## Zadanie 7.1. (0–2)

| Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024 | |
|---|---|
| **Wymagania ogólne** | **Wymagania szczegółowe** |
| I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.<br><br>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. | Zdający:<br>II.9) stosuje do obliczeń związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym.<br>IX.2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na […] poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza);<br>IX.3) analizuje tor cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym. |

**Zasady oceniania**

2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech zdaniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

**Pełne rozwiązanie**

PFF

**Zadanie 7.2. (0–2)**

| Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024 | |
|---|---|
| **Wymagania ogólne** | **Wymagania szczegółowe** |
| II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.<br><br>V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. | Zdający:<br>II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;<br>II.20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, […] energii kinetycznej, […] stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń.<br>IX.2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na […] poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza). |

**Zasady oceniania**

2 pkt – powołanie się na własność siły działającej na proton **oraz** powołanie się na zasady dynamiki, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

*(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym, jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.*

*(2) Zgodnie z II zasadą dynamiki, siła, która jest prostopadła do prędkości nie zmienia wartości tej prędkości.*

**albo**

*(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym, jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.*

*(2) Zgodnie z II zasadą dynamiki wartość prędkości się nie zmienia, ponieważ składowa siły w kierunku prędkości jest równa zero.*

*LUB*

– powołanie się na własność siły działającej na proton **oraz** powołanie się na twierdzenie o pracy i zmianie energii kinetycznej, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

*(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.*

*(2) Praca siły prostopadłej do prędkości jest równa zero, zatem zmiana energii kinetycznej jest równa zero.*

*LUB*

– poprawne wyprowadzenie wzoru na wartość prędkości protonu na jednym z półokręgów **oraz** powołanie się na warunki zadania, że wartość indukcji pola magnetycznego na danym półokręgu jest stała, np. zapisy równoważne poniższym:

$\frac{mv_{AF}^2}{r_{AF}} = qv_{AF}B_{AF} \quad \rightarrow \quad v = \frac{qB_{AF}r_{AF}}{m}$

*Ponieważ $B_{AF}$ jest stałe na półokręgu AF, to $v_{AF}$ też jest stała, co wynika ze wzoru. Podobnie na każdym innym półokręgu.*

1 pkt – powołanie się na własność siły działającej na proton: zapisanie, że siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki
*LUB*
– zapisanie, że siła Lorentza działająca na proton pełni rolę siły dośrodkowej (słownie lub za pomocą wzoru, i brak wnioskowania o tym, co z tego wynika)
*LUB*
– stwierdzenie, że siła Lorentza / pole magnetyczne nie wykonuje pracy (i brak powołania się na związek pomiędzy pracą i zmianą energii kinetycznej).

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

**Uwaga dodatkowa**

Jeżeli zdający nie powoła się na warunki zadania, tylko stałą wartość pola będzie wykazywał na podstawie błędnego w tym przypadku wzoru (np. $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ), to może otrzymać co najwyżej 1 pkt.

**Przykładowe pełne rozwiązania**

Sposób 1.

(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.
(2) Zgodnie z II zasadą dynamiki siła, która jest prostopadła do prędkości, nie zmienia tej prędkości w kierunku stycznym do toru (rzut siły na kierunek styczny do toru w danym punkcie jest równy zero – siła prostopadła do prędkości nie ma składowej w kierunku prędkości).

Sposób 2.

(1) Siła Lorentza działająca na cząstkę naładowaną, poruszającą się w polu magnetycznym, jest zawsze prostopadła do prędkości tej cząstki.
(2) Zgodnie z definicją pracy praca siły prostopadłej do prędkości jest równa zero. Z drugiej strony, praca siły wypadkowej działającej na ciało jest równa zmianie energii kinetycznej tego ciała. Zatem, skoro praca siły Lorentza działającej na cząstkę jest równa zero, to i zmiana energii kinetycznej cząstki jest równa zero. To oznacza, że wartość prędkości cząstki jest stała.

Sposób 3.

$$W_{F_L} = 0 \quad \text{oraz} \quad W_{F_{wyp}} = \Delta E_{kin} \quad \rightarrow \quad \Delta E_{kin} = 0 \quad \text{czyli} \quad E_{kin} = \text{const}$$

Sposób 4.

Siła Lorentza pełni rolę siły dośrodkowej na każdym *i*-tym półokręgu:

$$\frac{m v_i^2}{r_i} = q v_i B_i \qquad \rightarrow \qquad v = \frac{q B_i r_i}{m}$$

Ponieważ na każdym z półokręgów wartość indukcji pola magnetycznego jest stała i promień danego półokręgu jest stały, to iloczyn $B_i r_i$ na *i*-tym półokręgu też jest stały. Zatem

$$v_i = \frac{q B_i r_i}{m} = \text{const}$$

## Zadanie 7.3. (0–3)

| Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024 | |
|---|---|
| **Wymagania ogólne** | **Wymagania szczegółowe** |
| II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.<br><br>V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. | Zdający:<br>IX.2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na […] poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza);<br>IX.3) analizuje tor cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym. |

**Zasady oceniania**

3 pkt – poprawna metoda obliczenia wartości wektora indukcji magnetycznej podczas ruchu protonu po półokręgu $CD$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką.

2 pkt – poprawna metoda wyznaczenia prędkości w funkcji $B$ i $r$ **oraz** zapisanie równości wynikającej z przyrównania wartości prędkości protonu podczas ruchu po półokręgach $AF$ i $CD$, np. zapisy (lub zapisy równoważne)

$$\frac{mv^2}{r_{AF}} = qvB_{AF} \quad \rightarrow \quad v = \frac{qB_{AF}r_{AF}}{m} = \frac{qB_{CD}r_{CD}}{m}$$

albo

$$\frac{mv^2}{r_{AF}} = qvB_{AF} \quad \rightarrow \quad B_{AF}r_{AF} = B_{CD}r_{CD}$$

1 pkt – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową **oraz** uwzględnienie wzorów na te siły, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

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

**Przykładowe pełne rozwiązanie**

Zapiszemy równanie wynikające z faktu, że siła Lorentza pełni rolę siły dośrodkowej, następnie wyznaczymy prędkość ruchu protonu:

$$1) \quad \frac{mv^2}{r} = qvB \quad \rightarrow \quad 2) \quad v = \frac{qBr}{m}$$

Wykorzystamy fakt, że wartość prędkości protonu się nie zmienia. To oznacza, że wartość prędkości protonu podczas ruchu po półokręgu $AF$ jest równa wartości prędkości protonu podczas ruchu po półokręgu $CD$. Zatem na mocy równania 2) mamy:

$$3) \quad \frac{qB_{AF}r_{AF}}{m} = \frac{qB_{CD}r_{CD}}{m}$$

$$4) \quad B_{AF}r_{AF} = B_{CD}r_{CD}$$

Na podstawie danych (z rysunku i treści) obliczamy promienie półokręgów:

$$5)\quad r_{AF} = \frac{3}{4}|AD| = \frac{3}{4}\ \mathrm{m} \qquad r_{CD} = \frac{1}{4}|AD| = \frac{1}{4}\ \mathrm{m}$$

Obliczone w 5) promienie oraz dane z treści zadania podstawimy do równania 4):

$$6)\quad 0{,}2\ \mathrm{T} \cdot \frac{3}{4}\ \mathrm{m} = B_{CD} \cdot \frac{1}{4}\ \mathrm{m} \qquad \rightarrow \qquad B_{CD} = 0{,}6\ \mathrm{T}$$