilganlik e'kspozuiiya vaqtiga boglikdir. Korayish darajasini ifodalovchi diagramma quyidagicha ifodalanadi.



$$D = \lg \frac{I}{I_0}$$

$$D = f \lg (E \cdot t) \quad D \text{ -- korayish darajasi}$$

I – tushayotgan yorug'lik intensivligi

I₀ – utib ketgan yorug'lik intensivligi

$$\lg \frac{I}{I_0} \lg (E \cdot t) \quad \lg (E \cdot t) \text{ -- korayish}$$

Birinchidan.- korayish darajasi yoritilganlik bilan e'kspozuiiya vaqtiga boglik.

Bu usulning uziga xos kamchiligi fotoe'mulsiyaning korayishi nochiziqlidir. Undan tashqari bu usulda uziga kelayotgan yorug'likni fakatgina 5-7 % ni ulchay oladi. Uning afzalliklari bu usulda olingan fotosuratlarni takroriy tekshirish mumkin.

Ikkinchidan.- Negativda ulkan informaiiya yigilgan bo'ladi.

Uchinchidan.- Negativda osmon keng sohasining surati chikadi.

Turtinchidan.- Fotosuratlarda tez uzgaruvchan jarayonlar aniqlanadi.

Fotoe'mulsiya usulidan tashqari yorug'lik miqdorini o'lchash uchun fotoe'lementlardan foydalaniladi. Bu fotoe'lementlar fotoplastinkaga o'xshash teleskop ob'ektivining fokusiga urnatiladi. Fotoe'lemenlarda fotoe'fekt xodisasiga asoslangan xolda yorug'lik nurlanishlari e'lektr toqiga aylantiriladi. Fotoe'lementlarda katod metaldan, yarim utkazgichlardan yasaladi. YAsalgan katod ishlatilish sohasiga karab chikish ishiga moslab turib maxsus usul bilan yasaladi. Bu fotoe'lementlar yordamidan yorug'lik manbaidan kelayotgan nurlanishlar qayd e'tiladi. Bu fotoe'lementarlarni

yasalishida katodning qanday kimyoviy birikmadan yasalganligi aloxida ahamiyatga e'ga. Astrofizikada ishlatiladigan fotoe'lementlar asosan ueziy birikmasidan iboratdair. Masalan; fotoqatod surma va ueziy birikmasidan iborat bo'lsa uning to'lqin uzunligi 6500Å -3600 Å dan kichik bo'lgan nurlanishni sezadi.

Kislorod bilan ueziydan iborat bo'lgan fotoe'lement e'sa 3000 Å-12000 Å gacha bo'lgan nurlanishlarni seza oladi. Bundan tashqari ko'p ishorli fotoe'lementlar yaratilgan. Ular surma , ueziy, Na, rubidiy aralashmasidan iborat bo'lib, sezgirligi 3000 Å-8000 Å.Uning foydali ish koeffinienti 10%. Bu usulda yulduzlar uzaro bir – biri bilan taqqoslanadi. Bunday taqqoslanish Pogson formulasiga asosan aniqlanadi.

$$m_2 - m_1 = -2.5 \lg \frac{n_2}{n_1} \quad n_2 \text{ va } n_1 \text{ lar fotoe'lementlarda xosil bo'lgan va}$$

yoritgichlarga tegishli bo'lgan fotonlar sonini ifodalaydi.

Demak , vizual fotoe'mulhsiya va fotoe'lektrik yo'l bilan yorug'lik manbaini nurlanishini qayd qilish mumkin. Fotoe'lementlarning sezish kobilyatini orttirishda fotoquchaytirgichlardan foydalaniladi. Bu fotoquchaytirgichlar bitta fotoe'lementdan iborat bulmasdan balki bir necha fotoe'lementlar tuplamidan iborat bo'ladi.

Tayanch suz va iboralar: Kuz, fotoe'mulhsiya, sezgirlik, negativ, e'kspozitsiya, korayish darajasi.

Savollar:

1. Odam kuzi qanday imkoniyatlarga e'ga?
2. Fotografik usulning yutug va kamchiliklarini sanang?
3. Fotoe'lektrik qayd qilishning imkoniyatlarini sanang?

Astrofizik tekshirish usullari va osmon yorimtkichlarining asosiy ko'rsatkichlari.

