Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

# PRÓBNY EGZAMIN MATURALNY Z NOWĄ ERĄ 2016/2017

# FIZYKA
## POZIOM ROZSZERZONY

## ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

Copyright by Nowa Era Sp. z o.o.

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

**Zadanie 1.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);<br>5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu. |

**Poprawne odpowiedzi**

1 – F, 2 – P, 3 – P.

**Schemat punktowania**

1 p. – trzy poprawne odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 1.2. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Drogę samochodu obliczamy jako pole figur „pod wykresem” $v_x(t)$.

Średnia wartość prędkości $v_{śr} = \frac{s}{t} = \frac{200\ \text{m}}{30\ \text{s}} \approx 6{,}67\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

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

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenie $v_{śr} \approx 6{,}67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (uznajemy też inne przybliżenia)

1 p. – poprawne obliczenie drogi $s = 200$ m

lub

– błędy w obliczeniach, ale poprawny sposób obliczania $v_{śr}$.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 1.3. (0–3)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Zapisujemy równanie $x(t) = x_0 + v_{x_0} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$, w którym $x_0 = 100$ m, współrzędna prędkości początkowej $v_{x_0} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, współrzędna przyspieszenia $a_x = \frac{-20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10\,\text{s}} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Otrzymujemy równanie: $x(t) = 100 + 20 \cdot t - t^2$.

Korzystając z równania, obliczamy $x(t) = 100 + 20 \cdot 10 - 10^2 = 200$ m.

**Schemat punktowania**

3 p. – obliczenie położenia $x = 200$ m.

2 p. – zapisanie poprawnego równania.

1 p. – obliczenie współrzędnej przyspieszenia lub wartości przyspieszenia.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 2.1. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 3. Energia mechaniczna. Zdający:<br>1) oblicza pracę siły na danej drodze;<br>2) oblicza wartość energii kinetycznej i potencjalnej ciał w jednorodnym polu grawitacyjnym;<br>3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Praca sił tarcia i oporu powietrza powoduje zmniejszenie energii mechanicznej saneczkarza.

$W_T = \Delta E = E_2 - E_1 = E_{\text{kin}} - E_{\text{pot}}$

$W_T = \frac{m \cdot v^2}{2} - m \cdot g \cdot h = 649{,}8\,\text{J} - 784{,}8\,\text{J} = -135\,\text{J}$

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

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenie $W_T = -135$ J.

1 p. – obliczenie energii potencjalnej (początkowej) i energii kinetycznej (końcowej).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 2.2. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał. |

**Poprawna odpowiedź**

Podkreślenie w zdaniu pierwszym: „rośnie” i „rośnie”, a w zdaniu drugim „maleje” i „rośnie”.

**Schemat punktowania**

2 p. – wszystkie podkreślenia poprawne.

1 p. – oba poprawne podkreślenia w pierwszym zdaniu

lub

– oba poprawne podkreślenia w drugim zdaniu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 3. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | GIMNAZJUM<br>1. Ruch prostoliniowy i siły. Zdający:<br>5) odróżnia prędkość średnią od chwilowej w ruchu niejednostajnym. |

**Poprawne odpowiedzi**

1 – F, 2 – F, 3 – P.

**Schemat punktowania**

1 p. – trzy poprawne odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

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

**Zadanie 4.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona.<br>GIMNAZJUM<br>1. Ruch prostoliniowy i siły. Zdający:<br>12) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Początkowo ciało przyspiesza, co powoduje wzrost siły oporu powietrza, tak że wartość siły wypadkowej zbliża się do zera. Dalszy ruch jest w przybliżeniu jednostajny, co wynika z I zasady dynamiki Newtona.

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne wyjaśnienie (siły oporu i ciężkości równoważą się).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 4.2. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.<br>GIMNAZJUM<br>1. Ruch prostoliniowy i siły. Zdający:<br>12) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała. |

**Poprawna odpowiedź**

B

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie B.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

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

**Zadanie 5. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 5. Termodynamika. Zdający:<br>1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;<br>2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Gdy nalewamy wodę, ciśnienie powietrza w rurce rośnie, a jego objętość maleje w stałej temperaturze. Stosujemy równanie Clapeyrona lub prawo przemiany izotermicznej:

$p \cdot H \cdot S = (p + \rho \cdot g \cdot x) \cdot (H - x) \cdot S$, gdzie $x$ jest odległością, o którą przesunęła się piłka w głąb rurki.

Rozwiązujemy równanie i otrzymujemy:

$$x = \frac{\rho \cdot g \cdot H - p}{\rho \cdot g} = \frac{1000\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 13\,\mathrm{m} - 100\,000\,\mathrm{Pa}}{(1000\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2})} \approx 2{,}8\,\mathrm{m}.$$

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenie $x = 2{,}8$ m (lub $x = H - 2{,}8$ m $= 10{,}2$ m).

1 p. – zastosowanie równania Clapeyrona lub prawa przemiany izotermicznej z poprawnie określonym ciśnieniem i objętością końcową.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 6. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 5. Termodynamika. Zdający:<br>7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych. |

**Poprawna odpowiedź**

C

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie C.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

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

**Zadanie 7.1. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | GIMNAZJUM<br>2. Energia. Zdający:<br>8) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego oraz rolę izolacji cieplnej;<br>11) opisuje ruch cieczy i gazów w zjawisku konwekcji. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Grzałka powinna znajdować się przy dnie naczynia, ponieważ skuteczne ogrzewanie będzie wtedy możliwe dzięki zjawisku konwekcji. Cieplejsza woda będzie unosić się od grzałki do powierzchni cieczy w naczyniu. W całym garnku temperatura wody będzie rosnąć.

**Schemat punktowania**

2 p. – zaznaczenie położenia grzałki przy dnie oraz powołanie się na zjawisko konwekcji.

1 p. – zaznaczenie położenia grzałki przy dnie

lub

– powołanie się na zjawisko konwekcji.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 7.2. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 12. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Przekształcamy wzór $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot (T - T_0)$ i otrzymujemy $k = \frac{\Delta Q}{\Delta t \cdot (T - T_0)}$.

Jednostka stałej $k$ wyrażona przez jednostki podstawowe SI: $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{K}} = \frac{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{K}} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{K}} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^3 \cdot \mathrm{K}}$.

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne zapisanie jednostek.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

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

**Zadanie 7.3. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.<br>GIMNAZJUM<br>IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych). | GIMNAZJUM<br>2. Energia. Zdający:<br>2) posługuje się pojęciem pracy i mocy;<br>8) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego oraz rolę izolacji cieplnej. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Podczas ogrzewania temperatura wody w garnku jest wyższa niż temperatura otoczenia i dlatego ciepło przepływa z wody do otoczenia. Szybkość tego przepływu rośnie wraz z różnicą temperatur wody i otoczenia. Gdy ciepło oddawane przez wodę do otoczenia w jednostce czasu będzie równe ciepłu dostarczanemu przez grzałkę do wody w jednostce czasu, to temperatura wody przestanie rosnąć. Woda osiągnie wtedy maksymalną temperaturę.

Zapisujemy równanie $P = k \cdot (T - T_0)$, skąd otrzymujemy $T = T_0 + \frac{P}{k} = 32°\text{C}$.

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenie temperatury maksymalnej $T = 32°\text{C}$.

1 p. – zapisanie warunku, który pozwala obliczyć maksymalną temperaturę.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 8. (0–3)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 4. Grawitacja. Zdający:<br>8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Satelita krążący po orbicie o promieniu $3R$ porusza się wolniej. Jego okres obiegu obliczamy, stosując III prawo Keplera: $\frac{T_2^2}{(3R)^3} = \frac{(7\,\text{h})^2}{R^3}$, skąd $T_2 \approx 36{,}4\,\text{h}$.

Satelity będą znowu najbliżej siebie, gdy promień wodzący satelity wolniejszego zakreśli kąt $\alpha_2 = \alpha$, a satelity szybszego kąt $\alpha_1 = \alpha_2 + 2\pi$ (satelita szybszy wykona o 1 obieg więcej niż satelita wolniejszy).

Kąt $\alpha$ można wyrazić wzorem $\alpha = \omega \cdot t = \frac{2\pi}{T} \cdot t$.

Otrzymujemy równanie $\frac{2\pi}{T_1} \cdot t = \frac{2\pi}{T_2} \cdot t + 2\pi$, skąd $t = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} = \frac{7\,\text{h} \cdot 36{,}4\,\text{h}}{36{,}4\,\text{h} - 7\,\text{h}} \approx 8{,}67\,\text{h}$.

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

**Schemat punktowania**

3 p. – obliczenie czasu $t \approx 8{,}67$ h.

2 p. – obliczenie okresu i zapisanie równań prowadzących do obliczenia czasu.

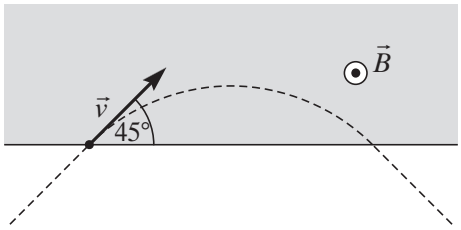
1 p. – zastosowanie III prawa Keplera i obliczenie okresu $T_2 \approx 36{,}4$ h.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 9.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Zdający:<br>3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym. |

**Przykładowe rozwiązanie**




Zwrot siły Lorentza można ustalić na podstawie kształtu toru, ponieważ siła ta pełni rolę siły dośrodkowej. Korzystamy z reguły lewej dłoni dla cząstki o ładunku dodatnim i ustalamy, że linie pola magnetycznego zwrócone są od rysunku ⊙. Możemy też skorzystać z reguły śruby prawoskrętnej lub reguły prawej dłoni.

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne zaznaczenie ⊙ i podanie nazwy reguły (lewej dłoni, reguły śruby prawoskrętnej lub reguły prawej dłoni).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

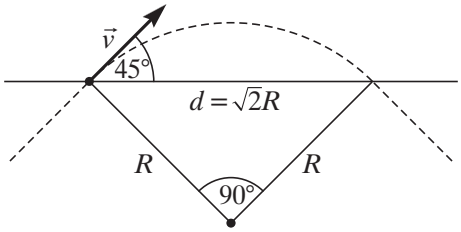
**Zadanie 9.2. (0–3)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu; opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego.<br>9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Zdający:<br>3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.<br>GIMNAZJUM<br>8. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących). |

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

**Przykładowe rozwiązanie**

W polu magnetycznym proton porusza się po okręgu, ponieważ siła Lorentza pełni funkcję siły dośrodkowej. Obliczamy promień okręgu $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \approx 15{,}7$ cm.




Odległość między punktami wejścia i wyjścia jest równa $d = \sqrt{2}\,R \approx 22$ cm (jest przekątną kwadratu o boku długości $R$).

**Schemat punktowania**

3 p. – obliczenie odległości $d \approx 22$ cm i zapisanie jej z dokładnością do 1 cm.

2 p. – obliczenie promienia okręgu oraz zauważenie, że $d = \sqrt{2}\,R$.

1 p. – wyprowadzenie lub zastosowanie wzoru na promień okręgu $R$, po którym porusza się proton, lub zauważenie, że szukana odległość jest równa $\sqrt{2}\,R$.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 9.3. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Zdający:<br>3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym. |

**Poprawne odpowiedzi**

1 – F, 2 – P, 3 – P.

**Schemat punktowania**

1 p. – trzy poprawne odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 9.4. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 1. Ruch punktu materialnego. Zdający:<br>7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona.<br>7. Pole elektryczne. Zdający:<br>11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym. |

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

**Poprawna odpowiedź**

D

**Schemat punktowania**

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

**Zadanie 10. (0–3)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający:<br>13) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.<br>12. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczanej wielkości fizycznej). |

**Przykładowe rozwiązanie**

Odbiornik rejestruje dźwięk o większej częstotliwości $f = f_0 \frac{v_d}{v_d - v_{źr}}$.

Po przekształceniu wzoru otrzymujemy

$$v_{źr} = v_d \cdot \left(1 - \frac{f_0}{f}\right) = 340\,\frac{m}{s} \cdot \left(1 - \frac{470\,Hz}{490\,Hz}\right) \approx 13{,}9\,\frac{m}{s} \approx 14\,\frac{m}{s}$$

Częstotliwość $f_0$ znana jest z dokładnością do 5 Hz.

Można obliczyć maksymalną i minimalną prędkość źródła dźwięku:

$$v_{max} = v_d \cdot \left(1 - \frac{f_0}{f}\right) = 340\,\frac{m}{s} \cdot \left(1 - \frac{465\,Hz}{490\,Hz}\right) \approx 17{,}3\,\frac{m}{s}$$

$$v_{min} = v_d \cdot \left(1 - \frac{f_0}{f}\right) = 340\,\frac{m}{s} \cdot \left(1 - \frac{475\,Hz}{490\,Hz}\right) \approx 10{,}4\,\frac{m}{s}$$

Niepewność wyznaczenia prędkości źródła można oszacować jako

$$\Delta v = \frac{v_{max} - v_{min}}{2} = \frac{17{,}3\,\frac{m}{s} - 10{,}4\,\frac{m}{s}}{2} = 3{,}45\,\frac{m}{s} \approx 3\,\frac{m}{s}.$$

Prędkość źródła dźwięku jest więc równa $v_{źr} = (14 \pm 3)\frac{m}{s}$.

**Schemat punktowania**

3 p. – obliczenie prędkości źródła wraz z niepewnością $v_{źr} = (14 \pm 3)\frac{m}{s}$.

2 p. – obliczenie prędkości źródła dźwięku oraz prędkości maksymalnej $v_{max} \approx 17{,}3\,\frac{m}{s}$ i minimalnej $v_{max} \approx 10{,}4\,\frac{m}{s}$.

1 p. – zastosowanie poprawnego wzoru opisującego efekt Dopplera i obliczenie prędkości źródła dźwięku $v_{źr} = 14\,\frac{m}{s}$.

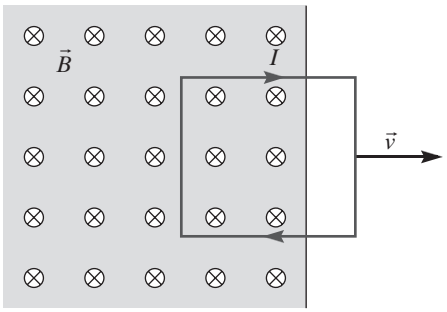
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

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

**Zadanie 11.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Zdający:<br>11) stosuje regułę Lenza w celu wskazania kierunku przepływu prądu indukcyjnego. |

**Przykładowe rozwiązanie**




Prąd płynie w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, co można ustalić, stosując regułę Lenza.

**Schemat punktowania**

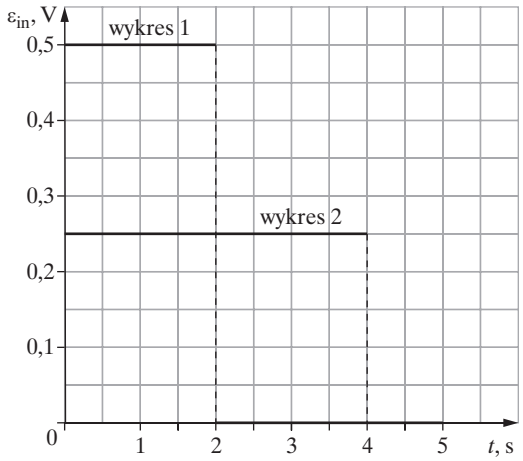
1 p. – poprawne zaznaczenie kierunku prądu i podanie reguły (reguła Lenza).
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 11.2. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Zdający:<br>9) analizuje napięcie uzyskiwane na końcach przewodnika podczas jego ruchu w polu magnetycznym;<br>10) oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Gdy prędkość ramki będzie dwa razy mniejsza, to czas wyciągania ramki z pola magnetycznego będzie dwa razy dłuższy, a wyindukowana SEM będzie dwa razy mniejsza, co wynika z prawa Faradaya. Wykres SEM – wykres 2.






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

**Schemat punktowania**

1 p. – narysowanie poprawnego wykresu.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

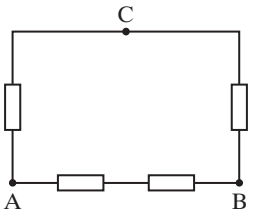
**Zadanie 12.1. (0–3)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 8. Prąd stały. Zdający:<br>4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych;<br>5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Z analizy oporów zastępczych wynika, że dwa oporniki muszą być włączone szeregowo pomiędzy punktami A i B, a po jednym oporniku pomiędzy punktami B i C oraz między punktami A i C.

Schemat obwodu




Obliczamy opór obwodu np. między punktami A i B:

$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R}$, czyli $R = R_{AB} = 40\,\Omega$

lub pomiędzy punktami A i C:

$\frac{1}{R_{AC}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{3R} = \frac{4}{3R}$, czyli $R = \frac{4}{3}R_{AC} = 40\,\Omega$.

**Schemat punktowania**

3 p. – narysowanie poprawnego schematu i obliczenia oporu opornika 40 Ω.

2 p. – narysowanie poprawnego schematu obwodu oraz zastosowanie poprawnego sposobu obliczania oporu zastępczego.

1 p. – narysowanie poprawnego schematu obwodu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 12.2. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 8. Prąd stały. Zdający:<br>6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze. |

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

**Przykładowe rozwiązanie**

Przy ustalonym napięciu moc zależy od oporu zastępczego obwodu według wzoru $P = \frac{U^2}{R}$, co oznacza, że należy wybrać taką parę punktów, aby opór pomiędzy nimi był najmniejszy. Napięcie należałoby więc przyłożyć do punktów A i C lub do punktów B i C.

**Schemat punktowania**

1 p. – wybór jednej pary punktów B, C lub A, C.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

**Zadanie 13.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający:<br>1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Długość sprężyny jest proporcjonalna do liczby zwojów i maleje od 25 cm do 5 cm (różnica kolejnych długości wynosi 5 cm).

Wydłużenie sprężyny jest różnicą długości sprężyny obciążonej i swobodnej.

Wypełnienie tabeli: 50, 40, 30, 20, 10.

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne wypełnienie tabeli.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

**Zadanie 13.2. (0–3)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | GIMNAZJUM<br>8. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>7) rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie danych liczbowych lub na pod stawie wykresu oraz posługuje się proporcjonalnością prostą. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Obliczamy stosunek wydłużeń sprężyny oraz liczby zwojów dla sprężyn i sprawdzamy, czy są równe, np. $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{n_1}{n_2}$, czyli $\frac{50\text{ cm}}{10\text{ cm}} = \frac{100\text{ zwojów}}{20\text{ zwojów}}$. Wystarczy sprawdzenie dla dwóch sprężyn.
W pierwszym zdaniu podkreślamy wprost proporcjonalne.

Obliczamy stosunek współczynników sprężystości:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{\frac{F}{\Delta l_1}}{\frac{F}{\Delta l_2}} = \frac{\Delta l_2}{\Delta l_1}$$

oraz liczby zwojów dla sprężyn i stwierdzamy, że $\frac{k_1}{k_2} = \frac{\Delta l_2}{\Delta l_1} = \frac{n_2}{n_1}$ (należy pamiętać, że każda ze sprężyn rozciągana jest taką samą siłą).

W drugim zdaniu podkreślamy odwrotnie proporcjonalny.

**Schemat punktowania**

3 p. – dwa poprawne podkreślenia i dwa uzasadnienia.
2 p. – dwa poprawne podkreślenia i jedno poprawne uzasadnienie.
1 p. – dwa poprawne podkreślenia lub jedno poprawne wraz z uzasadnieniem.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 13.3. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający:<br>3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Obliczamy stosunek okresów drgań wahadeł

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}{2\pi\sqrt{\frac{m}{4 \cdot k}}} = 2.$$

Dla tego samego czasu drgań ciężarków mamy $N_1 \cdot T_1 = N_2 \cdot T_2$, skąd otrzymujemy $\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{2}$.

**Schemat punktowania**

2 p. – wyznaczenie związku między liczbą drgań w tym samym czasie $\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{2}$.
1 p. – wyznaczenie związku między okresami drgań $\frac{T_1}{T_2} = 2$.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

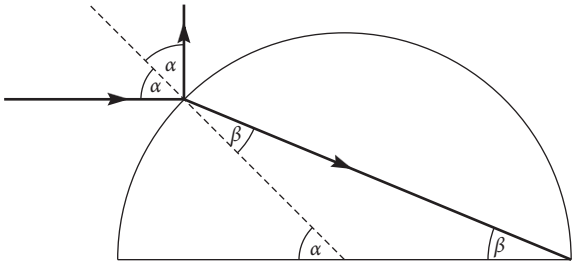
**Zadanie 14. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Zdający:<br>6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków. |

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

**Przykładowe rozwiązanie**

Rysujemy prostą prostopadłą do powierzchni kuli w punkcie padania promienia. Prosta ta przechodzi przez środek kuli. Na rysunku zaznaczono kąty $\alpha$ równe kątowi padania i kąty $\beta$ równe kątowi załamania. Z prawa odbicia wynika, że kąt $\alpha = 45°$.




Kąt $\beta$ obliczamy z sumy kątów w trójkącie równoramiennym:

$180° - \alpha + \beta + \beta = 180°$, skąd $\beta = \frac{\alpha}{2} = 22{,}5°$.

Z prawa załamania światła $\sin\alpha = n \cdot \sin\beta$ otrzymujemy $n = \frac{\sin 45°}{\sin 22{,}5°}$.

Wartość sin 22,5° obliczamy ze wzoru:

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \pm\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}$$

$$\sin 22{,}5° = \sqrt{\frac{1-\cos 45°}{2}}$$

Po podstawieniu wartości cos 45°, odczytanej z karty wzorów, otrzymujemy:

$$\sin 22{,}5° = \sqrt{\frac{1-0{,}7071}{2}} = 0{,}38$$

Czyli:

$$n = \frac{\sin 45°}{\sin 22{,}5°} \approx \frac{0{,}7071}{0{,}38} \approx 1{,}86.$$

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenie współczynnika załamania $n \approx 1{,}86$ (dopuszcza się przybliżenie od 1,84 do 1,87).

1 p. – wyznaczenie kątów $\alpha$ i $\beta$.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 15.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający:<br>10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego. |

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

**Przykładowe rozwiązanie**

Fale wzmacniają się, jeżeli interferują (nakładają się) w zgodnej fazie:

$\Delta\varphi = 2\pi \cdot n, \quad n = 0, 1, 2, \ldots$ (różnica faz jest całkowitą wielokrotnością $2\pi$)

W opisanym przypadku jest to spełnione, gdy

$\Delta r = n \cdot \lambda, \quad n = 0, 1, 2, \ldots$ (różnica dróg pokonanych przez falę jest całkowitą wielokrotnością długości fali).

**Schemat punktowania**

1 p. – podanie wzoru lub poprawnego opisu słownego.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Arkusze do pobrania: Arkuszmaturalny.pl

**Zadanie 15.2. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. | 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający:<br>10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego.<br>12. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii. |

**Poprawna odpowiedź**

B2

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie B2.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Książki do matury: Sklepmaturalny.pl

**Zadanie 15.3. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. | 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający:<br>10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego.<br>12. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.<br>POZIOM PODSTAWOWY<br>2. Fizyka atomowa. Zdający:<br>1) opisuje promieniowanie ciał, rozróżnia widma ciągłe i liniowe [...]<br>GIMNAZJUM<br>7. Fale elektromagnetyczne i optyka. Zdający:<br>9) opisuje zjawisko rozszczepienia światła [...];<br>10) opisuje światło białe jako mieszaninę barw [...].<br>12) nazywa rodzaje fal elektromagnetycznych (radiowe, mikrofale, promieniowanie podczerwone, światło widzialne, promieniowanie nadfioletowe i rentgenowskie) i podaje przykłady ich zastosowania. |

**Poprawne odpowiedzi**

1 – P, 2 – F, 3 – F.

**Schemat punktowania**

1 p. – zaznaczenie trzech poprawnych odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 16.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 11. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Zdający:<br>4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego.<br>POZIOM PODSTAWOWY<br>2. Fizyka atomowa. Zdający:<br>4) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Krótkofalowa granica ciągłego widma rentgenowskiego odpowiada sytuacji, w której hamujący elektron zamienia całą swoją energię kinetyczną, uzyskaną dzięki rozpędzeniu napięciem $U$, $E_{kin} = e \cdot U$, w energię kwantu promieniowania X:

$e \cdot U = \frac{h \cdot c}{\lambda_g}$, skąd $\lambda_g \cdot U = \frac{h \cdot c}{e}$, czyli $const = \frac{h \cdot c}{e}$

Możliwe jest też ustalenie stałej (z dokładnością do współczynnika liczbowego) z wykorzystaniem analizy wymiarowej. Wymiarem szukanej stałej jest V · m.

Wymiar ten otrzymamy z kombinacji stałych $\frac{h \cdot c}{e}$, czyli $\left[\frac{h \cdot c}{e}\right] = \frac{\mathrm{J \cdot s \cdot \frac{m}{s}}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{J \cdot m}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} \cdot \mathrm{m} = \mathrm{V \cdot m}$.

**Schemat punktowania**

1 p. – wyznaczenie stałej w równaniu $const = \frac{h \cdot c}{e}$ z porównania energii elektronu z energią kwantu lub z analizy wymiarowej.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 16.2. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 12. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.<br>GIMNAZJUM<br>8. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>8) sporządza wykres na podstawie danych z tabeli (oznaczenie wielkości i skali na osiach), a także odczytuje dane z wykresu;<br>11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących). |

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

**Przykładowe rozwiązania**

Sposób I

Wartość wyrażenia $\frac{h \cdot c}{e} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 1{,}243 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{J} \cdot \text{s} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{C}} = \text{V} \cdot \text{m}\right]$ (jednostkę można też ustalić wprost z równania $\lambda_g \cdot U = const$).

Zapisujemy wynik z dokładnością do dwóch cyfr znaczących $1{,}2 \cdot 10^{-6}$ V · m.

Sposób II

Odczytujemy z wykresu wartość $\lambda_g$ dla określonego napięcia,

np. $\lambda_g = 0{,}4$ Å $= 0{,}4 \cdot 10^{-10}$ m dla napięcia $U = 30$ kV i obliczamy

$\lambda_g \cdot U = 0{,}4 \cdot 10^{-10}$ m $\cdot$ 30000 V $= 1{,}2 \cdot 10^{-6}$ V · m

**Schemat punktowania**

2 p. – zapisanie stałej z dokładnością do dwóch cyfr znaczących wraz z jednostką $1{,}2 \cdot 10^{-6}$ V · m.

1 p. – obliczenie wartości stałej ze wzoru lub z wykresu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 17.1. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.<br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Zdający:<br>9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów.<br>12. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku;<br>8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Z tabeli odczytujemy, że ogniskowa oka patrzącego na odległy przedmiot jest równa 1,80 cm. Zdolność skupiająca oka jest w tej sytuacji równa $Z = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}018\ \text{m}} \approx 56$ D.

Z tekstu wynika, że układ optyczny oka składa się z rogówki o zdolności skupiającej 43 D oraz z soczewki.

Zdolność skupiająca układu optycznego oka jest równa $Z_{oko} = Z_{rogówka} + Z_{soczewka}$.

Skąd obliczamy $Z_{soczewka} = Z_{oko} - Z_{rogówka} = 56\,\text{D} - 43\,\text{D} = 13\,\text{D}$.

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenie zdolności skupiającej soczewki oka 13 D.

1 p. – obliczenie zdolności skupiającej oka 56 D.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

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

**Zadanie 17.2. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | 10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Zdający:<br>9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów. |

**Przykładowe rozwiązanie**

Odległość $y$ od soczewki oka do siatkówki (gdzie powstaje obraz) jest stała. Zapisujemy równanie soczewki dla oka w sytuacji, gdy przedmiot znajduje się w odległości 25 cm (ogniskowa z tabeli) oraz dla nieznanej odległości $x$, gdy ogniskowa oka jest równa 1,52 cm.

$$\frac{1}{25\,\text{cm}} + \frac{1}{y} = \frac{1}{1{,}68\,\text{cm}}$$

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{1{,}52\,\text{cm}}$$

Rozwiązujemy układ równań i otrzymujemy $x \approx 9{,}7$ cm.

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenie odległości $x \approx 9{,}7$ cm.

1 p. – zapisanie równań prowadzących do poprawnego rozwiązania.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 18.1. (0–1)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | POZIOM PODSTAWOWY<br>3. Fizyka jądrowa. Zdający:<br>5) opisuje reakcje jądrowe stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku, zasadę zachowania energii. |

**Poprawna odpowiedź**

Równanie reakcji: ${}^{14}_{7}\text{N} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{14}_{6}\text{C} + {}^{1}_{1}\text{p}$

**Schemat punktowania**

1 p. – zapisanie poprawnego schematu reakcji (uwzględniamy inny zapis tej samej reakcji, np. ${}^{14}_{7}\text{N} + \text{n} \rightarrow {}^{14}_{6}\text{C} + \text{p}$).

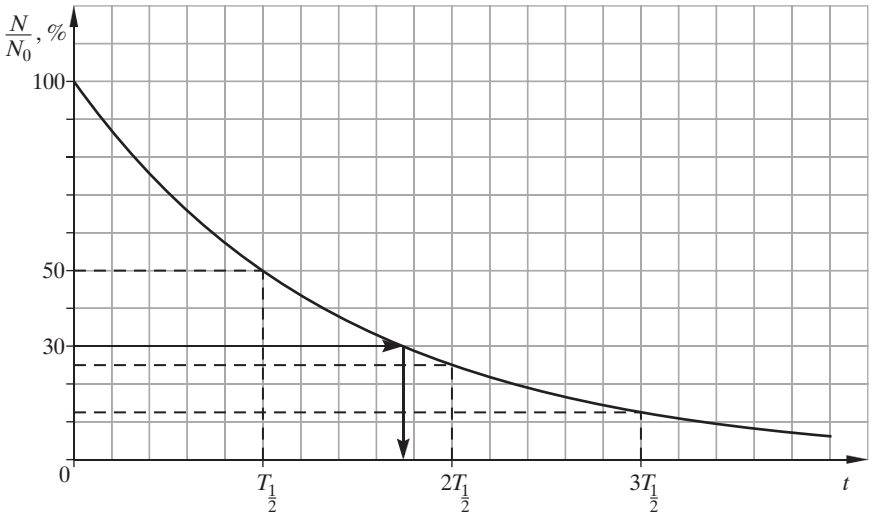
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

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

**Zadanie 18.2. (0–2)**

| Wymaganie ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | 12. Wymagania przekrojowe. Zdający:<br>2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych).<br>4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli, także za pomocą wykresu.<br>POZIOM PODSTAWOWY<br>3. Fizyka jądrowa. Zdający:<br>4) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi; wyjaśnia zasadę datowania substancji na podstawie składu izotopowego, np. datowanie węglem $^{14}C$. |

**Przykładowe rozwiązanie**




Z wykresu można odczytać, że czas, po którym pozostanie 30% izotopu, to około 10 000 lat.

**Schemat punktowania**

2 p. – narysowanie wykresu i oszacowanie wieku próbki na około 10 000 lat.

1 p. – narysowanie poprawnego wykresu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

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