

TO'LQIN OPTIKASI

1-BO'LIM. YORUG'LIKNING TO'LQIN XOSSALARI

1. Metodik maqsad

Bu bo'limning asosiy vazifasi:

1. O'quvchida "yorug'lik – faqat nur emas, balki to'lqin" degan tasavvurni shakllantirish.
2. Interferensiya, difraksiya, polarizatsiya kabi keyingi bo'limlarni tushunish uchun tayanch to'lqin tushunchalarini berish:
 - to'lqin uzunligi λ
 - chastota ν
 - faza φ
 - optik yo'l
 - koherent manbalar
3. "Qachon geometrik optika, qachon to'lqin optika?" degan savolga mustaqil javob topa olish ko'nikmasini shakllantirish.
4. Olimpiada masalalarida faza, yo'l farqi, interferensiya sharti kabi iboralardan qo'rqmaslik.

Metodik nuqtai nazardan, bu bo'lim:

- Keyingi barcha to'lqin optikasi bo'limlari uchun poydevor,
- Agar bu yerda tushunarsizlik bo'lsa, interferensiya/difraksiya bo'limlarida o'quvchi "cho'kib ketadi".

2. Mavzu bayoni

2.1. Yorug'likning tabiati: zarrami, to'lqinmi?

Yorug'lik haqida tarixan ikki yondashuv bo'lgan:

- Zarraviy nazariya (Nyuton): yorug'lik — moddiy zarralar oqimi.
- To'lqin nazariyasi (Gyuygens): yorug'lik — to'lqindir.

Zamonaviy fizika nuqtai nazaridan:

Yorug'lik — elektromagnit to'lqin (Maksvell nazariyasi), shu bilan birga kvant xossalarga ega (foton).

Bu bo'limda asosan to'lqin xossalari bilan ishlaymiz.

2.2. To'lqinning asosiy kattaliklari

Yorug'lik to'lqinini tasvirlash uchun asosiy kattaliklar:

- To‘lqin uzunligi – λ
To‘lqinning fazasi 2π ga o‘zgarguncha bosib o‘tgan masofa.
- Chastota – ν
Bir sekundda nechta tebranish amalga oshishi.
- Davr – T
Bir to‘liq tebranishga ketgan vaqt.
$$T = 1/\nu$$
- Tarqalish tezligi – v
Bir sekundda to‘lqin qancha masofaga tarqaladi.

Yorug‘lik bo‘shliqda: $c = \lambda \cdot \nu$

Bu yerda c – yorug‘lik tezligi: $c \approx 3,0 \cdot 10^8$ m/s

Maksimal muhim nuqta:

- ν – muhitga bog‘liq emas (foton “rangi” o‘zgarmaydi)
- λ – muhitga bog‘liq (sinish ko‘rsatkichi orqali o‘zgaradi)

2.3. Faza va faza farqi

To‘lqin tenglamasi (tushuncha uchun):

$$y = A \cdot \sin(\omega \cdot t - k \cdot x + \varphi_0)$$

Bu yerda:

- A – amplituda
- ω – burchak chastota ($\omega = 2\pi \cdot \nu$)
- k – to‘lqin soni ($k = 2\pi/\lambda$)
- φ_0 – boshlang‘ich faza

Faza – $\omega \cdot t - k \cdot x + \varphi_0$ ifoda ichida turgan burchak.

Muhim:

Interferensiya va difraksiya masalalarida natija amplitudalar emas, balki fazalar farqi bilan belgilanadi.

Faza farqi $\Delta\varphi$ yo‘l farqi Δ bilan bog‘liq:

$$\Delta\varphi = 2\pi \cdot \Delta/\lambda$$

Agar:

- $\Delta\varphi = 2\pi \cdot m \rightarrow$ to‘lqinlar fazada mos tushadi (kuchayish)
- $\Delta\varphi = (2m + 1) \cdot \pi \rightarrow$ qarama-qarshi faza (susayish)

2.4. Kogerent manbalar tushunchasi

Kogerent manbalar – fazalar farqi vaqt davomida o‘zgarmaydigan to‘lqin manbalari.

Real fizika sharti:

- Oddiy ikkita lampochka $\rightarrow$ koherent emas
- Bitta manbadan ajratilgan ikkita yoriq $\rightarrow$ koherent

Olimpiadada Ko‘pincha:

“Kogerent manbalar” deb yozilgani $\rightarrow$ faza farqi $\Delta\varphi$ doimiy.

2.5. Optik yo‘l va muhit ta’siri

Geometrik yo‘l – oddiy masofa: L

Optik yo‘l – muhit sinish ko‘rsatkichi hisobga olingan yo‘l:

$$\ell_{\text{opt}} = n \cdot L$$

Bu juda muhim:

- ikki turli muhitdagi bir xil geometrik yo‘l $\rightarrow$ optik yo‘l turlicha
- interferensiya shartlarida optik yo‘l farqi kiradi.

Masalalarda ko‘p ishlatiladigan bog‘lanish:

$$\Delta = n_1 \cdot L_1 - n_2 \cdot L_2$$

2.6. Qachon to‘lqin xossalari seziladi?

Yorug‘likning to‘lqin xossalari ko‘rinishi uchun:

- to‘lqin uzunligi λ bilan o‘lchash mumkin bo‘lgan yo‘l farqlari bo‘lishi kerak
- odatda, teshik, yoriq, pelyonka o‘lchamlari λ bilan bir tartibda bo‘ladi.

Masalan:

- $\lambda \sim 500 \text{ nm}$
- yoriq kengligi $b \sim 10^{-4} \text{ m} \rightarrow$ difraksiya ko‘rinadi
- b juda katta bo‘lsa $\rightarrow$ geometrik optika yetadi.

3. Metodik yordam (kengaytirilgan, olimpiadaga yo‘naltirilgan)

Bu bo‘limni o‘qitishda asosiy metodik strategiya:

3.1. “To‘lqin fikrlash”ga o‘rgatish

O‘quvchiga quyidagi savollarni odat qil:

1. Bu jarayon to‘lqin bilan bog‘liqmi?
– yoyilayotgan chiziqlar, tasma, diffuz shakl bo‘lsa → ha.
2. Qaysi to‘lqin kattaliklari ishtirok etyapti?
– λ , v , T , n , Δ , φ
3. Natija amplituda bilan bog‘liqmi yoki faza bilan?
– interferensiya/difraksiyada → faza va yo‘l farqi
– energiya oqimi → intensivlik

3.2. Masalaga kirish algoritmi

Har bir to‘lqin optikasi masalasida:

Chizma (manba, yoriq, ekran, yo‘nalish)

“Bu yerda yo‘l farqi bormi?” – ha bo‘lsa → interferensiya

“Bu yerda bitta yoriqdan yoyilish bormi?” – ha bo‘lsa → difraksiya

“Bu yerda E yo‘nalishi bilan bog‘liq narsa bormi?” – ha bo‘lsa → polarizatsiya

Shundan so‘nggina formulaga o‘tish.

3.3. Geometrik optika bilan chegarani chizish

Reja:

- Agar hammasi nur chizig‘i bilan, sinish qoidasi bilan yechilsa → geometrik optika.
- Agar ustma-ust tushish, ko‘p nurlar, tasma, halqalar bo‘lsa → to‘lqin optikasi.

Olimpiadada ko‘p beriladigan “chalg‘ituvchi” savol:

“Ikki yoriqli tajribada markazdan chetga qarab yorug‘ va qorong‘i tasmlar hosil bo‘ldi...”

Bu yerda:

- optik yo‘l farqi
- faza farqi
- interferensiya shartlari ishlatiladi.

3.4. Formulalarni yodlash emas, manbasini tushuntirish

Masalan: $\Delta\varphi = 2\pi \cdot \Delta/\lambda$

Bu nimadan keladi?

Faza 2π ga o'zgarganda:

- yo'l λ ga o'zgaradi.
- demak, $\Delta\phi$ proporsional Δ va teskari λ ga.

Shunday izohlar:

- o'quvchini "formuladan qo'rqish"dan saqlaydi
- keyingi formulalarni o'zi chiqarib oladi.

4. Tipik xatolar va ularni bartaraf etish

Xato 1: "To'lqin uzunligi o'zgarsa, chastota ham o'zgaradi"

To'g'ri yondashuv:

- bo'shliqda $c = \lambda \cdot \nu$ doimiy
- muhitga kirganda ν o'zgarmaydi, λ o'zgaradi (c o'zgaradi)

Metodik yechim: bir xil rangli yorug'lik turli muhitda ham bir xil "rang"da ko'rinadi, chunki ν o'zgarmaydi.

Xato 2: "Faza faqat trigonometrik formulada bor"

To'g'ri:

- faza $\rightarrow$ interferensiyaning yuragi
- yuqori sinflarda faza farqi masalani hal qiladi

Metodik yechim: sodda misoldan: "Ikki tebranish fazada mos tushsa – kuchayish, qarama-qarshi bo'lsa – susayish" dan boshlash.

Xato 3: Optik yo'lni oddiy masofa deb olish

To'g'ri:

- optik yo'l $\rightarrow n \cdot L$
- ayniqsa pelyonka, linza, prizma masalalarida juda muhim

Metodik yechim: bir xil geometrik yo'l, turli n bo'lsa $\rightarrow$ yo'l farqini chizma bilan ko'rsatish.

5. Namunaviy masala (to'liq tahlil bilan)

Masala

Bo'shliqda tarqalayotgan monoxromatik yorug'lik to'liqining to'liq uzunligi $\lambda = 600 \text{ nm}$.

- a) Yorug'lik chastotasi ν ni toping.
- b) Shu yorug'lik shisha muhitga (sinish ko'rsatkichi $n = 1,5$) kirganda, to'liq uzunligi λ' ni toping.
- c) Chastota muhitda qanday o'zgaradi?

($c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Yechim (metodik tahlil bilan)

1-qadam. Tushunish

- λ berilgan $\rightarrow \nu$ ni topish uchun $c = \lambda \cdot \nu$
- muhitga kirganda: ν o'zgarmaydi, λ o'zgaradi

Bu – to'liq optikaning asosiy xulosasi.

a) Chastotani topish

$$\lambda = 600 \text{ nm} = 600 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 6,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$

$$\nu = c/\lambda = 3,0 \cdot 10^8 / 6,0 \cdot 10^{-7}$$

$$3,0 / 6,0 = 0,5$$

$$10^8 / 10^{-7} = 10^{15}$$

$$\nu = 0,5 \cdot 10^{15} = 5,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Chastota: $\nu = 5,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Metodik izoh: chastota foton “rangi” bilan bog'liq, muhit bilan o'zgarmaydi.

b) Shishada to'liq uzunligi

Muhitda yorug'lik tezligi:

$$\nu = c/n$$

$$\nu = 3,0 \cdot 10^8 / 1,5 = 2,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

To'liq uzunligi:

$$\nu = \lambda' \cdot \nu \rightarrow \lambda' = \nu / \nu$$

$$\lambda' = 2,0 \cdot 10^8 / 5,0 \cdot 10^{14}$$

$$2,0 / 5,0 = 0,4$$

$$10^8 / 10^{14} = 10^{-6}$$

$$\lambda' = 0,4 \cdot 10^{-6} = 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Demak:

$$\lambda' = 400 \text{ nm}$$

Yangi to'liqin uzunligi: $\lambda' = 400 \text{ nm}$

Metodik izoh:

- darsliklarda ko'rsatiladigan "spektr siljishi" aynan shundan keladi.
- λ kamaydi, demak shishada "to'liqin zichroq".

c) Chastota o'zgaradimi?

Yo'q.

Nazariy asos:

- ν – tebranish manbaga bog'liq
- muhit – faqat tarqalish sharoitini o'zgartiradi
- shuning uchun: ν bo'shlikda qanday bo'lsa, shishada ham shunday:

$$\nu' = \nu = 5,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Xulosa: chastota o'zgarmaydi, faqat λ va ν o'zgaradi.

2-BO'LIM. IKKI YORIQLI INTERFERENSIYA (YUNG TAJRIBASI)

1. Metodik maqsad

Bu bo'limning asosiy metodik vazifalari:

1. Interferensiya hodisasini tasodifiy ranglar yoki chiziqlar emas, balki fazalar qo'shilishi natijasi ekanini tushuntirish.
2. O'quvchini quyidagi savollarga aniq javob bera oladigan darajaga olib kelish:
 - Nima uchun aynan ikki yoriq kerak?
 - Nima uchun tasmalar teng oraliqda joylashadi?

- Nima uchun markaziy tasma eng muhim?
- 3. Yo‘l farqi Δ tushunchasini geometrik chizma orqali chiqarishga o‘rgatish.
- 4. Olimpiada masalalarida juda ko‘p uchraydigan:
 - “birinchi maksimum”
 - “m-tartibli maksimum”
 - “interferensiya tasmalari orasidagi masofa”
 kabi iboralarni avtomatik tushuniladigan holga keltirish.

Metodik jihatdan bu bo‘lim:

- 📖 to‘lqin optikasining yuragi
- 📖 keyingi 3-, 4-, 6-bo‘limlarning asosiy tayanchi.

2. Mavzu bayoni (chuqur tahlil)

2.1. Interferensiya nima?

Interferensiya — bu ikki yoki undan ortiq to‘lqinning fazoda ustma-ust tushishi natijasida intensivlikning ayrim joylarda kuchayishi, ayrim joylarda susayishi hodisasi.

Muhim:

- 📖 interferensiya → energiya yo‘qolishi emas
- 📖 energiya faqat fazoviy taqsimlanadi

Yorug‘likda interferensiya faqat koherent to‘lqinlar uchun kuzatiladi.

2.2. Yung tajribasining fizik mohiyati

Yung tajribasida:

- bitta monoxromatik manba olinadi
- u bitta tor yoriqdan o‘tkazilib “tozalanadi”
- undan keyin ikki yoriq orqali o‘tkaziladi

Bu ikki yoriq:

1. bir xil chastotali
2. doimiy faza farqli

☞ Koherent manbalar vazifasini bajaradi.

Natijada ekranda:

- yorug‘ tasmalar (kuchayish)

- qorong‘i tasmalar (susayish) kuzatiladi.

2.3. Yo‘l farqi tushunchasi

Interferensiya natijasi amplitudaga emas, balki yo‘l farqiga bog‘liq.

Chizma orqali (metodik izoh):

Ikki yoriq orasidagi masofa — d

Ekran yoriqlardan L masofada

Ekrandagi nuqtaning markazdan siljishi — x

Geometrik yaqinlashuv ($x \leq L$) orqali:

$$\Delta = d \cdot x / L$$

Bu yerda:

- Δ — ikki nurning yo‘l farqi
- d — yoriqlar orasidagi masofa
- x — ko‘rilayotgan nuqtaning siljishi
- L — yoriqlardan ekrangacha masofa

Bu formula Yung tajribasining asosiy kaliti.

2.4. Yorug‘ va qorong‘i tasmalar sharti

Yorug‘ (konstruktiv interferensiya):

$$\Delta = m \cdot \lambda$$

$$m = 0, 1, 2, \dots$$

Bu holatda:

- faza farqi $2\pi \cdot m$
- to‘lqinlar bir-birini kuchaytiradi

Qorong‘i (destruktiv interferensiya):

$$\Delta = (m + 1/2) \cdot \lambda$$

Bu holatda:

- faza farqi $(2m + 1) \cdot \pi$
- to‘lqinlar bir-birini so‘ndiradi

2.5. Markaziy maksimumning o'ri va ahamiyati

Markaziy nuqtada $x = 0$, $\Delta = 0$

Demak: har doim maksimum, $m = 0$

Metodik jihatdan: barcha hisoblar markazdan boshlanadi, markaziy tasmani noto'g'ri talqin qilish $\rightarrow$ butun masala buziladi.

3. Metodik yordam (kengaytirilgan, olimpiadaga yo'naltirilgan)

Bu bo'limda eng katta e'tibor aynan metodik yordamga qaratiladi.

3.1. Masalaga yondashishning umumiy algoritmi

Har qanday ikki yoriqli interferensiya masalasida:

1-qadam. Vaziyatni aniqlash: ikkita yoriq bormi?, monoxromatik yorug'likmi?

Agar ha $\rightarrow$ bu Yung tajribasi.

2-qadam. Nima so'ralganini aniqlash: maksimum joyimi?, nechanchi tartibmi?, tasma oralig'imi?

3-qadam. Tartib raqamini aniqlash: "birinchi yorug'" $\rightarrow m = 1$, "ikkinchi qorong'i" $\rightarrow m = 1$

4-qadam. Asosiy formulani tanlash: $x = m \cdot \lambda \cdot L/d$, yoki Δ orqali ishlash

3.2. Eng muhim metodik nuqta: m ni noto'g'ri tushunmaslik

O'quvchilarning eng ko'p qiladigan xatosi:

"Birinchi yorug' tasma – $m = 0$ "

Yo'q!

- $m = 0 \rightarrow$ markaziy maksimum
- "birinchi yorug'" deyilganda $\rightarrow$ markazdan keyingi birinchi maksimum $\rightarrow m = 1$

Bu olimpiadada juda ko'p adashtiriladi.

3.3. Kichik burchaklar yaqinlashuvi qachon ishlatiladi?

$$\Delta = d \cdot \sin\theta$$
$$\sin\theta \approx \tan\theta \approx x/L$$

Bu faqat: $x \leq L$, ya'ni tasma markazga yaqin bo'lsa

Agar masalada chetki tasmalar haqida gapirsa: bu yaqinlashuvni tekshiring!!!

3.4. “Tasodifiy” ko‘rinadigan savollarning mantiqi

Masalan:

“Ektranda ketma-ket 9 ta yorug‘ tasma ko‘rindi”

Bu nimani anglatadi?

- $m = -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4$
- markaz bilan birga sanaymiz
- demak $|m|_{\max} = 4$

Shu orqali: $d/\lambda \approx 4$ deganga kelamiz.

Bu — olimpiada kabi fikrlash.

4. Tipik xatolar va ularning sabablari

Xato 1. d va L ni almashtirish

Sabab: formulani yodlab olish, chizmani ko‘rmaslik

Yechim: d har doim yoriqlar orasida, L har doim yoriq-ekran orasida

Xato 2. Yarim to‘lqinni unutish

Qorong‘i tasma uchun: $(m + 1/2) \cdot \lambda$

Ko‘pchilik: shunchaki $m \cdot \lambda$ deb yozadi

Yechim: “so‘nish” → yarim davrga siljish degan fizik ma‘noni tushuntirish.

Xato 3. m ni noto‘g‘ri belgilash

Masalan: “ikkinchi qorong‘i” masalasida $m = 2$ deb olish

To‘g‘ri: birinchi qorong‘i → $m = 0$, ikkinchi qorong‘i → $m = 1$

5. Namunaviy masala (TO‘LIQ TAHLIL BILAN)

Masala

Ikki yoriqli interferensiya tajribasida:

- yoriqlar orasidagi masofa $d = 0,40 \text{ mm}$
- ekran yoriqlardan $L = 2,0 \text{ m}$ masofada
- yorug‘lik to‘lqin uzunligi $\lambda = 500 \text{ nm}$

- a) Markazdan hisoblaganda, ikkinchi yorug‘ tasmaning ekrandagi siljishini toping.
b) Ikkinchi yorug‘ tasma bilan markaziy tasma orasidagi masofani aniqlang.

Yechim (metodik izoh bilan)

1-qadam. Masalani to‘g‘ri tushunish

- “ikki yoriqli” $\rightarrow$ Yung tajribasi
- “ikkinchi yorug‘” $\rightarrow m = 2$
- markaz $\rightarrow m = 0$

a) Ikkinchi yorug‘ tasmaning o‘rni

Formula: $x = m \cdot \lambda \cdot L/d$

Birliklarni keltiramiz: $\lambda = 500 \text{ nm} = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, $d = 0,40 \text{ mm} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Hisoblaymiz: $x = 2 \cdot 5,0 \cdot 10^{-7} \cdot 2,0/4,0 \cdot 10^{-4}$

Yuqorisi: $2 \cdot 5,0 \cdot 2,0 = 20$

Pastki qismi: $4,0$

Darajalar: $10^{-7}/10^{-4} = 10^{-3}$

$x = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$x = 5,0 \text{ mm}$

b) Markaz bilan oraliq masofa

Markaziy tasma $x_0 = 0$

Demak masofa: $\Delta x = x_2 - x_0 = 5,0 \text{ mm}$

Javob: $5,0 \text{ mm}$

3-BO'LIM. INTERFERENSIYA MAKSIMUM VA MINIMUMLARI.

INTERFERENSIYA TARTIBI VA CHEGARALANGANLIK MASALALARI**

1. Metodik maqsad

Bu bo'limning asosiy metodik vazifalari:

1. O'quvchiga m – interferensiya tartibi oddiy indeks emas, balki fizik mazmunga ega son ekanini anglatish.
2. “Nechta yorug' tasma ko'rinadi?”, “Eng chetki maksimum qaysi m ga to'g'ri keladi?” kabi olimpiadaning eng sevimli savollarini avtomatik yecha olishga o'rgatish.
3. Interferensiya chegaralangan hodisa ekanini tushuntirish:
 - hamma m mumkin emas
 - fizik sharoit m ni cheklaydi
4. Matematik javobni fizik ma'nosi bilan tekshirish ko'nikmasini shakllantirish.

Metodik nuqtai nazardan:

Bu bo'lim o'quvchini “formula yechuvchidan” “fizik fikrlovchi” darajasiga ko'taradi.

2. Mavzu bayoni

2.1. Interferensiya tartibi m — fizik mazmuni

Ikki yoriqli interferensiyada yorug' maksimum sharti: $\Delta = m \cdot \lambda$

Bu yerda:

- Δ — ikki nur yo'l farqi
- λ — yorug'lik to'lqin uzunligi
- m — interferensiya tartibi

m nimani bildiradi?

m — ikki nurning yo'l farqi nechta to'lqin uzunligiga teng ekanini bildiradi.

Misollar:

- $m = 0 \rightarrow$ yo'l farqi 0 $\rightarrow$ markaziy maksimum
- $m = 1 \rightarrow$ yo'l farqi λ
- $m = 2 \rightarrow$ yo'l farqi 2λ

Shu sababli:

- m faqat butun son bo'lishi mumkin
- m nol va manfiy qiymatlar ham qabul qiladi

2.2. Maksimum va minimumlarning umumiy sharti

Yorug' (konstruktiv interferensiya):

$$\Delta = m \cdot \lambda$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Qorong'i (destruktiv interferensiya):

$$\Delta = (m + 1/2) \cdot \lambda$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Muhim metodik nuqta: qorong'i tasma har doim ikki yorug' tasma orasida joylashadi, markazda qorong'i tasma bo'lmaydi

2.3. m ning chegaralanishi (eng muhim g'oya)

Matematikada: m istalgan butun son bo'lishi mumkin

Fizikada esa: yo'l farqi cheksiz bo'la olmaydi

Ikki yoriqli tajribada maksimal yo'l farqi taxminan: $\Delta_{max} \approx d$

Shuning uchun: $m \cdot \lambda \leq d$ yoki $|m| \leq d/\lambda$

Bu formuladan: eng katta interferensiya tartibi, ko'rinadigan maksimal tasma soni aniqlanadi.

Bu — olimpiadaning eng muhim formulalaridan biri.

2.4. Ko'rinadigan tasmalar soni

Agar: $|m|_{max} = M$

bo'lsa, u holda: $m = -M, \dots, -1, 0, 1, \dots, M$, umumiy yorug' maksimumlar soni:
 $N = 2M + 1$

Metodik jihatdan: markaziy maksimum har doim hisobga olinadi, ko'pchilik aynan shu yerda adashadi

3. Metodik yordam

Bu bo‘lim uchun metodik yordam — asosiy qiymat. Shuning uchun batafsil beraman.

3.1. “Nechta tasma?” tipidagi masalalar algoritmi

Birinchi navbatda d/λ ni hisobla

Butun qismini ol $\rightarrow$ bu m max

$2M + 1$ formulasi bilan umumiy sonni top

Muhim:

1. kasr qismi hech qachon m bo‘la olmaydi
2. doimo pastga qarab butunlashtiriladi

3.2. “Ketma-ket tasmalar” iborasini to‘g‘ri tushunish

Agar masalada yozilgan bo‘lsa:

“Ektranda 7 ta ketma-ket yorug‘ tasma ko‘rinadi”

Bu degani: markaziy tasma ham kiradi, $m = -3$ dan $+3$ gacha

Shundan $|m|_{\max} = 3$

Bu orqali $d/\lambda \approx 3$ degan xulosa chiqadi.

3.3. “Eng chetki maksimum” nimani bildiradi?

“Eng chetki maksimum” — bu:

- fizik jihatdan hali mavjud bo‘la oladigan
- bundan kattaroq m da esa shart buziladi

Shu sababli: har doim d/λ bilan bog‘liq

Ko‘p o‘quvchilar: shunchaki $m = d/\lambda$ deb oladi

To‘g‘risi: $m = [d/\lambda]$ (butun qismi)

3.4. Interferensiya shartini “ko‘z bilan tekshirish”

Metodik maslahat:

Agar λ juda katta, d kichik bo‘lsa $\rightarrow$ tasma soni kam bo‘ladi.

Agar λ kichik, d katta bo‘lsa $\rightarrow$ tasma soni ko‘p bo‘ladi.

Bu mantiqiy tekshiruv xatoni kamaytiradi.

4. Tipik xatolar va ularni bartaraf etish

Xato 1: m ni cheksiz deb olish

Sabab: matematik fikrlash, fizik cheklovni unutish

To'g'rilash: har doim d/λ ni tekshiring

Xato 2: faqat musbat m ni sanash

Sabab geometrik simmetriyani unutish

To'g'rilash: interferensiya simmetrik, manfiy va musbat m teng huquqli

Xato 3: markaziy maksimumni hisobga olmaslik

Sabab: $m = 0$ ni "tasavvur qilmaslik"

To'g'rilash: $m = 0 \rightarrow$ ENGI MUHIM maksimum

5. Namunaviy masala (TO'LIQ TAHLIL BILAN)

Masala

Ikki yoriqli interferensiya tajribasida:

- yoriqlar orasidagi masofa $d = 0,25 \text{ mm}$
- yorug'lik to'lqin uzunligi $\lambda = 500 \text{ nm}$

a) Eng katta interferensiya tartibini aniqlang.

b) Ekranda nechta yorug' maksimum kuzatiladi?

Yechim (metodik izoh bilan)

1-qadam. Fizik modelni tanlash

- ikki yoriq $\rightarrow$ interferensiya
- maksimumlar soni kerak $\rightarrow m \text{ max}$ formulasi kerak

a) Eng katta interferensiya tartibi

Birliklarni keltiramiz:

$$\begin{aligned}d &= 0,25 \text{ mm} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \\ \lambda &= 500 \text{ nm} = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}\end{aligned}$$

Hisoblaymiz:

$$d/\lambda = 2,5 \cdot 10^{-4} / 5,0 \cdot 10^{-7}$$

$$2,5/5,0 = 0,5$$

$$10^{-4}/10^{-7} = 10^3$$

$$d/\lambda = 5,0 \cdot 10^2 = 500$$

Demak:

$$m_{max} = 500$$

Eng katta tartib: $m = 500$

b) Yorug' maksimumlar soni

$$N = 2M + 1$$

$$N = 2 \cdot 500 + 1 = 1001$$

Ekkranda 1001 ta yorug' maksimum kuzatiladi.

4-BO'LIM. INGICHKA PELYONKADA INTERFERENSIYA

(Faza aylanishini hisobga olish bilan)

1. Metodik maqsad

Bu bo'limning asosiy metodik vazifalari:

1. O'quvchini fazani "ko'rishga" o'rgatish, ya'ni:
 - faqat $\Delta = 2 \cdot n \cdot d$ yozib qo'yish emas,
 - balki *qayerda faza o'zgaradi, qayerda o'zgarmaydi* — shuni anglash.
2. "Nima uchun sovun pufagi rangli?" degan fizik savolga ilmiy javob berish.
3. Olimpiadada juda ko'p chiqadigan:
 - "eng kichik qalinlik"
 - "qaysi rang kuchayadi"
 - "aks etgan yorug'likda interferensiya"tipidagi masalalarni chalkashmasdan yechish.
4. O'quvchini fazani hisobga olmasdan formulani qo'llashdan tiyish.

Metodik jihatdan:

Agar bu bo'lim yaxshi o'zlashtirilsa, o'quvchi to'lqin optikasidan qo'rqmaydi.

2. Mavzu bayoni

2.1. Ingichka pelyonka nima?

Ingichka pelyonka — bu:

- qalinligi d
- sinish ko'rsatkichi n
- ikki sirt bilan chegaralangan muhit

Misollar:

- sovun pufagi
- yog' qatlamlari
- suv yuzasidagi yupqa moy qavati

Pelyonkaning qalinligi odatda: $d \approx \lambda$ tartibida bo'ladi

☞ Shuning uchun interferensiya kuzatiladi.

2.2. Qaysi nurlar interferensiya qiladi?

Aks etgan yorug'likda odatda ikki asosiy nur interferensiya qiladi:

1. Birinchi nur

– pelyonka ustki sirtidan bevosita aks etgan nur

2. Ikkinchi nur

- pelyonkaga kirib,
- quyi sirtidan aks etib,
- yana yuqoriga qaytgan nur

Bu ikki nur:

- bir-biriga yaqin
- faza farqi bilan chiqadi
- interferensiya beradi

2.3. Optik yo'l farqi (asosiy formula)

Pelyonkada ikkinchi nur: ikki marta pelyonka ichidan o'tadi

Shuning uchun geometrik yo'l: $2d$

Optik yo'l: $\Delta_{\gamma_0}'_1 = 2 \cdot n \cdot d$

Bu bazaviy yo'l farqi, lekin bu hali yetarli emas.

Chunki fazaviy aylanish ham bor.

2.4. Aks etishda faza aylanishi (ENG MUHIM QISM)

Bu bo‘limda ko‘pchilik adashadi.

QONUN:

- 📖 To‘lqin kam zich muhitdan zichroq muhitga aks etsa $\rightarrow \pi$ (yarim to‘lqin) faza siljishi yuz beradi.
- 📖 To‘lqin zichroq muhitdan kam zich muhitga aks etsa $\rightarrow$ faza o‘zgarmaydi.

Boshqa so‘z bilan:

Aks etish turi	Faza
n kichik $\rightarrow$ n katta	π ga siljish
n katta $\rightarrow$ n kichik	siljish yo‘q

Bu interferensiya shartlarini almashtirib yuboradi.

2.5. Yakuniy interferensiya shartlari (aks etgan yorug‘lik)

Agar bitta aks etishda π faza siljishi bo‘lsa, u holda:

Yorug‘ (aks etgan nur): $2 \cdot n \cdot d = (m + 1/2) \cdot \lambda$

Qorong‘i (aks etgan nur): $2 \cdot n \cdot d = m \cdot \lambda$

Agar ikki aks etishda ham bir xil faza siljishi bo‘lsa (yoki ikkisida ham yo‘q bo‘lsa), unda:

Yorug‘: $2 \cdot n \cdot d = m \cdot \lambda$

Qorong‘i: $2 \cdot n \cdot d = (m + 1/2) \cdot \lambda$

Demak, qaysi formulani ishlatish – fazaga bog‘liq.

3. Metodik yordam

Bu bo‘limda metodik yordam — kalit rol o‘ynaydi.

3.1. Har bir masalada MAJBURIY algoritm

O‘quvchiga qattiq tartib o‘rgatiladi:

1-qadam. Qaysi nurlar interferensiya qilayotganini aniqla
– aks etganmi yoki o‘tganmi?

2-qadam. Har bir aks etishni tekshir

- qaysi muhitdan qaysisiga?
- qaysisida π faza bor?

3-qadam. Faza aylanishlar sonini sanab chiq

- 0 ta $\rightarrow$ formulalar o‘zgarmaydi
- 1 ta $\rightarrow$ formulalar joyini almashtiradi
- 2 ta $\rightarrow$ yana o‘zgarmaydi

4-qadam. Shundan keyingina formulani yoz

Bu algoritmgga amal qilinmasa — masala “portlaydi”.

3.2. “Eng kichik qalinlik” masalalarining siri

Olimpiadada juda ko‘p so‘raladi: “Eng kichik qalinlikda yorug‘ interferensiya kuzatilishi uchun...”

Bu nimani anglatadi?

- $m = 0$ holatni tekshirib ko‘ramiz
- qaysi formula yorug‘ uchun ishlaydi — shunga qaraymiz

Masalan: $2 \cdot n \cdot d = (m + 1/2) \cdot \lambda$

$m = 0 \rightarrow 2 \cdot n \cdot d = \lambda/2$

eng kichik d shundan chiqadi

3.3. Rangli pelyonkalar masalalari

Agar savolda:

- “qizil kuchayadi”
- “ko‘k so‘nadi”

deyilgan bo‘lsa, bu nimani anglatadi?

- qaysi λ uchun maksimum
- qaysi λ uchun minimum

O‘quvchi:

- rang $\rightarrow \lambda$ bilan bogʻliqligini
- qaysi rang kichik λ , qaysi katta λ ekanini bilishi shart

3.4. Fizik mantiq bilan tekshirish

Agar:

- n ohsa $\rightarrow$ bir xil rang uchun d kichrayadi
- λ kichik boʻlsa $\rightarrow$ bir xil d da m kattaroq boʻladi

Bu yakuniy javob tekshiruvi.

4. Tipik xatolar va ularni bartaraf etish

Xato 1. Fazani umuman hisobga olmaslik

Sabab: formulani yodlab olish

Bartaraf etish: “fazani sanash” degan majburiy qadam joriy qilish

Xato 2. $2 \cdot n \cdot d$ ni unutish

Sabab: faqat geometrik yoʻlni koʻrish

Bartaraf etish: “pelyonkani ikki marta bosib oʻtadi” deb ogʻzaki aytirish

Xato 3. $m = 0$ ni qoʻllamaslik

Sabab: “nol hech narsa bermaydi” degan psixologiya

Bartaraf etish: eng kichik qalinlik har doim $m = 0$ dan chiqishini koʻrsatish

5. Namunaviy masala

Masala:

Sinish koʻrsatkichi $n = 1,5$ boʻlgan sovun pufagiga $\lambda = 600$ nm monoxromatik yorugʻlik tik tushmoqda. Aks etgan yorugʻlikda birinchi marta maksimum kuzatilishi uchun pelyonkaning eng kichik qalinligini toping.

Yechim (metodik tahlil bilan)

1-qadam. Qaysi nurlar? – aks etgan $\rightarrow$ demak faza muhim

2-qadam. Fazani tekshiramiz: havo ($n \approx 1$) $\rightarrow$ pelyonka ($n = 1,5$): π faza bor, pelyonka $\rightarrow$ havo: faza yoʻq

bitta π faza $\rightarrow$ formulalar ALMASHADI

3-qadam. Yorug' interferensiya sharti

$$2 \cdot n \cdot d = (m + 1/2) \cdot \lambda$$

“Eng kichik” $\rightarrow m = 0$

$$2 \cdot 1,5 \cdot d = \lambda/2$$

4-qadam. Hisoblash

$$d = \lambda/(4 \cdot n)$$

$$d = 600 \text{ nm}/(4 \cdot 1,5) = 600/6 = 100 \text{ nm}$$

Javob: $d = 100 \text{ nm}$

5-BO‘LIM. YORIQDAN DIFRAKSIYA

(Fraungofer difraksiyasi, bir yoriq)

1. Metodik maqsad

Bu bo‘limning asosiy metodik vazifalari:

1. Difraksiya va interferensiyani qat’iy farqlashni o‘rgatish.
2. O‘quvchiga quyidagini singdirish:

“Difraksiyada asosiy rolni bitta yoriqning o‘lchami o‘ynaydi”.

3. Markaziy maksimumning:

- nega eng yorug‘,
 - nega eng keng
- ekanini fizik mantiq bilan tushuntirish.

4. Olimpiadada tez-tez chiqadigan:

- “markaziy maksimum kengligi”
 - “birinchi minimum qayerda?”
 - “difraksiya kuzatiladimi yo‘qmi?”
- kabi savollarni algoritmik yechishga o‘rgatish.

Metodik jihatdan: Bu bo‘limdan keyin o‘quvchi “har bir tasma interferensiya” emasligini aniq bilishi kerak.

2. Mavzu bayoni (chuqur tahlil)

2.1. Difraksiya nima?

Difraksiya — yorug‘likning:

- to‘siq chetida
- yoki tor yoriqdan o‘tganda

to‘g‘ri chiziq bo‘ylab emas, balki yoyilib tarqalishi hodisasidir.

Muhim farq:

- interferensiya → bir nechta manba
- difraksiya → bitta yoriq (bitta manba)

2.2. Bir yoriqli Fraungofer difraksiyasining fizik mazmuni

Fraungofer difraksiyasi — bu:

- yorug‘lik yorig‘idan o‘tadi
- uzoq ekranda kuzatiladi
- nur deyarli parallel

Yoriqning har bir nuqtasi:

- Gyuygens printsipiga ko‘ra
- ikkilamchi to‘lqin manbai

Bu manbalar:

- turli fazalarda
- ekranning turli nuqtalarida
- bir-birini kuchaytiradi yoki so‘ndiradi

2.3. Minimumlar sharti (ASOSIY FORMULA)

Difraksiyada aniq formulaga ega faqat minimumlar mavjud.

Bir yoriq kengligi b bo‘lsa:

Minimum sharti:

$$b \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$$

bu yerda:

- $m = 1, 2, 3, \dots$
- θ — markaziy o‘qdan burchak

Muhim:

- $m = 0$ minimum bermaydi
- $m = 1 \rightarrow$ birinchi minimum

2.4. Markaziy maksimumning asosiy xususiyatlari

Markaziy maksimum:

- $\theta = 0$ atrofida joylashgan
- eng yorug‘
- eng keng

Birinchi minimumlar joylashuvi:

- chapda: $m = -1$
- o‘ngda: $m = +1$

Markaziy maksimumning burchak kengligi:

$2\theta_1$ (bu yerda θ_1 — birinchi minimum burchagi)

Agar ekran uzoqda bo‘lsa: $x \approx L \cdot \sin\theta$

demak, markaziy maksimum kengligi: $\Delta x = 2 \cdot L \cdot \lambda / b$

2.5. Nima uchun markaziy maksimum keng?

Metodik izoh: markazda barcha ikkilamchi to‘lqinlar deyarli fazada, chetga chiqqanda fazalar farqi tez ortadi, shuning uchun markaziy maksimum katta maydonni egallaydi

Bu tushunilsa: o‘quvchi difraksiyani “ko‘z bilan” taniydi

3. Metodik tavsiya

Bu bo‘limda metodik yordam nihoyatda muhim.

3.1. Difraksiya masalalarini tanish algoritmi

Agar masalada:

- “bitta yoriq”
 - “tor teshik”
 - “chekkada yoyilish”
- deyilgan bo‘lsa $\rightarrow$ difraksiya

Agar: ikki yoriq yoki ko‘p yoriq
deyilgan bo‘lsa $\rightarrow$ interferensiya yoki panjara

3.2. Eng muhim metodik qoida

Difraksiyada avval minimum,
keyin maksimumlar haqida o'ylanadi.

Sababi: maksimumlarning aniq formulasi yo'q, ular minimumlar orasida joylashgan

Bu — olimpiadada juda ko'p beriladigan chalg'ituvchi savollarning javobi.

3.3. Kengliklarning solishtirilishi

Agar: yoriq toraysa (b kamayadi) $\rightarrow$ difraksiya kuchayadi $\rightarrow$ markaziy maksimum kengayadi, to'lqin uzunligi oshsa $\rightarrow$ maksimum kengayadi

Shu asosda sifatli savollar tez yechiladi:

“Qachon tasma tarqalishi kuchliroq bo'ladi?”

3.4. Kichik burchak yaqinlashuvi

Agar: θ kichik bo'lsa, $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta \approx x/L$

Bu faqat: markaz atrofida, chekka maksimumlar uchun ehtiyotkorlik bilan qo'llanadi

3.5. Interferensiya bilan farqlash (juda muhim!)

Metodik solishtirish: Interferensiya $\rightarrow$ barcha tasmlar taxminan teng keng,
Difraksiya $\rightarrow$ markaziy maksimum juda keng, yonlari tor

Bu testlarda tez aniqlash imkonini beradi.

4. Tipik xatolar va ularni bartaraf etish

Xato 1. $m = 0$ ni minimum deb olish

Sabab: interferensiyaga o'rganib qolish

To'g'rilash: $m = 0 \rightarrow$ markaziy maksimum, minimumlar $m = 1$ dan boshlanadi

Xato 2. Maksimum formulasi qidirish

Sabab: har bir hodisada “maksimum formulasi bo'lishi shart” degan noto'g'ri fikr

To'g'rilash: difraksiyada faqat minimumlar qat'iy aniqlanadi

Xato 3. b va d ni adashtirish

Sabab: interferensiya bilan aralashtirish

To'g'rilash: $b \rightarrow$ YORIQ kengligi, $d \rightarrow$ YORIQLAR oralig'i

5. Namunaviy masala (TO'LIQ TAHLIL BILAN)

Masala

Kengligi $b = 0,20$ mm bo'lgan tor yoriqqa $\lambda = 500$ nm monoxromatik yorug'lik tik tushmoqda. Yoriqdan $L = 2,0$ m uzoqlikdagi ekranda difraksiya hodisasi kuzatiladi.

a) Birinchi minimumning burchagini toping.

b) Markaziy maksimumning ekrandagi to'liq kengligini aniqlang.

Yechim (metodik izoh bilan)

a) Birinchi minimum

Difraksiyada minimum sharti: $b \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$

Birinchi minimum $\rightarrow m = 1, \sin\theta_1 = \lambda/b$

Birliklarni keltiramiz: $\lambda = 500$ nm = $5,0 \cdot 10^{-7}$ m, $b = 0,20$ mm = $2,0 \cdot 10^{-4}$ m

Hisoblaymiz: $\sin\theta_1 = 5,0 \cdot 10^{-7} / 2,0 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-3}$

$\theta_1 \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$ rad

b) Markaziy maksimum kengligi

Kichik burchak yaqinlashuvi: $x_1 \approx L \cdot \sin\theta_1, x_1 = 2,0 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 5,0 \cdot 10^{-3}$ m

Bu bitta tomonga siljish.

To'liq kenglik: $\Delta x = 2 \cdot x_1 = 1,0 \cdot 10^{-2}$ m

Markaziy maksimum kengligi: 1,0 cm

6-BO'LIM. DIFRAKSION PANJARA

(Ko'p yoriqli tizim va spektr hosil bo'lishi)

1. Metodik maqsad

Bu bo‘limning metodik vazifalari juda muhim:

1. O‘quvchiga “ko‘p yoriq = interferensiya + difraksiya” ekanini tushuntirish.
2. Difraksion panjaraning nima uchun juda aniq maksimumlar berishini fizik jihatdan asoslash.
3. Olimpiadada juda ko‘p uchraydigan:
 - “eng katta tartib”
 - “qaysi rang ko‘rinadi/ko‘rinmaydi?”
 - “panjaraning ajratish qobiliyati”
 - “dispersiya”tipidagi savollarga tayyorlash.
4. O‘quvchini panjarani interferensiyadan farqlashga, lekin bog‘lab fikrlashga o‘rgatish.

Metodik jihatdan:

Agar o‘quvchi bu bo‘limni yaxshi tushunsa, spektr masalalari uning sevimli mavzusiga aylanadi.

2. Mavzu bayoni

2.1. Difraksion panjara nima?

Difraksion panjara — bu:

- juda ko‘p, parallel
- bir xil masofada joylashgan
- tor yoriqlar sistemasidir.

Asosiy kattalik: panjara doimiysi — d

Agar panjarada 1 sm uzunlikda N ta chiziq bo‘lsa: $d = 1/N$ (sm da) yoki metrda o‘tkaziladi.

2.2. Panjara va ikki yoriq o‘rtasidagi farq

Ikki yoriq: maksimumlar kengroq, aniqligi pastroq

Difraksion panjara: maksimumlar juda tor, juda yorug‘, aniqligi juda yuqori

Sabab: ko‘p to‘lqinlar bitta fazada qo‘shiladi, yon yo‘nalishlarda esa deyarli to‘liq so‘nish bo‘ladi

2.3. Panjaradagi asosiy interferensiya sharti

Difraksion panjarada asosiy maksimumlar shartga bo'ysunadi: $d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$

bu yerda:

- d — panjara doimiysi
- θ — maksimum burchagi
- λ — yorug'lik to'lqin uzunligi
- m — tartib raqami (0, ± 1 , ± 2 , ...)

Bu formula:

- interferensiya shartidan kelib chiqadi
- panjaraning “yuragi” hisoblanadi

2.4. Tartibning chegaralanishi (m aks ettiruvchi ma'no)

Sinusning fizik chegarasi: $\sin\theta \leq 1$

Shuning uchun: $m \cdot \lambda \leq d$ yoki $m_{\max} = d/\lambda$ (butun qismi)

Bu juda muhim: qaysi ranglar ko'rinadi, nechanchi tartib mavjud aniqlanadi.

2.5. Spektr hosil bo'lishi

Agar oq yorug'lik panjaraga tushsa:

- har bir λ uchun maksimum boshqa burchakda
- $m = 0 \rightarrow$ barcha ranglar ustma-ust $\rightarrow$ oq markaz
- $m = 1, 2 \rightarrow$ rangli spektrlar

Muhim fizik xulosa:

- λ katta bo'lsa $\rightarrow \theta$ katta
- qizil chetrotqda, binafsha markazga yaqinroq

3. Metodik yordam (OLIMPIADA UCHUN)

Bu bo'limda metodik yordam — olimpiada kaliti.

3.1. Panjara masalalarini tanish algoritmi

Masalada: “ko'p yoriq”, “chiziqlar soni”, “1 mm da N ta chiziq” deyilgan bo'lsa $\rightarrow$ difraksion panjara

Bunda:

- har doim avval d ni top
- keyin $m \max$ ni tekshir
- shundan so‘ng joylashuvni hisobla

3.2. Eng ko‘p uchraydigan olimpiada savoli

“Qaysi rang chegarada yo‘qoladi?”

Yechish algoritmi: $d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$, eng katta mumkin bo‘lgan holat $\rightarrow \sin\theta = 1$, $\lambda_{\max} = d/m$

Shundan: $\lambda > \lambda_{\max} \rightarrow$ ko‘rinmaydi

3.3. “Qaysi tartibda qaysi rang?”

Metodik qoidalar:

- 📖 Bir xil m uchun:
 - λ katta $\rightarrow \theta$ katta
- 📖 Bir xil λ uchun:
 - m katta $\rightarrow \theta$ katta

Bu sifatli tahlil savollarini tez yechadi.

3.4. Panjara va difraksiya farqi (juda muhim)

Bir yoriq difraksiyasi: asosiy cheklov $\rightarrow b \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$

Panjara: asosiy maksimum $\rightarrow d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$, yoriq kengligi b faqat yon maksimum intensivligiga ta’sir qiladi

Olimpiadada: “Difraksion panjarada maksimumlar qaysi shart bilan belgilanadi?”

— deb so‘ralsa, doimo d bilan ishlaysiz.

3.5. Yakuniy mantiqiy tekshiruv

Agar hisobda: $\sin\theta > 1$ chiqsa

Bu: fizik jihatdan mumkin emas, demak, m noto‘g‘ri tanlangan

Bu qadam: ko‘p ball saqlab qoladi

4. Tipik xatolar va ularni bartaraf etish

Xato 1. d o‘rniga b ishlatish

Sabab: difraksiya bilan aralashtirish

Bartaraf etish: panjara $\rightarrow$ doimo d , yoriq $\rightarrow$ doimo b

Xato 2. Sinus chegarasini tekshirmaslik

Sabab: m ni hisoblab, tekshirmasdan qabul qilish

Bartaraf etish: har doim $m \cdot \lambda \leq d$ tekshir

Xato 3. Markaziy maksimumni unutish

Sabab: $m = 0$ ni e'tiborsiz qoldirish

Bartaraf etish: $m = 0 \rightarrow$ oq, eng kuchli maksimum

5. Namunaviy masala

Masala

Bir millimetr uzunlikda $N = 500$ ta chiziqqa ega difraksion panjaraga $\lambda = 600 \text{ nm}$ monoxromatik yorug'lik tik tushmoqda.

- a) Panjara doimiysi d ni toping.
- b) Eng katta kuzatilishi mumkin bo'lgan interferensiya tartibini aniqlang.
- c) Shu tartibdagi maksimum taxminan qaysi burchak ostida joylashadi?

Yechim (metodik izoh bilan)

a) Panjara doimiysi

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$d = 10^{-3}/500 = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$d = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b) Eng katta tartib

$$m_{\max} = d/\lambda$$

$$\lambda = 600 \text{ nm} = 6,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$m_{\max} = 2,0 \cdot 10^{-6}/6,0 \cdot 10^{-7} \approx 3,33$$

Butun qismi: $m_{\max} = 3$

c) Maksimum burchagi

$$d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$$

$$\sin\theta = m \cdot \lambda / d = 3 \cdot 6,0 \cdot 10^{-7} / 2,0 \cdot 10^{-6}$$

$$\sin\theta = 0,9$$

$$\theta \approx 64^\circ$$

Javob: $\theta \approx 64^\circ$

7-BO‘LIM. INTERFERENSIYA VA DIFRAKSIYANI FARQLASH

(Taqqoslash, tanib olish va to‘g‘ri model tanlash)**

1. Metodik maqsad

Bu bo‘limning asosiy metodik vazifalari:

1. O‘quvchini **“formulani ko‘rmay turib hodisani aniqlash”**ga o‘rgatish.
2. Test va olimpiada masalalarida eng ko‘p uchraydigan xatoni bartaraf etish:

“Har bir tasma interferensiyadir”

3. Interferensiya va difraksiya o‘rtasidagi:
 - fizik sababni
 - geometrik modelni
 - kuzatiladigan natijani qat’iy farqlash.
4. O‘quvchida to‘g‘ri model tanlash refleksini hosil qilish:
 - noto‘g‘ri model → noto‘g‘ri formula → butun yechim barbod.

Metodik nuqtai nazardan: Bu bo‘lim — optikadagi “diagnostika” bo‘limi.

2. Mavzu bayoni (chuqur tahlil)

2.1. Interferensiya va difraksiya — umumiylik va farq

Ikkala hodisada ham:

- yorug‘lik to‘lqin sifatida namoyon bo‘ladi
- faza muhim rol o‘ynaydi
- kuchayish va susayish kuzatiladi

Ammo fizik SABAB mutlaqo boshqa.

2.2. Interferensiyaning fizik mohiyati

Interferensiya: ikki yoki undan ortiq manbadan kelgan to‘lqinlar ustma-ust tushishi, asosiy sabab → manbalar orasidagi yo‘l farqi

Masalan:

- ikki yoriq
- Michelson interferometri
- ingichka pelyonka (ikki aks etgan nur)

Bu yerda asosiy savol: “Bu ikkita nur QAYERDAN keldi?”

2.3. Difraksiyaning fizik mohiyati

Difraksiya: bitta yoriq yoki to‘siqning o‘zi to‘lqinni yoyib yuboradi, asosiy sabab → manbaning yoki yoriqning cheklangan o‘lchami

Masalan:

- bitta yoriq
- igna cheti
- tor teshik

Bu yerda asosiy savol: “To‘lqin QAYERDA yoyildi?”

2.4. Kuzatiladigan tasvirlarning chuqur farqi

Interferensiya tasviri:

- tasmalar deyarli teng kenglikda
- markaziy maksimum boshqalardan ajralib turmaydi
- simmetrik joylashuv

Difraksiya tasviri:

- markaziy maksimum juda keng
- keyingi maksimumlar tor
- yon maksimumlar tez so‘nadi

Bu farqni rasmsiz ham tasavvur qilish o‘quvchi uchun muhim.

3. Metodik yordam (ENG KENG, OLIMPIADA UCHUN)

Bu bo‘limda eng asosiy qism aynan SHU.

3.1. Masalani ko‘r-ko‘rona formula bilan boshlamaslik qoidasi

Metodik qoida:

Agar o‘quvchi formulani ko‘rib, hodisani aniqlayotgan bo‘lsa — U ADASHGAN.

To‘g‘ri ketma-ketlik:

1. vaziyatni so‘z bilan tasvirlash
2. qaysi hodisa ekanini aniqlash
3. shundan keyin formula tanlash

3.2. “3 ta kalit savol” algoritmi

Har qanday optik masalada o‘zingdan so‘ra:

1-savol. Manbalar nechta?

- 2 ta yoki ko‘p $\rightarrow$ interferensiya
- 1 ta $\rightarrow$ difraksiya ehtimoli yuqori

2-savol. Tarqalish qayerda yuz beryapti?

- yoriqlar orasidagi yo‘l farqi $\rightarrow$ interferensiya
- yoriq ichidagi yoyilish $\rightarrow$ difraksiya

3-savol. Markaziy maksimum qanday?

- oddiy, teng $\rightarrow$ interferensiya
- juda keng $\rightarrow$ difraksiya

Bu 3 savol bilan masalaning 80% aniqlanadi.

3.3. Olimpiadadagi eng mashhur “tuzoqlar”

Tuzoq 1: “Ikki ta qorong‘i chiziq orasida yorug‘ chiziq bor”

Ko‘pchilik: interferensiya deb o‘ylaydi.

Aslida: bitta yoriq fonida ko‘rilsachi?

$\rightarrow$ difraksiya maksimumi bo‘lishi mumkin.

Yechim: yoriqlar sonini tekshiring.

Tuzoq 2: “Tor yoriqdan chiqqan yorug‘lik kengayib ketdi”

Bu 100%: difraksiya

Tuzoq 3: “Ekranda rangli chiziqlar”

Ko‘pchilik: bu interferensiya, deydi.

To‘g‘ri yondashuv:

- panjara bo‘lsa → spektr
- pelyonka bo‘lsa → interferensiya
- bitta yoriq bo‘lsa → yo‘q, ranglar bo‘lmaydi

3.4. Qaysi formulani qachon ishlatish — METODIK JADVAL

Interferensiya:

$$\Delta = d \cdot x/L$$
$$\Delta = m \cdot \lambda$$

Difraksiya (bitta yoriq): $b \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$

Difraksion panjara: $d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$

Metodik maslahat: formulaga qaramasdan qaysi kattalik kirganiga qarab hodisani aniqlang.

3.5. Sifatli savollarni tez yechish

Masalan: “Agar yoriq toraysa, tasma ko‘paydimi?”

Metodik tahlil: difraksiyada b kamayadi → yoyilish kuchayadi, interferensiyada d kamayadi → tasma oralig‘i kichrayadi

Bitta savol — ikki xil javob.

4. Tipik xatolar va ularni metodik tuzatish

Xato 1. Har bir tasmani interferensiya deb olish

Sabab: interferensiyani birinchi o‘rganish

Tuzatish: markaziy maksimum kengligini kuzatish

Xato 2. b , d va L ni aralashtirish

Sabab: belgilarni mexanik yodlash

Tuzatish: har bir belgini fizik ob‘ekt bilan bog‘lash

Xato 3. Formulani hodisani aniqlashdan oldin qo'llash

Sabab: testlarga o'rganib qolish

Tuzatish: "3 savol" algoritmini majburiy tatbiq qilish

5. Namunaviy masala

Masala

Ekkranda yorug'likning quyidagi tasviri kuzatiladi:

- markazda juda keng yorug' tasma
- uning ikki tomonida tor va tez so'nuvchi tasmalar

Bu hodisa qaysi optik jarayonga tegishli?

Javobingizni asoslang.

Yechim (metodik tahlil)

Manbalar soni — bitta (tasvirdan)

Markaziy maksimum juda keng

Yon maksimumlar tez so'nadi

Bu xususiyatlar: bitta yoriq difraksiyasiga xos

Interferensiyada markaziy maksimum: boshqalardan keskin farq qilmaydi

Yakuniy javob: Difraksiya

8-BO'LIM. YORUG'LIKNING POLARIZATSIYASI

1. Metodik maqsad

Bu bo'limning asosiy metodik vazifalari:

1. O'quvchida "yorug'lik qaysi yo'nalishda tarqaladi" bilan "yorug'lik qanday yo'nalishda tebranadi" tushunchalarini qat'iy ajratish.
2. Polarizatsiyani:
 - interferensiya
 - difraksiyabilan aralashtirib yubormaslik.
3. Olimpiadada tez-tez uchraydigan:
 - Mal'yus qonuni
 - qutblovchi (polarizator)
 - Brewster burchagikabi tushunchalar uchun mustahkam poydevor yaratish.

4. Polarizatsiyani yorug'likning to'liqligi isboti sifatida tushuntirish.

Metodik jihatdan:

Agar o'quvchi bu bo'limdan keyin “yorug'lik uzunlamas to'liq bo'lishi mumkinmi?” degan savolga aniq “YO'Q” deb javob bera olsa — maqsadga erishilgan.

2. Mavzu bayoni (chuqur tahlil)

2.1. Yorug'lik to'liqida tebranish yo'nalishi

Yorug'lik — ko'ndalang elektromagnit to'liq.

Bu nimani anglatadi?

1. Yorug'likning tarqalish yo'nalishi → nur yo'nalishi
2. Elektr maydon kuchi E esa →
tarqalish yo'nalishiga tik tekislikda tebranadi

Muhim xulosa:

Polarizatsiya faqat ko'ndalang to'liqlarda mavjud bo'ladi.

Shuning uchun:

- tovush (uzunlamas) to'liqlarda polarizatsiya yo'q
- yorug'likning polarizatsiyasi → uning ko'ndalang to'liqligini isbotlaydi

2.2. Qutblanmagan yorug'lik

Tabiiy yorug'lik manbalari (quyosh, lampa) chiqaradigan yorug'lik: qutblanmagan bo'ladi

Bu nimani anglatadi?

- E vektor barcha mumkin bo'lgan tekisliklarda
- tasodifiy tebranadi
- o'rtacha hisobda bir xil intensivlik beradi

Qutblanmagan yorug'likni: bitta tekislikda tebranadigan holga keltirish → polarizatsiya

2.3. Qutblangan yorug'lik

Agar: E vektor faqat bitta tekislikda tebransa

bunday yorug'lik: chiziqli qutblangan yorug'lik deyiladi.

Qutblangan yorug'lik: sun'iy yo'l bilan olinadi, tabiatda kam uchraydi

2.4. Polarizator va analizator

Polarizator — bu: faqat ma'lum yo'nalishdagi E tebranishlarni o'tkazuvchi qurilma

Misollar: Polaroid plyonkasi, maxsus kristallar

Analizator — bu: qutblangan yorug'likni tekshirish uchun, ishlatiladigan ikkinchi polarizator

Muhim: polarizator va analizator fizik jihatdan bir xil, faqat vazifasi boshqacha

3. Metodik yordam (ENG KENG, OLIMPIADA UCHUN)

Bu bo'limda metodik yordam — hal qiluvchi ahamiyatga ega.

3.1. Eng katta tushunmovchilikni yo'qotish

O'quvchilarning eng katta xatosi: “Yorug'lik shu yo'nalishda tebranadi”

To'g'rilash: yorug'lik SHU yo'NALISH bo'YICHA TARQALADI, E vektor esa unga tik tebranadi

Metodik mashq: qo'l bilan nur yo'nalishini, ikkinchi qo'l bilan E yo'nalishini ko'rsatish

3.2. Polarizatsiyani tanib olish algoritmi

Agar masalada: E vektor yo'nalishi berilgan, qutblovchi burchak ostida joylashgan, intensivlik burchakka bog'langan — bu 100% polarizatsiya masalasi.

3.3. Ketma-ket ikki polarizatorga yorug'lik tushsa

Metodik ketma-ketlik:

1. Birinchi polarizator: qutblanmagan yorug'lik intensivligini $I_0/2$ ga kamaytiradi

2. Ikkinchi polarizator: Mal'yus qonuni bo'yicha hisoblanadi

Ko'p xato qilinadigan joy: $I_0/2$ ni unutish

3.4. To'liq so'nish sharti

Agar: analizator o'qi, qutblangan yorug'lik tebranish tekisligiga 90° burchak ostida bo'lsa: $\cos^2 90^\circ = 0$

Yorug'lik butunlay o'tmaydi

Bu: testlarda juda ko'p uchraydi, bir qadamda javob chiqadi

3.5. Polarizatsiya $\neq$ intensivlik kamayishi

Muhim metodik izoh: intensivlik kamayishi $\rightarrow$ ODAT BO'LISHi mumkin, lekin har bir intensivlik kamayishi polarizatsiya degani emas

Masalan: yutuvchi muhit, tarqalish yo'qotishlari polarizatsiya bilan bog'liq emas

4. Tipik xatolar va ularni metodik tuzatish

Xato 1. Tebranish va tarqalish yo'nalishini aralashtirish

Sabab: ko'ndalang to'lqin tushunchasi sust

Tuzatish: chizma bilan majburan ko'rsatish

Xato 2. Qutblovchi har doim yorug'likni yo'qotadi deb o'ylash

To'g'ri: qutblangan yorug'lik $\rightarrow$ to'g'ri orientatsiyada to'liq o'tadi

Xato 3. $I_0/2$ omilini unutish

Sabab: Malyus qonunini mexanik qo'llash

Tuzatish:

 doim savol bering: "Yorug'lik oldindan qutblanganmi?"

5. Namunaviy masala

Masala

Qutblanmagan yorug'lik intensivligi $I_0 = 10 \text{ W/m}^2$ bo'lgan nur avval polarizatoridan, so'ngra analizatoridan o'tkaziladi. Analizator polarizator o'qiga nisbatan $\alpha = 60^\circ$ burchak ostida joylashgan.

- a) Polarizatoridan keyingi intensivlikni toping.
- b) Analizatoridan keyingi intensivlikni aniqlang.

Yechim (metodik izoh bilan)

a) Polarizatoridan keyin

Qutblanmagan yorug'lik $\rightarrow$ polarizatoridan keyin: $I_1 = I_0/2 = 5 \text{ W/m}^2$

Birinchi natija shu yerda topiladi

b) Analizatoridan keyin (Mal'yus qonuni)

Malyus qonuni: $I = I_1 \cdot \cos^2 \alpha$, $\cos 60^\circ = 1/2 \rightarrow \cos^2 60^\circ = 1/4$, $I = 5 \cdot 1/4 = 1,25 \text{ W/m}^2$

Yakuniy javob: $1,25 \text{ W/m}^2$

9-BO'LIM. MAL'YUS QONUNI VA BREWSTER BURCHAGI

(Polarizatsiya jarayonlarining matematik va fizik asoslari)

1. Metodik maqsad

Bu bo'limning asosiy vazifalari:

1. O'quvchini intensivlik $\rightarrow$ burchak $\rightarrow \cos^2$ bog'lanishiga mos fikrlashga o'rgatish.
2. Polarizator–analizator orqali yorug'lik o'tishini bosqichma-bosqich tahlil qilish.
3. Brewster burchagining to'liq fizik ma'nosini berish:

“Aks etgan yorug'lik to'liq qutblangan bo'lishi uchun qanday shart bajariladi?”

4. Olimpiadadagi eng ko'p chiqadigan masalalarni tayyorlash:
 - Mal'yus qonuni
 - ketma-ket polarizatorlar
 - Brewster burchagida aks etish
 - tanjantli bog'lanishlar
5. O'quvchini “faqat formula emas — FIZIKA” tamoyiliga o'rgatish.

2. Mavzu bayoni

2.1. Mal'yus qonuni ($I = I_0 \cdot \cos^2 \alpha$)

Polarizator o'qi bilan qutblangan yorug'lik tebranish tekisligi orasidagi burchak — α .

Shunda analizatoridan o'tgan intensivlik: $I = I_0 \cdot \cos^2 \alpha$

Bu yerda:

- I_0 — analizatorga kelayotgan yorug‘lik intensivligi
- α — analizator o‘qi bilan yorug‘likning E vektori orasidagi burchak
- $\cos^2$ — energiya E^2 ga proporsional bo‘lgani uchun

Fizik mazmuni:

- $\alpha = 0^\circ \rightarrow \cos^2 0^\circ = 1 \rightarrow$ yorug‘lik to‘liq o‘tadi
- $\alpha = 90^\circ \rightarrow \cos^2 90^\circ = 0 \rightarrow$ yorug‘lik o‘tmaydi
- $\alpha = 45^\circ \rightarrow \cos^2 45^\circ = 1/2 \rightarrow$ intensivlik yarmiga tushadi

Bu chiziqli qutblangan yorug‘lik uchun amal qiladi.

2.2. Qutblanmagan yorug‘lik $\rightarrow$ birinchi polarizator

Qutblanmagan yorug‘likni polarizatoridan o‘tkazsak: $I_1 = I_0/2$

Nega?

- E vektor barcha yo‘nalishlarda teng ehtimollikda
- polarizator faqat bittasini o‘tkazadi
- $\rightarrow$ energiyaning o‘rtacha yarmi yo‘qoladi

Muhim metodik eslatma:

“ $I_0/2$ ” ni unutgan o‘quvchi, Mal’yus qonunining yarmidan ayriladi.

Shuning uchun har bir masalada:

“Yorug‘lik oldindan qutblanganmi?” — degan savol MAJBURIY.

2.3. Ketma-ket ikki polarizatorning umumiy tartibi

1. Qutblanmagan $\rightarrow$ polarizator $I_1 = I_0/2$

2. Polarizator $\rightarrow$ analizator (α burchak ostida) $I_2 = I_1 \cdot \cos^2 \alpha$

Yakuniy formula: $I_2 = (I_0/2) \cdot \cos^2 \alpha$

Agar 3 ta polarizator bo‘lsa? har birida ketma-ket $\cos^2$ qo‘llanadi, bu olimpiadada tez-tez uchraydi

♦ 2.4. Brewster burchagi ($\tan \theta_B = n_2/n_1$)

Bu optikaning eng chiroyli fizik hodisalaridan biri.

Agar yorug‘lik bir muhitdan ikkinchisiga tushsa: sinish yuz beradi, aks etish yuz beradi

Ammo ma'lum burchakda aks etgan nur: to'liq qutblangan bo'ladi, elektr maydoni faqat bir tekislikda tebranadi

Bu burchak — Brewster burchagi.

Sharti: $\operatorname{tg}\theta_{\beta} = n_2/n_1$

Bu yerda:

- n_1 — tushayotgan muhitning sinish ko'rsatkichi
- n_2 — o'tuvchi muhitning sinish ko'rsatkichi
- θ_{β} — Brewster burchagi

Fizik mazmuni:

Brewster burchagida: aks etgan nur, sinan nurga tik tekislikda tebranadi
→ aks etgan yorug'lik chiziqli qutblangan bo'ladi

Bu yerda tasavvur qilish MUHIM:

Aks etgan nur E vektori faqat bitta yo'nalishda tebranadi, chunki sinan nur bilan yo'nalishlar "to'qnashmaydi".

2.5. Brewster burchagi va aks etishning umumiy tahlili

Agar $\theta = \theta_{\beta}$ bo'lsa: aks etgan yorug'lik to'liq qutblangan, sinan nur bilan aks etgan nur orasidagi burchak → 90°

Chizmafiy fizik bog'lanish: $\theta_{\beta} + \theta_2 = 90^\circ$

Bu Brewster qonunining yana bir geometrik ko'rinishi.

3. Metodik yordam (KENG, OLIMPIADA UCHUN)

Bu bo'limda metodik yordam juda muhim.

3.1. Malyus qonunida adashmaslik algoritmi

Har bir masalada o'zingdan so'ra:

1. Yorug'lik oldindan qutblanganmi?

- yo'q → $I_1 = I_0/2$ dan boshlansin
- ha → darrov Mal'yus qonuni

2. Polarizator o'qi bilan yorug'likning E vektori orasidagi burchak aynan nechchi?
Bu savolga javob topilmasa → masala yechilmaydi.

3. 3 yoki undan ko‘p polarizator bo‘lsa:
I ketma-ket $\cos^2$ qo‘llanadi:

$$I = I_0/2 \cdot \cos^2\alpha_1 \cdot \cos^2\alpha_2 \cdot \cos^2\alpha_3 \dots$$

3.2. Brewster burchagi masalalaridagi texnik metodika

Har doim:

$\tan\theta_\beta = n_2/n_1$ ni yozing

θ_β ni toping

$\theta_2 = 90^\circ - \theta_\beta$ deb toping

sinish qonunida tekshiring: $n_1 \cdot \sin\theta_\beta = n_2 \cdot \sin\theta_2$

Bu juda muhim, chunki olimpiadada Brewster burchagi ko‘pincha shunday tekshiriladi.

3.3. To‘liq so‘nish qoidalar

$I = 0$ bo‘lishi uchun:

1. Malyus qonuni: $\cos^2\alpha = 0 \rightarrow \alpha = 90^\circ$

2. Brewster burchagi: faqat aks etgan qism uchun to‘liq qutblanish

3.4. Ko‘p uchraydigan savollar uchun qisqa metodik javoblar

📖 “Nima uchun qutblangan yorug‘lik oynaga boshqacha ta’sir qiladi?”
Chunki E ning yo‘nalishi o‘zgaradi.

📖 “Nima uchun oq shining atrofida kamalak ko‘rinadi?”
Polarizatsiya EMAS — dispersiya.

📖 “Nima uchun fotoapparat filtrida polaroid bor?”

Qaytgan (aks etgan) nur asosan qutblangan bo‘ladi $\rightarrow$ chalg‘uvchi nurlar kesiladi.

4. Tipik xatolar va ularni bartaraf etish

Xato 1. Malyus qonunini qutblanmagan yorug‘likka darrov qo‘llash

To‘g‘ri: avval $I_0/2$ qilish kerak.

Xato 2. α ni noto‘g‘ri belgilash

Faqat analizator o‘qi bilan E vektor orasidagi burchak olinadi.

Xato 3. Brewster burchagini sinish burchagi deb o‘ylash

Brevster $\rightarrow$ tushish burchagi.

5. Namunaviy masala (TO‘LIQ YECHIM BILAN)

Masala

Qutblanmagan yorug‘lik intensivligi $I_0 = 12 \text{ W/m}^2$ bo‘lgan nur uzluksiz ravishda uchta polarizatoridan o‘tadi.

1-polarizator o‘qi $\rightarrow$ vertikal

2-polarizator o‘qi $\rightarrow$ vertikalga nisbatan 30°

3-polarizator o‘qi $\rightarrow$ vertikalga nisbatan 90°

Yakuniy intensivlikni toping.

Yechim

1-qadam. Qutblanmagan yorug‘lik $\rightarrow$ 1-polarizator

$$I_1 = I_0/2 = 12/2 = 6 \text{ W/m}^2$$

2-qadam. 1 $\rightarrow$ 2-polarizator

$$I_2 = I_1 \cdot \cos^2 30^\circ$$

$$\cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$$

$$\cos^2 30^\circ = 3/4$$

$$I_2 = 6 \cdot 3/4 = 4,5 \text{ W/m}^2$$

3-qadam. 2 $\rightarrow$ 3-polarizator

Burchak: $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

$$\cos^2 60^\circ = 1/4$$

$$I_3 = 4,5 \cdot 1/4 = 1,125 \text{ W/m}^2$$

Javob: $I = 1,125 \text{ W/m}^2$

10-BO‘LIM. POLARIZATSIYANING FIZIK QO‘LLANMALARI VA KRISTALLAR OPTIKASI**

1. Metodik maqsad

Bu bo‘limning metodik vazifalari juda aniq:

1. Polarizatsiyani faqat nazariya emas, balki real fizik qurilmalarda qanday ishlashini ko'rsatish.
2. O'quvchini:
 - "bu qayerda qo'llanadi?"
 - "nega aynan shunday ishlaydi?"savollariga mustaqil javob bera oladigan darajaga olib chiqish.
3. Anizotrop muhit (kristall) tushunchasini to'liq tezligi va n bilan bog'lab tushuntirish.
4. Olimpiadada uchraydigan:
 - "ikki marta sinish"
 - "oddiy va g'ayrioddiy nur"
 - "optik o'q"
 - "polarizatsiya asboblari"bo'yicha savollarga tayyorlash.
5. Optika bo'limini yuqori darajadagi yagona tizim sifatida yakunlash.

Metodik nuqtai nazardan:

Bu bo'lim — to'liq optikasini real fizika bilan bog'laydigan ko'priq.

2. Mavzu bayoni

2.1. Polarizatsiyaning amaliy ahamiyati

Polarizatsiya hodisasi birgina laboratoriya tajribasi emas, balki:

-  optik asboblari
-  texnika
-  tabiat hodisalari

bilan bevosita bog'liq.

Asosiy qo'llanmalar:

-  fotoapparat va videokameralarda polarizatsion filtr
-  suyuqliklarning stressini aniqlash (fotoelastiklik)
-  suyuq kristalli displeylar (LCD)
-  geologiya va kristallografiya
-  astronomiyada aks etgan nurlarni filtrlash

2.2. Anizotrop muhit va kristallar

Oddiy shaffof muhitlarda (havo, suv, shisha): sinish ko'rsatkichi hamma yo'nalishda bir xil

Bunday muhit — izotrop muhit.

Kristallarda esa: yorug‘lik tezligi yo‘nalishga bog‘liq, sinish ko‘rsatkichi har yo‘nalishda bir xil emas

Bunday muhit — anizotrop muhit.

Muhim xulosa:

Kristallarda polarizatsiya *tashqi qurilmasiz ham* hosil bo‘lishi mumkin.

2.3. Ikki marta sinish (dubl sinish)

Anizotrop kristallda yorug‘lik: ikki nurga ajraladi

1. Oddiy nur (o-nur)

- Snell qonuniga bo‘ysunadi
- tezligi yo‘nalishga bog‘liq emas

2. G‘ayrioddiy nur (e-nur)

- Snell qonuniga to‘liq bo‘ysunmaydi
- tezligi yo‘nalishga bog‘liq

Ikkala nur ham: chiziqli qutblangan, tebranish tekisliklari o‘zaro tik

2.4. Optik o‘q tushunchasi

Kristall ichida shunday yo‘nalish mavjudki: shu yo‘nalish bo‘ylab tarqalgan nur, ikki marta sinmaydi

Bu yo‘nalish — optik o‘q deb ataladi.

Metodik eslatma: optik o‘q → kristallning geometrik o‘qi emas, u faqat optik xossa bilan aniqlanadi

2.5. Oddiy va g‘ayrioddiy nurlarning xossalari

Xossa	Oddiy nur	G‘ayrioddiy nur
Sinish qonuni	Snell	To‘liq emas
Sinish ko‘rsatkichi	doimiy	yo‘nalishga bog‘liq
Polarizatsiya	chiziqli	chiziqli

Bu jadvalni tushungan o‘quvchi: kristallar optikasida adashmaydi

2.6. Polaroid, Nikol prizmasi va analizatorlar

Polaroid: faqat ma’lum tebranish tekisligini o‘tkazadi, yutish orqali ishlaydi

Nikol prizmasi

- kristall asosida ishlaydi
- ikkita nurdan bittasini chiqarib tashlaydi
- toza chiziqli qutblanish beradi

Olimpiadada: “qaysi usul samaraliroq?” → Nikol prizmasi

3. Metodik tavsiya

Bu bo‘limda metodik yordam — tizimlashtiruvchi rol o‘ynaydi.

3.1. Olimpiadada bu bo‘lim qanday chiqadi?

Ko‘pincha:

- “Nima sababdan kristall ichida ikki tasvir ko‘rinadi?”
- “Qaysi nur Snell qonuniga bo‘ysunadi?”
- “Optik o‘q bo‘ylab nima sodir bo‘ladi?”
- “Qaysi nur qutblangan?”

Bu savollarning barchasi:

mantiqiy tushuncha bilan yechiladi, formula kam.

3.2. Ikki marta sinishni tanish algoritmi

Masalada:

- “kristall”
- “ikkita tasvir”
- “ikki nur”
- “bir xil rangda ikki tasvir”

bo‘lsa — bu aniq dubl sinish.

Keyin o‘zingdan so‘rang:

- qaysi nur oddiy?
- qaysi g‘ayrioddiy?
- qutblanish bormi?

3.3. Polarizatsiya o‘qi bilan chalkashmaslik

O‘quvchilar ko‘p adashtiradi:

- optik o‘q
- geometrik o‘q

- polarizator o‘qi

Metodik qoidalar: polarizator o‘qi $\rightarrow$ E yo‘nalishini belgilaydi, optik o‘q $\rightarrow$ sinish xossasini belgilaydi

3.4. Sifatli (hisobsiz) savollarga tayyorlash

Masalan:

“Nima uchun suzuvchi ko‘l yuzasida ko‘zga tashlanadigan yorug‘lik kamroq bo‘ladi?”

Javob:

- suv yuzasidan qaytgan nur qisman qutblangan
- polaroid filtr shu nurga perpendikulyar joylashtiriladi
- aks etgan nur so‘nadi

Bu — Brewster + polarizatsiyaning real hayotdagi ko‘rinishi.

4. Tipik xatolar va ularni metodik tuzatish

Xato 1. Ikki marta sinishni interferensiya deb o‘ylash

Tuzatish: manbalar yo‘q, muhit sabab.

Xato 2. G‘ayrioddiy nurga Shnell qonunini qo‘llash

Tuzatish: faqat oddiy nur Shnellga bo‘ysunadi.

Xato 3. Optik o‘qni kristall cheti deb tasavvur qilish

Tuzatish: optik o‘q — fizik xususiyat, geometrik chiziq emas.

5. Namunaviy masala

Masala

Rangli shisha plastinka ustiga qutblanmagan yorug‘lik tushmoqda. Plastinka polaroid filtr bilan yopilgan.

- a) Filtr aylantirilganda yorug'lik intensivligi qanday o'zgaradi?
- b) Yorug'lik qaysi holatda minimal bo'ladi?
- c) Bu hodisa qaysi fizik qonun bilan tushuntiriladi?

Yechim

- a) Yorug'lik intensivligi burchakka bog'liq o'zgaradi.
- b) Filtr o'qi yorug'lik tebranish tekisligiga 90° bo'lganda intensivlik minimal (nolga yaqin).
- c) Hodisa Malyus qonuni bilan tushuntiriladi.