Zadanie 10.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymaganie szczegółowe**
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: XII.2) posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; posługuje się pojęciem energii spoczynkowej.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne dokończenie zdania: wpisanie prawidłowej wartości $1{,}34$ ilorazu energii $\frac{E_B}{E_0}$ rozpędzonego elektronu (uznaje się także wartości zaokrąglone do dwóch cyfr znaczących).

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie

Iloraz energii $\frac{E_B}{E_0}$ rozpędzonego elektronu jest równy (w zaokrągleniu) ..... $1{,}34$ ..... .

Zadanie 10.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń. VII.6) analizuje pracę jako zmianę energii potencjalnej podczas przemieszczenia ładunku w polu elektrycznym. XII.2) posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; XII.3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia napięcia **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką mieszczącego się w zakresie od $1{,}70 \cdot 10^5$ V do $1{,}80 \cdot 10^5$ V.

2 pkt – zapisanie/wykorzystanie związku wynikającego z twierdzenia o pracy siły wypadkowej (tutaj – pracy siły elektrycznej) i zmianie energii kinetycznej, **oraz** zapisanie/wykorzystanie relatywistycznego wyrażenia na energię kinetyczną (albo związku między energią całkowitą a kinetyczną i spoczynkową oraz związku między energią całkowitą a prędkością), np. zapisy równoważne poniższym:

$$qU_{AB} = \frac{E_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - E_0$$

1 pkt – zapisanie związku wynikającego z twierdzenia o pracy siły wypadkowej (tutaj – pracy siły elektrycznej) i zmianie energii kinetycznej, np. zapisy równoważne poniższym:

$qU_{AB} = \Delta E_{kinB}$ albo $qU_{AB} = E_{kinB} - 0$ albo $qU_{AB} = E_{kinA}$

LUB

– zapisanie relatywistycznego wyrażenia na energię kinetyczną z prędkością (albo związku między energią całkowitą a kinetyczną i spoczynkową oraz związku między energią całkowitą a prędkością), np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{kinB} = \frac{E_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - E_0$$

albo

$$E_B = E_{kinB} + E_0 \quad \text{oraz} \quad E_B = \frac{E_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Uwagi dodatkowe

1. Jeżeli zdający korzysta z nierelatywistycznego wzoru na energię kinetyczną, to może otrzymać co najwyżej 1 pkt, na mocy kryterium opisanego w pierwszym myślniku za 1 pkt.
2. Jeżeli zdający przepisuje z zadania 10.1. wartość energii całkowitej, która wynika z relatywistycznego wzoru i błędu rachunkowego, **oraz** doprowadza konsekwentnie (zgodnie z przepisaną błędną wartością) rozwiązanie do końca, to otrzymuje 3 pkt.

Dodatek

Wartości wynikające ze wzorów relatywistycznych:

$$E_B = \frac{E_0}{\sqrt{1-\left(\frac{2}{3}\right)^2}} = \frac{E_0}{\sqrt{\frac{5}{9}}} \approx 1{,}342E_0 = 1{,}342 \cdot 5{,}11 \cdot 10^5 \text{ eV} \approx 6{,}86 \cdot 10^5 \text{ eV} \approx 11 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

$$E_{kinB} = E_B - E_0 \approx 0{,}342E_0 = 0{,}342 \cdot 5{,}11 \cdot 10^5 \text{ eV} \approx 1{,}75 \cdot 10^5 \text{ eV} \approx 2{,}8 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

Wartości wynikające ze wzorów nierelatywistycznych:

$$E_{kinB} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mc^2\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2}E_0\left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{2}{9}E_0 \approx 0,(2)E_0 \approx 1{,}14 \cdot 10^5 \text{ eV} \approx 1{,}8 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

$$E_B = E_{kinB} + E_0 = \frac{11}{9}E_0 = 1,(2)E_0 \approx 6{,}25 \cdot 10^5 \text{ eV} \approx 10 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

Przykładowe pełne rozwiązanie

Z twierdzenia o pracy siły wypadkowej i zmianie energii kinetycznej wynika, że praca siły pola elektrycznego działającej na elektron jest równa energii kinetycznej, jaką uzyskał elektron rozpędzony od zerowej prędkości:

$$1) \quad qU_{AB} = E_{kinB} - E_{kinA} \quad \rightarrow \quad qU_{AB} = E_{kinB} - 0$$

Zastosujemy wzór relatywistyczny na energię kinetyczną (tzn. skorzystamy z faktu, że energia całkowita jest sumą energii spoczynkowej i energii kinetycznej oraz skorzystamy ze wzoru na energię całkowitą):

$$2) \quad E_{kinB} = E_B - E_0 = \frac{E_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - E_0$$

Ze wzorów 1) i 2) otrzymujemy:

$$3) \quad qU_{AB} = \frac{E_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - E_0$$

$$4) \quad qU_{AB} = \frac{E_0}{\sqrt{1-\left(\frac{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}\right)^2}} - E_0 \quad \rightarrow \quad qU_{AB} \approx 1{,}342E_0 - E_0$$

$$qU_{AB} = 0{,}342E_0 \quad \rightarrow \quad \text{e} \cdot U_{AB} = 0{,}342 \cdot 5{,}11 \cdot 10^5 \text{ eV} \quad \rightarrow$$

$$\text{e} \cdot U_{AB} = 0{,}342 \cdot 5{,}11 \cdot 10^5 \cdot \text{e V} \quad \rightarrow$$

$$U_{AB} = 0{,}342 \cdot 5{,}11 \cdot 10^5 \text{ V} \approx 1{,}75 \cdot 10^5 \text{ V}$$