

**PRÓBNY EGZAMIN MATURALNY  
Z NOWĄ ERA 2015/1016**

**FIZYKA  
POZIOM ROZSZERZONY**

**ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ**

Uwaga: Akceptowane są wszystkie odpowiedzi merytorycznie poprawne i spełniające warunki zadania. Końcowe wyniki mogą się różnić od podanych o ok. 1% ze względu na zaokrąglenia.

### Zadanie 1.1. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	1. Ruch punktu materialnego. Zdający: 4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu.

### Przykładowe rozwiązanie

Dzielimy wykres  $v_x(t)$  na przedziały.

Przyspieszenie w przedziale czasu (0 s; 1 s):

$$\frac{\Delta v_x}{\Delta t} = 0.$$

Przyspieszenie w przedziale czasu (1 s; 2 s):

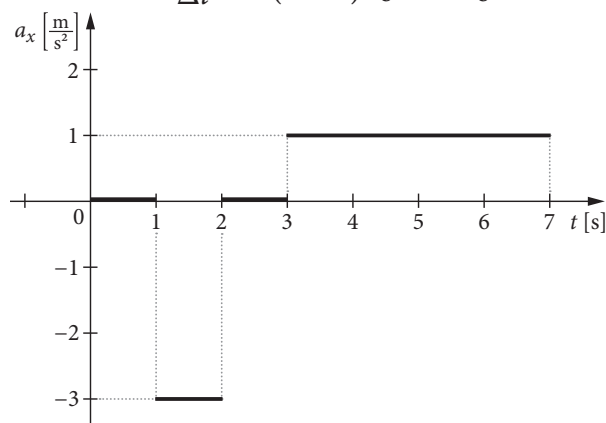
$$\frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{(0 - 3)}{(2 - 1)} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Przyspieszenie w przedziale czasu (2 s; 3 s):

$$\frac{\Delta v_x}{\Delta t} = 0.$$

Przyspieszenie w przedziale (3 s; 7 s):

$$\frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{(4 - 0)}{(7 - 3)} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$



### Schemat punktowania

3 p. – całkowicie poprawny wykres.

2 p. – poprawny wykres dla przedziałów (0 s; 1 s) i (2 s; 7 s), ale błędne  $a_x$  dla przedziału (1 s; 2 s) lub poprawny przebieg  $a_x(t)$ , ale brak oznaczenia jednej z osi lub nieokreślona skala na jednej z osi.

1 p. – poprawne odcinki zerowe lub poprawne jakościowo pozostałe odcinki.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 1.2. (0–2)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
GIMNAZJUM I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	GIMNAZJUM 1. Ruch prostoliniowy i siły. Zdający: 1) posługuje się pojęciem prędkości do opisu ruchu; przelicza jednostki prędkości; 2) odczytuje prędkość i przebytą odległość z wykresów zależności drogi i prędkości od czasu oraz rysuje te wykresy na podstawie opisu słownego.

**Przykładowe rozwiązanie**

Droga  $s$  jest równa polu między wykresem  $v_x(t)$  a osią  $t$ :

$$s = (3 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 4) \text{ m} = 12,5 \text{ m}.$$

**Schemat punktowania**

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość  $s$ .

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i niepoprawna wartość  $s$ .

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 2. (0–1)**

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: 8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. 3. Energia mechaniczna. Zdający: 1) oblicza pracę siły na danej drodze. GIMNAZJUM 1. Ruch prostoliniowy i siły. Zdający: 6) posługuje się pojęciem przyspieszenia do opisu ruchu prostoliniowego jednostajnie przyspieszonego; 9) posługuje się pojęciem siły ciężkości; 12) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała.

**Poprawne odpowiedzi**

F, P, F

**Schemat punktowania**

1 p. – trzy poprawne odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Zadanie 3. (0–2)

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

#### Przykładowe rozwiązanie

Oznaczenia:  $v$  – wartość prędkości,  $a$  – wartość przyspieszenia,  $t$  – czas,  $s$  – droga.

$$v = at$$

$$s = \frac{1}{2} at^2$$

A zatem:

$$\sqrt{2sa} = v$$

Ten wzór może być uzyskany na wiele sposobów, np.:

- z zasady zachowania energii w polu stałej siły ( $mas = \frac{1}{2} mv^2$ ),
- z obliczenia pola pod wykresem  $v(t)$ , czyli pola trójkąta o przyprostokątnych  $v$  oraz  $\frac{v}{a}$ .

Wobec tego:

$$\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{s'}{s}}.$$

gdzie  $v'$  jest wartością prędkości po przebyciu drogi  $s'$ .

Wynik:

$$v' = v\sqrt{\frac{s'}{s}} = 9,90 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

#### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość prędkości.

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości, ale niepoprawny końcowy wynik (popołnienie błędu rachunkowego, niemniej wynik powinien być mniejszy od  $14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  i większy od  $7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 4. (0–1)

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: 1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

#### Poprawna odpowiedź

B

### Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Zadanie 5. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	7. Pole elektryczne. Zdający: 1) wykorzystuje prawo Coulomba do obliczenia siły oddziaływania elektrostatycznego między ładunkami punktowymi. GIMNAZJUM 4. Elektryczność. Zdający: 4) stosuje zasadę zachowania ładunku elektrycznego.

#### Poprawna odpowiedź

A

### Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

#### Zadanie 6. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	5. Termodynamika. Zdający: 12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.

#### Przykładowe rozwiązania

##### Rozwiązanie 1.

$T$  – temperatura układu po stopieniu się całego lodu

$$m_L = 10 \text{ kg}$$

$$m_w = 50 \text{ kg}$$

$$Q = 5800 \text{ kJ}$$

$$c_L = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$L_t = 330 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$T_w = 50^\circ\text{C}$$

$$T_L = -5^\circ\text{C}$$

Bilans energetyczny ( $T$  w  $^{\circ}\text{C}$ ):

$$m_w c_w (T_w - T) = Q + m_L [L_t + c_L (0^{\circ}\text{C} - T_L) + c_w (T - 0^{\circ}\text{C})]$$

$$T = \frac{m_w c_w T_w - Q - m_L L_t + m_L c_L T_L}{c_w (m_L + m_w)}$$

$$T = 5,14^{\circ}\text{C}$$

$$T \approx 5^{\circ}\text{C}$$

### Rozwiązanie 2.

$T$  – temperatura układu po stopieniu się całego lodu

$$m_L = 10 \text{ kg}$$

$$m_w = 50 \text{ kg}$$

$$Q = 5800 \text{ kJ}$$

$$c_L = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$L_t = 330 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$T_w = 323 \text{ K}$$

$$T_L = 268 \text{ K}$$

Bilans energetyczny ( $T$  w K):

$$m_w c_w (T_w - T) = Q + m_L [L_t + c_L (273 \text{ K} - T_L) + c_w (T - 273 \text{ K})]$$

$$T = \frac{m_w c_w T_w - Q - m_L L_t - m_L c_L (273 \text{ K} - T_L) - m_L c_w 273 \text{ K}}{c_w (m_L + m_w)}$$

$$T \approx 278 \text{ K}$$

### **Schemat punktowania**

3 p. – obliczenia prowadzące do poprawnego wyniku i poprawna wartość  $T$ .

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnego wyniku i uzyskanie niepoprawnej wartości  $T$  na skutek błędu czysto rachunkowego, pod warunkiem, że  $T < 50^{\circ}\text{C}$ . Jeśli uzyskano  $T < 0^{\circ}\text{C}$ , 2 p. są przyznawane pod warunkiem umieszczenia przez rozwiązującego odpowiedniego komentarza lub wypisania bilansu dla przypadku, gdy nie cały lód się stopił.

1 p. – obliczenia nieuwzględniające ciepła oddanego otoczeniu lub ciepła potrzebnego na ogrzanie lodu (poza tym poprawne).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów, w szczególności rozwiązania, w których ciepło właściwe wyrażone jest w jednostkach  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ , a jego wartość liczbowa jest różna od wartości wyrażonej w  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .

### Zadanie 7. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Zdający: 4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.

#### Przykładowe rozwiązanie

Korzystamy z równania siatki dyfrakcyjnej. Skoro 2. rząd widma nie jest rejestrowany (mimo intensywnej wiązki), to podwojona długość fali  $\lambda$  jest równa lub większa od odległości między rysami na siatce, czyli:

$$2\lambda \geq \frac{1 \text{ mm}}{1000}.$$

Zatem:

$$\lambda \geq 0,5 \mu\text{m}.$$

A skoro 1. rząd widma jest rejestrowany, to długość fali jest mniejsza niż odległości między rysami na siatce, czyli:

$$\lambda < 1 \mu\text{m}.$$

Ostatecznie:

$$0,5 \mu\text{m} \leq \lambda < 1 \mu\text{m}.$$

#### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia i argumenty prowadzące do poprawnych ograniczeń na  $\lambda$  i uzyskanie poprawnych ograniczeń (obie równości mogą być ostre).

1 p. – obliczenia i argumenty prowadzące do jednego poprawnego ograniczenia na  $\lambda$  i uzyskanie poprawnego ograniczenia lub obliczenia i argumenty prowadzące do dwóch poprawnych ograniczeń na  $\lambda$  i uzyskanie niepoprawnych ograniczeń na skutek błędów rachunkowych.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 8. (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: 2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną; 6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

#### Poprawna odpowiedź

C2

#### Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 9.1. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający: 1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu.

**Przykładowe rozwiązanie**

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$l_0 = 21 \text{ cm}$$

$$l_s = 25 \text{ cm}$$

Wydłużenie sprężyny obciążonej paczką soli:

$$x_s = l_s - l_0 = 0,04 \text{ m.}$$

Siła działająca na sprężynę jest równa ciężarowi paczki soli. Z prawa Hooke'a:

$$k = \frac{mg}{x_s} = 245 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

**Schemat punktowania**

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnego wyniku i poprawny wynik w wymaganych jednostkach.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 9.2. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający: 1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu.

**Przykładowe rozwiązanie**

$M$  – masa dyni

$$l_d = 31 \text{ cm}$$

$$x_d = l_d - l_0 = 0,1 \text{ m}$$

Z prawa Hooke'a:

$$Mg = k x_d$$

$$M = \frac{m \cdot x_d}{x_s} = 2,5 \text{ kg}$$

**Schemat punktowania**

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnego wyniku i poprawny wynik w wymaganych jednostkach; obliczenia mogą rozpoczynać się od poprawnej równości  $\frac{M}{x_d} = \frac{m}{x_s}$  bez uzasadnienia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.



### Zadanie 9.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający: 3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego. 12. Wymagania przekrojowe. Zdający: 6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczonej wielkości fizycznej).

#### Przykładowe rozwiązanie

Stałą sprężystości sprężyny obliczamy ze wzoru:

$$k' = \frac{m(2\pi)^2}{T^2}.$$

Dla kolejnych pomiarów otrzymujemy wartości:  $245 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ;  $235 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ;  $257 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ;  $239 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ . Do obliczeń przyjęto  $\pi = 3,14$ .

Średnia wartość stałej sprężystości sprężyny:

$$k' = 244 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

Bezwzględna niepewność pomiarową obliczamy na podstawie wzoru:

$$\Delta k' = \frac{k'_{\max} - k'_{\min}}{2}$$

$$\Delta k' = 11 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

Wynik zapisujemy w postaci:

$$k' = (244 \pm 11) \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

#### Schemat punktowania

3 p. – obliczenie wartości stałej sprężystości i oszacowanie jej niepewności.

2 p. – obliczenie wartości stałej sprężystości bez oszacowania jej niepewności.

1 p. – zapisanie wzoru na współczynnik sprężystości wykorzystującego masę ciężarka i okres drgań sprężyny.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 9.4. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	12. Wymagania przekrojowe. Zdający: 6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczonej wielkości fizycznej).

### Przykładowe rozwiązanie

Wybrane czynniki wpływające na wielkość niepewności wyznaczenia stałej sprężystości w opisanych pomiarach (dowolne 3 z poniższych):

- niepewność pomiaru długości sprężyny,
- niepewność przyjętej masy paczki soli,
- odstępstwa od prawa Hooke’a,
- niepewność pomiaru czasu,
- niepewność obliczonej wartości wynikająca z nieuwzględnienia masy sprężyny we wzorze na okres drgań.

### Schemat punktowania

2 p. – podanie 3 lub większej liczby istotnych czynników, brak nieistotnych czynników.

1 p. – podanie 2 istotnych czynników, bez względu na liczbę wymienionych nieistotnych czynników.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 10. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. GIMNAZJUM I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	1. Ruch punktu materialnego. Zdający: 8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. GIMNAZJUM 3. Właściwości materii. Zdający: 6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego i atmosferycznego); 7) formułuje prawo Pascala i podaje przykłady jego zastosowania.

### Przykładowe rozwiązanie

Zgodnie z prawem Pascala ciśnienie wywierane przez olej na tłoki, jeśli tłoki są na tym samym poziomie, jest takie samo. Ciśnienie jest równe ciężarowi tłoka  $Q$  podzielonemu przez powierzchnię jego podstawy  $S$ :

$$p_1 = p_2 \\ \frac{Q_1}{S_1} = \frac{Q_2}{S_2}.$$

Po dodaniu odważników o ciężarze  $Q'$  i utrzymaniu pozycji tłoków:

$$\frac{(Q'_1 + Q_1)}{S_1} = \frac{(Q'_2 + Q_2)}{S_2}.$$

Widać, że ciężary tłoków nie wpłyną na wynik. Ponieważ ciężary odważników są proporcjonalne do ich mas  $m'$ , a pola powierzchni podstaw do kwadratów średnic tłoków  $d$ , otrzymujemy:

$$\frac{m'_1}{d_1^2} = \frac{m'_2}{d_2^2}.$$

Masa odważnika, który należy umieścić na małym tłoku:

$$m'_1 = \frac{m'_2 d_1^2}{d_2^2} = 2,5 \text{ kg.}$$

### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość masy odważnika; brak wpływu mas tłoków nie musi być dowiedziony.

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości, ale niepoprawny końcowy wynik (popelnienie błędu rachunkowego, niemniej wynik nie powinien różnić się więcej niż o czynnik 10 od wyniku poprawnego).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 11.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. GIMNAZJUM I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	5. Termodynamika. Zdający: 1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu. GIMNAZJUM 3. Właściwości materii. Zdający: 8) analizuje i porównuje wartości sił wyporu dla ciał zanurzonych w cieczy lub gazie.

### Przykładowe rozwiązanie

Objętość helu w balonie obliczamy z równania Clapeyrona  $pV = nRT$ :

$$V = \frac{nRT}{p} = 0,0623 \text{ m}^3.$$

Wartość siły wyporu działającej na balon:

$$F_w = \rho V_g = 0,734 \text{ N.}$$

### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość siły wyporu.

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości, ale niepoprawny końcowy wynik (popelnienie błędu rachunkowego, niemniej wynik nie powinien różnić się więcej niż o czynnik 10 od wyniku poprawnego).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 11.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. GIMNAZJUM</p> <p>I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.</p>	<p>1. Ruch punktu materialnego. Zdający: 8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. GIMNAZJUM</p> <p>3. Właściwości materii. Zdający: 9) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesesa.</p>

#### Przykładowe rozwiązanie

Ciężar balonu z helu ( $m_{\text{He}} = 3 \cdot 4 \text{ g}$  – masa helu) i wiszącym fragmentem sznurka  $Q$  musi być równy wartości siły wyporu:

$$Q = F_w$$

$$Q = (m_p + m_{\text{He}} + \lambda h)g$$

$$h = \frac{\frac{F_w}{g} - m_p - m_{\text{He}}}{\lambda} = 2,48 \text{ m}$$

#### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość  $h$ .

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości, ale niepoprawny końcowy wynik (popelnienie błędu rachunkowego, w tym błędna wartość siły wyporu  $F_w$  z poprzednich obliczeń, niemniej wynik nie powinien różnić się więcej niż o czynnik 10 od poprawnego wyniku).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 11.3. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
<p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p>	<p>1. Ruch punktu materialnego. Zdający: 8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.</p>

#### Przykładowe rozwiązanie

Siły oporu pojawiają się dopiero podczas ruchu. Z drugiej zasady dynamiki obliczamy początkowe przyspieszenie balonu:

$$a (m_p + m_{\text{He}}) = F_w - (m_p + m_{\text{He}}) g$$

$$a = \frac{F_w}{(m_p + m_{\text{He}})} - g = 4,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Balon nie będzie poruszać się cały czas z takim przyspieszeniem, gdyż zacznie działać na niego siła oporu powietrza.

### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość  $a$  oraz poprawny wniosek z uzasadnieniem.

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości, ale niepoprawny końcowy wynik (popelnienie błędu rachunkowego, w tym błędna wartość siły  $F_w$  z poprzednich obliczeń, niemniej wynik nie powinien różnić się więcej niż o czynnik 10 od wyniku poprawnego) oraz poprawny wniosek z uzasadnieniem.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 12.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	1. Ruch punktu materialnego. Zdający: 8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał.

### Przykładowe rozwiązanie

Zgodnie z drugą zasadą dynamiki suma składowych poziomych sił działających na nieruchomą szafę jest równa 0. Wartość siły tarcia statycznego jest więc równa wartości siły, z jaką Marek napiera na szafę, czyli 1110 N.

### Schemat punktowania

1 p. – podanie poprawnej wartości siły tarcia, czyli 1110 N (uzasadnienie nie jest konieczne).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Zadanie 12.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
GIMNAZJUM III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.	GIMNAZJUM 1. Ruch prostoliniowy i siły. Zdający: 7) opisuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 12) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała.

### Poprawna odpowiedź

C

### Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 13.1. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Zdający: 8) stosuje w obliczeniach związki między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością. 10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Zdający: 5) opisuje i wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu i przy przejściu przez polaryzator; 6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

**Poprawna odpowiedź**

C

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 13.2. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Zdający: 6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

**Przykładowe rozwiązanie**

Z prawa załamania:  $n_p > n_s$ , gdzie  $n_p$  to współczynnik załamania plastiku, a  $n_s$  współczynnik załamania szkła.

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 14. (0–2)**

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

### Przykładowe rozwiązanie

Odległość kolczyka od obiektywu –  $x$ . Równanie soczewki ( $y = 66,00$  mm):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$$
$$x = 2,11 \text{ m}$$

Stosunek średnic jest równy:

$$\frac{x}{y} = 32.$$

### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnych wartości oraz poprawne wartości odległości i stosunku średnic.

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnych wartości oraz poprawna wartość tylko odległości lub tylko stosunku średnic.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 15.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. POZIOM PODSTAWOWY I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	POZIOM PODSTAWOWY 3. Fizyka jądrowa. Zdający: 1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej; 4) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu; wyjaśnia zasadę datowania substancji na podstawie składu izotopowego, np. datowanie węglem $^{14}\text{C}$ .

### Przykładowe rozwiązanie

1. Należy wyznaczyć początkową masę jąder potasu  $^{40}\text{K}$ . Do obliczenia potrzebne są: obecna masa potasu  $^{40}\text{K}$ , obecna masa argonu  $^{40}\text{Ar}$  i informacja, że 11% potasu  $^{40}\text{K}$  rozpada się do argonu  $^{40}\text{Ar}$ .

2. Zgodnie z prawem rozpadu promieniotwórczego można oszacować wiek próbki. Potrzebne dane to: masa początkowa potasu  $^{40}\text{K}$ , obecna masa potasu  $^{40}\text{K}$ , czas połowicznego rozpadu potasu  $^{40}\text{K}$ .

### Schemat punktowania

2 p. – wymienienie niezbędnych etapów postępowania 1 i 2 (lub równoważnych) wraz z danymi potrzebnymi do realizacji każdego etapu, dopuszczalne jest pominięcie danej „obecna masa potasu  $^{40}\text{K}$ ” na etapie 2; wymienienie wszystkiego jako jednego etapu, ale z poprawnym opisem, jakie wielkości potrzebne są do obliczenia początkowej masy potasu.

1 p. – wymienienie niezbędnych etapów postępowania 1 i 2 (lub równoważnych) bez wymienienia niezbędnych danych lub niepoprawne wymienienie danych (np. bez przypisania ich do danego etapu postępowania).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 15.2. (0–1)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. POZIOM PODSTAWOWY I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	12. Wymagania przekrojowe. Zdający: 4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli, także za pomocą wykresu. POZIOM PODSTAWOWY 3. Fizyka jądrowa. Zdający: 4) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu; wyjaśnia zasadę datowania substancji na podstawie składu izotopowego, np. datowanie węglem $^{14}\text{C}$ .

**Poprawna odpowiedź**

C

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 16.1. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	5. Termodynamika. Zdający: 4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek.

**Przykładowe rozwiązanie**

$$E_{k\text{śr}} = \frac{3}{2}kT$$

$$\frac{E_{k1\text{śr}}}{E_{k2\text{śr}}} = \frac{T_1}{T_2} = 1,79$$

**Schemat punktowania**

1 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość ilorazu.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.



**Zadanie 16.2. (0–1)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. POZIOM PODSTAWOWY III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.	11. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Zdający: 1) opisuje założenia kwantowego modelu światła. POZIOM PODSTAWOWY 2. Fizyka atomowa. Zdający: 5) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu.

**Poprawna odpowiedź**

B2

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 16.3. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	POZIOM PODSTAWOWY 2. Fizyka atomowa. Zdający: 4) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii.

**Przykładowe rozwiązanie**

Aparatura próżniowa utrzymywana w temperaturze pokojowej może przekazać ciepło próbce gazu poprzez promieniowanie elektromagnetyczne, które aparatura wysyła.

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź (wystarczy „promieniowanie”).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 17.1. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	7. Pole elektryczne. Zdający: 10) oblicza pracę potrzebną do naładowania kondensatora.

**Przykładowe rozwiązanie**

Jeśli prąd przestał płynąć, to napięcie na kondensatorze jest równe 5 V. Ładunek zgromadzony na okładce jest równy iloczynowi średniego natężenia i czasu. Energia zmagazynowana w naładowanym kondensatorze:

$$W = Q U = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 10 \text{ s} \cdot 5 \text{ V} = 12,5 \text{ mJ}.$$

**Schemat punktowania**

1 p. – obliczenia (przedstawione lub równoważne) prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość energii.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 17.2. (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: 1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego; 6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze.

**Przykładowe rozwiązanie**

Część energii została rozproszona na oporze wewnętrznym.

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 17.3. (0–2)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	7. Pole elektryczne. Zdający: 8) posługuje się pojęciem pojemności elektrycznej kondensatora; 9) oblicza pojemność kondensatora płaskiego, znając jego cechy geometryczne.

**Przykładowe rozwiązanie**

Pojemność kondensatora:

$$C = \frac{I \cdot t}{U} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 10 \text{ s}}{5 \text{ V}}.$$

Pole powierzchni okładki ( $d$  – odległość między okładkami):

$$S = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0} = \frac{10^{-3} \text{ F} \cdot 10^{-4} \text{ m}}{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} = 1,13 \cdot 10^4 \text{ m}^2.$$

### Schemat punktowania

2 p. – obliczenia prowadzące do poprawnej wartości i poprawna wartość  $S$ .

1 p. – poprawne obliczenie pojemności kondensatora.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 18.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Zdający: 1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica); 6) analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym.

### Poprawna odpowiedź

D

### Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Zadanie 18.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Zdający: 6) analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym.

### Przykładowe rozwiązanie

Wartość siły elektrodynamicznej  $F$ :

$$F = IlB = 1,2 \text{ A} \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 0,1 \frac{\text{N}}{\text{Am}} = 7,2 \text{ mN}.$$

### Schemat punktowania

1 p. – poprawne wyznaczenie wartości siły elektrodynamicznej.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 18.3. (0–1)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p> <p>GIMNAZJUM</p> <p>I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.</p>	<p>8. Prąd stały. Zdający:</p> <p>1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego;</p> <p>4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.</p> <p>GIMNAZJUM</p> <p>8. Wymagania przekrojowe. Zdający:</p> <p>2) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia.</p>

**Przykładowe rozwiązanie**

Nie zgodność można wyjaśnić, uwzględniając następujące czynniki:

- napięcie między biegunami baterii jest znacznie mniejsze niż 1,6 V ze względu na opór wewnętrzny baterii, który jest najwyraźniej większy niż opór ramki;
- opór wewnętrzny baterii, ze względu na jej konstrukcję, gwałtownie wzrasta przy zwarcu;
- oprócz oporu samej ramki należy uwzględnić opór na stykach ramka – bateria, ramka – magnes oraz opór magnesu;
- podczas obracania się wirnika w polu magnetycznym w wirniku powstaje siła elektromotoryczna indukcji zwrócona przeciwnie do siły elektromotorycznej baterii.

**Schemat punktowania**

- 1 p. – podanie co najmniej 1 poprawnego czynnika pomocnego przy wyjaśnieniu pozornej niezgodności.  
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Zadanie 18.4. (0–1)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>GIMNAZJUM</p> <p>IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularnonaukowych).</p>	<p>GIMNAZJUM</p> <p>5. Magnetyzm. Zdający:</p> <p>3) opisuje oddziaływanie magnesów na żelazo i podaje przykłady wykorzystania tego oddziaływania.</p> <p>8. Wymagania przekrojowe. Zdający:</p> <p>2) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia.</p>

**Przykładowe rozwiązanie**

Nieferromagnetyczna ramka może się w miarę swobodnie obracać, mimo że dotyka magnesu. Ferromagnetyczna ramka przylgnęłaby do magnesu i jej obrót byłby albo niemożliwy, albo znacznie wolniejszy.

### Schemat punktowania

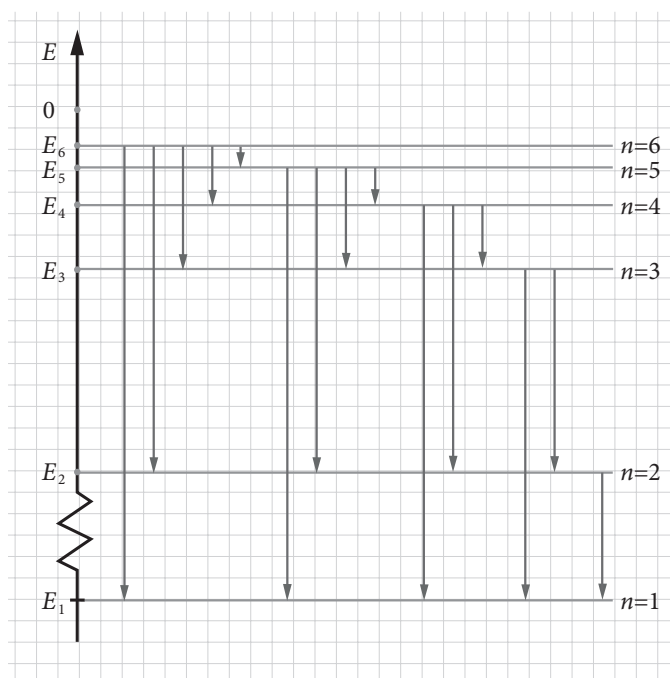
1 p. – wskazanie na oddziaływanie ramka – magnes i wpływ tego oddziaływania na funkcjonowanie układu.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Zadanie 19.1. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
POZIOM PODSTAWOWY I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	POZIOM PODSTAWOWY 2. Fizyka atomowa. Zdający: 3) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone; 4) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii; 5) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu.

### Przykładowe rozwiązanie



### Schemat punktowania

3 p. – wykonanie rysunku, na którym widoczne są poziomy, oznaczone od 1 do 6, oraz dokładnie 15 różnych przejść.

2 p. – wykonanie rysunku, na którym są widoczne poziomy od 1 do 6 oraz od 13 do 14 różnych przejść lub 15 przejść, w tym co najwyżej 2 przejścia dublujące przejścia już zaznaczone.

1 p. – wykonanie rysunku, na którym są widoczne poziomy od 1 do 6 oraz niepoprawny poziom oznaczony liczbą 0 oraz dokładnie 21 różnych przejść.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Zadanie 19.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
POZIOM PODSTAWOWY I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.	POZIOM PODSTAWOWY 2. Fizyka atomowa. Zdający: 2) interpretuje linie widmowe jako przejścia między poziomami energetycznymi atomów; 5) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu.

#### Poprawna odpowiedź

15

#### Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź (wystarczy sama liczba).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Zadanie 19.3. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	11. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Zdający: 3) stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy. 12. Wymagania przekrojowe. Zdający: 3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem.

#### Przykładowe rozwiązanie

Energia fotonu  $E$  jest proporcjonalna do jego częstotliwości  $f$ . Emitowane fotony mają największą częstotliwość dla przejścia z  $n = 6$  na  $n = 1$ :

$$E = E_6 - E_1 = -13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \left( \frac{1}{6^2} - \frac{1}{1^2} \right) \text{J} = 2,12 \cdot 10^{-18} \text{J}$$

$$f = \frac{E}{h} = \frac{2,12 \cdot 10^{-18}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \text{Hz} = 3,19 \cdot 10^{15} \text{Hz}$$

#### Schemat punktowania

2 p. – poprawne wskazanie przejścia, zapisanie obliczeń prowadzących do poprawnej wartości częstotliwości oraz uzyskanie poprawnego wyniku.

1 p. – poprawne wskazanie przejścia i zastosowanie poprawnego wzoru na  $E_n$ , ale uzyskanie niepoprawnej wartości częstotliwości lub brak obliczeń.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Zadanie 19.4. (0–3)**

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.</p> <p>V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.</p>	<p>11. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Zdający:</p> <p>3) stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy.</p> <p>12. Wymagania przekrojowe. Zdający:</p> <p>3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem;</p> <p>6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczonej wielkości fizycznej).</p>

**Przykładowe rozwiązanie**

Długości fal dla wymienionych przejść:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{ch}{E}$$

$$ch = 3 \cdot 10^8 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Jm} = 1,99 \cdot 10^{-25} \text{ Jm}$$

$$E_A = E_5 - E_4 = -13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{4^2} \right) \text{ J} = 4,90 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$\lambda_A = 4,06 \text{ } \mu\text{m}$$

$$E_B = E_5 - E_3 = -13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2} \right) \text{ J} = 1,55 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda_B = 1,29 \text{ } \mu\text{m}$$

Laborant może stwierdzić występowanie tych dwóch przejść, gdyż niepewność pomiaru długości fali  $r$  jest kilkukrotnie mniejsza niż różnica  $\lambda_A - \lambda_B$ :

$$\frac{\lambda_A - \lambda_B}{r} = 6,93$$

Spełniona jest nierówność:  $\lambda_A - \lambda_B > r$

**Schemat punktowania**

3 p. – zapisanie obliczeń prowadzących do poprawnych wartości długości fal dla przejść A i B, uzyskanie poprawnych wartości długości fal, zauważenie, że różnica długości fal jest większa niż niepewność pomiaru, poprawny wniosek dotyczący możliwości obserwacji dwóch przejść; należy uznać również alternatywne rozwiązania, które są równoważne z zaprezentowanym (np. rozpatrywanie odwrotności długości fal, z poprawnym obliczeniem niepewności pomiarowej dla takiej wielkości).

2 p. – zapisanie obliczeń prowadzących do poprawnych wartości długości fal dla przejść A i B, uzyskanie poprawnych wartości długości fal, poprawny wniosek na temat możliwości obserwacji dwóch przejść bez względu na poprawność uzasadnienia.

1 p. – zapisanie obliczeń prowadzących do poprawnych wartości długości fal dla przejść A i B, ale uzyskanie co najmniej jednej niepoprawnej wartości długości fali, wniosek na temat możliwości obserwacji dwóch przejść z poprawnym uzasadnieniem (w związku z błędem rachunkowym dotyczącym długości fali wniosek może być niepoprawny, ale wnioskowanie powinno być poprawne).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.