

**EGZAMIN MATURALNY  
W ROKU SZKOLNYM 2018/2019**

**FIZYKA**

**POZIOM ROZSZERZONY**

**FORMUŁA OD 2015**

**(„NOWA MATURA”)**

**ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ**

**ARKUSZ MFA-R1**

**MAJ 2019**

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

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

#### **Zadanie 1.1. (0–2)**

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

#### **Schemat punktowania**

- 2 p. – prawidłowa metoda obliczenia czasu ruchu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.  
1 p. – wyodrębnienie pionowej składowej ruchu i zapisanie prawidłowej zależności wiążącej drogę/wysokość (lub położenie) z czasem spadku swobodnego pionowego bez prędkości początkowej.  
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### **Przykładowe rozwiązanie**

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

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

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

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

#### **Zadanie 1.2. (0–2)**

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

**Schemat punktowania**

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

**Przykładowe rozwiązanie**

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

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

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

**Zadanie 1.3. (0–1)**

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

**Schemat punktowania**

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

**Poprawna odpowiedź**

B

**Zadanie 1.4. (0–1)**

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

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A2

**Zadanie 2. (0–1)**

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

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

A

**Zadanie 3.1. (0–2)**

| Wymagania ogólne                                                                                                                                                                                                                      | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.<br><br>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. | 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>2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił;<br>1.1) [...] wykonuje działania na wektorach. |

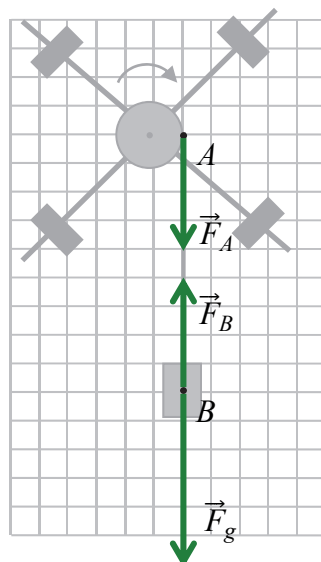
**Schemat punktowania**2 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił  $\vec{F}_B$ ,  $\vec{F}_g$ ,  $\vec{F}_A$  oraz prawidłowe wpisanie relacji **1) i 2)**.1 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił  $\vec{F}_B$ ,  $\vec{F}_g$  oraz prawidłowe zapisanie relacji **1)** między nimi  
*lub*– prawidłowe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

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**  
(Rysunek obok).

1)  $F_B < F_g$

2)  $F_B = F_A$



### Zadanie 3.2. (0–5)

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

**a) (0–2)**

#### Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe obliczenie przyspieszenia i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – prawidłowe zapisanie wzoru wiążącego przyspieszenie z drogą/wysokością i czasem w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej  
lub

– zapisanie wyrażenia z bezpośrednio podstawionymi do wzoru na przyspieszenie wartościami liczbowymi drogi i czasu (bez zapisu wzoru na symbolach).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

#### Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy wzór i wykonamy obliczenia:

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

**b) (0–1)**

#### Schemat punktowania

1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru wysokości do niepewności przyspieszenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Przykładowe rozwiązanie

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

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

### c) (0–1)

#### Schemat punktowania

1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru czasu do niepewności przyspieszenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Przykładowe rozwiązanie

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

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

### d) (0–1)

#### Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź i prawidłowe uzasadnienie.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Przykładowe rozwiązanie

*Odpowiedź.*

Na niepewność wyznaczenia przyspieszenia w większym stopniu wpływa niepewność pomiaru czasu.

*Uzasadnienie odpowiedzi*

#### Sposób 1.

Wkład niepewności pomiaru czasu jest ok. 25 razy większy od wkładu niepewności wysokości:

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

#### Sposób 2.

Ponieważ  $\Delta a_t > \Delta a_h$ .

#### Sposób 3. (przybliżony dla tej zależności)

Niepewności względne pomiaru czasu i wysokości wynoszą:

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

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

#### Sposób 4. (z użyciem metod wykraczających poza podstawę programową)

Skorzystamy ze wzoru przybliżonego na niepewność:  $\Delta y \approx |f'(x)|\Delta x$ . Wtedy:

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

Wkład niepewności pomiaru czasu jest większy od wkładu niepewności wysokości.

**Zadanie 3.3. (0–3)**

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

**Schemat punktowania**

(dla rozwiązania sposobem 1.)

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

**Przykładowe rozwiązanie**Sposób 1. (z równań dynamiki)

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

$$1) \quad ma = F_g - F_B \quad \text{– II zasada dynamiki dla ruchu postępowego ciężarka;}$$

$$2) \quad I\epsilon = rF_A \quad \text{– II zasada dynamiki dla ruchu obrotowego walca z prętami.}$$

*Krok 2.* Wykorzystujemy związki niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

$$3) \quad F_A = F_B = F \quad \text{– III zasada dynamiki (oddziaływanie ciężarka z walcem);}$$

$$4) \quad a = \epsilon r \quad \text{– związek między przyspieszeniem liniowym i kątowym (brak poślizgu);}$$

$$5) \quad F_g = mg \quad \text{– wzór na siłę grawitacji.}$$

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

$$ma = mg - F$$

$$I \frac{a}{r} = rF$$

*Krok 3.* Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

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

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

### Schemat punktowania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).

2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 1)–2) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).

1 p. – prawidłowe zapisanie zasady zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego (*krok 1.*).

*Uwaga: dopuszcza się w zapisie pominięcie  $MgH$  – energii potencjalnej walca z prętami.*

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

Sposób 2. (z zasady zachowania energii)

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

$$\begin{aligned} E_{pocz\ kin\ c} + E_{pocz\ kin\ w} + E_{pocz\ pot\ c} + E_{pocz\ pot\ w} &= E_{kon\ kin\ c} + E_{kon\ kin\ w} + E_{kon\ pot\ c} + E_{kon\ pot\ w} \\ 0 + 0 + mgh + MgH &= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + 0 + MgH \\ mgh &= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \end{aligned}$$

*Krok 2.* Wykorzystujemy związki, niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

1)  $v = \omega r$  – związek między prędkością liniową i kątową (brak poślizgu);

2)  $v^2 = 2ah$  – wzór wynikający z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego  
albo

$v = at$  oraz  $h = \frac{1}{2}at^2$  – kinematyka ruchu jednostajnie przyspieszonego.

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

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

*Krok 3.* Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

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

### Zadanie 3.4. (0–2)

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

### Schemat punktowania

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

### Poprawna odpowiedź

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

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

### Zadanie 4. (0–4)

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

### Schemat punktowania

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

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

### **Przykładowe rozwiązanie**

#### Sposób 1.

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

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

Widzimy, że siła wypadkowa ma charakter siły harmoniczej:

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

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

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

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

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

*Krok 2.* Obliczymy iloraz częstotliwości drgań:

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

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

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

#### Sposób 2.

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

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

W związku z powyższym mamy:

$$k_1 = 3k$$

Analogiczne obliczenia wykonujemy dla układu dwóch sprężyn:

$$E_2 = \frac{1}{2} k A_2^2 + \frac{1}{2} k A_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 k A_2^2 \quad \text{a ponadto} \quad E_2 = \frac{1}{2} k_2 A_2^2$$

zatem

$$k_2 = 2k$$

Dalsze obliczenia wykonujemy jak w pierwszym sposobie rozwiązania.

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

#### Zadanie 5. (0–3)

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

#### Schemat punktowania

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

#### Poprawne odpowiedzi

- a)  $v_{1A} > v_{1B}$   
 b)  $v_{2A} > v_{3B}$   
 c)  $v_{1B} < v_{3B}$

**Zadanie 6.1. (0–3)**

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

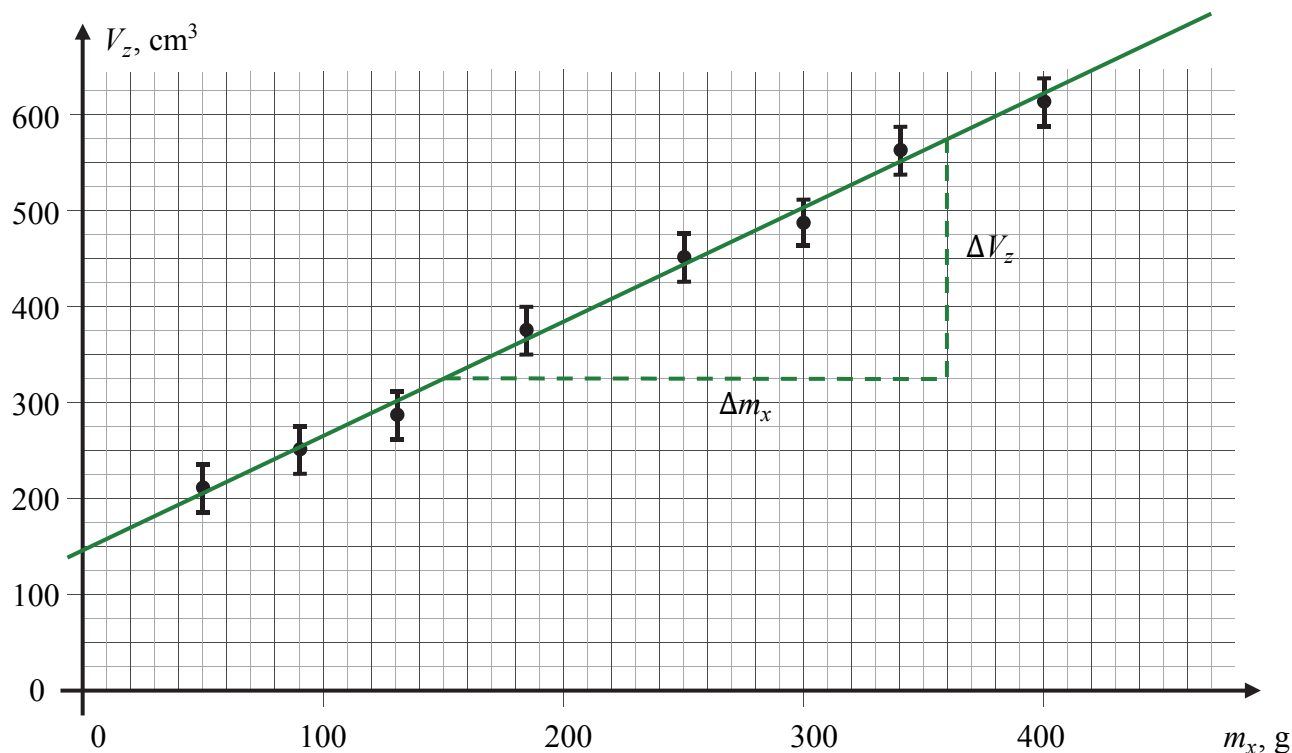
**a) (0–1)****Schemat punktowania**

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

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie**

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



**b) (0–1)****Schemat punktowania**

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

**Poprawne rozwiązanie**

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

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

**c) (0–1)****Schemat punktowania**

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

**Przykładowe rozwiązanie**

Z wykresu prostej  $V_z = Am_x + B$  odczytujemy wybrany przyrost  $\Delta V_z$  oraz odpowiadający temu przyrost  $\Delta m_x$  (albo odwrotnie). Następnie obliczamy wartość współczynnika  $A$ :

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

**Zadanie 6.2. (0–5)**

| Wymagania ogólne                                                                                                                                                                             | Wymagania szczegółowe                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.<br><br>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>3.3) (G) posługuje się pojęciem gęstości;<br>3.8) (G) analizuje i porównuje wartości sił wyporu dla ciał zanurzonych w cieczy lub gazie;<br>3.9) (G) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesesa. |

**a) (0–2)****Schemat punktowania**

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

### Przykładowe rozwiązanie

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

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

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

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

Podstawiamy powyższe wzory do warunku równowagi sił:

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

### b) (0–2)

#### Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na współczynniki  $A$  i  $B$  oraz prawidłowa postać obu wzorów.

1 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzoru na jeden ze współczynników  $A$  lub  $B$  oraz prawidłowa postać tego współczynnika  
lub

– prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na oba współczynniki  $A$  i  $B$ .

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

### Przykładowe rozwiązanie

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

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

Porównujemy powyższy wzór z równaniem prostej, następnie identyfikujemy współczynniki:

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

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

### c) (0–1)

#### Schemat punktowania

1 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia gęstości i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

### Przykładowe rozwiązanie

Przyrównujemy wartość współczynnika  $A$  do wyprowadzonej zależności i wykonujemy obliczenia:

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

**Zadanie 7.1. (0–1)**

| <b>Wymagania ogólne</b>                                                                                      | <b>Wymagania szczegółowe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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>7.6) (G) opisuje bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą [...];<br>10.6) stosuje prawo [...] załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków. |

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

Zaznaczenie ośrodka 2. oraz ośrodka 3.

**Zadanie 7.2. (0–1)**

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

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

B

**Zadanie 7.3. (0–2)**

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

**Schemat punktowania**

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

1 p. – zastosowanie równania soczewkowego z uwzględnieniem odpowiednich znaków.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

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

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

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

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

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

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

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

**Zadanie 8. (0–3)**

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

**Schemat punktowania**

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

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

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

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

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

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

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

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

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

*Krok 3.* W związku z powyższymi równaniami mamy:

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

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

**Zadanie 9.1. (0–2)**

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

**Schemat punktowania a)**

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

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

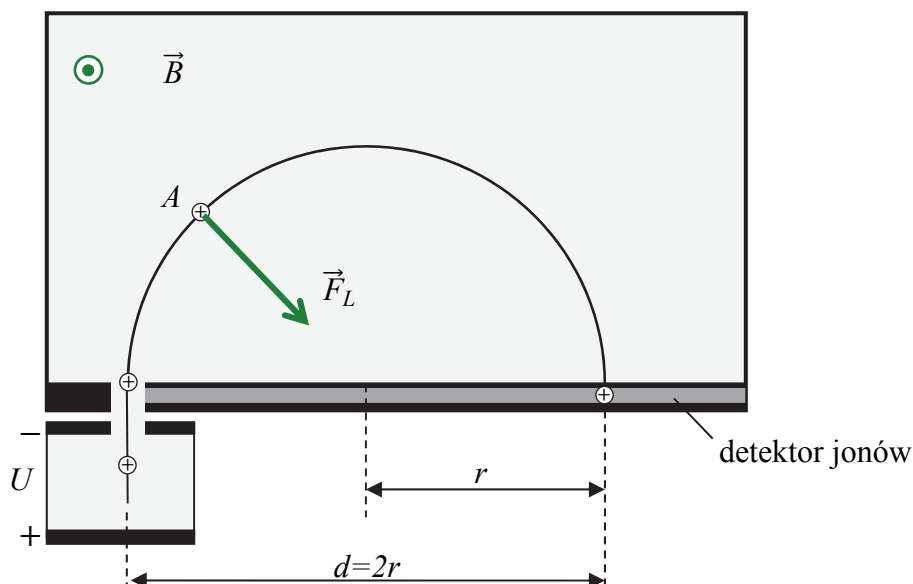
**Schemat punktowania b)**

1 p. – prawidłowe narysowanie zwrotu wektora indukcji magnetycznej.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie a) oraz b)**

(Na rysunku poniżej).



**Zadanie 9.2. (0–3)**

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

**Schemat punktowania**

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

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

1 p. – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, z uwzględnieniem wzorów na te siły (*krok 1.a.*)

*lub*

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

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

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

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

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

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

*Krok 2.* Na podstawie powyższych równań wyznaczmy masę jonu:

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

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

**Zadanie 10.1. (0–1)**

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

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

D

**Zadanie 10.2. (0–1)**

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

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

1. F    2. F    3. P

**Zadanie 10.3. (0–3)**

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

## Schemat punktowania

(dla rozwiązania sposobem 1.)

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane.

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

1 p. – zapisanie związku pomiędzy pracą całkowitą w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym oraz zapisanie wzoru na sprawność silnika. Zapis może być w formie równoważnego tym dwóm zależnościom podwójnego równania na sprawność albo pojedynczego równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym (*krok 1.a.*)

*lub*

– zapisanie wzoru na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego wykresem cyklu (*krok 1.b.*).

*Uwaga! Oznaczenia wielkości we wzorach zapisanych w kroku 1.a. lub 1.b. nie mogą być sprzeczne z oznaczeniami wielkości szukanych bądź danych.*

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

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

## Przykładowe rozwiązanie

### Sposób 1.

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

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

Zapiszemy definicję sprawności cyklu:

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

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

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

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

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

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

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

Wynik można wyrazić także w następujący sposób:

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

### Schemat punktowania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

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

### Przykładowe rozwiązanie

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

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

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

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

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

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

Założymy, że gaz jest jednoatomowy:

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

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

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

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

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

### Zadanie 11.1. (0–1)

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

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

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

**Zadanie 11.2. (0–2)**

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

**Schemat punktowania**

2 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

1 p. – poprawne zaznaczenia w dwóch lub trzech zdaniach.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawna odpowiedź**

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

**Zadanie 12.1. (0–2)**

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

**Schemat punktowania**

2 p. – poprawne zaznaczenie wszystkich odpowiedzi.

1 p. – poprawne zaznaczenia w dwóch lub trzech zdaniach.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawna odpowiedź**

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

**Zadanie 12.2. (0–3)**

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

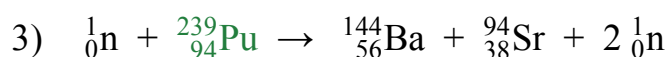
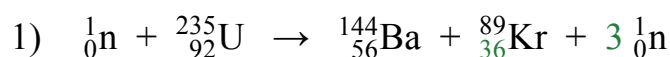
**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowe uzupełnienie trzech reakcji.

2 p. – prawidłowe uzupełnienie dwóch reakcji.

1 p. – prawidłowe uzupełnienie jednej reakcji.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie****Zadanie 12.3. (0–1)**

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

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawne wymienienie dwóch faktów świadczących o działaniu naturalnego reaktora jądrowego.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowa odpowiedź**

Fakt 1. (dotyczący substratów reakcji rozszczepienia uranu)

Zawartość izotopu uranu  ${}^{235}\text{U}$  w złożu jest mniejsza niż w innych tego typu złożach.

Fakt 2. (dotyczący produktów reakcji rozszczepienia uranu)

Odbiegająca od oczekiwanej (albo inna) zawartość w złożu typowych produktów rozszczepienia uranu za pomocą neutronów termicznych.

*lub*

Zawartość izotopu  ${}^{99}\text{Ru}$  w badanym złożu była ponad dwukrotnie większa niż w innych złożach.