

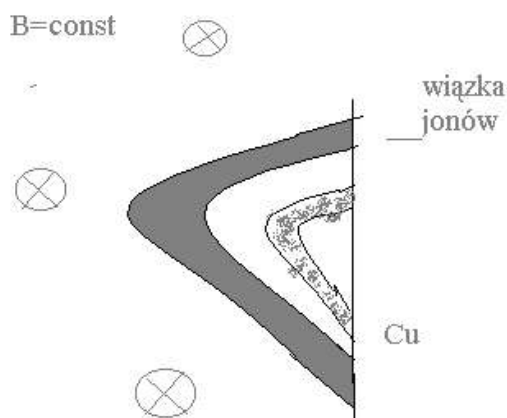
XLI OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T4

Nazwa zadania:

W spektrografie masowym (urządzenie do wytworzenia składu izotopowego) jony o różnych masach atomowych są najpierw przyspieszane w polu elektrycznym, a następnie wpadają w jednorodne pole magnetyczne, prostopadle do kierunku ruchu jonów (rys. 1). Z jaką względną dokładnością powinno być stabilizowane napięcie elektryczne urządzenia, aby w stałym, jednorodnym polu magnetycznym można było otrzymywać oddzielne ślady.



Rys.1

UWAGA! Można założyć, że początkowa prędkość jak również szerokość wiązki przyspieszanych jonów są zanedbywalnie małe.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T4

Cząstka o ładunku q i masie m porusza się z prędkością v w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji magnetycznej B zatacza w płaszczyźnie prostopadłej do wektora B okrąg o promieniu $R = \frac{mv}{qB}$. Ponieważ początkowo spoczywająca cząstka jest przyspieszana w polu elektrycznym o różnicy potencjałów U , z zasady

zachowania energii otrzymujemy równanie $\frac{mv^2}{2} = qU$. Zatem promień zataczanego przez cząstkę okręgu wynosi:

$$R = \frac{1}{B} \left(\frac{2Um}{q} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Założmy, że napięcie U jest stabilizowane z dokładnością do $\pm U$ oraz, że $\frac{\Delta U}{U} \ll 1$. Wtedy cięższe jony o masie m_2 poruszają się po okręgach o promieniach których wartości zawarte są w przedziale $R_2^- < R < R_2^+$, gdzie:

$$R_2^- = \frac{1}{B} \left[\frac{2(U - \Delta U)m_2}{q} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Zaś lżejszy jon o masie m_1 porusza się po okręgach o promieniach zawartych w przedziale $R_1^- < R < R_1^+$, gdzie:

$$R_1^+ = \frac{1}{B} \left[\frac{2(U + \Delta U)m_1}{q} \right]^{1/2} \quad (3)$$

Warunkiem na to, by wiązki izotopów Cu mogły być rozdzielone jest nierówność $R_2^- > R_1^+$, czyli $(U - \Delta U)m_2 > (U + \Delta U)m_1$, skąd wynika, że względna dokładność z jaką powinno być napięcie musi spełniać nierówność:

$$\frac{\Delta U}{U} < \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} = \frac{A_2 - A_1}{A_2 + A_1} = \frac{2}{128} \approx 0,016, \quad (4)$$

Gdzie skorzystaliśmy z proporcjonalności mas izotopów do ich mas atomowych.

Punktacja:

Wzory (2) i (3) łącznie max 5 punktów

Nierówność

$\frac{\Delta U}{U} < \frac{A_2 - A_1}{A_2 + A_1}$ max 4 punktów

wynik liczbowy max 1 punkt.

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl