

XXXXVI OLIMPIADA FIZYCZNA (1996/1997). Stopień I, zadanie teoretyczne – T3

- Źródło:** Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;
Włodzimierz Ungier, Andrzej Wysmołek: *Fizyka w szkole* nr 3, 1997.
- Nazwa zadania:** Ruch elektronu w jednorodnych polach elektrycznym i magnetycznym.
- Działy:** Elektrodynamika.
- Słowa kluczowe:** siła Lorentza, pole jednorodne elektryczne, magnetyczne, elektron, prędkość, ruch, indukcja pola magnetycznego, natężenie pola elektrycznego, linia śrubowa.

Zadanie teoretyczne – T3, zawody I stopnia, XXXXVI OF.

W stałych jednorodnych polach elektrycznym i magnetycznym o wektorach \mathbf{E} i \mathbf{B} równoległych do siebie porusza się elektron. Prędkość początkowa elektronu wynosi v_0 i jest prostopadła do wektorów \mathbf{E} i \mathbf{B} . Opisz ruch elektronu. Oceń czas po jakim elektron uzyska prędkość $0,1c$ (c – prędkość światła w próżni). Dane: $E = 100$ V/m; $B = 10^{-3}$ T; ładunek elektronu $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C; masa elektronu $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg; $c = 3,10^8$ m/s; $v_0 = 100$ m/s.

Rozwiązanie

Przyjmijmy, że wektory \mathbf{E} i \mathbf{B} są skierowane zgodnie z osią z układu współrzędnych. Siłę Lorentza $\mathbf{F} = e(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$ możemy wtedy przedstawić, w postaci

$$(\mathbf{F}_\perp, F_z) = (e \mathbf{v}_\perp \times \mathbf{B}, eE)$$

gdzie wektory ze wskaźnikiem \perp leżą w płaszczyźnie (x, y) , zaś ze wskaźnikiem z są skierowane wzdłuż osi z . Mamy zatem równanie ruchu

$$m(\mathbf{a}_\perp, a_z) = (e \mathbf{v}_\perp \times \mathbf{B}, eE)$$

w którym zmienne x i y są odseparowane od zmiennej z . Współrzędne (x, y) położenia elektronu zmieniają się tak jak dla ruchu jednostajnego po okręgu o promieniu

$$r_0 = m v_0 / e B \quad (1)$$

odbywającego się z prędkością v_0 (okres obrotu wynosi $T = 2\pi r / v = 2\pi m / e B$). Współrzędna z elektronu zmienia się jak w ruchu jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem

$$a_z = eE/m = 1,76 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2. \quad (2)$$

Ruch elektronu odbywa się po linii śrubowej o zwiększającym się skoku. Jeżeli pierwszy skok linii śrubowej oznaczamy przez $\delta_1 = (1/2)a_z T^2$, to następne skoki możemy wyrazić przez nieparzyste wielokrotności δ_1 :

$$\delta_2 = 3\delta_1, \delta_3 = 5\delta_1, \delta_4 = 7\delta_1 \text{ itd.}$$

Czas τ , po którym elektron osiąga prędkość równą $0,1c$, obliczamy z równania nierelatywistycznego $a_z \cdot \tau = 0,1c$ ($v_0 \ll c$),

$$\tau = 0,1/a_z = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ s.} \quad (3)$$

Punktacja

Wzór (1) z uzasadnieniem	max. 4 punkty
Wzór (2) z uzasadnieniem	max. 3 punkty
Obliczenie τ , wzór (3)	max. 3 punkty