

18-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
12-oji užduotis Nr. FT18-12 / 2025 02 24 – 2025 03 23

Judėjimas magnetiniame lauke

Sąlyga / FT18-12 ▼

Elektringosios dalelės, kurios savitasis krūvis $q_m = 9,566 \cdot 10^7$ C/kg, iš greitintuvo įlėkusios į vienalytį magnetinį lauką, spindulio vektoriaus priklausomybę nuo judėjimo tame lauke laiko t aprašo lygtis $\mathbf{r}(t) = A \sin Bt \mathbf{i} + Ct \mathbf{j} - A \cos Bt \mathbf{k}$, čia $A = 0,05$ m; $B = 3822\pi$ rad/s; $C = 110$ m/s, o $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$ ir $\mathbf{k}$ - Dekarto koordinačių ašių X, Y ir Z vienetiniai vektoriai. Raskite:

- 1) Dalelės pradinį greitį ir kampą, sudaromą su lauko kryptimi;
- 2) Magnetinio lauko stiprį;
- 3) Sraigtinės linijos žingsnį;
- 4) Dalelės poslinkį per laiko tarpą $t_1 = 0,39$ ms.

Pateikite aiškinamąjį brėžinį.

Magnetinė konstanta $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2025 02 24.

Aiškinamasis sprendimas / FT18-12 ▼

Duota: $q/m = 9,566 \cdot 10^7$ C/kg; $t_1 = 3,9 \cdot 10^{-4}$ s.

Rasti: $v_0, \alpha, \mathbf{H}, b, s_1$.

Dalelė juda sraigtime linija – apskritimu plokštumoje XOZ greičiu, kuris lygus statmenajai magnetiniam laukui komponentei $v_s = v_0 \sin \alpha$ ir to apskritimo spindulys A , ir tuo pačiu Y ašies kryptimi slenka tolygiai greičiu C , kuris lygus lygiagrečiai magnetiniam laukui komponentei $v_l = v_0 \cos \alpha$.

Dalelės pradinė padėtis: $\mathbf{r}(0) = -A\mathbf{k}$.

Dalelės greitis lygus jos spindulio vektoriaus išvestinei pagal laiką, tai randame pradinį greitį ir jo modulį:

$$\mathbf{v}(t) = AB \cos Bt \mathbf{i} + C \mathbf{j} + AB \sin Bt \mathbf{k}; \mathbf{v}(0) = AB \mathbf{i} + C \mathbf{j}; v_0 = \sqrt{A^2 B^2 + C^2};$$

$$v_0 = \sqrt{0,05^2 \cdot 3822^2 \cdot 3,14^2 + 110^2} \approx 610 \text{ (m/s)}.$$

Pastaba: greičio modulis nepriklauso nuo laiko:

$$v(t) = \sqrt{(AB \cos Bt)^2 + C^2 + (AB \sin Bt)^2} = v_0.$$

Taigi, $v_s = AB$ ir $v_l = C$. Randame kampą, kurį elektringosios dalelės greitis sudaro su magnetinio lauko stiprio $\mathbf{H}$ kryptimi (tuo pačiu ir ašies Y kryptimi):

$$\frac{v_s}{v_l} = \frac{AB}{C} = \operatorname{tg} \alpha; \alpha = \operatorname{arctg} \frac{AB}{C}; \alpha = \operatorname{arctg} \frac{0,05 \cdot 3822 \cdot 3,14}{110} \approx 80^\circ.$$

Magnetiniame lauke dalelę veikianti Lorencio jėga yra įcentrinė, tai pagal antrąjį Niutono dėsnį randame magnetinio lauko stiprį:

$$qv_s \mu_0 H = m \frac{v_s^2}{A}; \quad H = \frac{B}{\mu_0}; \quad H = \frac{3822\pi}{9,566 \cdot 10^{-7} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} \approx 100 \text{ (A/m)}.$$

Sraigtinės linijos žingsnis b - tai atstumas, kuriuo elektringoji dalelė pasislenka Y ašies kryptimi per vieno apsisukimo apskritimą trukmę (periodą T):

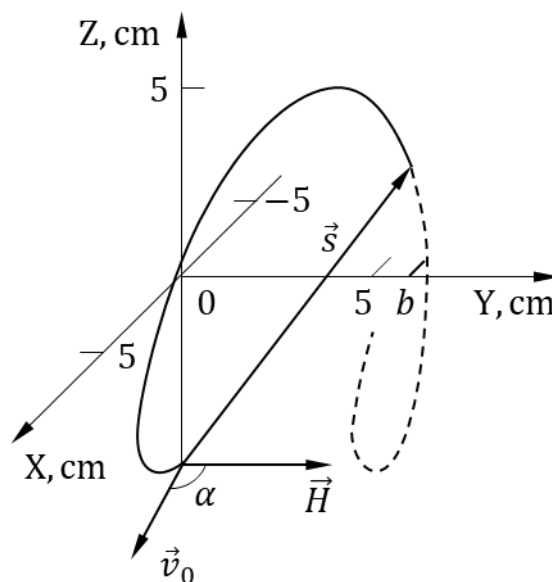
$$T = \frac{2\pi}{B}; \quad b = CT = \frac{2\pi C}{B}; \quad b = \frac{2\pi \cdot 110}{3822\pi} \approx 5,8 \text{ (cm)}.$$

Poslinkio vektorius $\mathbf{s}_1$ lygus spindulio vektoriaus $\mathbf{r}(t_1)$ laiko momentu t_1 ir pradinio spindulio vektoriaus $\mathbf{r}(0)$ skirtumui:

$$\mathbf{s}_1 = \mathbf{r}(t_1) - \mathbf{r}(0) = A \sin B t_1 \mathbf{i} + C t_1 \mathbf{j} + A(1 - \cos B t_1) \mathbf{k};$$

$$s_1 = \sqrt{A^2 \sin^2 B t_1 + C^2 t_1^2 + A^2 (1 - \cos B t_1)^2};$$

$$s_1 = \sqrt{0,05^2 \sin^2(1,4906\pi) + 110^2 \cdot 3,9^2 \cdot 10^{-8} + 0,05^2 (1 - \cos(1,4906\pi))^2} \approx 8,4 \text{ (cm)}.$$



Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2025 04 17.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT18-12 ▼

Užduoties sprendimus pateikė tik keturi turnyro dalyviai, du iš jų rado ne magnetinio lauko stiprį, o magnetinio srauto tankį.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2025 04 17.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT18-12 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Pradinis greitis ir kampas	2
2.	Magnetinio lauko stipris	2
3.	Sraigtinės linijos žingsnis	2
4.	Poslinkis	2
5.	Paveikslas	2
6.	Vėlavimas pateikti sprendimą (parai)	-1
7.	Kiti 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 2025 04 17.