

# AMALIY VA UMUMIY ASTROFIZIKA



**TOSHKENT**

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

**R.F.ZIYAXANOV, S.N.NURITDINOV, I.U.TADJIBAYEV**

# **AMALIY VA UMUMIY ASTROFIZIKA**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi  
tomonidan darslik sifatida tavsiya etilgan*

**I QISM**

**TOSHKENT – 2017**

UO•K: 553.98:553.04 (075)

KBK 22.63

Z-67

Z-67

R.F.Ziyaxanov, S.N.Nuritdinov, I.U.Tadjibayev. Amaliy va umumiy astrofizika. I qism. –T.: «Fan va texnologiya», 2017, 244 bet.

ISBN 978-9943-11-698-6

Ushbu darslik respublikamiz universitetlarining “astronomiya” va “fizika” bakalavriat ta’lim yo’nalishlari talabalari uchun mo’ljallangan bo’lib, u olti bobdan iborat. Ushbu boblarda asosiy astrofizik teleskoplar, ularning zamonaviy turlari va yordamchi vositalari, mavjud bo’lgan qabul qilgichlar, ularning vazifalari hamda amaliy astrofizikaning tadqiqot va tekshirish usullari berilgan. Xususan, birinchi bobda amaliy astrofizikaning asosiy tushuncha va kattaliklari hamda elektromagnit nurlanish spektriga oid ma’lumotlar, nurlanish qonunlari, harorat turlari keltirilgan. Ikkinchi va uchinchi boblarda zamonaviy astrofizik teleskoplar turlari, ularning asosiy xarakteristikallari hamda yordamchi qurilma va qabul qilgichlari haqida so’z yuritiladi. To’rtinchi bob astrofizik tasvirga ta’sir etuvchi ayrim optik effektlar tabiatiga bag’ishlangan. Beshinchi bobda amaliy astrofizikaning asosiy tadqiqot usullari deyarli batafsil yoritilgan. Oltinchi bobda esa yulduzlarning asosiy xarakteristikalarini aniqlash usullari berilgan.

\*\*\*

Данный учебник, рассчитанный на студентов бакалавров, обучающихся в ВУЗах Республики по направлениям “астрономия” и “физика”, состоит из шести глав. В этих главах говорится об основных астрофизических телескопах, их современных типах и дополнительных устройствах к ним, о существующих приемниках излучения, об их предназначении, а также об основных методах исследований практической астрофизики. В частности, в первой главе даются основные понятия и величины, применяемые в практической астрофизике, приводятся данные о спектре электромагнитного излучения, законы излучения, различные виды температуры. Во второй и третьей главах говорится о современных типах астрофизических телескопов, об их основных характеристиках, а также о вспомогательных приспособлениях и приемниках излучения. Четвертая глава посвящена природе некоторых оптических эффектов, воздействующих на астрофизическое изображение. В пятой главе почти полностью разобраны основные методы астрофизических исследований. В шестой главе даются методы определения основных характеристик звезд.

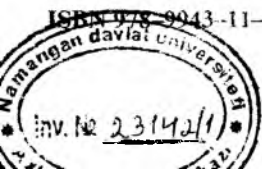
UO•K: 553.98:553.04 (075)

KBK 22.63

### *Taqrizchilar:*

Sh.A.Egamberdiyev – O‘zFA Astronomiya instituti direktori, professor, f.-m.f.d.;  
M.M.Mamadazimov – Toshkent davlat pedagogika universiteti professori, p.f.d.

ISBN 978-9943-11-698-6



© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2017.

## KIRISH

Astrofizika – zamonaviy astronomiyaning eng yirik bo‘limi hisoblanib, u ko‘p to‘lqinli fandir, ya’ni elektromagnit nurlanish spektrining barcha tashkil etuvchi diapozonlarida tadqiqot olib boruvchi fan, borliqdagi materiyaning esa nafaqat fizikada ma’lum bo‘lgan barcha holatlarini Koinotda kuzatib, balki hali “qo‘l tekkizilmagan” noma’lum holatlarni ham o‘rganish laboratoriyadagi vakuumga nisbatan juda keskin siyrak bo‘lgan muhitdan tortib to‘ta zich moddadan iborat jismlarni tahlil qilish bilan shug‘ullanadi.

Ikki og‘iz astrofizika fanining tug‘ilishi va birinchi qadamlari haqida aytib o‘tish lozim. U dastlab gaz qonunlarini mantiqiy mulohaza usuli bilan samo jismlariga qo‘llanishidan boshlanib, asosan XIX asrning oxirlarida spektral tahlil usuli keng rivojlanishi bilan osmon jismlarining nurlanish spektri yordamida ularning kimyoviy tarkibi va fizik holatini ma’lum darajada o‘rganishga muvaffaq bo‘lindi va astronomiyaning jiddiy yo‘nalishi sifatida shakllanib bordi. Yulduzlar spektrini kuzatish astronomik obyektlar ham asosan Yerdagi bizga ma’lum kimyoviy elementlardan iborat ekanligini isbotladi. Bugun esa samo jismlarining spektrlari yordamida nafaqat ular tarkibi, temperaturasi va muhit zichligini aniqlash, balki yana fazodagi nuriy tezligi qiymatini, ulargacha masofani, nurlanish mexanizmlarini va boshqa qator fizik xarakteristikalarini o‘rganish ishlari olib borilmoqda.

Bugungi kunda astrofizika keskin, revolyutsion qadamlar bosib rivojlanmoqda. Bu esa, xususan, yirik teleskoplar qurilishi hamda qator kosmik teleskoplar va observatoriyalar (masalan, Xabbl, Chandra, Spitzer, Plank kabi kosmik dasturlar asosida) atmosferadan tashqariga chiqarilishi bilan bog‘liq. Astrofizik obyektlar optik va radio teleskoplardan tashqari kosmik orbitaga olib chiqilgan infraqizil, ultrabinafsha va rentgen teleskoplari yordamida ham o‘rganilishi juda muhim yutuqdir.

Ushbu darslik mualliflarning O‘zbekiston Milliy universitetida (ilgari Toshkent Davlat universiteti) oxirgi 30 yildan ortiq davr

mobaynida “Amaliy va umumiy astrofizika” fanidan talabalarga o‘qib kelingan ma’ruzalari va yozilgan qator o‘quv qo‘llanmalariga asoslangan. Bu fan doim ikki semestr uzluksiz o‘qitilib, oldin astrofizik kuzatuv usullari va qurilmalari bilan bog‘liq “amaliy astrofizika” qismi berilib, keyingi semestrda esa kuzatuv ma’lumotlarini qayta ishlash, qo‘lga kiritilgan aniq ilmiy fizik natijalar va nazariy yondashuv usuli bilan astrofizik obyektlar uchun ishlab chiqilgan modellar, mexanizmlar hamda evolutsiyasiga oid ma’lumotlar o‘tiladi. Xuddi shunday ketma-ketlikda bu fan qator chet el hamda Rossiyaning Moskva (MDU) va Sankt-Peterburg universitetlarida o‘qitiladi. “Amaliy astrofizika”dan darsliklar masalasiga kelsak, ingliz tilida C.R.Kitchin (2002) hamda G.H.Ricke (2002) kitoblarini tavsiya qilish mumkin. MDU professori D.Ya.Martinov tomonidan nashr qilingan “Практическая астрофизика” (1977, hajmi 34 b.t.) va “Общая астрофизика” (1987, 38 b.t.) nomli darsliklar esa ancha eskirdi. Shu sababli qo‘lingizdagi kitob darslikning 1-qismi bo‘lib, u faqat “amaliy astrofizikaga”ga bag‘ishlangan. Darslikning 2-qismini “Umumiy astrofizika” tashkil qilgan holda u astrofizik obyektlarning fizikasiga bag‘ishlanib, tadqiqot natijalari va tegishli nazariy muammolari yechimini o‘z ichiga olganligi sababli, uni alohida nashr qilishimiz rejalangan. O‘zbek tilida pedagogika universiteti talabalari uchun yozilgan professor I.Sattorovning “Astrofizika” nomli darsligi mavjud, lekin ta’lim yo‘nalishlarimiz va o‘quv dasturlar keskin turlicha ekanligi tufayli u darslikka umuman boshqacha yondashilganligi ma’lum.

Nihoyat, mualliflar professor Sh.A.Egamberdiyevga foydali taklif-mulohazalar va u darslikni to‘la qo‘llab-quvvatlagani uchun o‘z minnatdorchiliklarini bildiradilar. Undan tashqari, biz SamDU professori B.M.Mahmudovga hamda TDPU professorlari M.Mamadazimov va I.Sattorovdan ushbu darslik qo‘l yozmasini batafsil o‘qib chiqib ma’qullaganlari uchun minnatdormiz. Siz kitobxon darslikda ko‘rgan kamchiliklarni bizga (O‘zMU “Astronomiya va atmosfera fizikasi” kafedrasiga) yozib yuborsangiz yoki yetkazsangiz, mualliflar Sizdan ham albatta minnatdor bo‘lar edilar.

# 1-bob. AMALIY ASTROFIZIKANING ASOSIY TUSHUNCHA VA KATTALIKLARI

## 1-§. Fotometriya elementlari

Ko'z nurlanishning tabiiy qabul qilgichi bo'lib, u ko'rishi natijasida hosil bo'lgan taassurotlar orqali insonni tashqi olam bilan bevosita bog'laydi, ya'ni ko'z atrof olamni bilishga oid eng muhim vositadir. Material olamni ilmiy bilishligi albatta kuzatilayotgan hodisalarning miqdoriy xarakteristikalarini o'lchash bilan kechadi. Ko'rish taassurotlar sohasida bu fizikaning maxsus bo'limi – yorug'likni o'lchash fani, ya'ni fotometriyaning yuzaga kelishiga va rivojlanishiga olib keldi.

Ko'zdan tashqari nurlanishning boshqa qabul qilgichlari (fotoplastinka, fotoelement va hokazo) qo'llanila boshlangandan so'ng ulardan olingan miqdoriy effektlar vizual fotometriyada ishlab chiqilgan tushunchalar orqali o'z ifodasini topdi, faqat bolometrlar, termoelementlar va ayniqsa, kosmik radionurlanishni radiometrlar yordamida o'lchashlari o'z ifodasini energetik tushuncha va birliklarda topaboshladi.

Fan tarixida ilk bor qilingan fotometrik ish Gipparx tomonidan miloddan avvalgi II asrda bajarilgan yulduzlarni ravshanliklariga qarab ularni 6 ta sinfga - yulduziy kattaliklariga taqsimlanishi bo'ldi. Bunday taqsimlanish ikki ming yildan so'ng, XIX asrda Veber - Fexnerlarning qonuni ko'rinishida asoslanib berildi.

Yulduziy kattaliklarga taqsimlanish, ehtimol, sof ichki his etish tuyg'u orqali ochilgan bo'lishi mumkin, bunda XVIII asrdagina o'rnatilgan faktga binoan inson ko'zi o'zining yorug'likni qabul qilish hissiyotlarida ravshanlik yoki yorqinlik o'zgarishining absolyut emas, balki nisbiy qiymatini farqlay olishiga bog'liq. Oltita sham bilan yoritilgan sirt beshta sham bilan yoritilganligidan sezilarli farqlanadi, biroq 100 sham va 101 sham bilan yoritilganidan ko'pchilik farqlay olmaydi.

Fotometrik o'lovlar odatda berilgan yoritilganlik yoki yorqinlikni etalon (namuna) deb qabul qilingan boshqasi bilan taqqoslashdan iboratdir. Bunday taqqoslashni ma'lum darajadagi aniqlik bilan bajarish mumkin, chunki ko'z yorug'lik yoki yoritilganlikning 1% dan kichik farqlanishlarini sezolmaydi. Ko'z sezishi mumkin bo'lgan yorqinlik yoki yoritilganlikning eng kichik farqlanishini  $\Delta J$  bilan, yorqinlik yoki yoritilganlikning o'zini esa,  $J$  bilan belgilaymiz; unga mos keluvchi subyektiv kattalik sezish chegarasi  $dS$  bo'ladi. Unda Veber - Fexner qonunining matematik ifodasi

$$dS = c \frac{dJ}{J} \quad (1.1)$$

bo'ladi, bu yerda  $c$  – fiziologik kattalik, u sezish chegarasi  $dS$  bilan  $\frac{dJ}{J}$  kattalikni bog'lovchi koeffitsiyentdir, bunda Veber va Fexner aniqlaganlaridek,  $J$  ma'nosi nafaqat ko'rish mumkin bo'lgan narsani, balki ixtiyoriy ta'sirni, masalan, eshitish, sezish va hokazolarni tushunish mumkin. Agar (1.1) formulaga sezish  $S$  va ta'sir  $J$  orasidagi bog'lanishni ifodalovchi differensial tenglama deb qaralsa, unda uni yechgan holda

$$S - S_0 = c_1 \lg \frac{J}{J_0} \quad (1.2)$$

ni topamiz. Agar  $J_0 = 1$  da  $S_0 = 0$  deb olinsa,  $S = c_1 \lg J$  yoki  $J = 10^{S/c_1}$  bo'ladi, bu Veber - Fexner qonunidir, ya'ni uni «ta'siri geometrik progressiyada o'zgarsa, sezish arifmetik progressiyada o'zgaradi» deb ta'riflash mumkin. Yulduziy kattalik bilan ifodalanuvchi subyektiv sezishni  $m$ , ko'zga tushayotgan yorug'likning obyektiv miqdorini (u Yer sirti yoritilganligiga proporsionaldir) esa  $E$  deb belgilaylik; unda formula (1.1) ni

$$m - m_0 = c_1 \lg \frac{E}{E_0} \quad (1.3)$$

ko'rinishda qayta yozish mumkin. Ptolemeyning yulduzli katalogida 1000 dan ziyod yulduzlarning yulduziy kattaliklari berilgan. Ular zamonaviy obyektiv o'lchashlar bilan taqqoslanganda, bitta yulduzning yulduziy kattaligi ikkinchisiga nisbatan bir birlikga o'zgaranda (ya'ni  $m_1 - m_2 = 1$  bo'lsa), birinchi yulduzdan

yoritilganlik ikkinchisiga nisbatan 2,5 marta o'zgarar ekan. Bu esa koeffitsiyent  $c_1 = -1/0,398$  ekanini bildiradi, chunki  $\lg 2,5 = 0,398$  bo'ladi.

## 2-§. Ko'rinma va absolyut yulduziy kattaliklar

H.Pogson konstanta  $c_1$  ni  $-2,500$  ga tenglashtirib olishni taklif qilgan. Unda formula (1.3) ni

$$m - m_0 = -2,5 \lg \frac{E}{E_0} \quad (1.4)$$

ko'rinishda qayta yozish mumkin. Ushbu formulaga muvofiq, yulduziy kattaliklari  $1^m$  ga farqlanuvchi ikkita yulduzning hosil qilgan yoritilganlik nisbatlari 2,512 ga teng, chunki  $\lg 2,512 = 0,4 = 1/2,500$ .

Ushbu (1.4) formulaga ikkita ixtiyoriy doimiylar, ya'ni  $m_0$  va  $E_0$  lar kiritilgan; bu ixtiyoriylikni  $m_0$  ga mos keluvchi yulduziy kattalikni nolga tenglashtirib, yarmiga qisqartirish mumkin. Yoritilganlikning fizik birligi (lyuks) da to'xtalsa tabiiyroq bo'ladi, biroq astronomik birliklar fizik kattaliklardan avval yuzaga kelganligi sababli, fizik nuqtayi nazaridan, yulduzlarga o'rnatilgan yulduziy kattaliklar, garchi yetarlicha aniq «nol-punkt»ga ega bo'lsalar ham, ixtiyoriy deb sanaladi. Bu yerda noqulayligi faqat shundaki, turli fotometrchilar turlicha «nol-punkt»dan foydalanganlar. Masalan, ayrim holda biror yulduz qandaydir aniq yulduziy kattalikka ega, aytaylik, Lira turkumidagi  $\alpha$  yulduzi  $m = 0^m,14$  ga yoki Buzoq turkumidagi  $\alpha$  yulduzi  $m = 1^m,00$  ga ega deb belgilanadi. Boshqa holda nol-punkt yulduziy kattaliklari bir-biriga nisbatan topilgan va yulduzlarning bir qismiginasi uchun yulduziy kattaligi taxmin qilingan butunlay bir guruh yulduzlardan aniqlanadi. Qanday bo'lishidan qat'i nazar, astronomik va fizik fotometrik kattaliklar orasida mos keluvchi aniq munosabat o'rnatilishi shart.

Yulduziy kattalik nuqtaviy manba (yulduz) ning yaltiroqligini ifodalovchi parametr bo'lib, u priyomnikning nur sezuvchi yuzasiga tushayotgan nurlanish oqimi ( $F$ ) ni yoki yuzaning yoritilganligi ( $E$ ) ni ko'rsatadi. Agar yoritilganlik bir lyuks bo'lsa ( $E=1$  lk), unga qanday yulduziy kattalik mos keladi? XIX asr oxiri - XX asr boshlarida bajarilgan aniq o'lchashlar  $E_0=1$  lk yoritilganlikka  $m_0 = -$



$14.18^m \pm 0.05^m$  yulduziy kattalik mos kelishini ko'rsatdi. Ya'ni zenitda joylashgan yorug'ligi  $m_0 = -14.18^m$  bo'lgan yulduz Yer yuzida bir lyuks yoritilganlikni hosil qiladi. Bunda yulduz nurining bir qismi ( $\approx 23\%$ ) Yer atmosferasida yutiladi. Demak, Yer atmosferasidan tashqarida  $E_0=1$  lk yoritilganlik hosil qiladigan yulduzning yorug'ligi  $m_0 = -13.89^m \pm 0.05^m$  ga teng bo'lishi lozim.

Quyosh Yer yuzini  $10^5$  lk bilan yoritadi va Yer atmosferasidan tashqarida Quyosh hosil qilayotgan yoritilganlik 137000 lk ga teng. To'lin Oyning yoritishi 0.25 lk, ish stoli ustidagi elektr lampaning yoritishi 20 lk,  $m = 0^m$  yulduzning yoritishi  $E = 2.61 \cdot 10^{-6}$  lk. Yorug'lik kuchi 1 kandellaga teng xalqaro sham 1 km uzoqlikda  $0.8^m$ , 10 km uzoqlikda esa,  $5.8^m$  yorug'likdagi yulduz sifatida ko'rinadi. Ya'ni yoritgich hosil qilayotgan yoritilganlik ungacha bo'lgan masofaga bog'liq. Bevosita o'lchashdan topilgan yoritilganlikning yulduziy kattaligi ko'rinma yulduziy kattalik deb nomlanadi.

Yoritgichning yorug'lik kuchi  $I$  ni topish uchun ungacha bo'lgan masofani bilishimiz shart. Yulduzlar bizdan turli masofada joylashgan. Yulduzlarni taqqoslab o'rganish uchun ularning ravshanligini hisoblash yo'li bilan bir xil masofaga keltirish maqsadga muvofiqdir. Shunday masofa sifatida 10 parsek qabul qilingan (ps, 1 parsek 205265 astronomik birliklarga teng). Bunday faraziy masofadagi yulduzning ravshanligi uning absolyut yulduziy kattaligi deb nomlanib, katta  $M$  harfi bilan belgilanadi. Agar yulduzning uzoqligi  $r$  parsekka, ko'rinma yulduziy kattaligi  $m$  ga teng bo'lsa, u xolda uning absolyut kattaligi

$$M = m + 5 - 5 \lg r \quad (1.5)$$

bo'ladi. Bu yerda  $r = 1/\pi$ ,  $\pi$  – yoritgichning yillik paralaksi ( $\pi$  – burchak yoy sekundlarida beriladi). Absolyut yulduziy kattalikni yorug'lik kuchi (intensivlik,  $I$ ) orqali ifodalash mumkin. Ma'lumki  $E = I/r^2$  va undan

$$\lg I = \lg E + 2 \lg r.$$

Bir lyuks yoritilganlikka ( $E_0=1$  lk)  $m_0 = -13.89^m$  ko'rinma yulduziy kattalik mos keladi. Agar yulduzning uzoqligi  $r=10$  ps bo'lsa, uning ko'rinma kattaligi absolyut yulduziy kattaligiga teng bo'ladi, ya'ni  $m=M$ . Agar yoritilganlik  $E$  lyukslarda berilgan bo'lsa, u holda

$$\lg E = 0.4(-13.89 + M) \text{ va } \lg I = 0.4(-13.89 + M) + 2 \lg r.$$

Endi  $r=10$  ps uzoqlikdagi yulduzning xalqaro shamlarda ifodalangan yorug'lik kuchini hisoblash uchun bunday formulani yoza olamiz:  $\lg I = 29.423 - 0.4M$  yoki ixtiyoriy  $m$  ko'rinma kattalikdagi va  $\pi$  yillik parallaksga ega bo'lgan yulduzning yorug'lik kuchi  $\lg I = 27.423 - 0.4m - 2\lg \pi$ . Absolyut kattaligi  $M = 0$  bo'lgan yulduzning yorug'lik kuchi  $I = 2,65 \cdot 10^{29}$  kandellaga teng bo'ladi. Quyoshning absolyut kattaligi  $M = 4.84^m$  ga, yorug'lik kuchi esa,  $I = 3,07 \cdot 10^{27}$  kandellaga teng.

Yulduzlarning yorug'lik kuchi, odatda, Quyoshning yorug'lik kuchi birliklarida ifodalanadi va u yulduzning yorqinligi deb ataladi. Yulduzni o'rab turuvchi sirdan vaqt birligida chiqayotgan energiya shu yulduzning yorqinligiga teng. Astrofizikada yorqinlik  $L$  harfi bilan belgilanadi va yorqinlik uchun Pogson formulasi quyidagi ko'rinishga ega

$$\lg(L/L_{\odot}) = 0.4(M_{\odot} - M) \quad (1.6)$$

Bu yerda,  $L_{\odot}$  va  $M_{\odot}$  lar mos ravishda Quyoshning yorqinligi va absolyut kattaligidir. Agar Quyoshning yorqinligini  $L_{\odot}=1$  va  $M_{\odot}=4^m.84$  ekanligini hisobga olsak, u holda,  $M$  absolyut kattalikdagi yulduzning yorqinligi  $\lg L = 0.4(4.84 - M)$  bo'ladi. Yoritilganlik bilan yulduziy kattalik orasidagi logarifmik bog'lanish (Pogson formulasi) boshqa fizik miqdorlarga (masalan desibellarga) nisbatan ham qo'llanishi mumkin. Biroq yuqorida aytganimizdek, astronomiyada osmon yoritgichining yoritilganligi, ravshanligi, yorug'lik oqimi va kuchini belgilashda yulduziy kattaliklar tizimi qo'llaniladi.

### 3-§. Oqim, intensivlik, yoritilganlik va yorqinlik

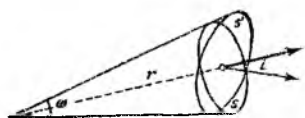
Faraz qilaylik, yorug'lik manba hatto qandaydir yaqin masofadan ham uning o'lchamlari inobatga olinmaydigan darajada juda kichik bo'lsin, undan kelayotgan yorug'likni nuqtadan kelib chiqayapti deb hisoblashimiz mumkin. Bunday manba nuqtaviy deb ataladi.

Uchi nuqtaviy manbada joylashgan ixtiyoriy konusni olaylik. Manbadan bu konus bo'ylab chiqayotgan yorug'lik shu konus ichida qolib ketadi, chunki yorug'lik to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Agar manbaning yorug'ligi o'zgarmayotgan bo'lsa va yorug'lik yo'lida uni

tutib qoluvchi, yutuvchi yoki sochuvchi to'siqlar bo'lmasa, unda shu konusning ko'ndalang kesimidan vaqt birligida o'tuvchi yorug'lik oqimi, ya'ni yorug'lik energiyaning miqdori o'zgarmas bo'lib qoladi. Unda ma'lum ochilish burchagiga ega konus chegaralarida nurlanayotgan yorug'lik oqimi shu yorug'lik manbaning kuch birligi bo'lishi mumkin. Konus ochilishining fazoviy burchagi  $\omega$  bilan belgilanadi, u o'z navbatida

$$\omega = \frac{S}{r^2}, \quad (1.7)$$

tenglik bilan aniqlanadi, bu yerda  $S$  – markazi uchida joylashgan va  $r$  radiusga ega sferada shu konus chizadigan maydon.  $S = r^2 \omega$  bo'lganda fazoviy burchak  $\omega$  birga teng bo'ladi; bu birlik steradian deb nomlanadi. Butun fazoning fazoviy burchagi  $4\pi$  ga teng. Shunday qilib, manbaning yorug'lik kuchi steradianga teng fazoviy burchak bilan cheklangan yorug'lik oqimiga teng. Yorug'lik kuchi birligi sifatida xalqaro sham beradigan yorug'lik kuchi olinadi, bu etalon 1948-yilda qabul qilingan bo'lib, kandella deb ataladi. Xalqaro sham 1 steradianga teng fazoviy burchakda 1 *lm* ga teng yorug'lik oqimni nurlantiradi.



*1-rasm. Asosiy fotometrik tushunchalarga doir.*

Manbaning yorug'lik kuchi ayrim holda intensivlik deb ham ataladi, lekin umuman olganda, intensivlik ostida aniq chegarasiz turli fotometrik kattaliklar ham tushunilishi mumkin.

Yorug'lik kuchini (shamlarda)  $I$  orqali, oqimni esa,  $F$  orqali belgilaymiz va ular orasidagi bog'lanishni topamiz:

$$I = \frac{F}{\omega}. \quad (1.8)$$

Agar yorug'lik manbai izotrop bo'lmasa, ya'ni uning intensivligi  $I$  yo'nalishga bog'liq bo'lsa, unda  $I$  ni cheksiz kichik fazoviy burchak  $d\omega$  ichidagi cheksiz kichik oqim  $dF$  dan aniqlash mumkin, ya'ni

$$I = \frac{dF}{d\omega}. \quad (1.9)$$

(1.6) va (1.7) formulalar manbaning intensivligini (yorug'lik kuchini) fazoviy burchak birligidagi oqimdan aniqlashga imkon beradi.

Shuningdek, energiya oqimini va energiya nurlanishi intensivligini ham aniqlash mumkin.

Birlik yuzaga tushayotgan yorug'lik oqimi  $F$  uning yoritilganligi  $E$  ni belgilaydi. Perpendikular tushishda

$$E = \frac{F}{S} = \frac{I\omega}{S} = \frac{I}{r^2} \quad (1.10)$$

bo'ladi, bundan: yoritilganlik birligi - lyuks deb, oqimga perpendikular qo'yilgan  $1 \text{ m}^2$  maydonchadan  $1 \text{ lm}$  ga teng oqim o'tsa yoki  $1$  xalqaro sham  $1 \text{ m}$  masofada hosil qilaoladigan yoritilganlik qabul qilingan. Agar  $1 \text{ lm}$  ga teng oqim  $1 \text{ sm}^2$  yuzadan o'tsa, unda yoritilganlik  $1 \text{ fot}$  ga teng bo'ladi. Ravshanki,

$$1 \text{ fot} = 10000 \text{ lyuks}. \quad (1.11)$$

Konus  $\omega$  ni yopib turuvchi yuza  $S'$  ham maydoncha  $S$  olgan yorug'lik oqimini qabul qiladi. Maydoncha  $S'$  ga o'tkazilgan normal konus o'qi bilan burchak  $i$  ni tashkil qiladi. Agar burchak  $\omega$  kichik bo'lsa, unda

$$S' = S \sec i$$

deb olish mumkin, shuning uchun maydoncha  $S'$  ning yoritilganligi maydoncha  $S$  ga nisbatan  $\sec i$  marta kichik bo'ladi. Fazoviy burchak  $\omega$  ni quyidagi tenglik orqali aniqlash mumkin:

$$\omega = \frac{S \cos i}{r^2},$$

va unda tenglik (1.8) ni umumiyroq ko'rinishda yozish mumkin:

$$E = \frac{I \cos i}{r^2}. \quad (1.12)$$

Agar  $I_1, I_2, \dots, I_n$  intensivliklarga ega bir nechta manba yoritilayotgan maydonchadan  $r_1, r_2, \dots, r_n$  masofada joylashgan bo'lib, yorug'lik maydonchaga  $i_1, i_2, \dots, i_n$  burchaklari ostida tushayotgan bo'lsa, unda maydonchanning umumiy yoritilganligi quyidagicha bo'ladi:

$$E = \frac{I_1 \cos i_1}{r_1^2} + \frac{I_2 \cos i_2}{r_2^2} + \dots + \frac{I_n \cos i_n}{r_n^2}. \quad (1.13)$$

Bir-biriga tig'iz joylashgan ko'p manbalarni olaylik, ulardan yoritilayotgan maydongacha masofalari hamda tushish burchaklari ham teng bo'lsin. U holda formula (1.11) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$E = \frac{\cos i}{r^2} (I_1 + I_2 + \dots + I_n). \quad (1.14)$$

Faraz qilaylik, barcha manbalar uzluksiz yoritilib turgan sirtni hosil qilsin. Sirtiy yorqinlik yoki oddiy qilib, yorqinlik deb normal bo'yicha maydonchani  $1 \text{ sm}^2$  yuzasi berayotgan yorug'lik kuchini nomlaylik. Yorqinlik birligi sifatida sirtga perpendikular yo'nalishda  $1 \text{ sm}^2$  yuza  $1$  shanga teng yorug'lik kuchini yoki steradianda  $1 \text{ lm}$  teng oqimni olaylik. Bu birlik stilb deb ataladi. Sirtiy yorqinlikni  $B$  orqali belgilaylik. U yoritilib turgan sirtning turli joylarida turlicha bo'lishi mumkin. Agar  $B$  barcha yerda bir xil bo'lsa, bunday sirt tekis, bir maromda yoritilgan deyiladi. So'ng, normal bilan  $\varepsilon$  burchak tashkil etgan yo'nalishda yoritilib turgan  $\sigma$  maydoncha  $\sigma \cos \varepsilon$  gacha perspektiv qisqargan bo'lib ko'rinadi va unda  $\sigma$  sirt elementining yorug'lik kuchi berilgan yo'nalishda

$$I = B(\varepsilon)\sigma \cos \varepsilon \quad (1.15)$$

formuladan topiladi, bunda  $B(\varepsilon)$  endi yuqorida aytilgan ma'nodagi yorqinlikni bermaydi, chunki gap yoritilayotgan sirtga noperpendikulyar chiqayotgan oqim haqida ketadi. Ko'p hollarda qizdirilgan va o'zidan yorug'lik chiqarayotgan jismlar ixtiyoriy tomondan qaralganda bir xildagi sirtiy yorqinlikka ega bo'ladi, ya'ni  $B(\varepsilon)$  yo'nalishga bog'liq emas va unda yoritayotgan  $\sigma$  sirt tomonidan yoritilgan sirt  $S$  uchun formula (1.12)

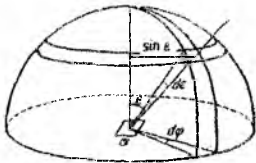
$$E = \frac{B\sigma \cos i \cos \varepsilon}{r^2} \quad (1.16)$$

ko'rinishda bo'ladi, maydoncha  $S$  orqali yotayotgan oqim uchun esa

$$F = \frac{BS\sigma \cos i \cos \varepsilon}{r^2} \quad (1.17)$$

formulaga ega bo'lamiz, bu yerda  $S$  va  $\sigma$  maydonchalar teng huquqlidirlar.

Yo'nalishga bog'liq bo'lmagan va  $B(\varepsilon)$  da (1.13) shartini qoniqtirgan sirt ortotrop nurlantirayotgan sirt deb ataladi. Unga XVIII asrda kashf qilingan Lambert qonunini tatbiq etish mumkin, bu qonunga binoan maydonchani yorug'lik kuchi nurlantirish burchagi kosinusiga proporsionaldir.



2-rasm. Fazoviy burchakni hisoblashga doir.

Ortotrop sirt tomonidan nurlantirilayotgan to'liq oqim  $F$  ni hisoblaylik. (1.7) va (1.13) formulalarga binoan u

$$F = \int_{2\pi} I d\omega = \sigma \int_{2\pi} B \cos \varepsilon d\omega$$

ga teng. Bu yerdagi  $2\pi$  yarim sfera, to'g'rirog'i, maydoncha  $\sigma$  ning kuzatilayotgan tomonini qamrab olgan yarim sfera bo'ylab integrallanishini

ko'rsatadi. Maydoncha  $\sigma$  birlik radiusga ega yarim sfera bilan o'ralgan, undagi maydoncha elementi

$$d\omega = \sin \varepsilon d\varphi d\varepsilon. \quad (1.18)$$

Unda

$$F = \sigma \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi \int_0^{\frac{\pi}{2}} B \sin \varepsilon \cos \varepsilon d\varepsilon \quad (1.19)$$

bo'ladi va  $B$  ni integral belgilaridan tashqariga chiqargan holda ortotrop sirt uchun

$$F = \pi B \sigma \quad (1.20)$$

ga ega bo'lamiz.

Yoritayotgan sirtning birlik maydoni nurlantirayotgan to'liq oqim yorituvchanlik deb nomlanadi. Yorituvchanlik birligi sifatida *lambert* olingan, bunda  $1 \text{ sm}^2$  yuzadan kelayotgan to'liq oqim  $1 \text{ lm}$  ga teng bo'ladi. Lambert qonuni yorug'likning ayrim sirtlaridan diffuz akslanishida ham haqlidir: ularni qaysi burchak ostida kuzatishdan qat'i nazar, ular bir xilda yoritilgan bo'lib ko'rinadi. Bunday sirtlar g'oyat darajada xira deb nomlanadi. Ular yorug'likni ko'zguli akslanishning hech qanday belgilarisiz barcha yo'nalishlarda bir tekisda sochadilar. Shunday sirtga  $E \text{ lk}$  ga teng yoritilganlik tushayotgan bo'lsin. (1.18) ga muvofiq bu sirtning  $1 \text{ sm}^2$  yuzasi  $\pi B$  lambert sochadi. Barcha yo'nalishlarda sochilgan oqimning tushayotganiga nisbati sirtning akslanish xususiyati  $A$  ni, ya'ni uning albedosini ta'riflaydi. Aytilganlarga muvofiq

$$A = 10^4 \frac{\pi B \text{ lambert}}{E \text{ lk}}, \quad (1.21)$$

bunda faktor  $10^4$  kiritilishining sababi shundaki, lambert  $1 \text{ sm}^2$  yuzaga taalluqli, lyuks esa  $1 \text{ m}^2$  ga tegishlidir. Agar  $E$  ni fotlarda

ifodalasak, faktor  $10^4$  kerak bo'lmaydi. Formula (1.19) faqat ortotrop sirt uchun yaroqlidir. Boshqa sirtlar uchun  $\pi B$  o'rniga (1.17) dagi integral ifodani olish lozim. Ravshanki,  $A < 1$ .

Faraz qilaylik,  $A = 1$  ga ega ideal oq ortotrop sirt bo'lsin. Ko'rinib turibdiki, uning yorqinligi  $B$

$$B = \frac{E}{\pi} 10^{-4} \text{ sb} \quad (1.22)$$

ga teng bo'ladi. Formula (1.20) sochuvchi yuzaning sirtiy yorqinligini ifodalashga qulay yangi birlikni, ya'ni apostilbni kiritishga imkon beradi. Apostilb deb, yoritilganligi  $1 \text{ lk}$  ga teng ideal oq ortotrop sochuvchi sirtning yorqinligiga aytiladi. Formula (1.20) ga binoan

$$1 \text{ apostilb} = \frac{1}{3,14 \cdot 10^4} \text{ stilb}. \quad (1.23)$$

Agar ortotrop sirtning albedosi  $A$  ga teng bo'lsa, unda xuddi shu sharoitda uning yorqinligi  $A$  apostilb bo'ladi.

Ta'rif: 1 stilb 1 shamning  $1 \text{ sm}^2$  dan nurlanishiga teng bo'ladi. Lekin bitta sham  $1 \text{ m}$  masofada  $1 \text{ lk}$  yoritilganlikni hosil qiladi. Bunda yoritilayotgan joyida yoritayotgan  $1 \text{ sm}^2$  yuza  $1/10000$  steradian burchak ostida ko'rinadi. Demak, agar bizning yoritayotgan maydoncha 1 steradianga teng burchak o'lchamlarga ega bo'lganda, undan hosil bo'ladigan yoritilganlik  $10000 \text{ lk}$  ga yoki  $1 \text{ f}$  ga yetgan bo'lardi. Bundan, stilbni 1 steradiandan  $1 \text{ fot}$  ni beruvchi sirtiy yorqinlik deb ta'riflashimiz mumkin.

Muayyan holda biz yorqinlikning boshqacharoq ta'rifiga, ya'ni nurga perpendikular qo'yilgan sirdagi yoritilganlikning yorituvchi element ko'rinadigan burchak nisbatiga o'tib ketdik. Haqiqatan ham, element  $\sigma$  gacha masofani  $r$  orqali belgilasak, unda

$$\omega = \frac{\sigma \cos \varepsilon}{r^2},$$

yoritilganlik esa

$$E = \frac{I}{r^2} \frac{B \sigma \cos \varepsilon}{r^2} = B \omega.$$

Kichik obyekt uchun

$$B = \frac{dE}{d\omega}.$$

**Nuriy energiyaga taalluqli tushunchalar va birliklar.** Bu yerda kiritilgan barcha tushunchalar – oqim, yorug'lik kuchi

**FAN VA**  
**TEKNOLOGIYALAR**



ISBN 978-9943-11-698-6



9 789943 116986

AMALIY VA UMUMIY ASTROFIZIKA