Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

EGZAMIN MATURALNY

W ROKU SZKOLNYM 2018/2019

FIZYKA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA OD 2015

(„NOWA MATURA”)

ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

MAJ 2019

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

Gdy wymaganie dotyczy materiału gimnazjum, dopisano (G), a gdy zakresu podstawowego IV etapu edukacyjnego, dopisano (P).

Zadanie 1.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego; 1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia czasu ruchu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – wyodrębnienie pionowej składowej ruchu i zapisanie prawidłowej zależności wiążącej drogę/wysokość (lub położenie) z czasem spadku swobodnego pionowego bez prędkości początkowej.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Rzut poziomy jest złożeniem dwóch ruchów: spadku swobodnego w kierunku pionowym oraz ruchu jednostajnego prostoliniowego w kierunku poziomym. Zatem czas trwania rzutu poziomego z wysokości h jest taki, jak czas t_s trwania pionowego spadku swobodnego z wysokości h. Korzystamy z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego dla pionowego spadku swobodnego bez prędkości początkowej:

$$y(t) = h - s(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 \xrightarrow{y=0,\ t=t_s}$$

$$h = \frac{1}{2}gt_s^2 \quad \rightarrow \quad t_s = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_s = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}96\ \text{m}}{9{,}81\ \text{m/s}^2}} \approx 0{,}632\ \text{s} \approx 0{,}63\ \text{s}$$

Zadanie 1.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego; 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością, i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe obliczenie prędkości początkowej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – wykorzystanie prawidłowych zależności wiążących drogę/wysokość (lub położenie) z czasem w spadku pionowym bez prędkości początkowej oraz zależności wiążących drogę/położenie z czasem w ruchu jednostajnym prostoliniowym (w poziomie)
lub
– wykorzystanie wzoru z wyeliminowanym czasem, wiążącego prędkość początkową v_0 z zasięgiem x rzutu
lub
– wykorzystanie czasu trwania ruchu obliczonego w zadaniu 1.1. oraz zależności wiążącej drogę (lub położenie) z czasem w ruchu jednostajnym prostoliniowym (w poziomie).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Zapisujemy kinematyczne równania spadku swobodnego w kierunku pionowym (bez prędkości początkowej w kierunku pionowym) oraz ruchu jednostajnego prostoliniowego w kierunku poziomym (z położeniem początkowym równym zero). Z równań tych wyznaczamy zależność wiążącą prędkość początkową v_0 z zasięgiem x rzutu.

$$x(t) = v_0 t, \quad y(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 \xrightarrow{y=0,\ t=t_s} x = v_0 t_s, \quad 0 = h - \frac{1}{2} g t_s^2$$

$$v_0 = x\sqrt{\frac{g}{2h}} \quad \rightarrow \quad v_0 = 5{,}1\ \text{m} \cdot \sqrt{\frac{9{,}81\ \text{m/s}^2}{2 \cdot 1{,}96\ \text{m}}} \approx 8{,}07 \approx 8{,}1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zadanie 1.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.5) […] interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu; 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej ciał […].

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
B

Zadanie 1.4. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
A2

Zadanie 2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.4) (P) wyjaśnia, na czym polega stan nieważkości, i podaje warunki jego występowania; 1.11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych; 1.7) opisuje swobodny ruch ciał.

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
A

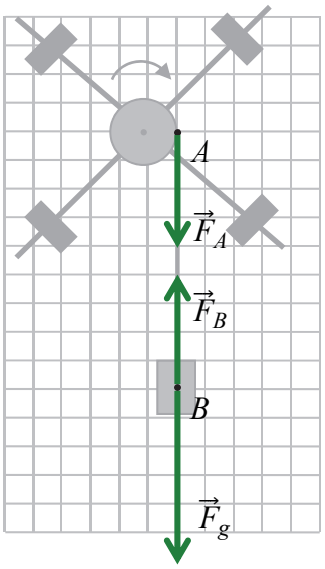
Zadanie 3.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 1.1) […] wykonuje działania na wektorach.

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz prawidłowe wpisanie relacji **1)** i **2)**.
1 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$ oraz prawidłowe zapisanie relacji **1)** między nimi
lub
– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ oraz prawidłowe zapisanie relacji **2)** między nimi
lub
– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz brak zapisu obu relacji (nie dotyczy błędnie wpisanych relacji).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Poprawne rozwiązanie
(Rysunek obok).



1) $F_B < F_g$

2) $F_B = F_A$

Zadanie 3.2. (0–5)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością, i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru […], wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczonej wielkości fizycznej).

a) (0–2)
Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe obliczenie przyspieszenia i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – prawidłowe zapisanie wzoru wiążącego przyspieszenie z drogą/wysokością i czasem w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej
lub
– zapisanie wyrażenia z bezpośrednio podstawionymi do wzoru na przyspieszenie wartościami liczbowymi drogi i czasu (bez zapisu wzoru na symbolach).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Zapiszemy wzór i wykonamy obliczenia:

$$a = \frac{2h}{t^2} \qquad a = \frac{2 \cdot 0{,}960\ \text{m}}{1{,}6^2\ \text{s}^2} = 0{,}750\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru wysokości do niepewności przyspieszenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar t jest dokładny, a pomiar h wykonano z niepewnością $\Delta h = 5$ mm. W związku z tym h traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_h = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2(h+\Delta h)}{t^2} - \frac{2(h-\Delta h)}{t^2} \right| = \frac{2\Delta h}{t^2} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}}{1{,}6^2\ \text{s}^2} \approx 3{,}91 \cdot 10^{-3}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 0{,}004\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

c) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru czasu do niepewności przyspieszenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar h jest dokładny, a pomiar t wykonano z niepewnością $\Delta t = 0{,}1$ s. W związku z tym t traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_t = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2h}{(t+\Delta t)^2} - \frac{2h}{(t-\Delta t)^2} \right| = \left| \frac{0{,}960\ \text{m}}{1{,}7^2\ \text{s}^2} - \frac{0{,}960\ \text{m}}{1{,}5^2\ \text{s}^2} \right| \approx 9{,}45 \cdot 10^{-2}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 0{,}1\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

d) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź i prawidłowe uzasadnienie.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Odpowiedź.
Na niepewność wyznaczenia przyspieszenia w większym stopniu wpływa niepewność pomiaru czasu.
Uzasadnienie odpowiedzi
Sposób 1.
Wkład niepewności pomiaru czasu jest ok. 25 razy większy od wkładu niepewności wysokości:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{0{,}1}{0{,}004} = 25$$

Sposób 2.
Ponieważ $\Delta a_t > \Delta a_h$.

Sposób 3. (przybliżony dla tej zależności)
Niepewności względne pomiaru czasu i wysokości wynoszą:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{0{,}1\ \text{s}}{1{,}6\ \text{s}} \approx 0{,}06 \qquad \frac{\Delta h}{h} = \frac{5\ \text{mm}}{960\ \text{mm}} \approx 0{,}005$$

Ponieważ wysokość jest mierzona dokładniej – co widać z porównania niepewności względnych – to na niepewność przyspieszenia bardziej wpływa niepewność pomiaru czasu.

Sposób 4. (z użyciem metod wykraczających poza podstawę programową)
Skorzystamy ze wzoru przybliżonego na niepewność: $\Delta y \approx |f'(x)|\Delta x$. Wtedy:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{2\Delta t}{\Delta h} \cdot \frac{h}{t} = 24$$

Wkład niepewności pomiaru czasu jest większy od wkładu niepewności wysokości.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 3.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 1.)
3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).
2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 3)–5) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).
1 p. – zapisanie równań drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka (*krok 1.*).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 1. (z równań dynamiki)

Krok 1. Zapisujemy równania dynamiki ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka:

1) $ma = F_g - F_B$ – II zasada dynamiki dla ruchu postępowego ciężarka;
2) $I\epsilon = rF_A$ – II zasada dynamiki dla ruchu obrotowego walca z prętami.

Krok 2. Wykorzystujemy związki niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

3) $F_A = F_B = F$ – III zasada dynamiki (oddziaływanie ciężarka z walcem);
4) $a = \epsilon r$ – związek między przyspieszeniem liniowym i kątowym (brak poślizgu);
5) $F_g = mg$ – wzór na siłę grawitacji.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniach dynamiki, np.:

$$ma = mg - F$$
$$I\frac{a}{r} = rF$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$\begin{cases} ma = F_g - F \\ I\dfrac{a}{r} = rF \end{cases} \rightarrow \begin{cases} ma = mg - F \\ F = \dfrac{Ia}{r^2} \end{cases} \rightarrow ma = mg - \frac{Ia}{r^2} \rightarrow$$

$$I = \frac{r^2}{a}m(g-a) = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 2.)
3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).
2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 1)–2) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).
1 p. – prawidłowe zapisanie zasady zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego (*krok 1.*).
Uwaga: dopuszcza się w zapisie pominięcie MgH – energii potencjalnej walca z prętami.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 2. (z zasady zachowania energii)

Krok 1. Zapisujemy zasadę zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego. Masę walca z prętami oznaczymy M, wysokość środka masy walca nad wybranym poziomem oznaczymy H, a wysokość ciężarka nad wybranym poziomem oznaczymy h:

$$E_{pocz\,kin\,c} + E_{pocz\,kin\,w} + E_{pocz\,pot\,c} + E_{pocz\,pot\,w} = E_{kon\,kin\,c} + E_{kon\,kin\,w} + E_{kon\,pot\,c} + E_{kon\,pot\,w}$$

$$0 + 0 + mgh + MgH = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + 0 + MgH$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

Krok 2. Wykorzystujemy związki, niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:
1) $v = \omega r$ – związek między prędkością liniową i kątową (brak poślizgu);
2) $v^2 = 2ah$ – wzór wynikający z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego
albo
$v = at$ oraz $h = \frac{1}{2}at^2$ – kinematyka ruchu jednostajnie przyspieszonego.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniu zasady zachowania energii, np.:

$$mg\frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\frac{v^2}{r^2}$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$mg\cdot\frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\cdot\frac{v^2}{r^2} \quad\rightarrow\quad m\frac{g}{a} = m + \frac{I}{r^2} \quad\rightarrow\quad I = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

Zadanie 3.4. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

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

Poprawna odpowiedź
Gdy w kolejnym doświadczeniu obciążniki zamocowano bliżej osi obrotu walca, to

1. moment bezwładności układu czterech obciążników (*wzrósł / zmalał / nie uległ zmianie*).
2. siła napięcia nitki (*wzrosła / zmalała / nie uległa zmianie*).

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 4. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […]; 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie […]; 8.11) (G) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony.

Schemat punktowania
4 p. – prawidłowa metoda obliczenia ilorazu częstotliwości oraz prawidłowy wynik liczbowy zapisany bez jednostki i podany z dokładnością do czterech cyfr znaczących.
3 p. – prawidłowa metoda i otrzymanie wyniku liczbowego w postaci $f_1/f_2 = \sqrt{3/2}$ lub podanie wyniku z dokładnością inną niż zapisana w poleceniu (np.: $f_1/f_2 \approx 1{,}2247$ lub $f_1/f_2 \approx 1{,}22$) albo wyniku źle zaokrąglonego (np. $f_1/f_2 \approx 1{,}224$).
2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.* dla obu układów sprężyn – wystarczy zapis: $2\pi f_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$ oraz $2\pi f_2 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$.
1 p. – prawidłowe wyznaczenie zastępczego współczynnika sprężystości dla układu trzech, a następnie dwóch sprężyn – wystarczy zapis: $k_1 = 3k$ i $k_2 = 2k$ *(krok 1.a.)*
lub
– prawidłowe wyznaczenie siły wypadkowej działającej na pręt zawieszony na trzech, a następnie na dwóch sprężynach – wystarczy zapis: $\vec{F}_1 = -3k\vec{y}$ i $\vec{F}_2 = -2k\vec{y}$ *(krok 1.a.)*
lub
– skorzystanie ze wzoru na częstotliwość lub częstość kołową drgań układu sprężyn wraz z uwzględnieniem rozróżnienia zastępczych współczynników sprężystości obu układów sprężyn – wystarczy zapis: $2\pi f_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ albo $\omega_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ albo $\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}}$ *(krok 1.b.)*
lub
– skorzystanie ze wzoru na okres drgań układu sprężyn łącznie ze związkiem okresu z częstotliwością wraz z uwzględnieniem rozróżnienia zastępczych współczynników sprężystości dla obu układów sprężyn – np. zapis $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1}}$ oraz $f_1 = \frac{1}{T_1}$ *(krok 1.b.)*

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga! Uwzględnienie rozróżnienia współczynników sprężystości obu układów sprężyn należy uznać wtedy, gdy zastosowano oznaczenie indeksem, np.: $2\pi f_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ *albo wtedy, gdy zapisano wzór ogólny, np.:* $2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$*, a następnie wyznaczano k lub rozpisywano ten wzór dla każdego z układów sprężyn.*

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1.

Krok 1.a. Wyznaczamy zastępczy współczynnik sprężystości dla układu trzech, a następnie dwóch sprężyn. Wszystkie sprężyny wychylają się z położenia równowagi sił o tę samą wartość *y*, zatem wypadkowa siła działająca na pręt ma postać:

$$\vec{F}_1 = -(k\vec{y} + k\vec{y} + k\vec{y}) = -3k\vec{y}$$

Widzimy, że siła wypadkowa ma charakter siły harmonicznej:

$$\vec{F}_1 = -k_1\vec{y} \quad \text{dla} \quad k_1 = 3k$$

Podobnie określamy „zastępczy" współczynnik sprężystości dla układu z usuniętą środkową sprężyną:

$$\vec{F}_2 = -(k\vec{y} + k\vec{y}) = -2k\vec{y} = -k_2\vec{y} \qquad \rightarrow \qquad k_2 = 2k$$

Krok 1.b. Skorzystamy ze wzoru na częstotliwość lub częstość kołową drgań i zastosujemy go dla obu układów sprężyn:

$$2\pi f_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}} \quad \text{oraz} \quad 2\pi f_2 = \sqrt{\frac{k_2}{m}}$$

Krok 2. Obliczymy iloraz częstotliwości drgań:

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sqrt{\frac{m}{k_2}} = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} \qquad \rightarrow \qquad \frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{3k}{2k}} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

Krok 3. Zapiszemy wynik z dokładnością do czterech cyfr znaczących:

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{3}{2}} \approx 1{,}2247 \ldots \approx 1{,}225$$

Sposób 2.

Krok 1.a. Skorzystamy ze wzoru na całkowitą energię mechaniczną oscylatora. Energia ta jest równa energii potencjalnej sprężystości oscylatora przy maksymalnym wychyleniu. Niech A_1 oznacza amplitudę drgań układu trzech sprężyn, k – współczynnik sprężystości jednej sprężyny, k_1 – współczynnik sprężystości układu trzech sprężyn. Analogiczne oznaczenia: A_2 i k_2 zastosujemy dla układu drgań dwóch sprężyn. Całkowita energia mechaniczna E_1 drgań układu trzech sprężyn jest równa sumie całkowitych energii mechanicznych drgań każdej ze sprężyn:

$$E_1 = \frac{1}{2}kA_1^2 + \frac{1}{2}kA_1^2 + \frac{1}{2}kA_1^2 = \frac{1}{2}\cdot 3kA_1^2 \qquad \text{a ponadto} \qquad E_1 = \frac{1}{2}k_1A_1^2$$

W związku z powyższym mamy:

$$k_1 = 3k$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Analogiczne obliczenia wykonujemy dla układu dwóch sprężyn:

$$E_2 = \frac{1}{2}kA_2^2 + \frac{1}{2}kA_2^2 = \frac{1}{2}\cdot 2kA_2^2 \qquad \text{a ponadto} \qquad E_2 = \frac{1}{2}k_2A_2^2$$

zatem

$$k_2 = 2k$$

Dalsze obliczenia wykonujemy jak w pierwszym sposobie rozwiązania.

Uwaga! W tej metodzie dopuszcza się założenie, że: $A_1 = A_2$. W takim przypadku należy uznać wynikający z tego zapis: $E_1/E_2 = k_1/k_2 = 3/2$ jako równoważny zapisom w kroku 1.a.

Zadanie 5. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem […]; 1.6) (P) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową; 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu, opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego; 4.6) Wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej, oblicza ich wartości […]; 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Schemat punktowania
3 p. – trzy poprawne odpowiedzi.
2 p. – dwie poprawne odpowiedzi.
1 p. – jedna poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne odpowiedzi
a) $v_{1A} > v_{1B}$

b) $v_{2A} > v_{3B}$

c) $v_{1B} < v_{3B}$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 6.1. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych); 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego dopasowania; oblicza wartości współczynników a i b.

a) (0–1)

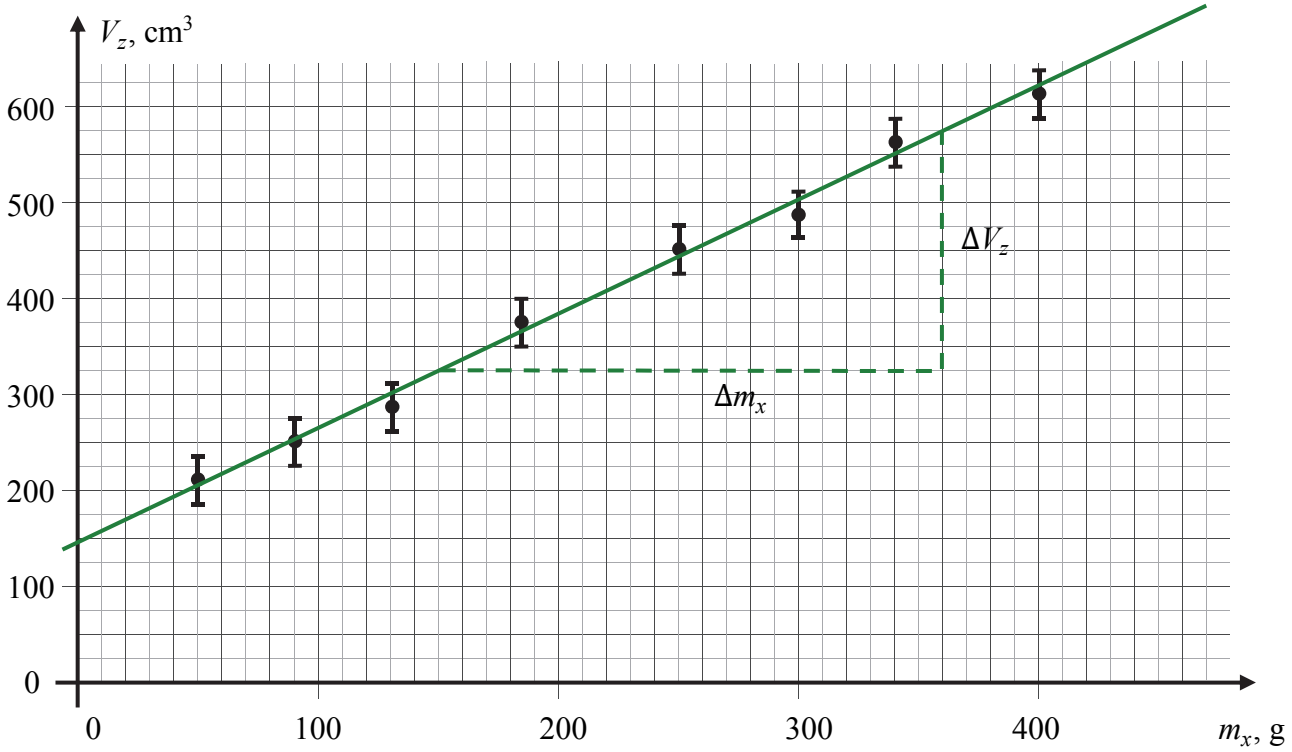
Schemat punktowania

1 p. – prawidłowe narysowanie prostej najlepiej dopasowanej do danych eksperymentalnych przedstawionych na wykresie.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie

Na zielono oznaczono prostą dopasowaną orientacyjnie do punktów pomiarowych w najbardziej optymalny sposób, natomiast liniami przerywanymi oznaczono wybrane do obliczeń w punkcie c) przyrosty argumentów i wartości na tej prostej.



Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

b) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe wyznaczenie objętości (wraz z jednostką) zanurzonej części pustego pojemnika, wynikające z przecięcia narysowanej prostej z osią rzędnych oraz mieszczące się w przedziale od ok. 115 cm^3 do ok. 175 cm^3.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie
Objętość zanurzonej części pustego pojemnika ($m_x = 0$) wyznaczamy przez odczytanie przybliżonej wartości miejsca przecięcia wykresu prostej z osią rzędnych V_z:

$$V_z(0) \approx 150\ \text{cm}^3$$

c) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wartości współczynnika A (wraz z jednostką) na podstawie danych odczytanych z wykresu narysowanej prostej. Obliczona wartość współczynnika A powinna mieścić się w przedziale od 1,05 cm^3/g do 1,3 cm^3/g.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Z wykresu prostej $V_z = Am_x + B$ odczytujemy wybrany przyrost ΔV_z oraz odpowiadający temu przyrost Δm_x (albo odwrotnie). Następnie obliczamy wartość współczynnika A:

$$A = \frac{\Delta V_z}{\Delta m_x} = \frac{575\ \text{cm}^3 - 325\ \text{cm}^3}{360\ \text{g} - 150\ \text{g}} \approx 1{,}19\ \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \approx 1{,}2\ \frac{\text{cm}^3}{\text{g}}$$

Zadanie 6.2. (0–5)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.4) (G) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona; 3.3) (G) posługuje się pojęciem gęstości; 3.8) (G) analizuje i porównuje wartości sił wyporu dla ciał zanurzonych w cieczy lub gazie; 3.9) (G) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesa.

a) (0–2)
Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania (jeżeli łącznie z zapisem skalarnym wystąpi wektorowy zapis równowagi sił, to on także musi być prawidłowy).
1 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił: siły wyporu, ciężaru pustego pojemnika oraz ciężaru piasku. Oznaczenia sił muszą umożliwiać ich identyfikację.
lub
– prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania przy popełnionym błędzie w znaku (zwrocie wektora) w wektorowym zapisie równowagi sił.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Przykładowe rozwiązanie
Zapisujemy – dla przykładu wektorowo, następnie skalarnie – warunek równowagi sił: siły wyporu $\vec{F}_A$, ciężaru pustego pojemnika $\vec{Q}_p$ oraz ciężaru piasku $\vec{Q}_x$:

$$\vec{F}_A + \vec{Q}_x + \vec{Q}_p = \vec{0} \quad \text{lub} \quad -\vec{F}_A = \vec{Q}_x + \vec{Q}_p \quad \rightarrow \quad F_A = Q_x + Q_p$$

Zapisujemy powyższy warunek za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania: V_Z, m_x, m_p, ρ. W tym celu korzystamy ze wzorów na siłę wyporu oraz ciężar:

$$F_A = V_z \rho g, \qquad Q_x = m_x g, \qquad Q_p = m_p g$$

Podstawiamy powyższe wzory do warunku równowagi sił:

$$V_z \rho g = m_x g + m_p g \quad \rightarrow \quad V_z \rho = m_x + m_p \quad \text{lub} \quad (V - V_0)\rho = m_x + m_p$$

b) (0–2)
Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na współczynniki *A* i *B* oraz prawidłowa postać obu wzorów.
1 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzoru na jeden ze współczynników *A* lub *B* oraz prawidłowa postać tego współczynnika
lub
– prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na oba współczynniki *A* i *B*.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Wzór otrzymany w punkcie a) przekształcamy do postaci wzoru kierunkowego prostej:

$$V_z \rho = m_x + m_p \quad \rightarrow \quad V_z = \frac{1}{\rho} \cdot m_x + \frac{m_p}{\rho}$$

Porównujemy powyższy wzór z równaniem prostej, następnie identyfikujemy współczynniki:

$$V_z = A m_x + B \quad \text{oraz} \quad V_z = \frac{1}{\rho} \cdot m_x + \frac{m_p}{\rho} \quad \rightarrow \quad A = \frac{1}{\rho}, \quad B = \frac{m_p}{\rho}$$

Uwaga! Współczynnik *B* można wyznaczyć inną metodą. *B* jest równy objętości zanurzonej części pustego pojemnika – czyli objętości cieczy wypartej przez pusty pojemnik. Z warunku pływania pustego pojemnika $m_p = m_{wyp\ cieczy}$ wynika, że: $B = V_{z\ pusty} = m_p/\rho$.

c) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia gęstości i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Przyrównujemy wartość współczynnika *A* do wyprowadzonej zależności i wykonujemy obliczenia:

$$A = \frac{1}{\rho} \quad \rightarrow \quad 1{,}2 \ \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} = \frac{1}{\rho} \quad \rightarrow \quad \rho \approx 0{,}83 \ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 830 \ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 7.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 7.5) (G) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszego optycznie i odwrotnie; 7.6) (G) opisuje bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą […]; 10.6) stosuje prawo […] załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
Zaznaczenie ośrodka 2. oraz ośrodka 3.

Zadanie 7.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 10.8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających.

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
B

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 7.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 10.9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów.

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia ogniskowej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – zastosowanie równania soczewkowego z uwzględnieniem odpowiednich znaków.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Zapiszemy równanie soczewki. Uwzględnimy, że soczewka jest rozpraszająca, a obraz w punkcie odległym o y od soczewki jest pozorny:

$$\frac{1}{x}+\frac{1}{y}=\frac{1}{f} \quad \text{gdzie} \quad f=-|f|, \quad y=-|y|, \quad x=+|x|$$

$$\frac{1}{|x|}-\frac{1}{|y|}=-\frac{1}{|f|} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{0{,}4}-\frac{1}{0{,}25}=-\frac{1}{|f|} \quad \rightarrow \quad |f|\approx 0{,}67\ \text{m} \quad \rightarrow \quad f\approx -0{,}67\ \text{m}$$

Uwaga! Znaki danych i wyniku muszą być zgodne z przyjętą konwencją zapisu równania. Oprócz równania jak w przykładowym rozwiązaniu, za prawidłowe należy uznać poniższe równania łącznie z prawidłowo (w danej konwencji) określonymi znakami danych i wyniku:

$\frac{1}{x}+\frac{1}{y}=\frac{1}{f}$ wtedy $x=0{,}4\ \text{m},\ y=-0{,}25\ \text{m},\ f=-0{,}67\ \text{m}$ ALBO

$\frac{1}{x}-\frac{1}{y}=\frac{1}{f}$ wtedy $x=0{,}4\ \text{m},\ y=0{,}25\ \text{m},\ f=-0{,}67\ \text{m}$ ALBO

$\frac{1}{x}-\frac{1}{y}=-\frac{1}{f}$ wtedy $x=0{,}4\ \text{m},\ y=0{,}25\ \text{m},\ f=0{,}67\ \text{m}$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 8. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła; 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali […]; 11.3) stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy; 6.8) Zdający stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością.

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie wzoru pozwalającego na wyznaczenie λ_{AD} tylko na podstawie danych długości fal oraz prawidłowa postać końcowego wzoru (bez błędu w przekształceniach) w postaci:

$$\lambda_{AD} = \frac{\lambda_{AB}\lambda_{BC}\lambda_{CD}}{\lambda_{BC}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{BC}} \quad \text{albo} \quad \frac{1}{\lambda_{AD}} = \frac{1}{\lambda_{AB}} + \frac{1}{\lambda_{BC}} + \frac{1}{\lambda_{CD}}$$

2 p. – zapisanie zasady zachowania energii wiążącej energie emitowanych fotonów (*krok 1.*) oraz zapisanie wzoru Plancka na energię emitowanego fotonu łącznie z wykorzystaniem związku pomiędzy częstotliwością i długością fali fotonu – np. zapis $E = hf$ łącznie z równaniem $c = \lambda f$ albo zapis $E = \frac{hc}{\lambda}$ (*krok 2.*).

1 p. – zapisanie zasady zachowania energii wiążącej energie emitowanych fotonów – wystarczy zapis: $\Delta E_{AD} = \Delta E_{AB} + \Delta E_{BC} + \Delta E_{CD}$ lub $E_{AD} = E_{AB} + E_{BC} + E_{CD}$ (*krok 1.*).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Krok 1. Skorzystamy z zasady zachowania energii. Energia fotonu E_{XY} emitowanego podczas przejścia elektronu z poziomu X na Y jest równa różnicy energii $\Delta E_{XY} = E_X - E_Y$ jakie ma elektron na poszczególnych poziomach. W związku z tym, ponieważ zachodzi $\Delta E_{AD} = \Delta E_{AB} + \Delta E_{BC} + \Delta E_{CD}$ to także zachodzi:

$$E_{AD} = E_{AB} + E_{BC} + E_{CD}$$

Krok 2. Zapiszemy wzory Plancka na energie emitowanych fotonów podczas przejść elektronu pomiędzy poziomami energetycznymi oraz wykorzystamy związek $c = \lambda f$:

$$E_{AB} = hf_{AB} = \frac{hc}{\lambda_{AB}}, \quad E_{BC} = hf_{BC} = \frac{hc}{\lambda_{BC}}, \quad E_{CD} = hf_{CD} = \frac{hc}{\lambda_{CD}}, \quad E_{AD} = hf_{AD} = \frac{hc}{\lambda_{AD}}$$

Krok 3. W związku z powyższymi równaniami mamy:

$$\frac{hc}{\lambda_{AD}} = \frac{hc}{\lambda_{AB}} + \frac{hc}{\lambda_{BC}} + \frac{hc}{\lambda_{CD}} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{AD}} = \frac{1}{\lambda_{AB}} + \frac{1}{\lambda_{BC}} + \frac{1}{\lambda_{CD}}$$

$$\frac{1}{\lambda_{AD}} = \frac{\lambda_{BC}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{BC}}{\lambda_{AB}\lambda_{BC}\lambda_{CD}} \quad \rightarrow \quad \lambda_{AD} = \frac{\lambda_{AB}\lambda_{BC}\lambda_{CD}}{\lambda_{BC}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{CD} + \lambda_{AB}\lambda_{BC}}$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 9.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.2) (P) […] wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej; 1.1) […] wykonuje działania na wektorach; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Schemat punktowania a)

1 p. – prawidłowe narysowanie siły Lorentza o charakterze siły dośrodkowej (prosta wyznaczająca kierunek siły musi przechodzić przez środek okręgu).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

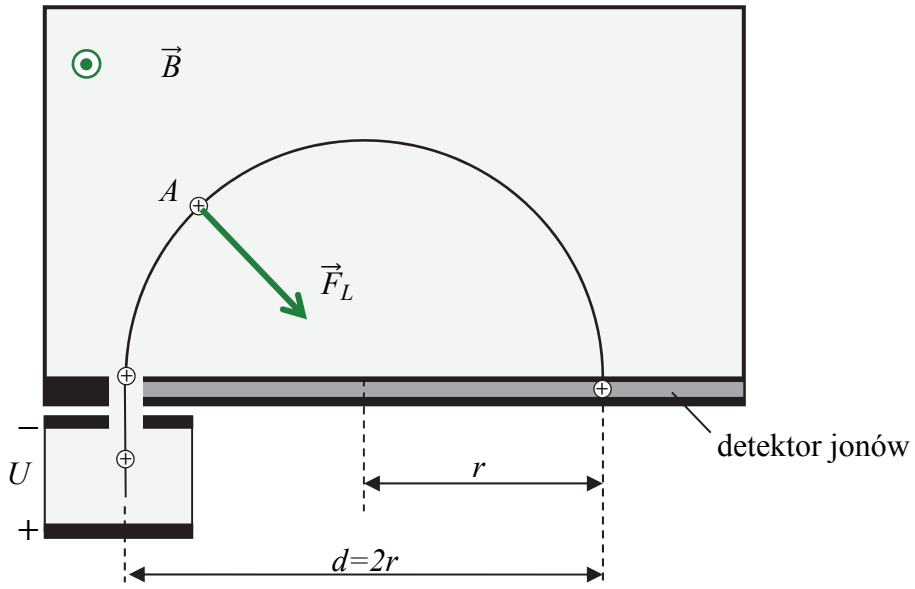
Schemat punktowania b)

1 p. – prawidłowe narysowanie zwrotu wektora indukcji magnetycznej.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie a) oraz b)

(Na rysunku poniżej).



Zadanie 9.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem […]; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii; 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej ciał […].

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i postać zależności pozwalającej na wyznaczenie masy jonu.

2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.*

1 p. – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, z uwzględnieniem wzorów na te siły (*krok 1.a.*)
lub
– zapisanie wyrażenia wiążącego zmianę energii kinetycznej z pracą sił pola elektrycznego łącznie z zastosowaniem wzorów na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym (albo równoważne zastosowanie dynamicznych równań ruchu w jednorodnym polu elektrycznym z identyfikacją siły elektrycznej łącznie z kinematycznymi równaniami ruchu jednostajnie przyspieszonego: $ma = \frac{U}{y}q$ oraz $v^2 = 2ay$) (*krok 1.b.*).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Krok 1.a. Zapiszemy równanie identyfikujące siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, łącznie z uwzględnieniem wzorów na te siły:

$$m\frac{v^2}{r} = evB \qquad \text{gdzie} \quad r = \frac{d}{2}$$

Krok 1.b. Zapiszemy związek pomiędzy energią kinetyczną, którą uzyskał jon w polu elektrycznym, a pracą sił elektrycznych działających na ten jon – łącznie z zastosowaniem wzoru na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym. Początkowa energia kinetyczna jonu wynosiła zero, zatem (e oznacza wartość ładunku elementarnego):

$$\Delta E_{kin} = W_E \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m \cdot 0^2 = eU \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 = eU$$

Krok 2. Na podstawie powyższych równań wyznaczymy masę jonu:

$$\begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = eU \\ m\frac{v^2}{r} = evB \\ r = \frac{d}{2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = eU \\ v = \frac{erB}{m} \\ r = d/2 \end{cases} \rightarrow \frac{1}{2}m\left(\frac{erB}{m}\right)^2 = eU$$

$$\frac{e^2r^2B^2}{2m} = eU \quad \xrightarrow{r=\frac{d}{2}} \quad \frac{e^2d^2B^2}{8m} = eU \quad \rightarrow \quad m = \frac{ed^2B^2}{8U}$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 10.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.2) opisuje przemianę […] izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.6) oblicza […] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
D

Zadanie 10.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianie izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne […].

Schemat punktowania
1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
1. **F** 2. **F** 3. **P**

Zadanie 10.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 1.)
3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane.
2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.*
1 p. – zapisanie związku pomiędzy pracą całkowitą w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym oraz zapisanie wzoru na sprawność silnika. Zapis może być w formie równoważnego tym dwóm zależnościom podwójnego równania na sprawność albo pojedynczego równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym (*krok 1.a.)*

lub

– zapisanie wzoru na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego wykresem cyklu (*krok 1.b.*).
Uwaga! Oznaczenia wielkości we wzorach zapisanych w kroku 1.a. lub 1.b. nie mogą być sprzeczne z oznaczeniami wielkości szukanych bądź danych.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga! Należy uznawać rozwiązania, w których założono, że gaz jest np. jednoatomowy albo dwuatomowy (zobacz sposób 2. rozwiązania).

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 1.

Krok 1.a. Zapiszemy związek między pracą całkowitą wykonaną w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym w tym cyklu – zgodnie z I zasadą termodynamiki (oznaczenia wartości bezwzględnych nie są wymagane):

$$1) \quad |W_c| = |Q_{pob}| - |Q_{odd}| \quad \text{ponieważ} \quad \Delta U = 0$$

Zapiszemy definicję sprawności cyklu:

$$2) \quad \eta = \frac{|W_c|}{|Q_{pob}|}$$

Powyższe dwa związki można zapisać za pomocą jednego równoważnego im równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym:

$$|W_c| = \frac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \qquad \text{lub} \qquad \eta = \frac{|W_c|}{|W_c| + |Q_{odd}|}$$

Krok 1.b. Zapiszemy wzór na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego zamkniętą krzywą cyklu:

$$|W_c| = p_2(V_2 - V_1) - p_1(V_2 - V_1) = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Krok 2. Z powyższych zależności wyprowadzamy wzór na ciepło oddane:

$$\begin{cases} |W_c| = \dfrac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} |Q_{odd}| = \left(\dfrac{1}{\eta} - 1\right)|W_c| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases}$$

$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Wynik można wyrazić także w następujący sposób:

$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) \cdot 9p_1 \cdot V_1$$

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 2.)
3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane, zgodna z założoną wartością C_V dla gazu doskonałego.
2 p. – wykonanie *kroku 1.* oraz skorzystanie z równania stanu gazu dla przemiany izobarycznej oraz izochorycznej.
1 p. – zidentyfikowanie przemian, w których układ oddaje ciepło, oraz zapisanie wyrażenia określającego związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach (*krok 1.)*.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 2. (z założeniem wartości C_V, bez wykorzystania sprawności)

Krok 1. Zapiszemy wyrażenie określające co do wartości bezwzględnej związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach:

$$|Q_{odd}| = |Q_{34}| + |Q_{41}| = nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}|$$

Krok 2. Skorzystamy z własności równania stanu dla przemiany izochorycznej oraz dla przemiany izobarycznej:

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad (\text{dla} \quad V = const) \quad \rightarrow \quad \Delta pV = nR\Delta T$$

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad (\text{dla} \quad p = const) \quad \rightarrow \quad p\Delta V = nR\Delta T$$

Założymy, że gaz jest jednoatomowy:

$$C_V = \frac{3}{2}R \qquad C_p = \frac{5}{2}R$$

Krok 3. Obliczymy ciepło oddane, korzystając ze wzorów w *kroku 1.* i *kroku 2.*

$$|Q_{odd}| = nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}| = n\frac{3}{2}R|\Delta T_{34}| + n\frac{5}{2}R|\Delta T_{41}|$$

$$|Q_{odd}| = \frac{3}{2}|\Delta p_{34}|\,V_2 + \frac{5}{2}p_1|\Delta V_{41}| = \frac{3}{2}(p_2 - p_1)\,V_2 + \frac{5}{2}p_1\,(V_2 - V_1)$$

$$|Q_{odd}| = \frac{3}{2}\cdot 3p_1 \cdot 4V_1 + \frac{5}{2}p_1 \cdot 3V_1 = 25{,}5\,p_1V_1$$

Zadanie 11.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	Zdający: 8.3) rysuje charakterystykę prądowo-napięciową opornika podlegającego prawu Ohma; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
Zaznaczenie tylko dwóch obwodów przedstawiających prawidłowe podłączenie mierników: A, E.

Zadanie 11.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 4.9) (G) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

Schemat punktowania
2 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.
1 p. – poprawne zaznaczenia w dwóch lub trzech zdaniach.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
1. **P** 2. **F** 3. **F** 4. **P**

Zadanie 12.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej […]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując […] zasadę zachowania energii; 3.10) (P) opisuje działanie elektrowni atomowej; 12.8) przedstawia […] tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki.

Schemat punktowania
2 p. – poprawne zaznaczenie wszystkich odpowiedzi.
1 p. – poprawne zaznaczenia w dwóch lub trzech zdaniach.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
1. **F** 2. **P** 3. **P** 4. **P**

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

Zadanie 12.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku oraz zasadę zachowania energii.

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowe uzupełnienie trzech reakcji.
2 p. – prawidłowe uzupełnienie dwóch reakcji.
1 p. – prawidłowe uzupełnienie jednej reakcji.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

1) ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n$

2) ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$

3) ${}^{1}_{0}n + {}^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$

Zadanie 12.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.	12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki.

Schemat punktowania
1 p. – poprawne wymienienie dwóch faktów świadczących o działaniu naturalnego reaktora jądrowego.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowa odpowiedź
Fakt 1. (dotyczący substratów reakcji rozszczepienia uranu)
Zawartość izotopu uranu ${}^{235}U$ w złożu jest mniejsza niż w innych tego typu złożach.

Fakt 2. (dotyczący produktów reakcji rozszczepienia uranu)
Odbiegająca od oczekiwanej (albo inna) zawartość w złożu typowych produktów rozszczepienia uranu za pomocą neutronów termicznych.
lub
Zawartość izotopu ${}^{99}Ru$ w badanym złożu była ponad dwukrotnie większa niż w innych złożach.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl
Książki do matury: Sklepmaturalny.pl