1-BO‘LIM. Amper kuchi

Masala

Massasi $m = 0{,}016\ kg$ va uzunligi $\ell = 0{,}40\ m$ bo‘lgan gorizontal o‘tkazgich induksiyasi $B = 0{,}50\ T$ bo‘lgan bir jinsli magnit maydonda osilgan. Magnit maydon o‘tkazgichga perpendikulyar. O‘tkazgichdan shunday tok o‘tkazilganki, u og‘irlik ta’sirida muvozanatda osilib turibdi. $g = 9{,}8\ m/s^2$.

Tok kuchini I toping.

Yechim:

O‘tkazgichga ta’sir etuvchi kuchlar:

og‘irlik kuchi: $P = m \cdot g$

Amper kuchi: $F = B \cdot I \cdot \ell$

Muvozanat sharti:

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

$$I = m \cdot g/(B \cdot \ell)$$

$$I = 0{,}016 \cdot 9{,}8/(0{,}50 \cdot 0{,}40)$$

$$0{,}016 \cdot 9{,}8 = 0{,}1568 \approx 0{,}157$$
$$0{,}50 \cdot 0{,}40 = 0{,}20$$

$$I \approx 0{,}157/0{,}20 \approx 0{,}784\ A$$

Javob**:** $I \approx 0{,}78\ A$.

2-BO‘LIM. Parallel toklarning o‘zaro ta’siri

Masala

Bir-biridan $r = 2{,}0\ cm$ masofada joylashgan, uzunliklari $\ell = 1{,}0\ m$ bo‘lgan ikki to‘g‘ri parallel o‘tkazgichdan $I_1 = 8\ A$ va $I_2 = 12\ A$ toklar bir xil yo‘nalishda o‘tmoqda. Magnit doimiysi $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ T \cdot m/A$. O‘tkazgichlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchining modulini F va ta’sir turini (tortishish yoki itarilish) aniqlang.

Yechim

Bir metrga to‘g‘ri keladigan kuch:

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

Demak:

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

$$r = 2{,}0\ cm = 0{,}020\ m$$

$$F = (4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 12 \cdot 1{,}0)/(2\pi \cdot 0{,}020)$$

$$4\pi/(2\pi) = 2$$

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 12/0{,}020$$

$$2 \cdot 8 \cdot 12 = 192$$

$$F = 192 \cdot 10^{-7}/0{,}020$$

$$192/0{,}020 = 9600$$

$$F = 9600 \cdot 10^{-7}\ N = 9{,}6 \cdot 10^{-4}\ N$$

Toklar yo‘nalishi bir xil → tortishish.

Javob: $F \approx 9{,}6 \cdot 10^{-4}\ N$, o‘tkazgichlar bir-birini tortadi.

3-BO‘LIM. Magnit maydonda zaryadli zarra (Lorens kuchi)

Masala

Proton $v = 3{,}0 \cdot 10^6\ m/s$ tezlik bilan induksiyasi $B = 0{,}30\ T$ bo‘lgan bir jinsli magnit maydonga tezlik vektori B ga perpendikulyar bo‘lgan holda uchib kirdi. Proton massasi $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ kg$, zaryadi $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$. Protonning magnit maydondagi harakat trayektoriyasi radiusini r toping.

Yechim

Magnit maydonda doira bo‘ylab harakat sharti:

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

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

$$r = 1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 3{,}0 \cdot 10^{6}/(1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}30)$$

Yuqori qism:

$$1{,}67 \cdot 3{,}0 = 5{,}01 \rightarrow 5{,}01 \cdot 10^{-21}$$

Pastki qism:

$$1{,}6 \cdot 0{,}30 = 0{,}48 \rightarrow 4{,}8 \cdot 10^{-1}$$

$$r = (5{,}01/4{,}8) \cdot 10^{-21+1} \approx 1{,}04 \cdot 10^{-1}\, m$$

Javob: $r \approx 0{,}10\, m$.

4-BO‘LIM. Elektr va magnit maydonlar birga (E + B)

Masala

Bir jinsli elektr maydon $E = 5{,}0 \cdot 10^{4}\, V/m$ va unga perpendikulyar magnit maydon $B = 0{,}25\, T$ mavjud. Zaryadli zarra bu maydonlar sohasidan og‘masdan, to‘g‘ri chiziq bo‘ylab o‘tadi. Zarraning tezligini v toping.

Yechim

To‘g‘ri chiziq bo‘ylab harakat uchun: Elektr kuchi = magnit kuchi

$$q \cdot E = q \cdot v \cdot B$$

$$v = E/B$$

$$v = 5{,}0 \cdot 10^{4}/0{,}25 = 2{,}0 \cdot 10^{5}\, m/s$$

Javob: $v = 2{,}0 \cdot 10^{5}\, m/s$.

5-BO‘LIM. Siklotron

Masala

Siklotronda magnit induksiya $B = 1{,}2\, T$, deylar maksimal radiusi $r = 0{,}40\, m$. Proton tezlatilmoqda ($m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\, kg, q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\, C$). Proton siklotrondan chiqish paytidagi maksimal kinetik energiyasini toping (relativistik effektlar hisobga olinmasin).

Yechim

Magnit maydonda aylana bo‘ylab harakat:

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

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

$$v = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}40/1{,}67 \cdot 10^{-27}$$

$$1{,}6 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}40 = 0{,}768$$

$$v \approx 0{,}768/1{,}67 \cdot 10^8 \approx 4{,}6 \cdot 10^7\, m/s$$

Kinetik energiya:

$$E_\text{k} = m \cdot v^2/2$$

$$v^2 \approx (4{,}6 \cdot 10^7)^2 \approx 2{,}1 \cdot 10^{15}$$

$$E_\text{k} \approx 1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 2{,}1 \cdot 10^15/2 \approx 1{,}8 \cdot 10^{-12}\, J$$

Javob: $E_\text{k} \approx 1{,}8 \cdot 10^{-12}\, J$.

6-BO‘LIM. Mass-spektrometr

Masala

Mass-spektrometrda bir zaryadli ion potensiallar ayirmasi U = 1500 V orqali tezlatildi va induksiyasi B = 0,40 T bo‘lgan magnit maydonga kiritildi. Detektorda trayektoriya radiusi r = 0,25 m bo‘lib kuzatildi. Ionning massa–zaryad nisbatini m/q toping.

Yechim

Tezlanish: $q \cdot U = m \cdot v^2/2$

Magnit maydonda:

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot v^2/r \rightarrow r = m \cdot v/(q \cdot B)$$

Yakuniy natija (standart chiqarma):

$$m/q = B^2 \cdot r^2/(2 \cdot U)$$

Hisoblaymiz:

$$B^2 = 0{,}40^2 = 0{,}16$$

$$r^2 = 0{,}25^2 = 0{,}0625$$

$$B^2 \cdot r^2 = 0{,}16 \cdot 0{,}0625 = 0{,}010$$

$$2 \cdot U = 3000$$

$$m/q = 0{,}010/3000 = 3{,}3 \cdot 10^{-6}\, kg/C$$

Javob: $m/q \approx 3{,}3 \cdot 10^{-6}\, kg/C$.

7-BO‘LIM. Tezlik selektori (Vine filtri)

Masala

Tezlik selektorida elektr maydon $E = 2{,}4 \cdot 10^4\, V/m$, unga perpendikulyar magnit maydon $B = 0{,}12\, T$ mavjud. Bir zaryadli ionlar ($q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\, C$) selektor hududiga kiradi. Kuzatishlarga ko‘ra, faqat ma’lum ionlar og‘masdan o‘tmoqda. Ushbu ionlarning kinetik energiyasi $E_\text{k} = 9{,}6 \cdot 10^{-16}\, J$.

Bu ionlarning massasini m toping.

Yechim

Og‘masdan o‘tish sharti: $q \cdot E = q \cdot v \cdot B \rightarrow v = E/B$

$$v = 2{,}4 \cdot 10^4/0{,}12 = 2{,}0 \cdot 10^5\, m/s$$

Kinetik energiya:

$$E_\text{k} = m \cdot v^2/2$$

$$m = 2 \cdot E_\text{k}/v^2$$

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

$$m = 2 \cdot 9{,}6 \cdot 10^{-16}/4{,}0 \cdot 10^{10}$$

$$2 \cdot 9{,}6 = 19{,}2$$

$$m = 19{,}2 \cdot 10^{-16}/4{,}0 \cdot 10^{10} = 4{,}8 \cdot 10^{-26}\, kg$$

Javob: $m = 4{,}8 \cdot 10^{-26}\, kg$.

8-BO‘LIM. Magnit dipol va energiya

Masala

Yuzasi $S = 80\ cm^2$ bo‘lgan tekis tokli ramkadan $I = 3{,}0\ A$ tok o‘tmoqda. Ramka induksiyasi $B = 0{,}20\ T$ bo‘lgan bir jinsli magnit maydonda turibdi. Dastlab ramka magnit maydon yo‘nalishi bilan eng qulay holatda (barqaror muvozanat) joylashgan, so‘ngra ramka 90° ga burildi (magnit moment $p\ B$ ga perpendikulyar bo‘ldi).

Magnit maydon tomonidan bajarilgan ishni toping.

Yechim

Avval yuzani metrlarda:

$$S = 80\ cm^2 = 80 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 8{,}0 \cdot 10^{-3}\ m^2$$

Magnit moment:

$$p = I \cdot S = 3{,}0 \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-3} = 2{,}4 \cdot 10^{-2}\ A \cdot m^2$$

Potensial energiya:

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

Boshlang‘ich holat ($p \parallel B$): $\alpha_1 = 0°$

$$W_1 = -p \cdot B \cdot cos0° = -p \cdot B$$

Oxirgi holat ($p \perp B$): $\alpha_2 = 90°$

$$W_2 = -p \cdot B \cdot cos90° = 0$$

Magnit maydon bajargan ish:

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

Modul jihatdan: $|A| = p \cdot B$

$$p \cdot B = 2{,}4 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}20 = 4{,}8 \cdot 10^{-3}\ J$$

Javob: $|A| = 4{,}8 \cdot 10^{-3}\ J$ (bu ish tashqi kuch hisobiga bajariladi, maydon energiyasi $4{,}8 \cdot 10^{-3}\ J$ ga oshadi).

9-BO‘LIM. Elektromagnit to‘lqinlar

Masala

Bo‘shliqda tarqalayotgan elektromagnit to‘lqinda elektr maydon amplitudasi $E = 1000\ V/m$. To‘lqin ideal yutuvchi tekis sirtga perpendikulyar tushmoqda. Yorug‘lik tezligi $c = 3{,}0 \cdot 10^8\ m/s$, magnit doimiysi $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ H/m$. Sirtga ta’sir qiluvchi nurlanish bosimini p toping.

Yechim

Elektromagnit to‘lqinda:

$$E = c \cdot B \rightarrow B = E/c$$

$$B = 1000/(3{,}0 \cdot 10^8) \approx 3{,}33 \cdot 10^{-6}\ T$$

Energiya oqimi zichligi:

$$S = E \cdot B/\mu_0$$

$$E \cdot B \approx 1000 \cdot 3{,}33 \cdot 10^{-6} = 3{,}33 \cdot 10^{-3}$$

$$\mu_0 \approx 1{,}26 \cdot 10^{-6}$$

$$S \approx 3{,}33 \cdot 10^{-3}/1{,}26 \cdot 10^{-6} \approx 2{,}65 \cdot 10^3\ W/m^2$$

Ideal yutuvchi sirt uchun nurlanish bosimi:

$$p = S/c \approx 2{,}65 \cdot 10^3/3{,}0 \cdot 10^8 \approx 8{,}8 \cdot 10^{-6}\ Pa$$

Javob: $p \approx 8{,}8 \cdot 10^{-6}\ Pa$.

10-BO‘LIM. Elektromagnit nurlanish va kvant o‘tish

Masala

Vodorod atomida elektron $n = 5$ energiya sathidan $n = 2$ sathga o‘tdi.

$$E_\text{n} = -13{,}6\ eV/n^2$$

Plank doimiysi $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$, yorug‘lik tezligi $c = 3{,}0 \cdot 10^8\ m/s$, $1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J$.

Chiqarilgan fotonning to‘lqin uzunligini λ toping.

Yechim

Energiya sathlari:

$$E_2 = -13{,}6/2^2 = -13{,}6/4 = -3{,}40\ eV$$

$$E_5 = -13{,}6/5^2 = -13{,}6/25 \approx -0{,}544\ eV$$

Energiya farqi:

$$\Delta E = E_2 - E_5 = -3{,}40 - (-0{,}544) = -2{,}856\ eV$$

Foton energiyasi modul bo‘yicha:

$$E = 2{,}856\ eV$$

Joulga o‘tkazamiz:

$$E = 2{,}856 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \approx 4{,}57 \cdot 10^{-19}\ J$$

Chastota:

$$E = h \cdot \nu \rightarrow \nu = E/h$$

$$\nu \approx 4{,}57 \cdot 10^{-19}/6{,}63 \cdot 10^{-34} \approx 6{,}9 \cdot 10^{14}\ Hz$$

To‘lqin uzunligi:

$$\lambda = c/\nu \approx 3{,}0 \cdot 10^{8}/6{,}9 \cdot 10^{14} \approx 4{,}35 \cdot 10^{-7}\ m$$

Javob: $\lambda \approx 4{,}35 \cdot 10^{-7}\ m$.