

Yorug'lik to'lqin xossalari. Yorug'lik qutblanishi

Masalalar

1-masala. Suvning sirtiga to'lqin uzunligi $\lambda_0=700$ nm bo'lgan qizil yorug'lik nurlari tushmoqda. Suvning qizil yorug'lik nurlari uchun absolyut sindirish ko'rsatgichi $n=1,331$ ga teng bo'lsa, bu nurning suvdagi to'lqin uzunligi λ topilsin. Suv tubida turgan kishi qanday rangli yorug'lik nurini ko'radi? Yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi $s=3\cdot 10^8$ m/s

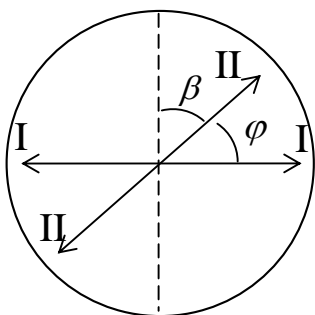
$$\lambda_0 = 700nm = 700\cdot 10^{-9} m = 7\cdot 10^{-7} m,$$

Berilgan: $n = 1,331, c = 3\cdot 10^8 m/s$
 $\lambda \sim ?$

Yechish: Yorug'lik nurining vakuumdagi to'lqin uzunligi $\lambda = \frac{c}{\nu}$ bo'lib, bunda s – yorug'likning tarqalish tezligi, ν – uning chastotasi. Yorug'lik nuri bu muhitdan boshqa muhitga o'tganda, uning chastotasi o'zgarmay qolib, tarqalish tezligi va to'lqin uzunligi o'zgaradi. Agar yorug'lik nurining suvdagi tarqalish tezligi ν va to'lqin uzunligi λ bo'lsa, $\lambda = \frac{c}{\nu}$ bo'ladi, bundan $\nu = \frac{c}{\lambda}$ va $\nu = \frac{c}{\lambda_0}$ bo'lgani uchun quyidagi ishchi formula kelib chiqadi:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{c/n}{c/\lambda_0} = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{7\cdot 10^{-7}}{1,331} = 5,26\cdot 10^{-7} m = 526nm$$

To'lqin uzunligi $\lambda=526$ nm ga teng bo'lgan yorug'lik nuri qizil emas, yashil nurdan iborat bo'ladi. Lekin suv tubidagi kishi yashil nurni emas, qizil nurni ko'radi, chunki inson ko'zining rangni ajratishi yorug'likning to'lqin uzunligiga qarab emas, balki to'lqinning chastotasiga qarab belgilanadi.



61-masala. Qutblagichga tushayotgan yassi qutblangan monoxromatik yorug'lik dastasi unda to'la tutilib qolmoqda. Yorug'lik dastasi yo'liga kvars plastinkasi qo'yilganda qutblagichdan chiqayotgan yorug'likning intensivligi unga tushayotgan yorug'lik intensivligining yarmiga teng bo'lib qoladi. Kvars plastinkasining minimal qalinligini aniqlang. Qutblagichda yorug'likning yutilishini va qaytishini hisobga olmang. Kvarsning aylantirish doimiysi $\alpha=48,9$ grad/mm deb oling.

Berilgan: $\alpha = 48,9 \text{ grad/mm},$ $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2}.$
 $d \sim ?$

16.12-rasm

Yechish: Qutblagichda (16.12-rasm) yorug'likning to'la tutilib qolishi unga tushayotgan qutblangan yorug'likning tebranish tekisligi (1-1) qutblagichning o'tkazish tekisligiga (16.12-rasm shtrix chiziq) perpendikulyar ekanligini bildiradi. Kvars plastinkasining kiritilishi yorug'lik tebranish tekisligini

$$\varphi = \alpha \cdot d \quad (1)$$

burchakka burilishiga olib keladi, bunda d - plastinkaning qalinligi.

Qutblagichdan o'tganda yorug'lik intensivligining necha marta kamayganligini bilgan holda, qutblagich o'tkazish tekisligi bilan unga tushayotgan yassi qutblangan yorug'lik tebranish tekisligining yangi yo'nalishi (II-II) orasida hosil bo'lgan burchak β ni aniqlaymiz. Buning uchun Malyus qonunidan foydalanamiz:

$$I = I_0 \cos^2 \beta,$$

$\beta = \frac{\pi}{2} - \varphi$ ekanligini nazarda tutsak

$$I = I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right)$$

yoki

$$I = I_0 \sin^2 \varphi. \quad (2)$$

(1) ni hisobga olsak, (2) tenglikdan

$$\alpha d = \arcsin \sqrt{I/I_0}$$

ni hosil qilamiz. Bundan plastinkaning izlanayotgan qalinligini topamiz:

$$d = \left(\frac{1}{\alpha} \right) \arcsin \sqrt{\frac{I}{I_0}}.$$

Sistemaga kirmagan birliklarda hisoblashni bajarsak:

$$d = \frac{1}{48,9} \arcsin \sqrt{1/2} \text{ mm} = \frac{0,785}{48,9} = 16 \text{ m km}.$$

2-masala. Agar qutblagich (polyarizator) va analizator orqali o'tgan tabiiy yorug'likning intensivligi 4 marta kamaygan bo'lsa, qutblagich bilan analizator asosiy tekisliklari orasidagi α burchak nimaga teng? Yorug'likning yutilishini hisobga olmang.

Berilgan: $\frac{I/I_T = 4 \text{ marta}}{\alpha \sim ?}$

Yechish: Yorug'lik qutblagichdan o'tganda intensivligi ikki marta kamayadi. Shuning uchun $I_0 = \frac{1}{2} I_T$, bu yerda I_t -tabiiy yorug'likning intensivligi. I_0 – qutblagich orqali o'tgan yorug'likning intensivligi.

Yorug'lik analizatoridan o'tganda intensivligi Malyus qonuniga muvofiq kamayadi, ya'ni

$$I = I_0 \cos^2 2\alpha,$$

bu yerda I -analizator orqali o'tgan yorug'likning intensivligi, biroq masalaning shartiga ko'ra $I = \frac{1}{4} I_T$.

Shuning uchun

$$\frac{1}{4} I_T = \frac{1}{2} I_T \cos^2 \alpha,$$

bundan

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{va} \quad \alpha = 45^\circ.$$

3-masala. Qisman qutblangan yorug'lik dastasi nikol orqali qaraladi. Dastlab nikol shunday o'rnatiladiki, uning o'tkazish tekisligi chiziqli qutblangan yorug'likning tebranish tekisligiga parallel bo'ladi. Nikol $\varphi=60^\circ$ ga burilganda u o'tkazayotgan yorug'lik intensivligi $k=2$ marta kamayadi. Berilgan qisman qutblangan yorug'likning tashkil etuvchilari bo'lmish tabiiy va chiziqli qutblangan yorug'liklar intensivliklarining nisbati I_0/I_q hamda yorug'lik dastasining qutblanish darajasi aniqlansin.

Berilgan: $\varphi = 60^\circ$ $k - 2 \text{ marta}$
 $I_0 / I_q \sim ?$ $P \sim ?$

Yechish: Tabiiy yorug'lik intensivligi I_T ning qutblangan yorug'lik intensivligi I_q ga nisbatini quyidagi mulohazalardan topamiz. Nikolning dastlabki holatida u chiziqli-qutblangan yorug'likni to'la va tabiiy yorug'likning yarmini o'tkazadi. Bunda o'tkazilgan yorug'likning to'la intensivligi

$$I_1 = I_q + \frac{1}{2} I_T.$$

Nikolning ikkinchi holatida esa o'tkazilgan qutblangan yorug'likning intensivligi Malyus qonuni bilan aniqlanadi, o'tkazilgan tabiiy yorug'likning intensivligi esa, birinchi holdagidek, nikolga tushayotgan tabiiy yorug'lik intensivligining yarmiga teng. Ikkinchi holda to'la intensivlik

$$I_2 = I_q \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} I_T.$$

Masalaning shartiga ko'ra. $I_1 = k I_2$ yoki

$$I_q + \frac{1}{2} I_T = k \left(I_q \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} I_T \right).$$

Bunga burchak φ , k larning qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$I_T / I_q = 1 \text{ yoki } I_T = I_q,$$

ya'ni berilgan dastada tabiiy va qutblangan yorug'likning intensivliklari o'zaro teng.

Qisman qutblangan yorug'likning qutblanish darajasi

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (1)$$

munosabat bilan aniqlanadi, bunda I_{\max} va I_{\min} nikoldan o'tkazilgan yorug'likning mos ravishda maksimal va minimal intensivliklari.

Maksimal intensivlik $I_{\max} = I_1 = I_q + \frac{1}{2} I_T$ yoki $I_T = I_q$ ekanligi hisobga olinsin,

$$I_{\max} = \frac{3}{2} I_q$$

Minimal intensivlik nikolning o'tkazish tekisligi chiziqli qutblangan yorug'likning tebranish tekisligiga tik yo'nalgan holatiga mos keladi. Nikolning bunday holatida qutblangan yorug'lik to'la yutiladi va nikol orqali faqat tabiiy yorug'lik intensivligining yarmigina o'tadi. To'la intensivlik quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$I_{\min} = \frac{1}{2} I_T = \frac{1}{2} I_q$$

I_{\max} va I_{\min} larning topilgan ifodalarini (1) formulaga qo'yib natijani olamiz:

$$P = \frac{\frac{3}{2} I_q - \frac{1}{2} I_q}{\frac{3}{2} I_q + \frac{1}{2} I_q} = \frac{1}{2}$$

Shunday qilib, yorug'lik dastasining qutblanish darajasi $P = \frac{1}{2}$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi ($v=3 \cdot 10^8$ m/s)ni bilgan holda uning suv ($n_c=1,3$)dagi va shisha ($n_{sh}=1,6$)dagi tezliklarni hisoblang.

$$(v_s=230 \cdot M \text{ m/s}; v_{sh}=190M \text{ m/s})$$

2. Spektrning ko'rinadigan qismidagi chetki qizil ($\lambda_q=0,76\text{mkm}$) va chetki binafsha ($\lambda=0,4\text{mkm}$) nurlarga qanday tebranish chastotalari mos keladi?

$$(v_q=390 \cdot 10^{12}=390\text{THz}; v_s=750\text{THz})$$

3. Monoxromatik nur teng yonli prizmaning yon sirtiga tushib, prizmada singanidan keyin uning asosiga parallel ketadi. U prizmadan chiqishida, o'zining dastlabki yo'nalishidan δ burchakka ogadi. Bu holda prizmaning sindirish burchagi θ , nurning og'ishi δ hamda bu nur uchun sindirish ko'rsatkichi n o'rtasidagi bog'lanish topilsin.

$$(\sin \frac{\delta + \theta}{2} = n \sin \frac{\theta}{2} \text{ bu holda nur dastlabki yo'nalishidan eng kam og'adi.})$$

4. Monoxromatik nur prizmaning yon sirtiga normal tushadi va undan $\gamma_1=25^\circ$ ga og'ib chiqadi. Bu nur uchun prizma materialining sindirish ko'rsatkichi ($n=1,7$). Prizmaning sindirish burchagi θ topilsin.

$$(\theta=28^\circ)$$

5. Yorug'likning havoda osh tuzi kristalliga tushishdagi Bryuster burchagi $\varepsilon_v=57^\circ$. Bu kristalldagi yorug'lik tezligi aniqlansin.

$$(v=194 \text{ Mm/s})$$

6. Yorug'lik dastasining suyuqlik bilan havo chegarasidagi to'la qaytish chegaraviy burchagi $i=43^\circ$. Nurning havodan shu suyuqlik sirtiga tushishi uchun Bryuster burchagi ε_v qanday bo'ladi?

$$(\varepsilon_v=55^\circ 45')$$

7. Qutblagich va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi burchak $\alpha_1=45^\circ$. Agar burchak $\alpha_2=60^\circ$ gacha orttirilsa, analizatoridan chiqayotgan yorug'lik intensivligi necha marta kamayadi?

$$\left(\frac{I_1}{I_2} = 2 \text{ marta} \right)$$

8. Qutblagich va analizator orqali o'tgan tabiiy yorug'likning intensivligi to'rt marta kamayishi uchun qutblagich bilan analizatorning bosh tekisliklari o'rtasidagi burchak nimaga teng? Yorug'likning yutilishi hisobga olinmasin.

(Tabiiy yorug'lik intensivligini I_0 orqali ifodalasak bu nur qutblagich orqali o'tgandan keyin $I_1=0,5 I_0$ intensivlikka ega bo'ladi. Nur analizatoridan o'tgandan keyin esa intensivlik

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha = 0,5 I_0 \cos^2 \alpha, \quad \text{shartga ko'ra}$$

$$\frac{I_2}{I_0} = 0,25 \text{ undan } \cos^2 \alpha = \frac{0,25}{0,5} = \frac{1}{2}, \alpha = 45^\circ \text{ bo'ladi.}$$

9. Sindirish ko'rsatkichi $n=1,57$ bo'lgan shishidan qaytgan yorug'likning to'la qutblanish burchagi aniqlansin.

$$(i=57^\circ 30')$$

10. Biror modda uchun to'la ichki qaytish limit burchagi $\alpha=45^\circ$ ga teng. Bu modda uchun to'la qutblanish burchagi i nimaga teng?

$$(i=54^\circ 44')$$

11. Qand eritmasi solingan naychadan o'tganda natriy sariq yorug'ligi qutblanish tekisligining burilish burchagi $\varphi=40^\circ$. Naychaning uzunligi $d=15\text{sm}$. Qandning solishtirma burishi

$|\alpha| = 1,17 \cdot 10^{-2} \cdot rad \cdot m^3 / (m \cdot kg)$ - eritmaning zichligi ρ aniqlansin.

$$\left[\rho = \frac{\varphi}{[a]d} = 0.4 g / sm^3 \right]$$