CENTRALNA
KOMISJA
EGZAMINACYJNA

# EGZAMIN MATURALNY

# W ROKU SZKOLNYM 2017/2018

# FIZYKA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA OD 2015

(„NOWA MATURA”)

## ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

**MAJ 2018**

*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 |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu,<br>12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych). |

**Schemat punktowania**

2 p. – opisanie i wyskalowanie prawidłowo zorientowanych osi oraz prawidłowe narysowanie wykresu zależności prędkości od czasu.

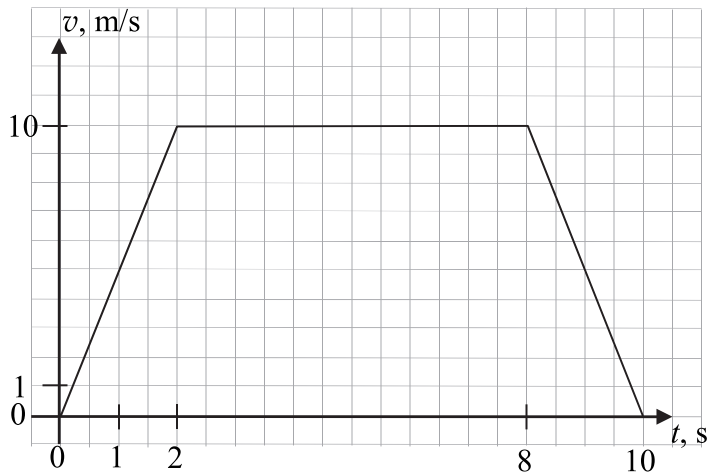
1 p. – narysowanie wykresu zależności prędkości od czasu o poprawnym kształcie trapezu oraz poprawna orientacja i oznaczenie obu osi (symbol, jednostka) lub poprawna orientacja i wyskalowanie obu osi

*lub*

– poprawna orientacja, wyskalowanie i oznaczenie obu osi oraz prawidłowe narysowanie wykresu co najmniej w jednym z przedziałów.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**




**Zadanie 1.2. (0–3)**

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością, i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu. |

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowe obliczenie drogi obydwu samochodów i prędkości maksymalnej drugiego samochodu, wyniki podane z jednostkami.

2 p. – prawidłowe obliczenie drogi pierwszego samochodu oraz prawidłowa metoda obliczenia prędkości maksymalnej drugiego samochodu (np. zapisanie równań równoważnych jak sposobie 1. lub 2. przedstawionego rozwiązania)
*lub*
– prawidłowa metoda obliczenia drogi pierwszego samochodu (z błędem rachunkowym) oraz obliczenie prędkości maksymalnej drugiego samochodu wynikającej z obliczonej drogi
*lub*
– prawidłowa metoda obliczenia przyspieszenia (lub opóźnienia) drugiego samochodu i prawidłowy wynik z jednostką
*lub*
– prawidłowe obliczenie prędkości maksymalnej drugiego samochodu.

1 p. – prawidłowa metoda obliczenia drogi przebytej przez pierwszy samochód i prawidłowy wynik z jednostką
*lub*
– prawidłowa metoda obliczenia drogi pierwszego samochodu oraz prawidłowa metoda obliczenia prędkości maksymalnej drugiego samochodu.

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 (przy odpowiednio wyskalowanych osiach). Zapisujemy wzór na drogę dla pierwszego samochodu i wykonujemy obliczenia:

$$s_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right) \cdot 10\ \mathrm{s} = 80\ \mathrm{m}$$

Maksymalną wartość prędkości drugiego samochodu obliczamy z warunku zadania oraz ze wzoru na drogę wykorzystującego metodę pola.

$$s_1 = s_2 \quad \text{oraz} \quad s_2 = \frac{1}{2} v_{2\max} \cdot (5\ \mathrm{s} + 5\ \mathrm{s}) \ \rightarrow\ 80\ \mathrm{m} = \frac{1}{2} v_{2\max} \cdot 10\ \mathrm{s} \ \rightarrow\ v_{2\max} = 16\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Sposób 2. (z równań ruchu)

Obliczamy drogę jaką przebył pierwszy samochód:

$$s_1 = \frac{1}{2} \cdot 2\ \mathrm{s} \cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 6\ \mathrm{s} \cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + \frac{1}{2} \cdot 2\ \mathrm{s} \cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 80\ \mathrm{m}$$

Obliczamy przyspieszenie (oraz opóźnienie) drugiego samochodu, wiedząc, że $s_2 = s_1$:

$$\left(\frac{s_2}{2}\right) = \frac{1}{2} a \left(\frac{t}{2}\right)^2 \ \rightarrow\ a = \frac{4 s_2}{t^2} \ \rightarrow a = \frac{320}{10^2}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 3{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Obliczamy $v_{2max}$:

$$v_{2max} = a\left(\frac{t}{2}\right) = 3{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 5\ \mathrm{s} = 16\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

## Zadanie 2. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
| --- | --- |
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>5.1) (G) nazywa bieguny magnetyczne magnesów trwałych,<br>9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych,<br>9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej […] w polu magnetycznym. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe narysowanie trzech wektorów indukcji magnetycznej w punktach X, A, Y oraz prawidłowe narysowanie siły działającej na cząstkę w punkcie A.

1 p. – prawidłowe narysowanie trzech wektorów indukcji magnetycznej w punktach X, A, Y (wektor indukcji magnetycznej w A musi mieć kierunek pionowy i zwrot w dół)

*lub*

– narysowanie siły działającej na cząstkę w punkcie A zgodnie z narysowanym pionowo wektorem indukcji magnetycznej

*lub*

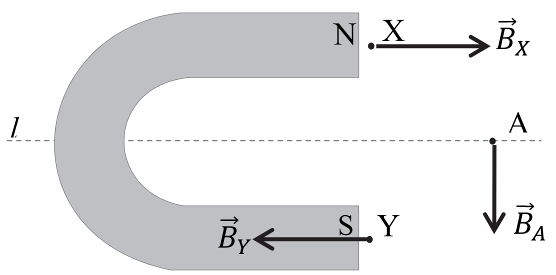
– narysowanie poziomej siły działającej na cząstkę w punkcie A zgodnie z narysowaną linią pola (lub jej fragmentem przechodzącym przez A) o poprawnym kształcie i zaznaczonym zwrocie (w dowolnym miejscu linii).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

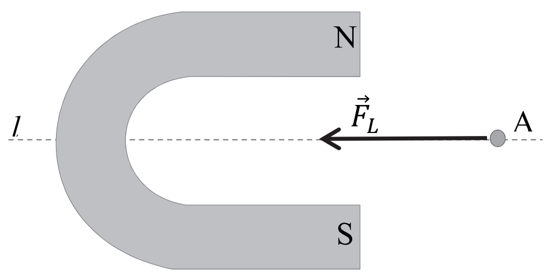
**Poprawne rozwiązania**

Sposób 1.

Rysunek do polecenia a).

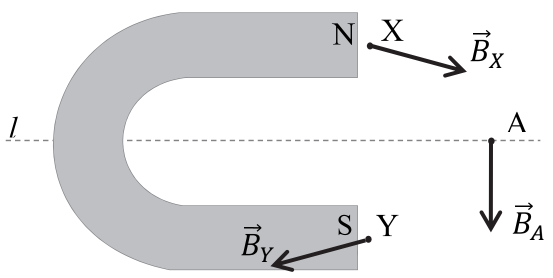



Rysunek do polecenia b).

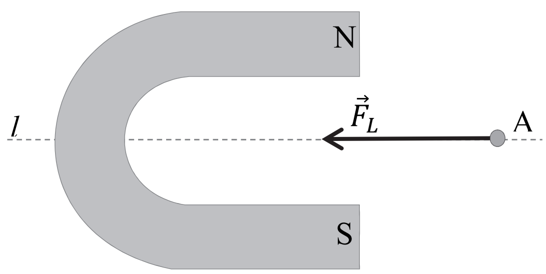



Sposób 2. (wektory indukcji magnetycznej w X i Y mogą być narysowane ukośnie)

Rysunek do polecenia a).




Rysunek do polecenia b).



## Zadanie 3. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego,<br>7.5) wyznacza pole elektrostatyczne na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego,<br>7.12) opisuje wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie ładunków w przewodniku, wyjaśnia działanie klatki Faradaya. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe wpisanie wartości natężenia pola elektrycznego w punktach B, C, D.

1 p. – prawidłowe wpisanie wartości natężenia pola elektrycznego w punkcie B

*lub*

– prawidłowe wpisanie wartości natężenia pola elektrycznego w punktach C i D.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawna odpowiedź**

| Punkt | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| Wartość natężenia pola elektrycznego | $E$ | $\frac{E}{4}$ | 0 | 0 |

## Zadanie 4. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>4.3) oblicza wartość i kierunek pola grawitacyjnego na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego,<br>4.4) wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe ustalenie relacji pomiędzy masami wszystkich planet oraz prawidłowe uzasadnienie odwołujące się do wzoru na przyspieszenie grawitacyjne w sferycznie symetrycznym, centralnym polu grawitacyjnym.

1 p. – zastosowanie wzoru na przyspieszenie grawitacyjne w polu centralnym sferycznie symetrycznym (lub równoważny opis słowny) i ustalenie prawidłowej relacji pomiędzy co najmniej dwoma masami

*lub*

– prawidłowe ustalenie relacji pomiędzy masami wszystkich planet bez uzasadnienia.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**
Ustalenie relacji pomiędzy masami planet:

$$M_2 > M_1 > M_3 > M_4$$

Uzasadnienie**:** dla ustalonego $r$, takiego, że $r > R_4$ odczytujemy z wykresu, że

$$a_{g2}(r) > a_{g1}(r) > a_{g3}(r) > a_{g4}(r)$$

Po zastosowaniu wzoru na przyspieszenie grawitacyjne w polu centralnym, sferycznie symetrycznym, mamy:

$$\frac{GM_2}{r^2} > \frac{GM_1}{r^2} > \frac{GM_3}{r^2} > \frac{GM_4}{r^2}$$

Z powyższego wynika, że

$$M_2 > M_1 > M_3 > M_4$$

## Zadanie 5.1. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>1.4) (G) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona,<br>1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał,<br>1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał. |

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

**Poprawna odpowiedź**
A3

## Zadanie 5.2. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona,<br>1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał,<br>1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał. |

**Schemat punktowania**
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia masy dosypanego piasku i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – zapisanie warunku z nierównością sił z uwzględnieniem ciężaru dosypanego piasku (dopuszcza się zapis bez wzoru na maksymalną siłę tarcia, np. $T_{\max} < \left(m_{dolny} + m\right)g$ lub analogiczny zapis z równością).
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**

Dosypujemy tyle piasku, aby siła napięcia nici działająca na górne pudełko była większa od maksymalnej siły tarcia statycznego (wprawienie w ruch).

Zatem:

$$\mu_s m_{gorny} g < (m_{dolny} + m)g \quad \rightarrow \quad m > \mu_s m_{gorny} - m_{dolny} \quad \rightarrow \quad m > 0{,}05 \text{ kg}$$

Masa piasku, jaką należy dosypać musi być większa od 0,05 kg.

*Uwaga! Uznaje się za prawidłowe i równoważne powyższemu rozwiązanie, gdy do obliczenia minimalnej masy piasku zostanie napisany warunek równowagi sił:*

$$\mu_s m_{gorny} g = (m_{dolny} + m)g \quad \rightarrow \quad m = \mu_s m_{gorny} - m_{dolny} \quad \rightarrow \quad m = 0{,}05 \text{ kg}$$

## Zadanie 6.1. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.1) oblicza pracę siły na danej drodze,<br>2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii,<br>3.2) oblicza wartość energii kinetycznej i potencjalnej ciał w jednorodnym polu grawitacyjnym. |

**Schemat punktowania**

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

1 p. – zapisanie warunku, że praca wykonana przez siłę, z jaką pracownik ciągnie za linę podnoszącą deskę, jest równa zmianie energii potencjalnej środka masy deski.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Praca, jaka musi zostać wykonana, jest równa zmianie energii potencjalnej deski. Środek masy deski pokonuje w pionie drogę równą połowie długości deski, zatem

$$W_F = mg\Delta h_{SM}, \quad \Delta h_{SM} = \frac{l}{2} \quad \rightarrow \quad W_F = mg\frac{l}{2}$$

$$W_F = 20 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{ m} = 392 \text{ J} \approx 400 \text{ J}$$

## Zadanie 6.2. (0–3)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>2.3) oblicza momenty sił,<br>2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił),<br>2.5) wyznacza położenie środka masy. |

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia siły, z jaką pracownik działał na linę, oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski (z poprawnym uwzględnieniem punktów zaczepienia sił, ramion sił i kierunków sił)

*lub*

– zapisanie warunku równowagi sił oraz zapisanie warunku równowagi momentów sił względem punktu środka masy (z poprawnym uwzględnieniem punktów zaczepienia sił, ramion sił i kierunków sił).

1 p. – zapisanie warunku równowagi momentów sił.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązania**

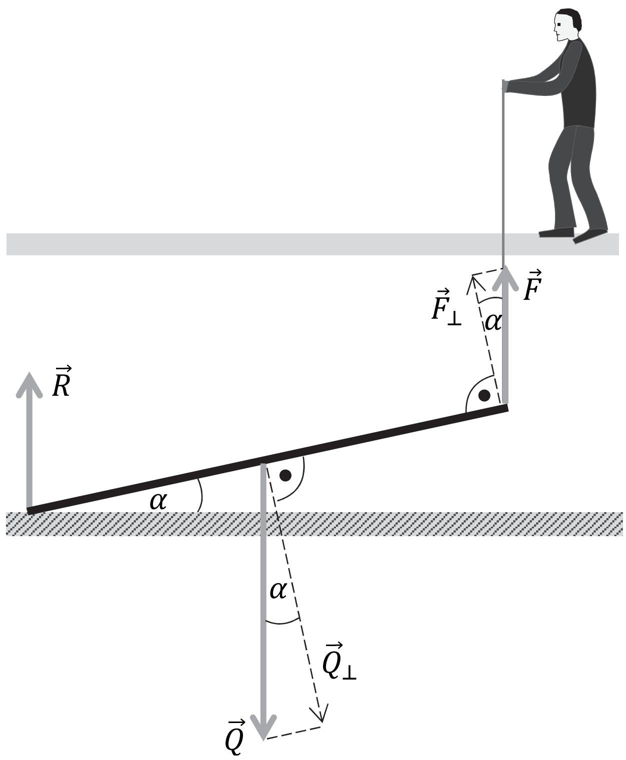
Sposób 1.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski:

$$\frac{l}{2} \cdot Q_{\perp} = l \cdot F_{\perp}$$

$$\frac{l}{2} \cdot Q \cos\alpha = l \cdot F \cos\alpha \quad \rightarrow \quad F = \frac{Q}{2}$$

$$F = 98{,}1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$$




Sposób 2.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski:

$$\frac{l_{\perp}}{2} \cdot Q = l_{\perp} \cdot F \quad \rightarrow \quad F = \frac{Q}{2}$$

$$F = 98{,}1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$$

Sposób 3.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu środka masy deski oraz z warunku równowagi sił działających na deskę:

$$\frac{l_{\perp}}{2} \cdot R = \frac{l_{\perp}}{2} \cdot F \quad \text{oraz} \quad R + F = Q \quad \rightarrow \quad R = F \quad \text{oraz} \quad R + F = Q \quad \rightarrow$$

$$2F = Q \quad \rightarrow \quad F = 98{,}1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$$

## Zadanie 6.3. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>2.3) oblicza momenty sił,<br>2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił). |

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

**Poprawna odpowiedź**
B3

## Zadanie 6.4. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.1) oblicza pracę siły na danej drodze,<br>2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił). |

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

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

## 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:<br>1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu […] podczas zjawiska odrzutu,<br>2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii. |

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

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

**Zadanie 7.2. (0–3)**

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał […] podczas zjawiska odrzutu,<br>2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii,<br>3.2) oblicza wartość energii kinetycznej ciał […]. |

**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:

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

*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 8.1. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego,<br>5.6) oblicza […] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej,<br>5.1) stosuje równanie stanu gazu doskonałego do wyznaczenia parametrów gazu. |

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

**Poprawna odpowiedź**
1. Praca całkowita wykonana w jednym cyklu przez silnik I jest (*mniejsza niż* / <u>*taka sama jak*</u> / *większa niż*) praca całkowita wykonana w jednym cyklu przez silnik II.
2. Maksymalna temperatura gazu w silniku I jest (*mniejsza niż* / <u>*taka sama jak*</u> / *większa niż*) maksymalna temperatura gazu w silniku II.

## Zadanie 8.2. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający: 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymienione ciepło i wykonaną pracę. |

**Schemat punktowania**
1 p. – prawidłowe obliczenie sprawności silnika I.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**

$$\eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}} = \frac{Q_{pobrane} - Q_{oddane}}{Q_{pobrane}} \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{23\ \mathrm{kJ} - 19\ \mathrm{kJ}}{23\ \mathrm{kJ}} = 0{,}17 \qquad (\eta = 17\%)$$

**Zadanie 8.3. (0–2)**

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>5.1) stosuje równanie stanu gazu doskonałego do wyznaczenia parametrów gazu,<br>5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego,<br>5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej,<br>5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia ciepła (z powołaniem się na równanie Clapeyrona i wykorzystaniem zależności między wymienionym ciepłem i przyrostem temperatury) oraz prawidłowy wynik.

1 p. – zapisy pozwalające wyznaczyć stosunek ciepeł pobranych w obu przemianach izochorycznych równy stosunkowi przyrostu temperatur

*lub*

– zapisanie, że w przemianie izochorycznej przyrost temperatury jest proporcjonalny do przyrostu ciśnienia oraz zapisanie wzoru na ciepło pobrane w przemianie izochorycznej

*lub*

– zapisanie prawidłowego wyniku bez powoływania się na odpowiednie zależności.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Korzystamy ze wzoru na ciepło pobrane w przemianie izochorycznej (w objętości $V_1$) przez silnik II oraz z własności tej przemiany i równania Clapeyrona:

$$Q_{II} = nc_V\Delta T_{II} \text{ oraz } \Delta p_{II} = \frac{nR}{V_1}\Delta T_{II}$$

Podobne związki mamy dla przemiany izochorycznej (w objętości $V_1$) w silniku I:

$$Q_{I} = nc_V\Delta T_{I} \text{ oraz } \Delta p_{I} = \frac{nR}{V_1}\Delta T_{I}$$

Zauważamy, że stosunek ciepeł jest równy stosunkowi przyrostów temperatur, a stosunek przyrostów temperatur jest równy stosunkowi przyrostów ciśnień:

$$\frac{Q_{II}}{Q_I} = \frac{\Delta T_{II}}{\Delta T_I} \quad \rightarrow \quad \frac{Q_{II}}{Q_I} = \frac{\Delta p_{II}}{\Delta p_I} = \frac{3p_1 - p_1}{2p_1 - p_1} = 2$$

Ostatecznie otrzymujemy $Q_{II} = 2Q_I = 2 \cdot 3$ kJ $= 6$ kJ.

## Zadanie 9.1. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>1.2) (P) wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej,<br>1.1) wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe),<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. |

**Schemat punktowania**

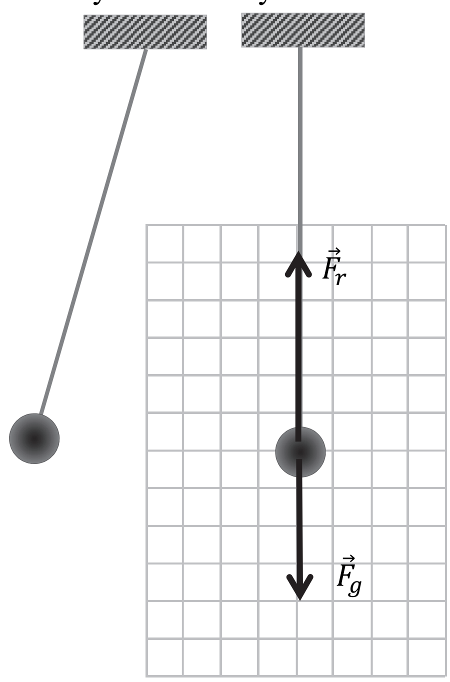
1 p. – prawidłowe narysowanie wektorów sił wraz z ich oznaczeniami oraz prawidłowe zapisanie relacji pomiędzy wartościami sił.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie**

(Rysunek obok).

$$F_r > F_g$$




## Zadanie 9.2. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający: 6.3) oblicza okres drgań […] wahadła matematycznego. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia czasu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką zawarty w przedziale czasu od $t = 1{,}2$ s do $t = 1{,}3$ s.

1 p. – prawidłowa metoda pozwalająca wyznaczyć czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru

*lub*

– prawidłowe obliczenie okresu drgań wahadła

*lub*

– oszacowanie czasu bez powołania się na odpowiednie zależności.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązania**

Sposób 1.

Oszacujemy okres wahań, przyjmując układ za wahadło matematyczne.

Za długość wahadła przyjmiemy odległość od nieruchomego końca liny do środka masy kuli:

$$l = d + r = 6\ \mathrm{m} + 0{,}4\ \mathrm{m} = 6{,}4\ \mathrm{m}$$

Zastosujemy wzór na okres wahadła matematycznego o długości *l*:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\cdot 3{,}14\cdot\sqrt{\frac{6{,}4\ \mathrm{m}}{9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = 5{,}07\ \mathrm{s} \approx 5{,}1\ \mathrm{s}$$

Czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru, wynosi ćwierć okresu:

$$t = \frac{T}{4} = 1{,}27\ \mathrm{s} \approx 1{,}3\ \mathrm{s}$$

*Uwaga! Za długość wahadła l można było przyjąć wartość od l =d do l = d+2r. Zdający nie musi uwzględniać poprawek wynikających z modelu wahadła fizycznego. Skrajne wyniki wychodzą wtedy odpowiednio:* $T = 4{,}91\ \mathrm{s} \approx 4{,}9\ \mathrm{s}$ oraz $t = 1{,}23\ \mathrm{s} \approx 1{,}2\ \mathrm{s}$; $T = 5{,}23\ \mathrm{s} \approx 5{,}2\ \mathrm{s}$ oraz $t = 1{,}31\ \mathrm{s} \approx 1{,}3\ \mathrm{s}$.

Sposób 2.
*Poniżej przykładowe rozwiązanie – dla tych zdających, którzy do rozwiązania mogli użyć metod wykraczających poza podstawę programową – z wykorzystaniem modelu wahadła fizycznego zamiast matematycznego.* Zapiszemy wzór na okres wahadła fizycznego:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_z}{(m+M)\cdot g\cdot l_{SM}}}$$

gdzie $I_z$ jest momentem bezwładności układu lina – kula względem punktu zaczepienia, $m$ jest masą kuli, $M$ jest masą liny, $l_{SM}$ jest odległością od punktu zaczepienia liny do środka masy układu lina – kula. Skorzystamy dalej ze wzoru na środek masy oraz wzoru Steinera i addytywności momentów bezwładności:

$$I_z = \frac{2}{5}mr^2 + m(r+d)^2 + \frac{1}{3}Md^2, \qquad l_{SM} = \frac{(d+r)m + \frac{1}{2}Md}{m+M}$$

Po podstawieniu otrzymujemy:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{2}{5}mr^2 + m(r+d)^2 + \frac{1}{3}Md^2}{g\cdot(d+r)m + \frac{1}{2}gMd}}$$

Zgodnie z poleceniem pominiemy masę liny $M$:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{2}{5}mr^2 + m(r+d)^2}{g\cdot(d+r)m}} = \cdots = 2\pi\sqrt{\frac{d+r}{g}}\cdot\sqrt{\frac{2}{5}\cdot\left(\frac{r}{r+d}\right)^2 + 1}$$

Po podstawieniu danych z zadania otrzymujemy:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{d+r}{g}}\cdot\sqrt{\frac{2}{5}\cdot\left(\frac{r}{r+d}\right)^2 + 1} \approx 2\pi\sqrt{\frac{d+r}{g}}\cdot 1{,}0008 \approx 5{,}08\ \mathrm{s} \approx 5{,}1\ \mathrm{s}$$

Czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru ruchu, wynosi ćwierć okresu:

$$t = \frac{T}{4} = 1{,}27\ \mathrm{s} \approx 1{,}3\ \mathrm{s}$$

## Zadanie 9.3. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>8.2) (G) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia,<br>12.7) krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku,<br>13.2) przeprowadza badania […] polegające na opisie i analizie wyników [pomiarów] dotyczących: […] ruchu wahadła. |

**Schemat punktowania**
1 p. – zapisanie dwóch prawidłowych warunków.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.
*Aby otrzymać punkt, to wszystkie zapisane warunki, niezależnie od ich liczby, muszą być prawidłowe.*

**Poprawna odpowiedź**
Zapisanie dwóch spośród poniżej wymienionych założeń modelu wahadła matematycznego:
- ciało zawieszone na linie musi mieć bardzo małe rozmiary w stosunku do długości liny (idealnie, gdy jest ono punktem materialnym),
- lina, na której zawieszone jest ciało, musi mieć masę dużo mniejszą od masy ciała (idealnie, gdy lina jest nieważka),
- stosunek sił oporów powietrza działających na ciało do ciężaru ciała musi być dużo mniejszy od jedności (idealnie, gdy wahadło znajduje się w próżni),
- kąt maksymalnego wychylenia liny musi być bardzo mały,
- lina nie może być rozciągliwa,
- działanie tylko dwóch sił: reakcji liny oraz grawitacji.

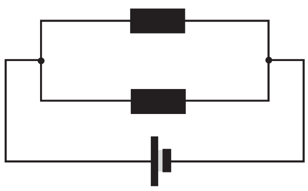
## Zadanie 10.1. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający: 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle. |

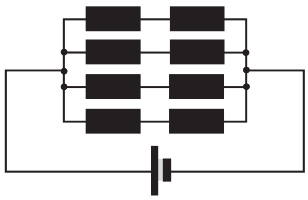
**Schemat punktowania**
1 p. – prawidłowe narysowanie schematu łączenia oporników.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązania**

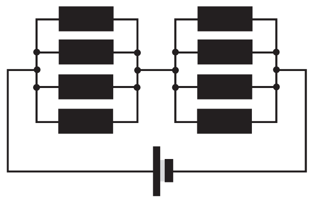
Sposób 1.



Sposób 2.



Sposób 3.



## Zadanie 10.2. (0–4)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych),<br>8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa […],<br>8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych,<br>12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń […]. |

**Schemat punktowania a)**

3 p. – prawidłowe narysowanie wykresu zależności *U(R)* (o kształcie gałęzi hiperboli) wraz z prawidłowo naniesionymi niepewnościami pomiarowymi oraz poprawnym opisem i skalowaniem prawidłowo zorientowanych osi.

2 p. – opisanie i wyskalowanie poprawnie zorientowanych osi oraz naniesienie punktów na wykres wraz z niepewnościami

*lub*

– opisanie i wyskalowanie poprawnie zorientowanych osi, naniesienie punktów na wykres bez niepewności oraz narysowanie krzywej (o kształcie gałęzi hiperboli).

1 p. – opisanie osi (symbol wielkości, jednostka wielkości) oraz dobranie skali jednostek (tak aby co najmniej połowa każdej z osi została wykorzystana) i naniesienie co najmniej 4 punktów

*lub*

– naniesienie punktów na wykres i narysowanie krzywej o kształcie gałęzi hiperboli przy niepoprawnym wyskalowaniu albo opisaniu osi.

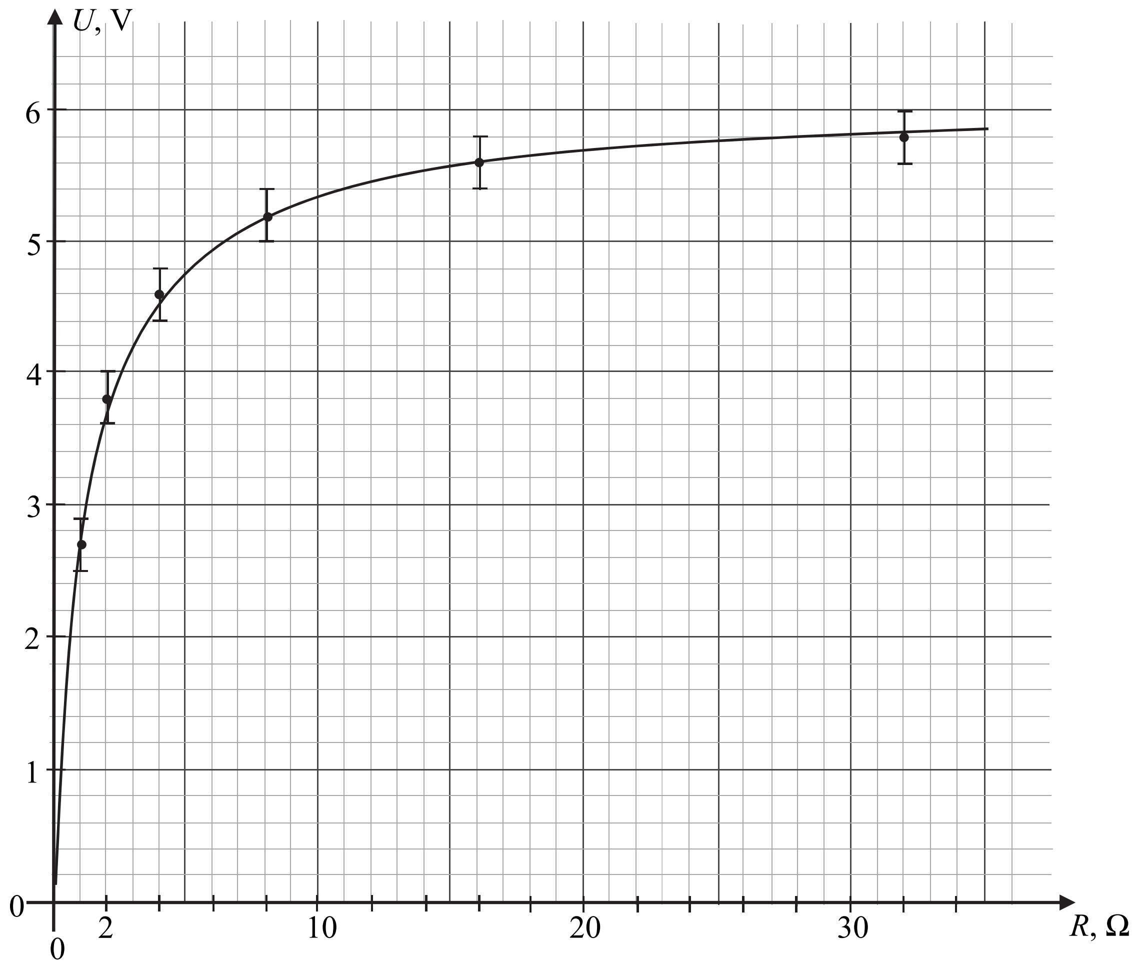
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Schemat punktowania b)**

1 p. – oszacowanie wartości SEM wynikające z kształtu wykresu (hiperboli) dla dużych *R*.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie a)**




**Poprawne rozwiązanie b)**

$$\varepsilon_{SEM} \approx 6 \text{ V}$$

## Zadanie 10.3. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego,<br>4.9) (G) stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych,<br>8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych,<br>12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia wartości SEM i oporu wewnętrznego oraz prawidłowe wyniki z jednostkami.

1 p. – zastosowanie wzoru wynikającego z drugiego prawa Kirchhoffa dla tego obwodu oraz zastosowanie związku pomiędzy natężeniem prądu płynącego przez opornik i napięciem na tym oporniku (może to być uwzględnione w jednym równaniu).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Korzystamy z drugiego prawa Kirchhoffa dla tego obwodu oraz ze związku pomiędzy natężeniem prądu płynącego przez opornik i napięciem na tym oporniku:

$$\varepsilon_{SEM} = Ir + U \text{ oraz } U = IR \quad \rightarrow \quad \varepsilon_{SEM} = \frac{U}{R}r + U$$

Do ostatniego równania podstawiamy wartości z dwóch wybranych pomiarów, np. 2 i 4.

$$\varepsilon_{SEM} = \frac{3{,}8\ \mathrm{V}}{2\ \Omega}r[\Omega] + 3{,}8\ \mathrm{V} \text{ oraz } \varepsilon_{SEM} = \frac{5{,}2\ \mathrm{V}}{8\ \Omega}r[\Omega] + 5{,}2\ \mathrm{V} \rightarrow \varepsilon_{SEM} = 5{,}9\ \mathrm{V},\ \ r = 1{,}12\ \Omega$$

Tabela poniżej przedstawia wyniki dla wszystkich możliwych par pomiarowych ($R$, $U$).

| l.p. | Nr pomiarów $k$ oraz $l$ | $U_k$, V | $U_l$, V | $R_k$, Ω | $R_l$, Ω | $\varepsilon_{SEM\ kl}$, V | $r_{kl}$, Ω |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 oraz 4 | 3,8 | 5,2 | 2 | 8 | 5,93 | 1,12 |
| 2 | 2 oraz 5 | 3,8 | 5,6 | 2 | 16 | 6,01 | 1,16 |
| 3 | 2 oraz 6 | 3,8 | 5,8 | 2 | 32 | 6,01 | 1,16 |
| 4 | 2 oraz 3 | 3,8 | 4,6 | 2 | 4 | 5,83 | 1,07 |
| 5 | 2 oraz 1 | 3,8 | 2,7 | 2 | 1 | 6,41 | 1,38 |
| 6 | 3 oraz 1 | 4,6 | 2,7 | 4 | 1 | 6,01 | 1,23 |
| 7 | 3 oraz 4 | 4,6 | 5,2 | 4 | 8 | 5,98 | 1,2 |
| 8 | 3 oraz 5 | 4,6 | 5,6 | 4 | 16 | 6,04 | 1,25 |
| 9 | 3 oraz 6 | 4,6 | 5,8 | 4 | 32 | 6,02 | 1,24 |
| 10 | 4 oraz 1 | 5,2 | 2,7 | 8 | 1 | 5,99 | 1,22 |
| 11 | 4 oraz 5 | 5,2 | 5,6 | 8 | 16 | 6,07 | 1,33 |
| 12 | 4 oraz 6 | 5,2 | 5,8 | 8 | 32 | 6,03 | 1,28 |
| 13 | 5 oraz 1 | 5,6 | 2,7 | 16 | 1 | 6,03 | 1,23 |
| 14 | 5 oraz 6 | 5,6 | 5,8 | 16 | 32 | 6,01 | 1,19 |
| 15 | 6 oraz 1 | 5,8 | 2,7 | 32 | 1 | 6,02 | 1,23 |

## Zadanie 11.1. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający: 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków. |

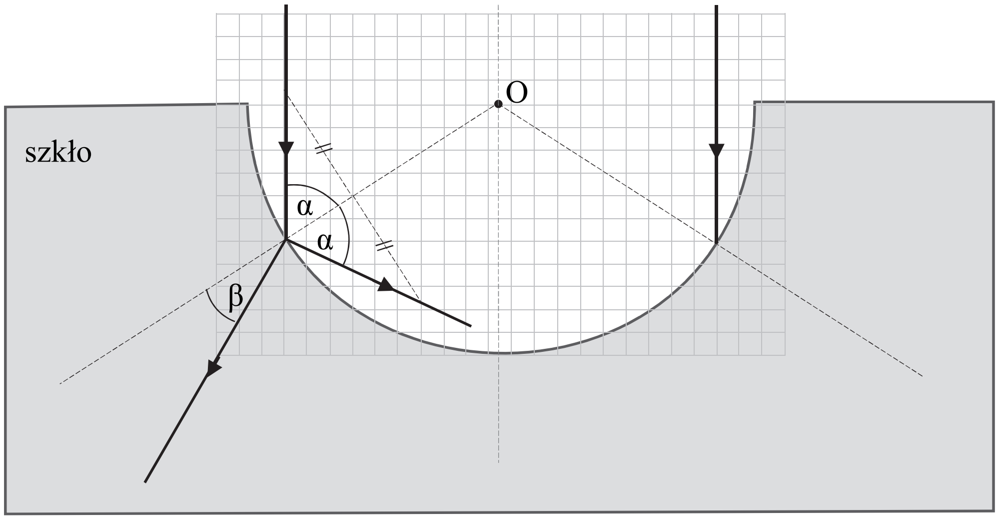
**Schemat punktowania**

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 11.2. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>7.5) (G) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszego optycznie i odwrotnie,<br>8.2) (G) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia. |

**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 12.1. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający: 6.12) opisuje fale stojące […]. |

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

**Poprawna odpowiedź**
A

## Zadanie 12.2. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający: 6.12) opisuje fale stojące […]. |

**Schemat punktowania**
1 p. – prawidłowe wyznaczenie maksymalnej długości fali stojącej.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**
Odległość pomiędzy unieruchomionymi końcami struny musi być wielokrotnością połowy długości fali. W przypadku największej możliwej długości fali połowa tej długości musi się równać długości struny:

$$n \cdot \frac{\lambda}{2} = d \quad \rightarrow \quad 1 \cdot \frac{\lambda_{max}}{2} = d \quad \rightarrow \quad \lambda_{\mathrm{max}} = 2d \quad \rightarrow \quad \lambda_{\mathrm{max}} = 180\ \mathrm{cm}$$

## Zadanie 12.3. (0–2)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie,<br>6.8) stosuje w obliczeniach związek pomiędzy parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością. |

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe wykazanie, że możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz.

1 p. – zastosowanie zależności pomiędzy *n*-tą częstotliwością drgania a częstotliwością podstawową

*lub*

– zapisanie związku pomiędzy częstotliwością i długością fali oraz warunku na długość fali stojącej na strunie.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązania**

Sposób 1.

Korzystamy ze wzoru na częstotliwość drgania n-tej składowej harmonicznej dla struny z unieruchomionymi końcami i zauważamy, że różnica kolejnych częstotliwości jest stała i równa częstotliwości pierwszej składowej harmonicznej:

$$f_n = n\,f_1 \quad\rightarrow\quad f_n - f_{n-1} = n\,f_1 - (n-1)\,f_1 = f_1 \quad\rightarrow\quad f_1 = 675\text{ Hz} - 450\text{ Hz} = 225\text{ Hz}$$

Sprawdzamy, czy możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz:

$$1575\text{ Hz} = k\cdot 225\text{ Hz} \quad\rightarrow\quad k = 7$$

Odp.: Tak, możliwe jest wytworzenie drgań o częstotliwości 1575 Hz.

Sposób 2.

Wyprowadzamy wzór na częstotliwość drgania *n*-tej składowej harmonicznej dla struny o długości *d* z unieruchomionymi końcami:

$$v = \lambda f \quad\rightarrow\quad v = \frac{2d}{n}\cdot f \quad\rightarrow\quad f_n = n\cdot\frac{v}{2d} \quad\rightarrow f_n = n\,f_1 \quad\text{oraz}\quad f_1 = \frac{v}{2d}$$

Zauważamy, że różnica kolejnych częstotliwości jest stała i równa częstotliwości pierwszej składowej harmonicznej:

$$f_n = n\,f_1 \quad\rightarrow\quad f_n - f_{n-1} = f_1 \quad\rightarrow\quad f_1 = 675\text{ Hz} - 450\text{ Hz} = 225\text{ Hz}$$

Sprawdzamy, czy możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz:

$$1575\text{ Hz} = k\cdot 225\text{ Hz} \quad\rightarrow\quad k = 7$$

Odp.: Tak, możliwe jest wytworzenie drgań o częstotliwości 1575 Hz.

Sposób 3.

Korzystamy ze wzoru (lub wyprowadzamy ten wzór, jak powyżej) na częstotliwość drgania n-tej składowej harmonicznej dla struny z unieruchomionymi końcami:

$$f_n = n\,f_1$$

Podstawiamy dane i wyznaczamy $f_1$:

$$675\text{ Hz} = nf_1 \quad\text{oraz}\quad 450\text{ Hz} = (n-1)f_1 \quad\rightarrow\quad f_1 = 225\text{ Hz}$$

Sprawdzamy, czy możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz.

$$1575\text{ Hz} = k\cdot 225\text{ Hz} \quad\rightarrow\quad k = 7$$

Odp.: Tak, możliwe jest wytworzenie drgań o częstotliwości 1575 Hz.

## Zadanie 13.1. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>3.1) (P) posługuje się pojęciami […] jądro atomowe,<br>3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego α,<br>7.1) wykorzystuje prawo Coulomba,<br>1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. |

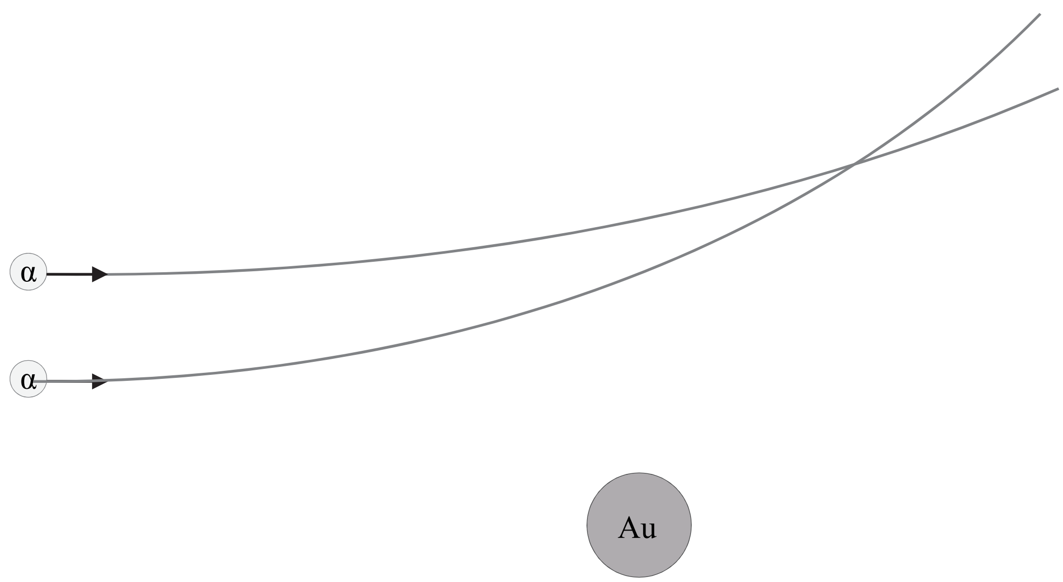
**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowo narysowane tory obu cząstek: oba tory odchylają się od jądra, a krzywizna toru cząstki poruszającej się bliżej jądra jest większa.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie**

Narysowanie dwóch zakrzywionych torów, jak na rysunku poniżej, uwzględniających:
1) odchylanie się każdego z nich do góry (cząstka α i jądro złota odpychają się),
2) większe zakrzywienia toru cząstki poruszającej się bliżej jądra (cząstka α bliżej jądra podlega większej sile, co skutkuje większymi zmianami wektora pędu cząstki w ustalonych odstępach czasu).



## Zadanie 13.2. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>3.1) (P) posługuje się pojęciami […] jądro atomowe, […] proton, […] elektron; podaje skład jądra atomowego,<br>12.8) przedstawia […] tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki. |

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

**Poprawna odpowiedź**
C1

## Zadanie 13.3. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający: 3.1) (P) posługuje się pojęciami: […] deficytu masy i energii wiązania. |

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

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

## Zadanie 13.4. (0–3)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br><br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>3.1) (P) podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej,<br>3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu. |

**Schemat punktowania**
3 p. – prawidłowa metoda obliczenia początkowej energii kinetycznej oraz prawidłowy wynik liczbowy podany w MeV (lub eV).
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia początkowej energii kinetycznej (identyfikacja ładunków cząstki α i jądra złota, zastosowanie zasady zachowania energii, prawidłowa identyfikacja danych) oraz prawidłowy wynik liczbowy, który nie został podany w MeV
*lub*
– prawidłowa metoda obliczenia początkowej energii kinetycznej (identyfikacja ładunków cząstki α i jądra złota, zastosowanie zasady zachowania energii, prawidłowa identyfikacja danych), prowadząca do wyniku w MeV, oraz błąd w obliczeniach.
1 p. – identyfikacja ładunków cząstki α i jądra złota (np. zapisanie we wzorze $158q_\mathrm{e}^2$ lub $2{\cdot}79q_\mathrm{e}^2$) oraz zastosowanie zasady zachowania energii
*lub*
– obliczenie energii kinetycznej w MeV (lub eV) przy błędnej identyfikacją ładunku jąder.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**
Identyfikujemy ładunki elektryczne cząstki alfa i jądra złota jako odpowiednie wielokrotności ładunku elementarnego:

$$q_\alpha = 2q_e\ ,\quad q_\mathrm{Au} = 79q_e$$

Przyrównujemy do siebie energie mechaniczne cząstki alfa w dwóch chwilach: 1) początkowej i 2) gdy zbliżyła się maksymalnie do jądra:

$$E_{kin1} + E_{pot1} = E_{kin2} + E_{pot2} \quad \rightarrow \quad E_{kin1} + 0 = 0 + E_{pot2}$$

$$E_{kin1} = \frac{kq_\alpha q_{Au}}{d}$$

$$E_{kin1} = \frac{158 \cdot 9 \cdot 10^9\ \frac{\mathrm{N{\cdot}m^2}}{\mathrm{C^2}} \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19})^2\ \mathrm{C^2}}{4 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{m}} = 910 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{J} = 5{,}69\ \mathrm{MeV}$$

## Zadanie 14. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>2.4) (P) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii,<br>11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła,<br>11.3) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali […]. |

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

**Poprawna odpowiedź**
A1

## Zadanie 15.1. (0–1)

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.<br><br>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. | Zdający:<br>4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej,<br>4.8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych,<br>12.8) przedstawia […] główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii. |

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

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

## Zadanie 15.2. (0–3)

| Wymagania 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.<br>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. | Zdający:<br>2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu,<br>4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej,<br>3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu. |

**Schemat punktowania**
3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia prędkości liniowej Merkurego w peryhelium oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – prawidłowe (zgodne z oznaczeniami) zapisanie zasady zachowania momentu pędu lub zasady zachowania energii mechanicznej oraz prawidłowe określenie odległości od środka Słońca do peryhelium orbity Merkurego.
1 p. – zapisanie zasady zachowania momentu pędu Merkurego względem Słońca albo zasady zachowania energii mechanicznej.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązania**
Sposób 1. (z zasady zachowania momentu pędu)
Na podstawie danych w tekście zadania i rysunku określamy odległość środka Słońca do punktu aphelium i peryhelium orbity Merkurego:

$$r_a = 0{,}467\text{ au} \quad r_p = 0{,}467\text{ au} - 0{,}159\text{ au} = 0{,}308\text{ au}$$

Korzystamy z zasady zachowania momentu pędu punktu materialnego (tutaj środka masy Merkurego) w ruchu względem punktu centrum (tutaj środka Słońca), gdy działa na niego siła skierowana do tego punktu:

$$p_a r_a = p_p r_p$$

gdzie $p_a$ oraz $p_p$ są pędami Merkurego względem Słońca, odpowiednio w punktach aphelium i peryhelium. Wykonujemy obliczenia:

$$m v_a r_a = m v_p r_p \quad \rightarrow \quad v_p = \frac{r_a}{r_p} v_a \quad \rightarrow \quad v_p = \frac{0{,}467\ \mathrm{au}}{0{,}308\ \mathrm{au}} \cdot 38{,}9\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}} = 58{,}98\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}} \approx 59\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

<u>Sposób 2. (z zasady zachowania energii mechanicznej)</u>
Na podstawie danych i rysunku określamy odległość środka Słońca do punktu aphelium i peryhelium orbity Merkurego:

$$r_a = 0{,}467\ \mathrm{au} \qquad r_p = 0{,}467\ \mathrm{au} - 0{,}159\ \mathrm{au} = 0{,}308\ \mathrm{au}$$

Korzystamy z zasady zachowania energii mechanicznej Merkurego w ruchu pod działaniem siły grawitacji. Energia mechaniczna w peryhelium jest równa energii mechanicznej w aphelium. Energia mechaniczna jest sumą energii potencjalnej i kinetycznej. Przyjmujemy, że energia kinetyczna ruchu obrotowego nie zmienia się podczas ruchu Merkurego, a zatem:

$$E_a = E_p \rightarrow \frac{m v_a^2}{2} - \frac{GMm}{r_a} = \frac{m v_p^2}{2} - \frac{GMm}{r_p} \rightarrow v_p^2 = v_a^2 + \frac{2GM}{r_p} - \frac{2GM}{r_a}$$

$$v_p^2 = v_a^2 + \frac{2GM}{r_p} - \frac{2GM}{r_a} \quad \rightarrow \quad v_p = \sqrt{v_a^2 + \frac{2GM(r_a - r_p)}{r_a r_p}}$$

gdzie *M* jest masą Słońca. Po podstawieniu danych (z uwzględnieniem wartości jednostki astronomicznej) otrzymujemy:

$$v_p = \sqrt{\left(38{,}9 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 + \frac{2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 1{,}99 \cdot 10^{30}\ \mathrm{kg} \cdot 0{,}159\ \mathrm{m}}{0{,}467 \cdot 0{,}308 \cdot 1{,}50 \cdot 10^{11}\ \mathrm{m^2}}}$$

$$v_p = 58{,}9 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 59\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

*Uwaga!*
*Błędem rzeczowym jest w tym zadaniu zapisanie siły grawitacji działającej na Merkurego jako siły dośrodkowej. Wzór na siłę dośrodkową jest słuszny tylko dla ruchu po okręgu, a Merkury nie porusza się po orbicie kołowej. Ponadto Merkury ma w punkcie peryhelium prędkość większą od prędkości, jaka byłaby potrzebna dla ruchu po orbicie kołowej o promieniu $r_p$ (ponieważ po przejściu przez peryhelium, aż do aphelium, Merkury oddala się od Słońca).*

**Zadanie 16. (0–1)**

| Wymagania ogólne | Wymagania szczegółowe |
|---|---|
| I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | Zdający:<br>11.5) określa długość fali de Broglie’a poruszających się cząstek,<br>6.10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego,<br>10.3) opisuje doświadczenie Younga. |

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A4