

10-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
11-oji užduotis Nr. FT10-11 / 2017 02 13 – 2017 03 12

Sąlyga / FT10-11 ▼

Greitas elektronas magnetinio lauko karuselėje

Elektronas, greitintuvo elektriniame lauke pagreitintas -100 kV įtampos, patenka į 2T indukcijos magnetinį lauką statmenai jo linijoms ir juda apskritimu.

1. Kokio dydžio kinetinę energiją jis įgijo greitinant, jei jo pradinis greitis buvo labai mažas palyginus su įgytu greičiu?
2. Kokiu greičiu jis pateko į magnetinį lauką?
3. Kokio dydžio Lorencio jėga jį veikia magnetiniame lauke?
4. Kokio ilgio apskritimu jis juda?
5. Pateikite aiškinamąjį brėžinį.

Užduotį parengė Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų instituto direktoriaus pavaduotojas, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Puslaidininkių fizikos katedros docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2017 02 13.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT10-11 ▼

Duota: $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $q = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $U = -1 \cdot 10^5$ V; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s;

$B = 2$ T.

Rasti: W_k ; v ; F_L ; l .

Elektrono įgyta kinetinė energija lygi elektrinio lauko darbui jį greitinant:

$$W_k = qU; \quad W_k = (-1,6 \cdot 10^{-19})(-1 \cdot 10^5) = 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ (J)}.$$

Pastaba: tą jos dydį galima pateikti ir ekelektronvoltais: $W_k = 100$ keV.

Pagreitinto elektrono masė yra didesnė už duotą jo rimties masę m_0 , o tuo remiantis galima apskaičiuoti elektrono greitį:

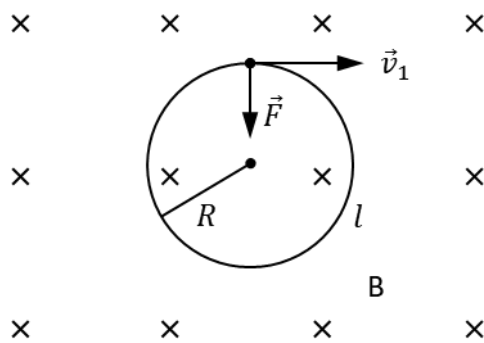
$$m = m_0 + \Delta m = m_0 + \frac{W_k}{c^2}; \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

$$v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{W_k}{m_0 c^2}\right)^2}};$$

$$v = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{1,6 \cdot 10^{-14}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16}}\right)^2}} \approx 1,64 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}.$$

Pastaba: tai mažesnis greitis nei tas, kurį gautume neįvertinę reliatyviosios pataisos:

$$v' = \sqrt{\frac{2W_k}{m_0}}; \quad v' = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-14}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 1,87 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}.$$



Magnetiniame lauke elektroną veikianti Lorencio jėga yra įcentrinė:

$$F_L = -qvB = \frac{mv^2}{r}; \quad F_L = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,64 \cdot 10^8 \cdot 2 \approx 52,5 \text{ (pN)}.$$

Apskritimo spindulį pažymėjome r , tai jo ilgis:

$$l = 2\pi r = \frac{2\pi m_0 v^2}{F_L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

$$l = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,64^2 \cdot 10^{16}}{52,5 \cdot 10^{-12} \sqrt{1 - \frac{1,64^2 \cdot 10^{16}}{9 \cdot 10^{16}}}} \approx 3,5 \text{ (mm)}.$$

Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 20.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT10-11 ▼

Užduotį nepriekaištingai išsprendė tik vienas turnyro dalyvis. Dauguma neįvertino reliatyviosios pataisos ir radę didesnę elektrono greitį suskaičiavo mažesnę apskritimo ilgį. Trys dalyviai užduoties sąlygoje nepastebėjo, kad elektrono orbitos apskritimo ilgį reikia rasti ir, kaip būna įprasta tokiose užduotyse, paskaičiavo jos spindulį.

Užduoties sprendimų aptarimą parengė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 20.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT10-11 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Kinetinė energija	2
2.	Greitis	3
3.	Lorencio jėga	2
4.	Apskritimo ilgis	2
5.	Aiškinamasis brėžinys	1
6.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
7.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-5)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 20.