CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

EGZAMIN MATURALNY

W ROKU SZKOLNYM 2017/2018

FIZYKA I ASTRONOMIA

POZIOM PODSTAWOWY

FORMUŁA DO 2014

(„STARA MATURA”)

ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-P1

MAJ 2018

Zadania zamknięte

Zadanie 1. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresów (II.1.b).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
B

Zadanie 2. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.2). Analizowanie ruchów ciał z uwzględnieniem sił tarcia (I.1.2.3).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
C

Zadanie 3. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.2). Porównywanie właściwości mechanicznych ciał stałych cieczy i gazów (I.1.3.5).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
A

Zadanie 4. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie transportu energii w ruchu falowym (I.1.6.12). Zastosowanie związku pomiędzy długością, prędkością i częstotliwością fali (I.1.5.2).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
D

Zadanie 5. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie zmiany energii cieplnej w przemianach: izobarycznej i izochorycznej oraz pracę w przemianie izobarycznej (I.1.4.3).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
B

Zadanie 6. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego i wyjaśnianie go zgodnie z założeniami kwantowego modelu światła (I.1.5.17). Zastosowanie zasady zachowania energii (I.1.6.3).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
D

Zadanie 7. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie wpływu pola magnetycznego na ruch ciał (I.1.2.7). Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania magnetycznego (I.1.2.1).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
D

Zadanie 8. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Podawanie podstawowych założeń modelu atomu wodoru wg Bohra (I.1.5.19).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
C

Zadanie 9. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie praw Keplera do opisu ruchu planet (P I.1.7.3).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
C

Zadanie 10. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Określanie, na podstawie liczby masowej i liczby porządkowej, składu jąder atomowych (P I.1.6.5). Analizowanie reakcji rozszczepienia jąder (I.1.6.7). Posługiwanie się pojęciami jądrowego niedoboru masy i energii wiązania (P I.1.6.6).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
B

Zadania otwarte
Uwaga: Akceptowane są wszystkie odpowiedzi merytorycznie poprawne i spełniające warunki zadania.

Zadanie 11.1. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresów (II.1.b).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – prawidłowa metoda obliczenia drogi.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania
Sposób 1. („metoda pola”)
Korzystamy z twierdzenia, że pole pod wykresem wartości prędkości od czasu jest równe drodze przebytej przez ciało w danym czasie. Zatem:

$$s = \frac{1}{2} \cdot 9\ \text{s} \cdot 20\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 90\ \text{m}$$

Sposób 2. (z równań ruchu)
Obliczamy przyspieszenie, a następnie opóźnienie motocyklu:

$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{t_1} \rightarrow a_1 = \frac{20}{5}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \qquad \text{oraz} \qquad a_2 = \frac{\Delta v_2}{t_2} \rightarrow a_1 = \frac{20}{4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Obliczamy drogę przebytą w ruchu przyspieszonym (od prędkości początkowej zero), drogę w ruchu opóźnionym (do zatrzymania się) oraz drogę całkowitą:

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 \quad \rightarrow \quad s_1 = \frac{1}{2} \cdot 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5^2\ \text{s}^2 = 50\ \text{m}$$

$$s_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \quad \rightarrow \quad s_2 = \frac{1}{2} \cdot 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4^2\ \text{s}^2 = 40\ \text{m}$$

$$s = s_1 + s_2 = 90\ \text{m}$$

Zadanie 11.2. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.2).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia siły i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – prawidłowa metoda obliczenia siły (zastosowanie do obliczeń drugiej zasady dynamiki)
lub
– obliczenie przyspieszenia z jakim poruszał się motocyklista.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Motocyklista ma takie samo przyspieszenie względem jezdni, jakie ma motocykl, na którym nieruchomo siedzi. Zgodnie z założeniem o pominięciu sił oporów działających na motocyklistę, to siła wypadkowa działająca na niego będzie siłą, z jaką działa nań motocykl. Siłę wypadkową obliczamy z drugiej zasady dynamiki:

$$ma = F \quad \rightarrow \quad m\frac{\Delta v_1}{t_1} = F \quad \rightarrow \quad F = 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 90\ \text{kg} = 360\ \text{N}$$

Zadanie 12.1. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania pędu układu w zjawisku odrzutu (I.1.2.5). Posługiwanie się pojęciem pracy (I.1.6.1). Posługiwanie się pojęciem energii kinetycznej (I.1.6.2).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe podkreślenia w obu zdaniach.
1 p. – prawidłowe podkreślenie w jednym zdaniu.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
1. Analizując ruch chłopców siedzących na deskorolkach w drugim doświadczeniu można stwierdzić, że pęd całkowity układu (obu chłopców wraz z deskorolkami) jest po odepchnięciu (*taki sam jak / mniejszy niż / większy niż*) pęd całkowity układu przed odepchnięciem.

2. Energia kinetyczna, którą uzyskał chłopiec A w drugim doświadczeniu po odepchnięciu się od deskorolki z kolegą była (*taka sama jak / większa niż / mniejsza niż*) energia kinetyczna, jaką uzyskał po odepchnięciu się od ściany w pierwszym doświadczeniu.

Zadanie 12.2. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania pędu układu w zjawisku odrzutu (I.1.2.5). Zastosowanie zasady zachowania energii (I.1.6.3).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia prędkości chłopca A oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – uwzględnienie relacji pomiędzy prędkościami chłopców po odepchnięciu się oraz zapisanie równości prac wraz z prawidłowym wykorzystaniem związków pomiędzy pracami i energiami kinetycznymi.
1 p. – uwzględnienie relacji pomiędzy prędkościami chłopców po odepchnięciu się ($v_A = v_B$) *lub*
– zapisanie równości prac wraz z prawidłowym wykorzystaniem związków pomiędzy pracami i energiami kinetycznymi.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
W celu rozwiązania zadania korzystamy:
1) z założenia, że praca wykonana przez siły wprawiające układy w ruch, jest w obu doświadczeniach taka sama:

$$W_1 = W_2$$

2) ze związku pomiędzy pracą i zmianą energii kinetycznej w pierwszym doświadczeniu:

$$W_1 = E_{kin1\,kon} - E_{kin1\,pocz} = \frac{1}{2}m_A v^2 - 0$$

3) ze związku pomiędzy pracą i zmianami energii kinetycznych w drugim doświadczeniu:

$$W_2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 - 0 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 - 0$$

4) z zasady zachowania pędu układu (chłopcy A i B z deskorolkami) w drugim doświadczeniu i założenia o równości mas chłopców:

$$0 = m_A v_A - m_B v_B \text{ oraz } m_A = m_B$$

Z 4) uzyskujemy, że $v_A = v_B$. W związku z tym, na mocy 1), 2) i 3), możemy obliczyć prędkość, jaką uzyskał chłopiec A tuż po odepchnięciu się od B. Zatem:

$$\frac{1}{2}m_A v^2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \;\rightarrow\; v^2 = v_A^2 + v_B^2 \;\rightarrow\; v^2 = 2v_A^2 \;\rightarrow\; v_A = \frac{v}{\sqrt{2}} = 2{,}83\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Uwaga! Zasada zachowania pędu może być zastąpiona innym argumentem. Podczas odepchnięcia, zgodnie z trzecią zasadą dynamiki, na obu chłopców działają siły o tych samych wartościach i przeciwnych zwrotach. Siły te, działające w tym samym czasie na takie same masy chłopców, nadadzą chłopcom prędkości o tych samych wartościach i przeciwnych zwrotach.

Zadanie 13. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c). Analizowanie informacji podanych w formie tekstu o tematyce fizycznej lub astronomicznej (II.1.a).
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie praw Keplera do opisu ruchu planet (I.1.7.3).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda obliczenia okresu orbitalnego komety Halleya oraz prawidłowy wynik liczbowy podany w latach ziemskich.

2 p. – obliczenie średniej odległości komety Halleya od Słońca oraz zapisanie III prawa Keplera dla komety Halleya z wykorzystaniem wartości parametrów ruchu orbitalnego Ziemi
lub
– obliczenie średniej odległości komety Halleya od Słońca oraz zapisanie III prawa Keplera (wzór Keplera – Newtona) dla komety Halleya z uwzględnieniem stałej $\frac{4\pi^2}{GM_S}$ (lub w zależności od zapisu – $\frac{GM_S}{4\pi^2}$).

1 p. – obliczenie średniej odległości komety Halleya od Słońca oraz zapisanie III prawa Keplera w postaci bez wykorzystania parametrów ruchu orbitalnego Ziemi lub bez uwzględnienia stałej $\frac{4\pi^2}{GM_S}$.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Skorzystamy z trzeciego prawa Keplera. W tym celu najpierw obliczymy A_H – długość półosi wielkiej orbity komety Halleya (tak zwaną średnią odległość od Słońca):

$$A_H = \frac{1}{2}\left(r_p + r_a\right) \;\rightarrow\; A_H = \frac{1}{2}\cdot(0{,}59 + 35{,}08)\ \text{au} = 17{,}835\ \text{au}$$

Zapisujemy trzecie prawo Keplera dla komety Halleya oraz dla jakiegoś innego ciała okrążającego Słońce. Wybieramy Ziemię, ponieważ parametry jej ruchu orbitalnego są powszechnie znane ($T_Z = 1$ rok, $A_Z = 1$ au):

$$\frac{T_H^2}{A_H^3} = \frac{T_Z^2}{A_Z^3} \quad \rightarrow \quad \frac{T_H^2}{A_H^3} = \frac{1^2\ \text{rok}^2}{1^3\ \text{au}^3} \quad \rightarrow \quad T_H = \sqrt{A_H^3}\ [\text{rok}] \quad \rightarrow \quad T_H = \sqrt{17{,}835^3}\ \text{lat} = 75{,}3\ \text{lat}$$

Uwaga! Jeżeli zdający wyprowadzi wzór $\frac{T^2}{A^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$ *jak w przypadku wyprowadzenia analogicznego wzoru dla orbit kołowych, należy to uznać.*

Zadanie 14.1. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie informacji podanych w formie wykresu (II.1.b).
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie równania stanu gazu doskonałego do wyznaczania parametrów gazu (I.1.4.1). Opisywanie przemiany izobarycznej i izochorycznej (I.1.4.2).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda wykazania, że przemiana jest izobaryczna oraz prawidłowe obliczenie wartości ciśnienia.

2 p. – powołanie się na równanie stanu gazu doskonałego i stwierdzenie, że w przemianie izobarycznej objętość jest proporcjonalna do temperatury *oraz* powołanie się na wykres i stwierdzenie, że przedstawia on zależność proporcjonalną.

1 p. – powołanie się na równanie stanu gazu doskonałego i stwierdzenie, że w przemianie izobarycznej objętość jest proporcjonalna do temperatury (ale brak odwołania się do wykresu)
lub
– powołanie się na wykres i stwierdzenie, że przedstawia on zależność proporcjonalną (ale brak odwołania się do równania Clapeyrona i własności przemiany izobarycznej)
lub
– obliczenie ciśnienia.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Z równania stanu gazu doskonałego wynika, że

$$V = \frac{nR}{p} \cdot T$$

Podczas przemiany izobarycznej stałe jest ciśnienie i liczba moli, a zatem objętość jest wprost proporcjonalna do temperatury:

$$V \sim T$$

Wykresem zależności proporcji wprost jest linia prosta, która przechodzi (lub przedłuża się) przez punkt (0,0) w układzie współrzędnych. Wykres przedstawionej w zadaniu zależności *V(T)* spełnia te warunki: jest fragmentem linii prostej przechodzącej przez punkt (0,0), a w związku z tym przedstawia on przemianę izobaryczną.

Ciśnienie obliczymy przyrównując współczynnik proporcji do wyrażenia $\frac{nR}{p}$:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad \text{oraz} \quad a = \frac{nR}{p} \quad \rightarrow \quad \frac{0{,}1\ \text{m}^3}{200\ \text{K}} = \frac{0{,}2\ \text{mol} \cdot 8{,}31\ \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{p} \quad \rightarrow \quad p = 3\,324\ \text{Pa}$$

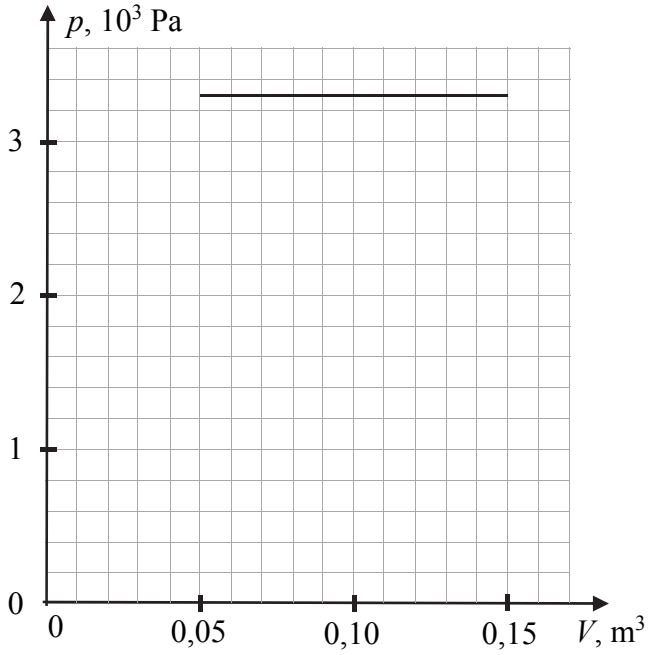
Zadanie 14.2. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie przemiany izobarycznej i izochorycznej (I.1.4.2).
Korzystanie z informacji.	Rysowanie wykresu zależności dwóch wielkości fizycznych (II.4.b).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe narysowanie wykresu.
1 p. – poprawne podpisanie i wyskalowanie osi
lub
– narysowanie kreski poziomej i oznaczenie osi.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

Na wykresie obok.



Zadanie 14.3. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie pracy w przemianie izobarycznej (I.1.4.3).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia pracy oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – prawidłowa metoda rozwiązania (ze wzoru lub „metodą pola").
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy pracę wykonaną przez gaz podczas przemiany izobarycznej

$$W = p\Delta v \quad \rightarrow \quad W = 3\,324\ \text{Pa} \cdot (0{,}15 - 0{,}05)\ \text{m}^3 \quad \rightarrow \quad W = 332{,}4\ \text{J}$$

Zadanie 15.1. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie zjawiska odbicia i załamania światła (I.1.5.3).

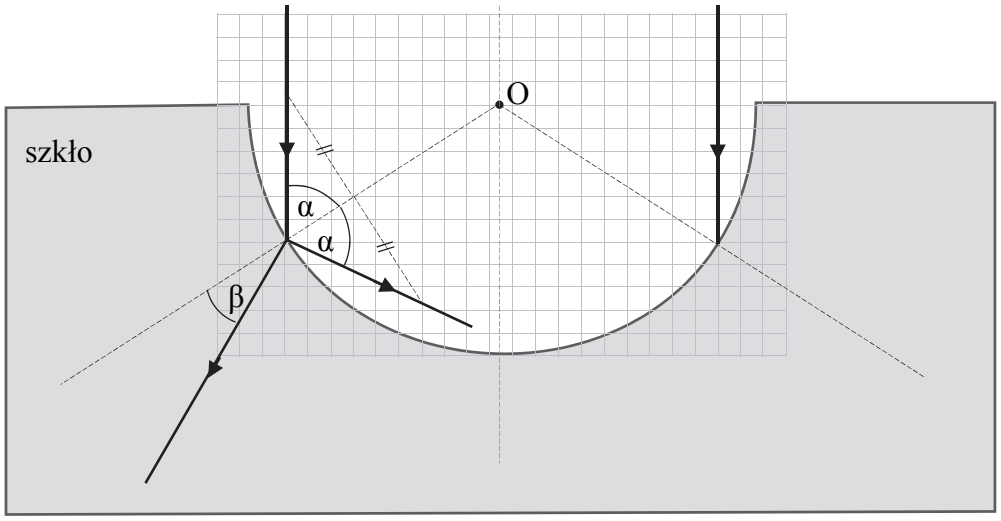
Schemat punktowania

2 p. – prawidłowo narysowane oba promienie: kąt odbicia musi być równy kątowi padania, a kąt załamania musi być mniejszy od kąta padania. Promień odbity musi wyraźnie kierować się w dół.

1 p. – prawidłowo narysowany jeden z promieni (odbity lub załamany).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie



Zadanie 15.2. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie zjawiska odbicia i załamania światła (I.1.5.3).
Tworzenie informacji.	Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

Schemat punktowania

1 p. – prawidłowa odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
Opisany w zadaniu bieg promieni będzie możliwy, gdy bezwzględny współczynnik załamania dla tej cieczy jest równy bezwzględnemu współczynnikowi załamania szkła, w którym wykonano wydrążenie. W takiej sytuacji, na mocy prawa Snelliusa, kąt załamania promienia w cieczy będzie równy kątowi padania promienia na granicę cieczy i szkła.

lub

Opisany w zadaniu bieg promieni będzie możliwy, gdy prędkość światła w tej cieczy równa jest prędkości światła w szkle, w którym wykonano wydrążenie. W takiej sytuacji, na mocy prawa Snelliusa, kąt załamania promienia w cieczy będzie równy kątowi padania promienia na granicę cieczy i szkła.

Uwaga! Uznawane są odpowiedzi, w których powołano się na równość „gęstości optycznych" cieczy i szkła.

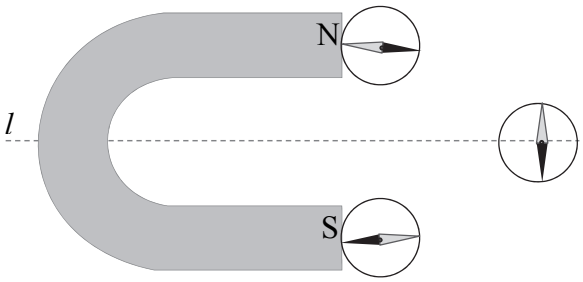
Zadanie 16. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).
Wiadomości i rozumienie.	Porównywanie własności magnetycznych substancji dia-, para- i ferromagnetycznych, wyjaśnianie ich wpływu na pole magnetyczne (I.1.3.8). Podawanie przykładów zastosowań w życiu i technice urządzeń wykorzystujących właściwości magnetyczne materii (I.1.3.9).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe dorysowanie ustawienia wszystkich trzech igiełek.
1 p. – narysowanie wszystkich trzech igiełek odwrotnie biegunami (to świadczy, że uczeń potrafił określić kształt linii pola, ale: albo źle określił jego zwrot, albo źle określił oddziaływanie igiełki z polem).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

Rysunek 3.

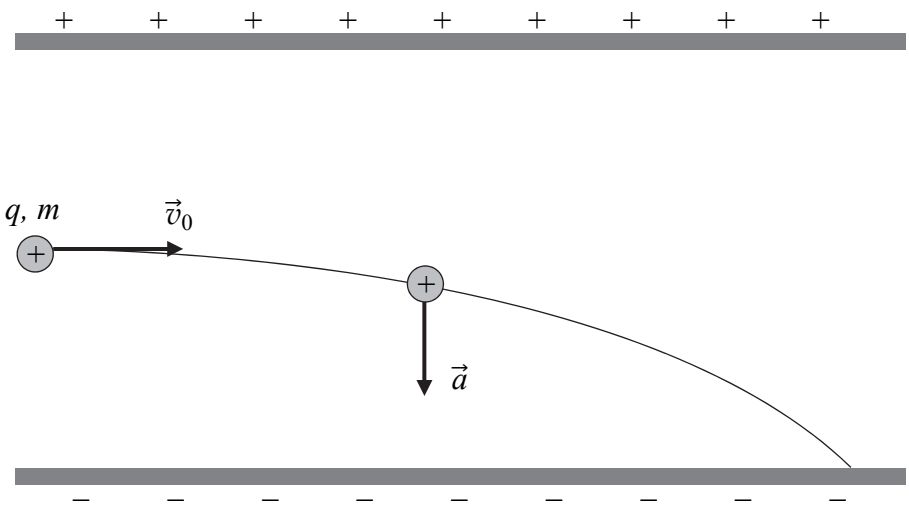


Zadanie 17.1. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2). Analizowanie informacji podanych w formie tekstu o tematyce fizycznej lub astronomicznej, lub rysunku (II.1.a, II.1.b).
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie wpływu pola elektrostatycznego na ruch ciał (I.1.2.7).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe narysowanie przybliżonego toru ruchu cząstki oraz wektora przyspieszenia.
1 p. – prawidłowe narysowanie przybliżonego toru ruchu cząstki
lub
– prawidłowe narysowanie wektora przyspieszenia.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie



Zadanie 17.2. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (I.1.1.3). Opisywanie wpływu pola elektrostatycznego na ruch ciał (I.1.2.7).

Schemat punktowania
3 p. – wpisanie prawidłowych wartości w trzech zdaniach.
2 p. – wpisanie prawidłowych wartości w dwóch zdaniach.
1 p. – wpisanie prawidłowej wartości w jednym zdaniu.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

1. Jeżeli wartość przyspieszenia cząstki A wynosi a, to wartość przyspieszenia cząstki B wynosi $a/4$.
2. Jeżeli czas (liczony od momentu, gdy dana cząstka wpada w pole elektryczne) dotarcia cząstki A do jednej z okładek wynosi t, to czas dotarcia cząstki B do tej samej okładki wynosi $2t$.
3. Jeżeli wartości prędkości początkowych obu cząstek wynoszą v_0, to tuż przed uderzeniem w okładkę składowe prędkości w kierunku równoległym do okładek mają wartości odpowiednio: v_0 (cząstki A) oraz v_0 (cząstki B).

Zadanie 18.1. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisów reakcji jądrowych i przemian jądrowych (I.1.6.10). Wymienianie własności promieniowania jądrowego α, β i γ (I.1.6.8).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe uzupełnienie liczb masowych i atomowych reakcji oraz prawidłowy zapis nazwy rozpadu.
1 p. – prawidłowe uzupełnienie liczb masowych i atomowych reakcji
lub
– prawidłowy zapis nazwy reakcji rozpadu.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

$$^{223}_{89}\mathrm{Ac} \rightarrow {}^{219}_{87}\mathrm{Fr} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

Jest to reakcja rozpadu typu α.

Zadanie 18.2. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie prawa rozpadu, z uwzględnieniem czasu połowicznego zaniku, do analizy przemian jądrowych (I.1.6.11).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda oszacowania czasu rozpadu i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – prawidłowa metoda umożliwiająca oszacowanie czasu rozpadu i brak prawidłowego wyniku (np. błąd w obliczeniach).
1 p. – zapisanie w jakiejkolwiek formie prawa rozpadu z wykorzystaniem pojęcia czasu połowicznego rozpadu (ale brak poprawnej identyfikacji wielkości w stosowanej metodzie, co uniemożliwia otrzymanie prawidłowego wyniku).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

(Pierwszy punkt za równoważne zapisanie prawa rozpadu). Jeśli w czasie *t* rozpadło się 94% pierwotnej liczby jąder próbki zawierającej początkowo tylko aktyn, to w próbce po czasie *t* pozostało 6% początkowej liczby jąder aktynu. Zastosujemy prawo rozpadu, wykorzystując pojęcie czasu połowicznego rozpadu:

$$\frac{N(t)}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

Identyfikujemy wielkości:

$$\frac{N(t)}{N_0} = 0{,}06 \qquad T \approx 130\ \text{s}$$

Wykonujemy obliczenia

$$0{,}06 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad \rightarrow \quad \frac{t}{T} \approx 4 \quad \rightarrow \quad t \approx 4 \cdot 130\ \text{s} \approx 520\ \text{s}$$

Zadanie 18.3. ***(1 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Wskazywanie zależności $E = mc^2$ jako równoważności masy i energii (I.1.6.4). Zastosowanie zasady zachowania energii (I.1.6.3).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe zapisanie wzoru pozwalającego obliczyć całkowitą energię kinetyczną produktów rozpadu.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

$$E_{kin} = (m_{\mathrm{Ac}} - m_{\mathrm{Fr}} - m_{\mathrm{He}}) \cdot c^2$$

Zadanie 19.1. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciem energii kinetycznej (I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii (I.1.6.3). Wskazywanie zależności $E = mc^2$ jako równoważności masy i energii (I.1.6.4). Obliczanie masy pędu i energii w ujęciu relatywistycznym (I.1.1.8).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowe obliczenie stosunku energii kinetycznej elektronu padającego na anodę do jego energii spoczynkowej oraz poprawne ustalenie (łącznie z argumentacją), czy można stosować wzory mechaniki klasycznej.
2 p. – prawidłowe obliczenie stosunku energii kinetycznej elektronu padającego na anodę do jego energii spoczynkowej.
1 p. – zapisanie związku pomiędzy energią kinetyczną elektronu a pracą pola elektrycznego.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania
Sposób 1.
Obliczymy energię kinetyczną, jaką uzyskuje elektron przyspieszany w polu elektrycznym. Zmiana energii kinetycznej jest równa pracy siły wypadkowej (tutaj siły elektrycznej):

$$\Delta E_{kin} = eU \;\rightarrow\; E_{kin} - 0 = eU \;\rightarrow\; E_{kin} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C} \cdot 2\,000\ \mathrm{V} = 3{,}2 \cdot 10^{-16}\ \mathrm{J}.$$

Obliczymy energię spoczynkową elektronu:

$$E_0 = mc^2 \;\rightarrow\; E_0 = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg} \cdot (3 \cdot 10^8)^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} = 8{,}19 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{J}$$

Obliczamy stosunek energii kinetycznej do energii spoczynkowej:

$$\frac{E_{kin}}{E_0} \approx \frac{3{,}2 \cdot 10^{-16}\mathrm{J}}{8{,}2 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{J}} \approx 3{,}9 \cdot 10^{-3}$$

Ponieważ stosunek energii kinetycznej do spoczynkowej jest bardzo mały, to również stosunek prędkości elektronu do prędkości światła jest mały. W związku z tym można stosować do obliczeń wzory mechaniki klasycznej

Sposób 2.
W celu ustalenia, czy można stosować wzory mechaniki klasycznej, obliczymy stosunek prędkości elektronu do prędkości światła. Zapisujemy relatywistyczne wzory na energię kinetyczną, całkowitą i spoczynkową:

$$E_{kin} = E_{rel} - E_0, \quad E_{rel} = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad E_0 = mc^2$$

Z powyższych wzorów wynika, że:

$$\frac{E_0}{E_{rel}} = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \quad \rightarrow \quad \left(\frac{v}{c}\right)^2 = 1 - \left(\frac{E_0}{E_{rel}}\right)^2 = 1 - \left(\frac{E_0}{E_0 + E_{kin}}\right)^2$$

$$\left(\frac{v}{c}\right)^2 = 1 - \left(\frac{8{,}19 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{J}}{8{,}222 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{J}}\right)^2 \quad \rightarrow \quad v \approx 0{,}088c \approx 2{,}64 \cdot 10^7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Stosunek prędkości elektronu do prędkości światła jest mały – mniejszy niż 10%. W związku z tym stosowanie wzorów mechaniki klasycznej jest możliwe, tzn. wyniki obliczeń wzorami klasycznymi obarczone będą stosunkowo małym błędem ($v_{klas} \approx 2{,}65 \cdot 10^7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$).

Zadanie 19.2. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie zjawiska przewodnictwa elektrycznego (I.1.3.7). Posługiwanie się pojęciami, wielkościami i prawami fizycznymi pozwalającymi na zrozumienie działania urządzeń i narzędzi pracy współczesnego fizyka (I.1.9).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia natężenia prądu przepływającego przez lampę oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – zapisanie prawidłowego wzoru, umożliwiającego obliczenie natężenia prądu przepływającego przez lampę.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Szacujemy natężenie prądu płynącego przez lampę:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t} = \frac{n}{\Delta t} \cdot e \quad \rightarrow \quad I = 2 \cdot 10^{14} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}} = 3{,}2 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{A} = 32\ \mu\mathrm{A}$$