Zadanie 8.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. VI.2) (SP) opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. VII.2) oblicza wartość siły wzajemnego odziaływania ładunków stosując prawo Coulomba.

Zasady oceniania

1 pkt – odpowiedź poprawna.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

A1

Zadanie 8.2. (0–4)

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.2) posługuje się […] oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych. I.7) wyodrębnia z tekstów […] lub wykresów, rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. II.20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej […] energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń. VII.5) analizuje ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym; VII.6) analizuje pracę jako zmianę energii potencjalnej podczas przemieszczenia ładunku w polu elektrycznym.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia prędkości kulki w punkcie B **oraz** prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

3 pkt – zapisanie związku pomiędzy pracą siły elektrycznej od A do B a zmianą energii kinetycznej **oraz** wykorzystanie wzoru na energię kinetyczną, **oraz** uwzględnienie, że $E_{kinA} = 0$ J, **oraz** poprawna metoda obliczenia pracy siły $\vec{F}$ (jako pola pod wykresem $F(r)_{AB}$ albo jako odpowiedniej różnicy energii potencjalnych elektrycznych (powiązanych z siłami)), np. zapisy równoważne poniższym:

$W_F = \frac{1}{2}mv_B^2$ oraz

$\left(W_F = \text{Pole pod } F(r) \text{ albo } \left(W_F = -\left(E_{potB} - E_{potA}\right) \text{ i } E_{potA,B} = -Fr_{A,B}\right)\right)$

LUB

– poprawne zapisanie zasady zachowania energii **oraz** zastosowanie wzorów na energie kinetyczne i potencjalne elektryczne oraz powiązanie energii potencjalnych elektrycznych z siłami, np. zapisy równoważne poniższym:

$0 + (-F_A \cdot r_A) = \frac{1}{2}mv_B^2 + (-F_B \cdot r_B)$

2 pkt – zapisanie związku pomiędzy pracą siły elektrycznej od A do B a zmianą energii kinetycznej **oraz** wykorzystanie wzoru na energię kinetyczną, **oraz** uwzględnienie, że $E_{kinA} = 0$ J, np. zapisy równoważne poniższym:

$W_F = \frac{1}{2}mv_B^2$

LUB

– zapisanie związku pomiędzy pracą siły elektrycznej od A do B a zmianą energii kinetycznej **oraz** poprawna metoda obliczenia pracy siły $\vec{F}$ (jako pola pod wykresem $F(r)_{AB}$ albo jako odpowiedniej różnicy energii potencjalnych elektrycznych), np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_F = E_{kinB} - E_{kinA} \quad \text{oraz} \quad \left(W_F = \text{Pole pod } F(r) \text{ albo } W_F = -\left(E_{potB} - E_{potA}\right) \right)$$

LUB

– poprawne zapisanie zasady zachowania energii **oraz** zastosowanie wzorów na energie kinetyczne i potencjalne elektryczne, np. zapisy równoważne poniższym:

$$0 + \left(-\frac{k|q_1||q_2|}{r_A}\right) = \frac{1}{2}mv_B^2 + \left(-\frac{k|q_1||q_2|}{r_B}\right)$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia pracy siły $\vec{F}$ (jako pola pod wykresem $F(r)_{AB}$ albo jako odpowiedniej różnicy energii potencjalnych elektrycznych (powiązanych z siłami)) **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką:

$$[\text{metoda}] \rightarrow \; W_F = 20 \cdot 10^{-6}\ \text{N} \cdot \text{m} \quad \text{(albo wynik przybliżony)}$$

1 pkt – zapisanie związku pomiędzy pracą siły elektrycznej od A do B a zmianą energii kinetycznej, np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_F = E_{kinB} - E_{kinA}$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia pracy siły $\vec{F}$ jako pola pod wykresem $F(r)_{AB}$, np. zapisy równoważne poniższym (lub świadczące o obliczaniu pola):

$$W_F = \text{Pole pod } F(r)$$

LUB

– poprawna metoda obliczenia pracy siły $\vec{F}$ jako odpowiedniej różnicy energii potencjalnych elektrycznych, np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_F = -(E_{potB} - E_{potA})$$

LUB

– poprawne zapisanie zasady zachowania energii, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{kinA} + E_{potA} = E_{kinB} + E_{potB}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1.

Wykorzystamy twierdzenie o pracy siły wypadkowej i zmianie energii kinetycznej dla naszego przypadku. Siłą wypadkową jest siła elektryczna: $\vec{F}_w = \vec{F}_{el}$, zatem:

$$1) \quad W_{F_{el}} = E_{kinB} - E_{kinA} \quad \text{oraz} \quad E_{kinA} = 0\ \text{J} \quad \rightarrow \quad 2) \quad W_{F_{el}} = E_{kinB}$$

Wykorzystamy wzór na energię kinetyczną:

$$3) \quad W_{F_{el}} = \frac{1}{2}mv_B^2$$

Skorzystamy z twierdzenia, że praca siły na odcinku AB jest równa polu pod wykresem siły na tym odcinku. Pole oszacujemy następująco – figurę pod wykresem przybliżymy pięcioma trapezami prostokątnymi o wysokości dwóch kratek (poziomo).

4) $W_{F_{el}} = \text{Pole pod F}(r)$

$$\approx \left(\frac{1}{2}(8+5{,}5)\cdot 1+\frac{1}{2}(5{,}5+4)\cdot 1+\frac{1}{2}(4+3)\cdot 1+\frac{1}{2}(3+2{,}5)\cdot 1 + \frac{1}{2}(2{,}5+2)\cdot 1\right)\cdot 10^{-4}\ \text{N}\cdot 10^{-2}\ \text{m} = 20\cdot 10^{-6}\ \text{N}\cdot\text{m}$$

Wynik z 4) oraz masę kulki podstawimy do równania 3)

5) $20\cdot 10^{-6}\ \text{N}\cdot\text{m} = \frac{1}{2}\cdot 5\cdot 10^{-3}\ \text{kg}\cdot v_B^2 \quad \rightarrow \quad v_B^2 = 0{,}008\ \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \rightarrow \quad 6\ v_B \approx 0{,}089\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Sposób 2.

Wykorzystamy twierdzenie o pracy siły wypadkowej i zmianie energii kinetycznej dla naszego przypadku. Siłą wypadkową jest siła elektryczna: $\vec{F}_w = \vec{F}$, zatem:

1) $W_{F_{el}} = E_{kinB} - E_{kinA}$ oraz $E_{kinA} = 0\ \text{J}$ $\rightarrow$ 2) $W_{F_{el}} = E_{kinB}$

Wykorzystamy definicję energii potencjalnej elektrycznej: praca siły elektrycznej wzięta z minusem jest równa zmianie energii potencjalnej elektrycznej:

3) $-W_{F_{el}} = E_{potB} - E_{potA}$

Zestawimy równania 2) i 3) w jedno (wyrażające tak naprawdę zasadę zachowania energii mechanicznej w polu elektrycznym):

4) $E_{kinB} = E_{potA} - E_{potB}$

Zastosujemy wzory na energie potencjalne elektryczne i energie kinetyczne:

5) $\frac{1}{2}mv_B^2 = -\frac{k|q_1||q_2|}{r_A} - \left(-\frac{k|q_1||q_2|}{r_B}\right)$

Energię potencjalną elektryczną ładunku w polu elektrycznym centralnym powiążemy z siłą działającą na ten ładunek:

6) $E_{pot} = -\frac{k|q_1||q_2|}{r} \qquad F_{el} = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \qquad \rightarrow \qquad 7) \quad E_{pot} = -F_{el}\cdot r$

Związek 7) podstawimy do 5):

8) $\frac{1}{2}mv_B^2 = -F_A\cdot r_A - (-F_B\cdot r_B) \qquad \rightarrow \qquad \frac{1}{2}mv_B^2 = F_B\cdot r_B - F_A\cdot r_A$

9) $v_B = \sqrt{\frac{2}{m}(F_B\cdot r_B - F_A\cdot r_A)}$

Do równania 9) podstawimy dane i wartości odczytane z wykresu:

9) $v_B = \sqrt{\frac{2}{0{,}005\ \text{kg}}(0{,}0008\cdot 0{,}05 - 0{,}0002\cdot 0{,}1)\ \text{N}\cdot\text{m}}$

$$v_B = \sqrt{\frac{2}{0{,}005\ \text{kg}}\cdot 0{,}00002\ \text{N}\cdot\text{m}} \approx 0{,}08944\ldots\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 0{,}089\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sposób 3.

Zastosujemy zasadę zachowania energii:

$$E_A = E_B \quad \rightarrow \quad E_{kinA} + E_{potA} = E_{kinB} + E_{potB}$$

Zastosujemy wzory na energię kinetyczną i potencjalną elektryczną. Energię potencjalną elektryczną ładunku w polu elektrycznym centralnym powiążemy z siłą działającą na ten ładunek:

$$E_{pot} = -\frac{k|q_1||q_2|}{r} \qquad F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \qquad \rightarrow \qquad E_{pot} = -F \cdot r$$

Otrzymany związek podstawimy do równania powyżej:

$$0 - F_A \cdot r_A = \frac{1}{2} m v_B^2 - F_B \cdot r_B \qquad \rightarrow \qquad v_B = \sqrt{\frac{2}{m}(F_B \cdot r_B - F_A \cdot r_A)}$$

Do otrzymanego równania podstawimy dane i wartości odczytane z wykresu:

$$v_B = \sqrt{\frac{2}{0{,}005\ \mathrm{kg}}(0{,}0008 \cdot 0{,}05 - 0{,}0002 \cdot 0{,}1)\ \mathrm{N \cdot m}}$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2}{0{,}005\ \mathrm{kg}} \cdot 0{,}00002\ \mathrm{N \cdot m}} \approx 0{,}08944 \ldots \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 0{,}089\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$