

ELEKTR TOKINING MAGNIT TA'SIRI

1-BO'LIM. AMPER KUCHI

(Elektr tokining magnit ta'siri)

1. MAVZU BAYONI

1.1. Amper kuchi nima?

Agar tok o'tayotgan o'tkazgich magnit maydonga joylashtirilsa, u holda o'tkazgichga mexanik kuch ta'sir qiladi. Bu kuch — Amper kuchi deyiladi.

Muhim farq:

Lorens kuchi → alohida zaryadga ta'sir qiladi

Amper kuchi → tokli o'tkazgichga ta'sir qiladi

1.2. Fizik sababi (ichki mantiq)

Tok — bu harakatlanayotgan zaryadlar oqimi.

Harakatlanayotgan zaryadlar magnit maydonda:

Lorens kuchini sezadi

shu kuchlar yig'indisi o'tkazgichga tashqi kuch sifatida chiqadi

Shuning uchun: Amper kuchi — Lorens kuchlarning makroskopik yig'indisi.

1.3. Amper kuchining asosiy formulasi

Agar:

magnit induksiya — B

tok kuchi — I

magnit maydondagi o'tkazgich uzunligi — ℓ

ℓ va B orasidagi burchak — α

bo'lsa, Amper kuchi: $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin\alpha$

Maxsus holatlar:

$\alpha = 90^\circ \rightarrow F = B \cdot I \cdot \ell$ (eng katta kuch)

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow F = 0 \text{ (kuch yo'q)}$$

1.4. Kuch yo'nalishi (muhim!)

Amper kuchining yo'nalishi vektor kattalik.

U quyidagicha aniqlanadi:

Chap qo'l qoidasi:

magnit induksiya chiziqlari kaftga kiradi

tok yo'nalishi barmoqlarga to'g'ri keladi

kaftdan chiqqan bosh barmoq — Amper kuchi yo'nalishi

Bu yo'nalish masalalarda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

1.5. Amper kuchi va mexanik muvozanat

Agar tokli o'tkazgich tortishish kuchi, tayanch kuchi, Amper kuchi

ta'sirida bo'lsa, ko'p masalalarda: $\sum F = 0 \rightarrow$ muvozanat sharti shu yerda qo'yiladi. Bu Amper kuchini og'irlik kuchi bilan, elastiklik kuchi bilan, taqqoslab hisoblashga olib keladi.

2. METODIK YORDAM

Amper kuchi masalasini ko'rgan zahoti:

B, I va ℓ yo'nalishlarini chizing

α burchakni aniq ajrating (nima bilan nima orasida?)

Modulni hisoblang: $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$

Yo'nalishni faqat qoidaga ko'ra, taxmin bilan emas

Metodik tayanch: Avval chizma, keyin formula, oxirida yo'nalish.

3. TIPIK XATOLAR

α ni tok bilan kuch orasidagi burchak deb olish

ℓ o'rniga simning to'liq uzunligini qo'yish

$B \cdot I \cdot \ell$ formulani $\sin \alpha$ siz ishlatish (har doim emas!)

Yo'nalishni "mantiqan" aytib yuborish

4. Masala

Gorizontal joylashgan, massasi $m = 0,020 \text{ kg}$ bo'lgan to'g'ri o'tkazgich uzunligi $\ell = 0,50 \text{ m}$. U induksiyasi $B = 0,40 \text{ T}$ bo'lgan bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan. Magnit maydon tik yuqoriga yo'nalgan. O'tkazgichdan o'tayotgan tok shunday tanlanganki, o'tkazgich osilib turgan holda muvozanatda qoladi.

Topilsin:

a) tok kuchi I

b) tok yo'nalishi

$$(g = 9,8 \text{ m/s}^2)$$

5. YECHIM (TO'LIQ, METODIK)

1-qadam. Kuchlarni aniqlaymiz

O'tkazgichga ta'sir qiladi:

$$\text{og'irlik kuchi: } P = m \cdot g$$

$$\text{Amper kuchi: } F = B \cdot I \cdot \ell$$

Bu holatda $\alpha = 90^\circ$, shuning uchun $\sin \alpha = 1$.

2-qadam. Muvozanat sharti

Muvozanat uchun:

$$F = P$$

$$B \cdot I \cdot \ell = m \cdot g$$

3-qadam. Tok kuchini hisoblaymiz

$$I = \frac{m \cdot g}{B \cdot \ell}$$

$$I = \frac{0,020 \cdot 9,8}{0,40 \cdot 0,50}$$

Yuqorisi:

$$0,020 \cdot 9,8 = 0,196$$

Pastki qismi:

$$0,40 \cdot 0,50 = 0,20$$

$$I = \frac{0,196}{0,20} \approx 0,98 \text{ A}$$

4-qadam. Tok yo‘nalishini aniqlash

B yuqoriga yo‘nalgan

Amper kuchi o‘tkazgichni yuqoriga tortishi kerak

Chap qo‘l qoidasiga ko‘ra tok yo‘nalishi tekislikdan ichkariga yo‘nalgan bo‘lishi kerak.

JAVOB:

a) $I \approx 0,98 \text{ A}$

b) tok yo‘nalishi — bizdan ichkariga

2-BO‘LIM. PARALLEL TOKLARNING O‘ZARO TA’SIRI

(Tokli o‘tkazgichlar orasidagi magnit kuch)

1. MAVZU BAYONI)

1.1. Hodisaning mohiyati

Bir xil tekislikda joylashgan ikki parallel to‘g‘ri o‘tkazgichdan tok o‘tayotganda, ular bir-biriga mexanik kuch bilan ta’sir qiladi. Bu ta’sir magnit maydon orqali yuz beradi:

1-o‘tkazgich magnit maydon hosil qiladi

2-o‘tkazgich shu maydonda joylashib, Amper kuchini sezadi

xuddi shunday teskari ta’sir ham mavjud

Natijada o‘tkazgichlar:

yaqinlashadi yoki

uzoqlashadi

1.2. Tok yo‘nalishiga bog‘liqlik (eng muhim natija)

Tok yoʻnalishi	Taʼsir
bir xil	tortishish
qarama-qarshi	itarilish

Bu xulosa har doim toʻgʻri va koʻp testlarda bevosita soʻraladi.

1.3. Magnit induksiya formulasi

Cheksiz uzun toʻgʻri oʻtkazgichdan r masofada hosil boʻlgan magnit induksiya:

$$B = \mu_0 \cdot I / (2\pi r)$$

bu yerda:

μ_0 — magnit doimiysi ($4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$)

I — oʻtkazgichdagi tok

r — masofa

1.4. Oʻtkazgichlar orasidagi kuch

2-oʻtkazgich 1-oʻtkazgich hosil qilgan maydonda joylashadi. 1 metr uzunlikka toʻgʻri keladigan kuch:

$$F/\ell = \mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 / (2\pi r)$$

Agar uzunlik ℓ berilgan boʻlsa:

$$F = \mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \ell / (2\pi r)$$

Bu formula olimpiada masalalarining markazida turadi.

1.5. Kuch yoʻnalishi

Yoʻnalish ikkita bosqichda aniqlanadi:

Birinchi tok hosil qilgan B ni aniqlash

Ikkinchi oʻtkazgichga Amper kuchi qoʻllash

Amalda esa tezkor qoida:

Bir xil yoʻnalish $\rightarrow$ tortishish

Qarama-qarshi $\rightarrow$ itarilish

1.6. Kuchning fizika mazmuni

Kuchning manbai:

zaryadlar harakati

magnit maydon energiyasi

Bu hodisa tok birligi (amper) ta'rifi ham asos bo'lgan.

2. METODIK YORDAM

Parallel toklar masalasida har doim:

Avval tok yo'nalishlarini aniqla

Tortishishmi yoki itarilishmi — og'zaki ayt

Kerak bo'lsa modulni formula bilan hisobla

Agar muvozanat bo'lsa → kuchlar tengligini yoz

Metodik tayanch:

Avval sifatli xulosa, keyin sonli hisob.

3. TIPIK XATOLAR

Tok yo'nalishini hisobga olmaslik

B ni noto'g'ri o'tkazgichdan olish

r o'rniga o'tkazgichlar orasidagi to'liq masofani emas, radiusni qo'yish

F/ℓ o'rniga darhol F deb olish

4. Masala

Bir-biridan $r = 4,0 \text{ cm}$ masofada joylashgan, uzunligi $\ell = 0,80 \text{ m}$ bo'lgan ikkita to'g'ri parallel o'tkazgichdan $I_1 = 10 \text{ A}$ va $I_2 = 6 \text{ A}$ toklar bir xil yo'nalishda o'tmoqda.

Topilsin:

a) o'tkazgichlar orasidagi o'zaro kuch F

b) ta'sir turi (tortishish yoki itarilish)

$$(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})$$

5. YECHIM (TO‘LIQ, METODIK)

1-qadam. Ta’sir turini aniqlaymiz

Toklar bir xil yo‘nalishda $\rightarrow$ tortishish kuchi mavjud.

2-qadam. Formula tanlaymiz

$$F = \mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \ell / (2\pi r)$$

3-qadam. Sonlarni qo‘yamiz

$$r = 4,0 \text{ cm} = 0,040 \text{ m}$$

$$F = (4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 6 \cdot 0,80) / (2\pi \cdot 0,040)$$

4-qadam. Qisqartiramiz

$$4\pi / 2\pi = 2$$

Demak:

$$F = (2 \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 6 \cdot 0,80) / 0,040$$

Yuqarisi:

$$2 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 0,80 = 96$$

$$F = 96 \cdot 10^{-7} / 0,040$$

5-qadam. Yakuniy hisob

$$96 / 0,040 = 2400$$

$$F = 2400 \cdot 10^{-7} \text{ N} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

JAVOB:

a) $F = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

b) o‘tkazgichlar o‘zaro tortiladi

3-BO‘LIM. MAGNIT MAYDONDA ZARYADLI ZARRA

(LORENS KUCHI)

1. MAVZU BAYONI

1.1. Lorens kuchi nima?

Elektr zaryad magnit maydon ichida harakatlansa, unga mexanik kuch ta'sir qiladi. Bu kuch Lorens kuchi deyiladi.

Farqni aniq eslab qoling:

Amper kuchi $\rightarrow$ tokli o'tkazgichga

Lorens kuchi $\rightarrow$ alohida zaryadga

1.2. Lorens kuchining modul formulasi

Agar: zaryad — q , tezlik — v , magnit induksiya — B , v va B orasidagi burchak — α bo'lsa, Lorens kuchi modul jihatdan $F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$

Maxsus holatlarda $\alpha = 90^\circ \rightarrow F = q \cdot v \cdot B$ (eng katta), $\alpha = 0^\circ \rightarrow F = 0$ (kuch yo'q)

1.3. Kuch yo'nalishi

Lorens kuchi yo'nalishi **uchala vektor** bilan bog'liq tezlik v , magnit induksiya B , kuch F .

Aniqlash qoidasi

Musbat zaryad uchun — chap qo'l qoidasi

Manfiy zaryad uchun — kuch yo'nalishi teskari

Bu juda muhim:

bir xil sharoitda elektron va proton qarama-qarshi tomonga og'adi.

1.4. Magnit maydon ish bajaradimi?

! Yo'q.

Sababi Lorens kuchi tezlikka perpendikulyar, ish $A = F \cdot s \cdot \cos 90^\circ = 0$

Natija:

Magnit maydon tezlik modulini o'zgartirmaydi, faqat yo'nalishini o'zgartiradi.

1.5. Doira bo'ylab harakat (eng muhim natija)

Agar $v \perp B$ bo'lsa, zarra doira bo'ylab harakat qiladi, Lorens kuchi markazga intiluvchi kuch bo'lib xizmat qiladi

$$\text{Shart: } q \cdot v \cdot B = m \cdot v^2 / r$$

$$\text{Bu yerdan: } r = m \cdot v / (q \cdot B)$$

1.6. Aylanish davri va chastota

Doira bo'ylab harakatda:

$$T = 2\pi \cdot m / (q \cdot B)$$

$$v = q \cdot B / (2\pi \cdot m)$$

Juda muhim xulosa:

T va v tezlikka bog'liq emas.

2. METODIK YORDAM

Bu bo'lim olimpiadada ENG KO'P XATO qilinadigan joy. Shuning uchun qat'iy algoritim ko'ramiz.

2.1. 1-qadam — zarra turi

Avvalo aniqlang zaryad musbatmi yoki manfiymi?

Musbat → qoidani to'g'ridan-to'g'ri qo'llaymiz

Manfiy → chiqqan yo'nalishni teskari qilamiz

2.2. 2-qadam — burchakni aniqlash

Formuladagi α — bu **tezlik v va magnit induksiya B orasidagi burchak**

v bilan trayektoriya o'rtasida emas

v bilan kuch orasida emas

Agar $v \perp B \rightarrow \sin\alpha = 1, v \parallel B \rightarrow$ kuch yo'q

2.3. 3-qadam — harakat turini tanish

Holat	Harakat
$v \perp B$	doira
$v \parallel B$	to'g'ri chiziq
v qisman $\perp$	spiral

Spiral masalalarda tezlikning perpendikulyar qismi doirani beradi, parallel qismi tekis siljitadi

2.4. 4-qadam — kuch va tezlik bog'lanishi

Eslab qoling Lorens kuchi tezlikka tik, shuning uchun tezlik moduli o'zgarmaydi, faqat yo'nalish o'zgaradi.

Metodik tayanch: Agar tezlik kattaligi o'zgaryapti deyilgan bo'lsa — u holda elektr maydon ham bor.

2.5. 5-qadam — formulani tanlash

Masalaga qarab: kuch so'ralsa $\rightarrow F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$, radius bo'lsa $\rightarrow r = m \cdot v / (q \cdot B)$, davr bo'lsa $\rightarrow T = 2\pi \cdot m / (q \cdot B)$, chastota bo'lsa $\rightarrow \nu = q \cdot B / (2\pi \cdot m)$

Hech qachon hammasini birga ishlatmang.

2.6. 6-qadam — yo'nalishni chizma bilan tekshiring

Olimpiadada to'g'ri son, noto'g'ri yo'nalish $\rightarrow 0$ ball.

Shuning uchun kichik chizma majburiy.

3. TIPIK XATOLAR

Elektron uchun chap qo'l qoidani teskari qilmaslik
Lorens kuchini markazga intiluvchi kuch bilan tenglashtirmaslik
 r formulada v ni qisqartirib yuborish
 T tezlikka bog'liq deb o'ylash

4. Masala. Magnit induksiyasi $B = 0,20 \text{ T}$ bo'lgan bir jinsli magnit maydonga massasi $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ va zaryadi $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ bo'lgan elektron tezligi $v = 4,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ bilan B ga perpendikulyar uchib kirdi.

Topilsin:

- a) elektron trayektoriyasining radiusi
- b) aylanish davri
- c) Lorens kuchi moduli

5. YECHIM (TO'LIQ, METODIK)

a) Radius: $r = m \cdot v / (q \cdot B)$; $r = (9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 4,0 \cdot 10^6) / (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,20)$;

Yuqori qism: $9,1 \cdot 4,0 = 36,4 \rightarrow 36,4 \cdot 10^{-25}$

Pastki qism: $1,6 \cdot 0,20 = 0,32 \rightarrow 3,2 \cdot 10^{-1}$; $r \approx (36,4 / 3,2) \cdot 10^{-24} \approx 11,4 \cdot 10^{-24} \text{ m}$; $r \approx 1,14 \cdot 10^{-23} \text{ m}$

b) Aylanish davri: $T = 2\pi \cdot m / (q \cdot B)$; $T = 2\pi \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} / (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,20)$;

Pastki qism: $3,2 \cdot 10^{-20}$; $T \approx 2\pi \cdot (9,1 / 3,2) \cdot 10^{-11} \text{ s}$; $9,1 / 3,2 \approx 2,84$;

$T \approx 2\pi \cdot 2,84 \cdot 10^{-11} \approx 17,8 \cdot 10^{-11} \text{ s}$; $T \approx 1,78 \cdot 10^{-10} \text{ s}$

c) Lorens kuchi: $F = q \cdot v \cdot B$; $F = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4,0 \cdot 10^6 \cdot 0,20$; $4,0 \cdot 0,20 = 0,80$; $F = 1,28 \cdot 10^{-13} \text{ N}$.

JAVOB:

a) $r \approx 1,14 \cdot 10^{-23} \text{ m}$

b) $T \approx 1,78 \cdot 10^{-10} \text{ s}$

c) $F \approx 1,28 \cdot 10^{-13} \text{ N}$

4-BO'LIM. ELEKTR VA MAGNIT MAYDONLAR BIRGA

(E + B MAYDONDA ZARYADLI ZARRA HARAKATI)

1. MAVZU BAYONI

1.1. E + B maydon deganda nima tushuniladi?

Agar fazoda bir vaqtda:

elektr maydon (E)

magnit maydon (B)

mavjud bo'lsa va shu maydonga harakatlanuvchi zaryad kirsam, u holda zarra ikkita kuch ta'sirida bo'ladi.

Bu kuchlar:

$$\text{Elektr kuchi } F_e = q \cdot E$$

$$\text{Lorens kuchi (magnit tarkibiy qismi) } F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$$

Umumiy kuch ularning vektor yig'indisidir.

1.2. Umumiy Lorens kuchi

Elektr va magnit maydonlar birga bo'lganda:

$$F = q \cdot E + q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$$

Bu ifoda orqali tezlikning kattaligi ham, yo'nalishi ham o'zgarishi mumkin.

Bu — oldingi bo'limdan asosiy farq.

1.3. Elektr va magnit kuchlarning roli

Maydon	Nima o'zgartiradi
Elektr (E)	tezlik modulini
Magnit (B)	tezlik yo'nalishini

Agar faqat B bo'lsa $\rightarrow$ energiya o'zgarmaydi.

Agar E ham bo'lsa $\rightarrow$ zarra tezlashadi yoki sekinlashadi.

1.4. To'g'ri chiziqli harakat sharti (eng muhim!)

Ba'zi holatda zarra egilmasdan, to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qiladi.

Bu faqat shunda mumkin $F_e = F_m$ ya'ni $q \cdot E = q \cdot v \cdot B$

Bu yerdan:

$$v = E/B$$

Bu natija tezlik filtri deb ataladi
(olimpiadada juda mashhur).

1.5. Trayektoriya turlari

E va B yo'nalishiga qarab to'g'ri chiziq, sikloida, parabola, spiral hosil bo'lishi mumkin.

Ko‘p masalalarda “zarra to‘g‘ri uchib o‘tdi” deyilgan bo‘lsa — $E = v \cdot B$ sharti yashirin turadi.

2. METODIK YORDAM

(ENG MUHIM BO‘LIM — BATAFSIL)

Bu bo‘lim olimpiadadagi eng chalkash joylardan biri. Shuning uchun aniq 7 bosqichli algoritim ko‘ramiz.

2.1. 1-qadam — zaryad ishorasi

Avvalo aniqlang musbatmi yoki manfiymi?

Manfiy zarra uchun elektr kuchi yo‘nalishi E ga teskari, magnit kuch ham teskari. Bu ikki joyda ikki marta adashish mumkin.

2.2. 2-qadam — E va B yo‘nalishlari

Har doim E — qanday yo‘nalishda tortayapti? B — qayerdan qayerga?

B yo‘nalishini unutmang varaqdan tashqariga yoki ichkariga bo‘lishi mumkin

Chizma MAJBURIY.

2.3. 3-qadam — tezlikning boshlang‘ich yo‘nalishi

Tezlik E ga parallelmi? B ga perpendikulyarmi?

Bu savolga javob bermasdan formula yozmang.

2.4. 4-qadam — kuchlarni alohida yozish

Avval $F_e = q \cdot E$, keyin $F_m = q \cdot v \cdot B$ (agar $\perp$ bo‘lsa)

Ikkalasini darhol qo‘shib yubormang.

2.5. 5-qadam — qaysi kattalik o‘zgaradi?

O‘zingizdan so‘rang tezlik moduli o‘zgaryaptimi? $\rightarrow E$ ishlayapti, faqat yo‘nalish o‘zgaryaptimi? $\rightarrow B$

Matndan toping “tezlashdi”, “sekinlashdi” $\rightarrow E$, “egildi”, “aylana bo‘ylab” $\rightarrow B$

2.6. 6-qadam — maxsus shartlarni qidiring

Quyidagi iboralar bo'lsa, darhol yozing “egilmasdan o'tdi” $\rightarrow E = v \cdot B$,
“trayektoriya to'g'ri” $\rightarrow F_e = F_m$, “minimal egrilik” $\rightarrow$ kuchlar qarshi

2.7. 7-qadam — sonli hisob oxirida

Avval mantiqiy xulosa, yo'nalish, shart

Sonlar eng oxirida.

3. TIPIK XATOLAR

E va B kuchlarini aralashtirish

Elektron uchun kuch yo'nalishini teskari qilmaslik

“To'g'ri uchib o'tdi” shartini payqamaslik

$v = E/B$ formulani yodlab, qachon ishlashini bilmaslik

4. Masala

Bir jinsli elektr maydon $E = 4,0 \cdot 10^4 \text{ V/m}$ va unga perpendikulyar joylashgan magnit maydon $B = 0,20 \text{ T}$ mavjud bo'lgan fazoga elektron uchib kirdi. Elektron maydonlardan og'masdan, to'g'ri chiziqli bo'ylab harakat qildi.

Topilsin:

a) elektron tezligi v

b) agar elektron massasi $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ bo'lsa, shu tezlikdagi kinetik energiyasi

5. YECHIM (TO'LIQ, METODIK)

a) Elektron tezligi

To'g'ri harakat sharti: $F_e = F_m$, $q \cdot E = q \cdot v \cdot B$

Bu yerdan: $v = E/B$, $v = (4,0 \cdot 10^4)/0,20$, $v = 2,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

b) Kinetik energiya

$$K = m \cdot v^2/2$$

$$v^2 = (2,0 \cdot 10^5)^2 = 4,0 \cdot 10^{10}$$

$$K = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 4,0 \cdot 10^{10}/2$$

$$K = 18,2 \cdot 10^{-21}/2$$

$$K \approx 9,1 \cdot 10^{-21} J$$

JAVOB:

- a) $v = 2,0 \cdot 10^5 m/s$
- b) $K \approx 9,1 \cdot 10^{-21} J$

5-BO‘LIM. SIKLOTRON VA ZARRALAR TEZLATGICHLARI

(Zaryadli zarralarni tezlantirish va boshqarish)

1. MAVZU BAYONI

1.1. Zarralar tezlatgichi nima?

Zarralar tezlatgichi — bu elektr va magnit maydonlardan foydalanib, zaryadli zarralarning tezligini va energiyasini oshiruvchi qurilma.

O‘zbek darsliklarida uchraydigan asosiy qurilmalar siklotron, betatron, sinxrotron

Bu bo‘limda asosiy e’tibor SIKLOTRON ga qaratiladi.

1.2. Siklotronning tuzilishi

Siklotron quyidagi asosiy qismlardan iborat D -simon elektrodlar (deylar), o‘zgaruvchan elektr maydon (E), bir jinsli magnit maydon (B)

zaryadli zarra manbai

Magnit maydon deylar tekisligiga perpendikulyar yo‘nalgan zarra trayektoriyasini egiltiradi

1.3. Siklotronning ishlash prinsipi

Zaryad deylar orasida elektr maydon ta’sirida tezlanadi. Dey ichida elektr maydon yo‘q, faqat magnit maydon mavjud, zarra yarim doira bo‘ylab harakatlanadi. Har gal deylar oralig‘iga kelganda elektr maydon yo‘nalishi almashadi, zarra yana tezlanadi. Natija Zarra spiral trayektoriya bo‘ylab tashqariga chiqadi.

1.4. Siklotron chastotasi (eng muhim xususiyat)

Zarraning magnit maydondagi aylanish davri $T = 2\pi \cdot m/(q \cdot B)$

Shundan $v = q \cdot B / (2\pi \cdot m)$

Juda muhim xulosa (darsliklarda alohida ta'kidlanadi) Siklotronda aylanish chastotasi, tezlik va radiusga bog'liq emas.

Shuning uchun elektr maydon chastotasi o'zgarmas qilinadi.

1.5. Zarraning maksimal tezligi va energiyasi

Siklotrondan chiqish paytida $q \cdot v \cdot B = m \cdot v^2 / r$

Bu yerdan $v = q \cdot B \cdot r / m$

Kinetik energiya $E_k = m \cdot v^2 / 2$

Radius kattalashgani sari tezlik, energiya ortib boradi.

1.6. Siklotronning cheklanishi

O'zbek darsliklarida alohida urg'u beriladi yuqori tezliklarda, relativistik effektlar paydo bo'ladi, massa ortadi, chastota sharti buziladi

Shu sababli siklotron juda katta energiyalar uchun mos emas.

2. METODIK YORDAM

(OLIMPIADA UCHUN BATAFSIL)

2.1. Avvalo aniqlab olamiz

Qanday zarra? (elektron, proton, ion)

Berilgan nimalar bor: B, r, v, E_k ?

Siklotronmi yoki boshqa tezlatgichmi?

“Siklotron” so'zi ko'rinsa — chastota tezlikka bog'liq EMAS degan xulosa avtomatik ishlaydi.

2.2. Harakat qayerda tezlanadi?

Asosiy metodik nuqta dey ichida — tezlik o'zgarmaydi, deylar oralig'ida — zarra tezlanadi

Ko'p masalalarda chalkashlik shu joyda bo'ladi.

2.3. Qaysi kuch ish bajaradi?

Magnit maydon $\rightarrow$ ish bajarmaydi

Elektr maydon $\rightarrow$ energiya beradi

Agar energiya so'ralgan bo'lsa elektr maydonni qidiring

2.4. Asosiy formulalarni tanlash algoritmi chastota so'ralganmi $\rightarrow v = q \cdot B / (2\pi \cdot m)$, radius yoki tezlik $\rightarrow v = q \cdot B \cdot r / m$, energiya $\rightarrow E_k = m \cdot v^2 / 2$

Ularni bir vaqtda aralashtirmang.

2.5. Yo'nalish masalalarini farqlash musbat zarra $\rightarrow$ chap qo'l qoidasi, manfiy zarra $\rightarrow$ yo'nalish teskari

Ko'pincha yakuniy chiqish joyi so'raladi.

3. TIPIK XATOLAR

Siklotron chastotasini tezlikka bog'lash
Magnit maydon tezlikni oshiradi deb o'ylash
Elektron va proton uchun yo'nalishni bir xil olish
Relativistik chegarani e'tiborsiz qoldirish

4. Masala

Siklotronda
magnit induksiya

$$B = 1,0 \text{ T}$$

bo'lib, unda
proton
tezlatilmoqda.

Protonning:

- massasi $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- zaryadi $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Agar siklotronning deylarining maksimal radiusi

$$r = 0,50 \text{ m}$$

bo'lsa, topilsin:

- a) protonning maksimal tezligi
- b) siklotron chastotasi
- c) protonning maksimal kinetik energiyasi

5. YECHIM (TO‘LIQ, METODIK)

a) Maksimal tezlik

$$v = q \cdot B \cdot r / m$$

$$v = (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,0 \cdot 0,50) / 1,67 \cdot 10^{-27}$$

Yuqori qism:

$$0,80 \cdot 10^{-19}$$

$$v \approx 0,80 / 1,67 \cdot 10^8$$

$$v \approx 4,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

b) Siklotron chastotasi

$$\nu = q \cdot B / (2\pi \cdot m)$$

$$\nu = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,0 / (2\pi \cdot 1,67 \cdot 10^{-27})$$

$$\nu \approx 1,6 / (10,5) \cdot 10^7$$

$$\nu \approx 1,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

c) Maksimal kinetik energiya

$$E_k = m \cdot v^2 / 2$$

$$v^2 \approx (4,8 \cdot 10^7)^2 \approx 2,3 \cdot 10^{15}$$

$$E_k \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 2,3 \cdot 10^{15} / 2$$

$$E_k \approx 1,9 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

JAVOB:

a) $v \approx 4,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$

b) $\nu \approx 1,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

c) $E_k \approx 1,9 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

6-BO‘LIM. MASS-SPEKTROMETR

(Zarralarning massasi va izotoplarni aniqlash)

1. MAVZU BAYONI (CHUQUR, DARSLIK TILIDA)

1.1. Mass-spektrometr nima?

Mass-spektrometr — bu zaryadli zarralarning massa-zaryad nisbatini aniqlashga mo'ljallangan qurilma.

Asosiy vazifalari: izotoplarni ajratish, atom va ion massalarini aniqlash, ion tarkibini tahlil qilish

O'zbek fizika darsliklarida Lorens kuchi va siklotron harakati bilan bevosita bog'lanadi.

1.2. Mass-spektrometrning asosiy qismlari

Klassik mass-spektrometr quyidagilardan iborat:

Ion manbai — zarra ionlashtiriladi

Tezlatish sohasi (elektr maydon)

Magnit maydonli soha — trayektoriya egiladi

Detektor yoki fotoplastinka

Muhim jihat:

Ion avval elektr maydonda tezlashadi, keyin magnit maydonda egiladi.

1.3. Ionni tezlatish bosqichi

Ion elektr potentiallar ayirmasi orqali tezlatiladi.

Elektr maydon bajargan ish: $q \cdot U = m \cdot v^2/2$

Bu yerdan ion tezligi topiladi: $v = \sqrt{2 \cdot q \cdot \frac{U}{m}}$

Bu tezlik keyingi barcha hisoblarning asosi.

1.4. Magnit maydondagi harakat

Ion magnit maydonga tezlikka perpendikulyar kiradi.

Lorens kuchi: markazga intiluvchi kuch vazifasini bajaradi

$$\text{Shart: } q \cdot v \cdot B = m \cdot v^2 / r$$

$$\text{Bu yerdan: } r = m \cdot v / (q \cdot B)$$

1.5. Massa-zaryad nisbati

$$\text{Tezlik ifodasini radius formulasiga qo'ysak: } r = \frac{m}{q \cdot B} \cdot \sqrt{2 \cdot q \cdot \frac{U}{m}}$$

$$\text{Kvadratga oshiramiz: } r^2 = 2 \cdot m \cdot U / (q \cdot B^2)$$

$$\text{Shundan: } m/q = B^2 \cdot r^2 / (2 \cdot U)$$

Bu — mass-spektrometrning eng muhim formulasi.

1.6. Izotoplarni ajratish mohiyati

Bir xil zaryadlangan, lekin massalari turli bo'lgan ionlar:

bir xil U da $\rightarrow$ turli tezlik oladi

bir xil B da $\rightarrow$ turli radiuslar bilan egiladi

Natija:

detektorda alohida izlar hosil bo'ladi.

2. METODIK YORDAM

(OLIMPIADA UCHUN)

2.1. Birinchi savol — ion qayerdan chiqdi?

Mass-spektrometr masalasida doim tekshiring

ion avval elektr maydondan o'tdimi?

yoki tezlik tayyor berilganmi?

Agar U berilgan bo'lsa $\rightarrow$ avval energiya tenglamasi yoziladi.

2.2. Qaysi bosqichda qaysi formula?

Aniq ajrating:

Bosqich	Formula
Tezlatish	$q \cdot U = m \cdot v^2/2$
Egilish	$r = m \cdot v/(q \cdot B)$
Yakuniy bog‘lanish	$m/q = B^2 \cdot r^2/(2 \cdot U)$

Darhol radius formulasiga o‘tmang.

2.3. q ni yo‘qotib yubormang

Ko‘p xato qilinadigan joyi q qisqarib ketadi, lekin faqat bitta zaryadli ion uchun

Agar $q = 2e$ yoki $3e$ berilgan bo‘lsa $\rightarrow$ albatta hisobga oling.

2.4. Radiusni qanday tushunish kerak?

r — bu aylana trayektoriyaning geometrik radiusi, diametr bilan adashtirmang, yarim aylana chizilgan bo‘lsa — r o‘zgarmaydi

2.5. Izotop masalalariga yondashuv

Agar ikkita izotop, bir xil U va B , bo‘lsa, $m_1/m_2 = r_1^2/r_2^2$

Bu nisbatni eslab qoling —olimpiadada juda tezkor ishlaydi.

2.6. Tezkor tekshiruv (nazorat)

Oxirida o‘zingizdan so‘rang m katta bo‘lsa $\rightarrow r$ ham kattalashdimi? B oshsa $\rightarrow r$ kamayadimi?

Agar teskarisi chiqsa —qayerdadir xato bor.

3. TIPIK XATOLAR

Elektr va magnit bosqichlarini aralashtirib yuborish

$q \cdot U$ ni $m \cdot v^2$ bilan emas, $m \cdot v$ bilan tenglashtirish

Radiusni diametr deb olish

m/q formulani yodlab, qayerdan kelganini unutish

4. Masala

Mass-spektrometrda bir zaryadli ion potentsiallar ayirmasi $U = 1000 \text{ V}$ orqali tezlatildi va magnit induksiyasi $B = 0,50 \text{ T}$ bo'lgan magnit maydonga kirdi. Detektorda ion trayektoriyasining radiusi $r = 0,20 \text{ m}$ bo'lib chiqdi.

Topilsin:

a) ionning massa-zaryad nisbati m/q

b) agar ion bir zaryadli bo'lsa ($q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$), uning massasi

5. YECHIM (TO'LIQ, METODIK)

a) Massa-zaryad nisbati $m/q = B^2 \cdot r^2 / (2 \cdot U)$, $B^2 = 0,25$, $r^2 = 0,04$, $B^2 \cdot r^2 = 0,010$, $2 \cdot U = 2000$, $m/q = 0,010/2000 = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$

b) Ion massasi $m = (m/q) \cdot q$, $m = 5,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$, $m = 8,0 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

JAVOB:

a) $m/q = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$

b) $m = 8,0 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

7-BO'LIM. ELEKTR VA MAGNIT MAYDONLARDA

TEZLIK SELEKTORI (VINE FILTRI)

(Zaryadli zarralarni tezlik bo'yicha tanlab o'tkazish)

1. MAVZU BAYONI

1.1. Tezlik selektori (Vine filtri) nima?

Tezlik selektori (Vine filtri) — bu bir vaqtda elektr maydon va magnit maydon mavjud bo'lgan fazoda faqat ma'lum tezlikka ega bo'lgan zarralarni og'masdan o'tkazuvchi qurilma.

U mass-spektrometr, zarralar tezlatgichlari, ion nurlari fizikasi bilan bevosita bog'liq.

1.2. Maydonlarning joylashuvi

Vine filtrida elektr maydon vektori E , magnit induksiya B , zarra tezligi v bir-biriga o‘zaro perpendikulyar joylashadi.

Keyingi muhim shart elektr kuchi va magnit kuchi qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘ladi.

1.3. Zaryadga ta’sir etuvchi kuchlar Ion yoki elektron quyidagi kuchlarni sezadi:

$$\text{Elektr kuchi: } F_e = q \cdot E$$

$$\text{Magnit (Lorens) kuchi: } F_m = q \cdot v \cdot B$$

Bu kuchlar bir chiziq bo‘ylab, lekin qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan.

1.4. To‘g‘ri uchib o‘tish sharti (asosiy formula)

$$\text{Agar zarra og‘masdan, to‘g‘ri chiziq bo‘ylab o‘tsa } F_e = F_m, q \cdot E = q \cdot v \cdot B$$

$$\text{Bu yerdan } v = E/B$$

Bu — Vine filtrining asosiy tenglamasi.

Faqat shu tezlikka ega zarralar tanlab olinadi.
Qolganlari yuqoriga yoki pastga og‘adi.

1.5. Zaryad va massa roli

Muhim xulosa: Vine filtri tezlikni tanlaydi, massa yoki zaryadga bog‘liq emas (agar $q \neq 0$ bo‘lsa). Shuning uchun: tezlik selektori mass-spektrometrlarda birinchi bosqich sifatida ishlatiladi.

2. METODIK YORDAM

(OLIMPIADA UCHUN)

2.1. Asosiy kalit so‘zlar

Masalada quyidagi iboralarni ko‘rsangiz, darhol uyg‘oning “og‘masdan o‘tdi”, “to‘g‘ri chiziq bo‘ylab”, “faqat bitta tezlik o‘tdi”. Bu avtomatik ravishda Vine filtri degani.

2.2. Kuchlarni ajratib yozish

Hech qachon darhol $v = E/B$ yozmang.

Avval $F_e = q \cdot E$, $F_m = q \cdot v \cdot B$

So'ng ularning qarama-qarshi ekanini ko'rsating keyin tenglashtiring. Bu metodik jihatdan to'liq ball beradi.

2.3. Yo'nalishlarni chizma bilan tekshiring

Ayrim masalalarda E pastga, B varaqdan ichkariga, v o'ngga bo'lishi mumkin.

Musbat zarra uchun F_e har doim E yo'nalishida, F_m chap qo'l qoidasi bilan aniqlanadi. Manfiy zarra uchun ikkalasi ham teskari.

2.4. Qaysi zarra o'tadi, qaysi egiladi?

Agar $v < E/B \rightarrow$ elektr kuchi ustun $\rightarrow$ zarra E yo'nalishida og'adi

Agar $v > E/B \rightarrow$ magnit kuch ustun $\rightarrow$ qarama-qarshi tomonga og'adi

Bu xulosa mantiqiy savollarda juda tez ishlaydi.

2.5. Vine filtri va mass-spektrometr farqi

Aralashtirmaslik uchun eslab qoling:

Qurilma	Nima aniqlanadi
Vine filtri	tezlik
Mass-spektrometr	massa/zaryad

Olimpiadada ularni ataylab yaponcha uslubda aralashtirib qo'yishadi.

2.6. Hisoblarni oxirida qiling

Mantiq kuchlar, tenglik, tezlik sharti, son qo'yish

1-qadamda raqamga o'tmang.

3. TIPIK XATOLAR

Elektr va magnit kuchlarni bir yo'nalishda chizish

Elektron uchun yo'nalishni teskari qilmaslik

$v = E/B$ formulani yodlab, qachon ishlashini bilmaslik

Vine filtrini mass-spektrometr bilan aralashtirish

4. Masala: Bir jinsli electric maydon $E = 3,0 \cdot 10^4 \text{ V/m}$ va unga perpendikulyar magnit maydon $B = 0,15 \text{ T}$ yaratilgan fazoga ionlar uchib kirmoqda. Ionlar orasidan faqat ogʻmasdan oʻtayotgan ionlar detektorga yetib bormoqda.

Topilsin:

a) Vine filtridan oʻtayotgan ionlar tezligi

b) agar ion kinetik energiyasi $E_k = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ J}$ boʻlsa, ion massasini toping ($q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

5. YECHIM (TOʻLIQ, METODIK)

a) Ion tezligi

Ogʻmasdan oʻtish sharti: $q \cdot E = q \cdot v \cdot B$

Bu yerdan: $v = E/B, v = (3,0 \cdot 10^4)/0,15, v = 2,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

b) Ion massasi

Kinetik energiya: $E_k = m \cdot v^2/2$

Bu yerdan: $m = 2 \cdot E_k/v^2$

$$v^2 = (2,0 \cdot 10^5)^2 = 4,0 \cdot 10^{10}$$

$$m = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-16}/4,0 \cdot 10^{10}$$

$$m = 3,2 \cdot 10^{-16}/4,0 \cdot 10^{10}$$

$$m = 0,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg} = 8,0 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

JAVOB:

a) $v = 2,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

b) $m = 8,0 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

8-BOʻLIM. MAGNIT DIPOL VA ZARRANING ENERGIYASI

(Tokli ramka, magnit moment va energiya masalalari)

1. MAVZU BAYONI (CHUQUR, DARSLIK TILIDA)

1.1. Magnit dipol nima?

Magnit dipol — bu tashqi magnit maydonda aylantiruvchi moment hosil qiladigan magnit obyektidir.

Fizikada magnit dipol sifatida qaraladi: tokli yopiq kontur (ramka), mikroskopik zarra (atom ichidagi elektron)

Bu bo‘limda asosiy model — tokli tekis ramka.

1.2. Magnit moment tushunchasi

Tokli ramkaning magnit momenti quyidagicha aniqlanadi: $p = I \cdot S$

bu yerda: I — ramkadan o‘tayotgan tok, S — ramkaning yuzasi, p — magnit moment (vektor kattalik)

Magnit moment yo‘nalishi o‘ng qo‘l qoidasi bilan aniqlanadi.

1.3. Magnit maydondagi aylantiruvchi moment

Ramka bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan. Agar ramka tekisligi bilan magnit induksiya B orasida burchak α bo‘lsa, ramkaga ta’sir etuvchi aylantiruvchi moment: $M = p \cdot B \cdot \sin\alpha$ Bu moment ramkani shunday buraydiki, magnit moment B yo‘nalishi bilan moslashishga intiladi.

1.4. Barqaror va beqaror muvozanat

Magnit dipol uchun: barqaror muvozanat $\rightarrow p \parallel B$, beqaror muvozanat $\rightarrow p$ qarama-qarshi B

Bu holatlar energiyaga bog‘liq.

1.5. Magnit dipol energiyasi

Magnit dipolning potensial energiyasi: $W = -p \cdot B \cdot \cos\alpha$

Xulosalar: W eng kichik $\rightarrow p \parallel B$, W eng katta $\rightarrow p$ teskari B

Shu formula yordamida ish, energiya farqi, burilish masalalari yechiladi.

2. METODIK YORDAM

(OLIMPIADA UCHUN)

2.1. Avvalo obyektni aniqlang

Masalada soʻrallyaptimi: tokli ramka, yoki alohida zarra (mikroskopik dipol)?

Agar: I va S berilgan $\rightarrow$ ramka, m, q, v orqali $\rightarrow$ zarra modeli

2.2. Yoʻnalishni chizma bilan aniqlash

Magnit moment har doim vector: oʻng qoʻl qoidasi $\rightarrow p$ yoʻnalishi, p bilan B orasidagi α — asosiy burchak

Ramka tekisligi bilan B orasidagi burchakni bevosita qoʻyib yuborma.

2.3. Qachon moment, qachon energiya?

Masalada soʻralganiga qarab: “buradi”, “aylanadi” $\rightarrow$ moment, “qancha ish bajarildi”, “energiyasi” $\rightarrow W$

Formulani shunga qarab tanla.

2.4. Ish va energiya bogʻlanishi

Agar ramka α_1 dan α_2 ga burilsa $A = W_1 - W_2$

yaʼni $A = p \cdot B \cdot (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$

Bu juda koʻp olimpiada masalalarining kaliti.

2.5. Barqarorlikni tekshirish tezkor usuli

Agar burilsa va qaytsa $\rightarrow$ barqaror

Agar burilsa va ketaversa $\rightarrow$ beqaror

Koʻpincha faqat mantiqiy xulosa soʻraladi.

3. TIPIK XATOLAR

$p = I \cdot S$ formulani unutish

sin va cos ni joyini almashtirish

α ni notoʻgʻri aniqlash

energiya manfiy chiqqanda choʻchish (bu normal!)

4. Masala

Yuzasi $S = 50 \text{ cm}^2$ bo'lgan tokli to'g'ri to'rtburchak ramka bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan. Ramkadan o'tayotgan tok $I = 2,0 \text{ A}$ Magnit induksiya $B = 0,40 \text{ T}$. Dastlab ramka tekisligi magnit maydoniga perpendikulyar joylashgan, so'ng ramka 90° ga buriladi.

Topilsin:

- a) magnit moment p
- b) magnit maydon bajargan ish A
- c) energiyaning o'zgarishi

5. YECHIM

- a) Magnit moment

Yuzani S ga aylantiramiz:

$$S = 50 \text{ cm}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$p = I \cdot S$$

$$p = 2,0 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3}$$

$$p = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

- b) Boshlang'ich va oxirgi holatlar

Boshlang'ich ramka tekisligi $\perp B$, demak $p \parallel B \rightarrow \alpha_1 = 0^\circ$

Oxirgi ramka 90° burildi $\rightarrow p \perp B, \rightarrow \alpha_2 = 90^\circ$

- c) Ish va energiya

Magnit dipol energiyasi:

$$W = -p \cdot B \cdot \cos \alpha$$

$$W_1 = -p \cdot B \cdot \cos 0^\circ = -p \cdot B$$

$$W_2 = -p \cdot B \cdot \cos 90^\circ = 0$$

Maydon bajargan ish:

$$A = W_1 - W_2 = -p \cdot B$$

$$A = -(1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,40)$$

$$A = -4,0 \cdot 10^{-3} J$$

Manfiy ishora ish tashqi kuch tomonidan bajarilganini bildiradi.

JAVOB:

a) $p = 1,0 \cdot 10^{-2} A \cdot m^2$

b) $A = -4,0 \cdot 10^{-3} J$

c) energiya $4,0 \cdot 10^{-3} J$ ga oshdi

8-BO‘LIM. MAGNIT DÍPOL VA ZARRANING ENERGIYASI

(Tokli ramka, magnit moment va energiya masalalari)

1. MAVZU BAYONI (CHUQUR, DARSLIK TILIDA)

1.1. Magnit dipol nima?

Magnit dipol — bu tashqi magnit maydonda aylantiruvchi moment hosil qiladigan magnit obyektidir.

Fizikada magnit dipol sifatida qaraladi tokli yopiq kontur (ramka), mikroskopik zarra (atom ichidagi elektron)

Bu bo‘limda asosiy model — tokli tekis ramka.

1.2. Magnit moment tushunchasi

Tokli ramkaning magnit momenti quyidagicha aniqlanadi: $p = I \cdot S$

bu yerda I — ramkadan o‘tayotgan tok, S — ramkaning yuzasi, p — magnit moment (vektor kattalik).

Magnit moment yo‘nalishi o‘ng qo‘l qoidasi bilan aniqlanadi.

1.3. Magnit maydondagi aylantiruvchi moment

Ramka bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan. Agar ramka tekisligi bilan magnit induksiya B orasida burchak α bo‘lsa, ramkaga ta’sir etuvchi aylantiruvchi moment: $M = p \cdot B \cdot \sin\alpha$

Bu moment ramkani shunday buraydiki, magnit moment B yoʻnalishi bilan moslashishga intiladi.

1.4. Barqaror va beqaror muvozanat

Magnit dipol uchun barqaror muvozanat $\rightarrow p \parallel B$, beqaror muvozanat $\rightarrow p$ qarama-qarshi B . Bu holatlar energiyaga bogʻliq.

1.5. Magnit dipol energiyasi

Magnit dipolning potentsial energiyasi: $W = -p \cdot B \cdot \cos\alpha$

Xulosalar W eng kichik $\rightarrow p \parallel B$, W eng katta $\rightarrow p$ teskari B

Shu formula yordamida ish, energiya farqi, burilish masalalari yechiladi.

2. METODIK YORDAM

(OLIMPIADA UCHUN)

2.1. Avvalo obyektни aniqlang

Masalada soʻrallyaptimi tokli ramka, yoki alohida zarra (mikroskopik dipol)?

Agar I va S berilgan $\rightarrow$ ramka, m, q, v orqali $\rightarrow$ zarra modeli

2.2. Yoʻnalishni chizma bilan aniqlash

Magnit moment har doim vektor.

oʻng qoʻl qoidasi $\rightarrow p$ yoʻnalishi

p bilan B orasidagi α — asosiy burchak

Ramka tekisligi bilan B orasidagi burchakni bevosita qoʻyib yubormang.

2.3. Qachon moment, qachon energiya?

Masalada soʻralganiga qarab “buradi”, “aylanadi” $\rightarrow$ moment, “qancha ish bajarildi”, “energiyasi” $\rightarrow W$

Formulani shunga qarab tanla.

2.4. Ish va energiya bogʻlanishi

Agar ramka α_1 dan α_2 ga burilsa: $A = W_1 - W_2$ yaʼni $A = p \cdot B \cdot (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$

Bu juda ko‘p olimpiada masalalarining kaliti.

2.5. Barqarorlikni tekshirish tezkor usuli

Agar burilsa va qaytsa $\rightarrow$ barqaror

Agar burilsa va ketaversa $\rightarrow$ beqaror

Ko‘pincha faqat mantiqiy xulosa so‘raladi.

3. TIPIK XATOLAR

$p = I \cdot S$ formulani unutish

$\sin$ va $\cos$ ni joyini almashtirish

α ni noto‘g‘ri aniqlash

energiya manfiy chiqqanda cho‘chish (bu normal!)

4. Masala

Yuzasi $S = 50 \text{ cm}^2$ bo‘lgan tokli to‘g‘ri to‘rtburchak ramka bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan. Ramkadan o‘tayotgan tok $I = 2,0 \text{ A}$ Magnit induksiya $B = 0,40 \text{ T}$. Dastlab ramka tekisligi magnit maydoniga perpendikulyar joylashgan, so‘ng ramka 90° ga buriladi.

Topilsin:

- a) magnit moment p
- b) magnit maydon bajargan ish A
- c) energiyaning o‘zgarishi

5. YECHIM (TO‘LIQ, METODIK)

- a) Magnit moment

Yuzani S ga aylantiramiz:

$$S = 50 \text{ cm}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$p = I \cdot S$$

$$p = 2,0 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3}$$

$$p = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

b) Boshlang'ich va oxirgi holatlar

Boshlang'ich: ramka tekisligi $\perp B$, demak $p \parallel B \rightarrow \alpha_1 = 0^\circ$

Oxirgi ramka 90° burildi $\rightarrow p \perp B, \rightarrow \alpha_2 = 90^\circ$

c) Ish va energiya

Magnit dipol energiyasi: $= -p \cdot B \cdot \cos\alpha, W_1 = -p \cdot B \cdot \cos 0^\circ = -p \cdot B$
 $, W_2 = -p \cdot B \cdot \cos 90^\circ = 0$

Maydon bajargan ish: $A = W^1 - W^2 = -p \cdot B, A = -(1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,40),$
 $A = -4,0 \cdot 10^{-3} J$

Manfiy ishora: ish tashqi kuch tomonidan bajarilganini bildiradi.

JAVOB:

a) $p = 1,0 \cdot 10^{-2} A \cdot m^2$

b) $A = -4,0 \cdot 10^{-3} J$

c) energiya $4,0 \cdot 10^{-3} J$ ga oshdi

9-BO'LIM. ELEKTROMAGNIT TO'LQINLAR BILAN BOG'LANISH

(Tezlanayotgan zaryad, nurlanish va maydonlarning birligi)

1. MAVZU BAYONI

1.1. Elektromagnit to'lqin tushunchasi

Elektromagnit to'lqin — bu fazoda o'zaro bog'langan elektr maydon (E) va magnit maydon (B) tebranishlarining bo'shliqda tarqalishidir.

O'zbek darsliklarida asosiy xulosa:

Elektromagnit to'lqin — elektr va magnit maydonlarning ajralmas birligi.

1.2. Elektromagnit to'lqinlarning hosil bo'lishi

Muhim fakt:

Faqat tezlanayotgan zaryad elektromagnit to'liqin chiqaradi.

tekis va to'g'ri chiziqli harakat $\rightarrow$ nurlanish YO'Q

tebranish, aylanish, tezlanish $\rightarrow$ nurlanish BOR

Shuning uchun antennalar, siklotronlar, tebranayotgan elektronlar elektromagnit to'liqin manbai hisoblanadi.

1.3. Elektromagnit to'liqinda maydonlar bog'lanishi

Elektromagnit to'liqinda:

$$E \perp B$$

$E \perp$ tarqalish yo'nalishi

$B \perp$ tarqalish yo'nalishi

Maydonlarning modullari orasidagi bog'lanish: $E = c \cdot B$ bu yerda: c — yorug'lik tezligi ($3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

1.4. Energiya uzatilishi va oqimi

Elektromagnit to'liqin energiya tashiydi.

Energiyaning sirt bo'ylab oqimi Poynting vektori bilan tavsiflanadi.

Zichlikning o'rtacha qiymati: $S = E \cdot B / \mu_0$

Bu kattalik: 1 s ichida 1 m² dan o'tuvchi energiyani bildiradi.

1.5. To'liqin intensivligi va bosimi

Elektromagnit to'liqin moddaga tushganda energiya uzatadi, impuls beradi

Natijada nurlanish bosimi hosil bo'ladi.

Agar sirt to'liq yutsa $p = S/c$. Agar to'liq qaytarsa $p = 2S/c$

2. METODIK YORDAM

(OLIMPIADA UCHUN)

2.1. Eng muhim savolni bering

Masalaga kirishda o'zingdan so'rang: Zaryad tezlanayotimi yoki yo'qmi?

Agar tezlanmasa — elektromagnit to‘lqin YO‘Q.

2.2. EM-to‘lqin bilan statik maydonlarni ajrating

Doimiy E yoki B — bu elektromagnit to‘lqin emas
To‘lqin bo‘lishi uchun tebranish shart

Ko‘p testlarda aynan shu nuqta tekshiriladi.

2.3. Qaysi formula qayerda ishlaydi?

Vaziyat	Formula
E va B orasidagi bog‘lanish	$E = c \cdot B$
Energiya oqimi	$S = E \cdot B / \mu_0$
Bosim (yutilish)	$p = S / c$
Bosim (qaytish)	$p = 2S / c$

Birini boshqasiga almashtirma.

2.4. To‘lqin energiyasining manbai

Eslab qoling: EM -to‘lqinning energiyasi — zaryad manbadan olgan mexanik energiya hisobiga.

Shuning uchun tezlatilgan zarra sekinlashadi, energiya yo‘qotadi (brekstrahlung effekti)

2.5. O‘lchov birliklarini tekshir

$$E \rightarrow V/m, B \rightarrow T, S \rightarrow W/m^2, p \rightarrow Pa$$

Birlik chiqmasa $\rightarrow$ formulani qayta ko‘ring.

3. TIPIK XATOLAR

Tekis harakatdagi zaryad nurlanadi deb o‘ylash

$E = c \cdot B$ formulani elektromagnit to‘lqin EMAS joyda ishlatish

Nurlanish bosimini kuch bilan adashtirish

Poynting vektorini quvvat bilan tenglashtirish

4. Masala

Elektromagnit to'qlinda elektr maydon amplitudasi $E = 600 \text{ V/m}$ ga teng.

Topilsin:

- a) magnit maydon amplitudasi B
- b) to'qlin energiya oqimi zichligi S
- c) agar to'qlin ideal yutuvchi sirtga tushsa, nurlanish bosimi p

Berilganlar: $c = 3,0 \cdot \frac{10^8 \text{ m}}{\text{s}}, \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$

5. YECHIM (TO'LIQ, METODIK)

a) Magnit maydon $E = c \cdot B, B = E/c, B = 600/(3,0 \cdot 10^8), B = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ T}$

b) Energiya oqimi zichligi $= E \cdot B/\mu_0, E \cdot B = 600 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} = 1,2 \cdot 10^{-3}, \mu_0 \approx 1,26 \cdot 10^{-6}, S \approx 1,2 \cdot 10^{-3}/1,26 \cdot 10^{-6}, S \approx 9,5 \cdot 10^2 \text{ W/m}^2$

c) Nurlanish bosimi

To'liq yutilish uchun: $= S/c, p = \frac{9,5 \cdot 10^2}{3,0 \cdot 10^8}, p \approx 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$

JAVOB:

- a) $B = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
- b) $S \approx 9,5 \cdot 10^2 \text{ W/m}^2$
- c) $p \approx 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$

10-BO'LIM. ELEKTROMAGNIT NURLANISH VA KVANT O'TISH

(Yorug'likning kvant xossalari va atom spektrlari)

1. MAVZU BAYONI

1.1. Elektromagnit nurlanishning kvant tabiati

Klassik fizika elektromagnit to'qlinni uzluksiz jarayon deb qaraydi. Ammo tajribalar shuni ko'rsatdiki:

Elektromagnit nurlanish kvantlar — fotonlar ko‘rinishida yutiladi va chiqariladi.

Bu tushuncha: fotoeffekt, atom spektrlari, lazer fizikasi kabi hodisalarni tushuntiradi.

1.2. Foton energiyasi $E = h \cdot \nu$ yoki to‘lqin uzunligi orqali $E = h \cdot c/\lambda$

bu yerda: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ — Plank doimiysi, ν — chastota, λ — to‘lqin uzunligi, c — yorug‘lik tezligi

Muhim xulosa: Yorug‘lik intensivligi fotonlar soniga, rang (λ, ν) esa har bir foton energiyasiga bog‘liq.

1.3. Kvant o‘tish tushunchasi

Atomda elektronlar faqat ruxsat etilgan energiya sathlarida bo‘la oladi.

Elektron: yuqori sathdan pastga o‘tsa $\rightarrow$ foton chiqariladi, pastdan yuqoriga chiqsa $\rightarrow$ foton yutiladi. Bu jarayon kvant o‘tish deyiladi.

1.4. Kvant o‘tish energiyasi

Agar elektron: E_2 energiyali sathdan, E_1 energiyali sathga o‘tsa, chiqarilgan foton energiyasi: $h \cdot \nu = E_2 - E_1$

Demak: $\nu = (E_2 - E_1)/h$

1.5. Vodorod atomi uchun energiya sathlari

O‘zbek darsliklarida vodorod uchun:

$$E_n = -13,6 \text{ eV}/n^2 \text{ bu yerda } n = 1, 2, 3, \dots$$

Shundan turli spektral chiziqlar hosil bo‘ladi:

Layman

Balmer

Paschen qatorlari

2. METODIK YORDAM

(OLIMPIADA UCHUN)

2.1. Avvalo jarayonni aniqla

Masalada soʻrallyaptimi nurlanishmi? → yuqoridan pastga, yutilishmi? → pastdan yuqoriga

Bu aniqlanmasa — belgi xato chiqadi.

2.2. Qaysi sathlar ishtirok etyapti?

Har doim: n_1 — past sath, n_2 — yuqori sath

✓ Energiya farqi modul bilan olinadi, foton energiyasi **ijobiy** boʻladi.

2.3. Elektron volt va joule oʻrtasida ehtiyot boʻling

$$\bullet \quad 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Agar $h \text{ J} \cdot \text{s}$ da boʻlsa — energiya joulda boʻlishi shart.

2.4. Qaysi formula qayerda?

Vaziyat	Formula
Foton energiyasi	$E = h \cdot \nu$
Toʻlqin uzunligi	$\lambda = c/\nu$
Kvant oʻtish	$h \cdot \nu = E_2 - E_1$
Vodorod sathi	$E_n = -13,6/n^2 \text{ (eV)}$
Bularni aralashtirmang.	

2.5. Tezkor tekshiruv

$$n_2 > n_1 \text{ boʻlsa} \rightarrow \text{chiqarilish}$$

$$n_2 - n_1 \text{ katta boʻlsa} \rightarrow \nu \text{ katta, } \lambda \text{ kichik}$$

Bu mantiq xato hisobni tezda koʻrsatadi.

3. TIPIK XATOLAR

Intensivlik oshsa, foton energiyasi oshadi deb o'ylash
 eV ni J ga aylantirmaslik
 $E_2 - E_1$ ishorasini noto'g'ri olish
 λ va ν ni teskari proporsional ekanini unutish

4. Masala

Vodorod atomida elektron $n = 4$ energiya sathidan $n = 2$ energiya sathiga o'tdi.

Topilsin:

- a) chiqarilgan foton energiyasi
- b) foton chastotasi
- c) foton to'liqin uzunligi

Berilganlar:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

$$c = 3,0 \cdot 10^8 m/s$$

$$1 eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

5. YECHIM (TO'LIQ, METODIK)

a) Energiya farqi

$$E_4 = -13,6/16 = -0,85 eV$$

$$E_2 = -13,6/4 = -3,40 eV$$

$$\Delta E = E_2 - E_4 = -3,40 - (-0,85) = -2,55 eV$$

Foton energiyasi modul bilan: $E = 2,55 eV$

Joulga o'tkazamiz: $E = 2,55 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \approx 4,08 \cdot 10^{-19} J$

b) Chastota

$$E = h \cdot \nu$$

$$\nu = E/h$$

$$\nu = 4,08 \cdot 10^{-19} / 6,63 \cdot 10^{-34}$$

$$\nu \approx 6,16 \cdot 10^{14} Hz$$

c) To‘lqin uzunligi

$$\lambda = c/\nu$$

$$\lambda = 3,0 \cdot 10^8 / 6,16 \cdot 10^{14}$$

$$\lambda \approx 4,87 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

(ko‘rinuvchi soha — Balmer qatori)

JAVOB:

a) $E \approx 2,55 \text{ eV}$

b) $\nu \approx 6,16 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

c) $\lambda \approx 4,87 \cdot 10^{-7} \text{ m}$