

I Mavzu. NURLANISH QONUNLARI. YULDUZIY KATTALIKLAR

Asosiy yorug'lik kattaliklari yorug'lik kuchi, oqim, yoritilganlik, ravshanlik, yorqinlik hisoblanadi.

Kirxgof qoninu: jismning yutish qobiliyatiga uning nurlanish qobiliyati nisbati haroratning universal funksiyasidir:

$$a/e = B(\lambda, T).$$

Absolyut qora jism uchun (issiqlik muvozanati holatida bo'lgan) $a=1$, uning nurlanishi esa Plank funksiyasiga bo'ysunadi

$$B(\lambda, T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} - \text{chastotalarda, yoki}$$

$$B(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} - \text{to'lqin uzunliklarda.}$$

Oxirgi holatni juda kichik yoki juda katta to'lqin uzunliklarda qaraydigan bo'lsak, undan Vinn va Reley-Jins formulalarini olish mumkin. Plank funksiyasini hamma chastotalarda integrallasak, Stefan-Bolsman formulasini olamiz.

Ko'rinma yulduziy kattaligi quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$m = -\log_{2,512} H + \text{const}.$$

Yulduziy kattaliklar farqi esa Pogson formulasidan aniqlanadi:

$$m_1 - m_2 = -2,51g \frac{E_1}{E_2}.$$

Pikering usulida a k V l b deb yozilganda va bunda $k+l=10$ bo'lganda osmon sferasida bir-biriga yaqin joylashgan hamda yulduziy kattaligi ma'lum bo'lgan yulduzlarga taqqoslash orqali osmon yoritqichining ravshanligini ko'z bilan chamalashga imkon beradi:

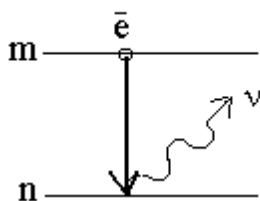
$$m_v = m_a + k \frac{m_b - m_a}{10}.$$

1 - namuna. Vodorod atomida elektronning qanday o'tishida spektrning qizil qismida yotadigan H_α ($\lambda=6563 \text{ \AA}$) chizig'i paydo bo'ladi?

$$\lambda=6563 \text{ \AA}$$

$$m, n = ?$$

Yechimi:



Vodorod atomining m satxdan n satxga o'tishida chiqarayotgan fotonning chastotasi quyidagi formula bilan beriladi:

$$\nu_{nm} = \nu_1 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

bu yerda $v_1=3,29 \cdot 10^{15}$ Gs – birinchi satxdan ionlanish chastotasi chegarasi. Chastotadan to'liq uzunlikka o'tamiz:

$$\lambda_{nm} = \lambda_1 \frac{n^2 m^2}{m^2 - n^2},$$

bu yerda $\lambda_1=c/v_1=912 \text{ \AA}$.

Avvalo $n=1$ bo'lsin.

$m=2$ uchun $\lambda_{12}=1216 \text{ \AA}$, bu L_α chizig'i.

$m>2$ uchun $\lambda_{1m} < 1216 \text{ \AA}$.

Endi $n=2$ deb olamiz. $m=3$ uchun $\lambda_{23}=6566 \text{ \AA}$ – bu esa biz izlayotgan H_α chizig'ini beradi.

Javob: 3-satxdan 2 satxga o'tishda.

2 - namuna. O'zgaruvchan yulduzning charaqlashi minimumdan maksimumgacha 7 yulduz kattaligiga o'zgargan. Bu yulduzning yorqinligi necha marta ortadi?

$\Delta m = 7^m$	<i>Yechimi:</i>
$\frac{L_2}{L_1} = ?$	m_1, L_1 va m_2, L_2 – mos ravishda yulduzning minimumdagi va maksimumdagi yulduz kattaliklari va yorqinliklari bo'lsin, unda $m_1 - m_2 = 2,5 \lg (L_2/L_1)$. Demak, $L_2/L_1 = 630,9$.
	<i>Javob:</i> yorqinlik 630 marta ortadi.

3 - namuna. Agar yulduzgacha bo'lgan masofani 40 foizga kamaytirsak, uning yulduz kattaligi qanday o'zgaradi? 40 foizga uzoqlashtirsak-chi?

$\varepsilon=0,4$	<i>Yechimi:</i>
$\Delta m_1 = ?$ $\Delta m_2 = ?$	$\Delta m = m_1 - m_2 = 2,5 \lg (E_2/E_1) = 5 \lg (r_1/r_2) = 5 \lg \frac{r_1}{r_1 \pm \varepsilon r_1},$ $m_2 - m_1 = 5 \lg \frac{r_1 \pm \varepsilon r_1}{r_1} = 5 \lg (\pm \varepsilon) = 5 \lg (1 \pm 0,4) = \begin{cases} 0^m,73 \\ -1^m,11 \end{cases}$
	<i>Javob:</i> 1) $1^m,11$ ga yorug'roq bo'ladi; 2) $0^m,73$ ga xiraroq bo'ladi.

4 - namuna. Agarda γ And qo'shloq yulduzi komponentalarining vizual yulduz kattaliklari 2,28 va 5,08 ga teng bo'lsa, uning natijaviy vizual yulduz kattaligi nimaga teng?

$m_1=2^m,28$ $m_2=5^m,08$ $m_\Sigma=?$	<i>Yechimi:</i> Yulduz kattaligi uchun ikkita formula yozamiz:
--	---

$$m_2 - m_1 = 2,51g \frac{L_1}{L_2} \quad (1)$$

$$m_2 - m_\Sigma = 2,51g \frac{L}{L_2} \quad (2)$$

(qo'shaloq yulduz bo'lganligi uchun ikkala komponenta bir xil masofada joylashgan deb hisoblash mumkin, shu sababli E o'rniga L olamiz).

(2) tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$m_2 - m_\Sigma = 2,51g \frac{L_1 + L_2}{L_2} = 2,51g \left(\frac{L_1}{L_2} + 1 \right).$$

$$\frac{L_1}{L_2} \text{ ni (1) tenglamani topamiz: } \frac{L_1}{L_2} = 10^{0,4(m_2 - m_1)}.$$

Nihoyat, $m_\Sigma = 2^m, 20$ ekanligini topamiz.

Javob: $m_\Sigma = 2^m, 20$

5 - namuna. O'z-o'zidan nurlanuvchi obyektgacha bo'lgan masofa juda kam o'zgarganda ($\frac{\Delta r}{r} \ll 1$) uning ko'rinma yulduz kattaligi $\Delta m = 2,17 \frac{\Delta r}{r}$ miqdorga o'zgarishini ko'rsating.

$\frac{\Delta r}{r} \ll 1$ $\Delta m = ?$	<p><i>Yechimi:</i></p> $\Delta m = 51g \frac{r + \Delta r}{r} = \frac{5}{\ln 10} \ln \left(1 + \frac{\Delta r}{r} \right) \approx \frac{5}{\ln 10} \frac{\Delta r}{r} \approx 2,17 \frac{\Delta r}{r}$ <p>$(\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln(1+x)}{x} = 1 \text{ dagi } x \ll 1 \text{ da } \ln(1+x) \approx x \text{ taqribiy tenglikdan foydalanildi}).$</p>
---	--

Mustaqil yechish uchun misol va masalalar

1. O'lchamlari bir xil bo'lgan ikkita yulduzning haroratlari 2 marta farqlanadi. Ularning yoritilganligi, spektrning maksimumiga to'g'ri keladigan to'lqin uzunligi qanday farq qiladi?

2. 8-chi yulduz kattalikdagi yulduz beradigan $1,4 \cdot 10^{-9}$ lyuks yoritilganlikni hosil qilish uchun xalqaro shamni qanday masofaga joylashtirish lozim bo'ladi (havo tomonidan yorug'lik yutilishi hisobga olinmasin)?

3. Nima uchun bitta qorajism fotonining o'rtacha energiyasi $(3/2)kT$ ga teng emas? Uni toping.

4. Plank egri chiziq maksimumidagi qorajismli intensivlik $B_\lambda(T)$ Vin yaqinlashuvidan foydalanilganda juda yaxshi chamalanadi. Nima uchun shunday bo'lishini tushuntiring va xatoligini chamalab ko'ring, Maksimumdan qanchalik uzoqda, ya'ni, $\lambda > \lambda_{\max}$ sohada Vin yaqinlashuvidan foydalanish mumkin bo'ladi? T ortib borishi bilan $B_\lambda(T)$ maksimumda qanday o'sadi?

5. Turli harorat qiymatlariga mos keluvchi to'liq uzunliklar shkalasidagi Plank egri chiziqlari to'plamini olib ko'ring. Ular kesishmasligini, bunda yuqoriroq haroratga mos keladiganlari yuqoriroq joylashishini isbotlang. Nega harorat qanchalik yuqori bo'lsa bu Plank egri chiziqlaridagi maksimumlar shunchalik "uchli" bo'lib boradi? Harorat ortishi bilan chastotalar shkalasidagi Plank egri chiziqlarining shakli qahday o'zgarib boradi?

6. Qorajism intensivligi $B_\lambda(T)$ ni $T=T_0$ atrofidagi haroratga bog'lanishning darajaviy approksimatsiyasini oling.

7. Yulduzlararo vodorod chizig'i $H10_\alpha$ ni (elektronning 11-dan 10-chi satxga o'tishi) Yerdan turib kuzatsa bo'ladimi?

8. Vodorodning rekombinatsion radiochizig'i $H n_\alpha$ ($n \gg 1$) ning to'liq uzunligini chamalab ko'ring.

9. Vodorodning rekombinatsion radiochiziqlari $n_\alpha, n_\beta, n_\gamma, n_\delta$ chastota bo'yicha ekvidistant ekanligini isbotlang.

10. $\lambda=5000 \text{ \AA}$ to'liq uzunlikdagi nurlanish ikkinchi satxda joylashgan vodorod atomlarini ionlashtira oladimi?

11. 1-yulduz kattaligidagi yulduz ko'zga ko'rinuvchi eng xira yulduzdan (ya'ni 6-yulduz kattaligidagi yulduzdan) necha marta yorug'roq?

12. Agarda 4-yulduz kattaligidagi yulduzgacha bo'lgan masofani ikki marta kamaytirsak, uning ko'rinma yulduz kattaligi qanday bo'ladi?

13. 1-yulduz kattaligidagi bitta yulduz beradigan yorug'likni 6-chi, 5-chi, 4-chi va 3-chi yulduz kattaligidagi nechta yulduz beraoladi?

14. Teleskopda bir xil ravshanlikka ega va bir-biriga juda yaqin joylashgan yulduz ko'rinmoqda. "Qurollanmagan" ko'zga ular bitta bo'lib qo'shilib ketgan. Ularning natijaviy ravshanligi har birining yulduz kattaligidan qanchaga farqlanadi?

15. Qandaydir yulduzning deyarli o'zgarmas haroratda, ya'ni, yulduz yuza birligidagi yorqinlik o'zgarmasligida, davriy pulsatsiya sodir etilayotgan bo'lsin. Pulsatsiya vaqtidagi chetki holatlarida yulduz radiuslari nisbatlari 1:2 ga teng. Yulduzning yulduz kattaliklardagi natijaviy ravshanligi o'zgarish amplitudasi nimaga teng?

16. Kuzatuvlarning quyidagi yozuvlaridan o'zgaruvchan yulduzning yulduz kattaligini aniqlang (4 ta aloxida kuzatuvlardan o'rtachasini olish kerak):

$$a7v3b, a9v1d, c8v2d, c7v3b.$$

17. Yerdagi eng yirik teleskoplar (xususan, dunyoda eng katta 10 metrli Keka teleskoplari) orqali 28^m yulduz kattaligidagi yulduzlarni kuzatsa bo'ladi. U yulduzlar "qurollanmagan" ko'zga ko'rinadigan eng xira yulduzlarga nisbatan qanchalik xira (zaif)?

18. Yorituvchanligi bir xil ikkita yulduzlarning yulduz kattaliklari ayirmasi $2^m,5$ ga teng. Biri ikkinchisidan qanchalik uzoqda joylashgan?

19. Sayyoraning ro'baro' turishdagi yulduz kattaligi birlashishdagiga nisbatan $3^m,43$ ga kichik. Bu qaysi sayyora bo'lishi mumkin?

20. To'siluvchan qo'shaloq sistema bir xil komponentalarga ega. Bitta komponenta to'liq to'silgan momentida sistemaning ravshanligi necha yulduz kattalikka o'zgaradi?

21. 100-vattli lampochka 0-chi yulduz kattalikdagi yulduz bo'lib ko'rinishi uchun uni qanday masofada joylashtirish lozim bo'ladi?