Rodzaj dokumentu:	**Zasady oceniania rozwiązań zadań**
Egzamin:	**Egzamin maturalny**
Przedmiot:	**Fizyka**
Poziom:	**Poziom rozszerzony**

Uwagi:
Akceptowane są wszystkie rozwiązania merytorycznie poprawne i spełniające warunki zadania.

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024:
https://link.operon.pl/uk (dostęp: 27.09.2023)

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

Zadanie 1. Kulka

Zadanie 1.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: III.4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; posługuje się pojęciami przyspieszenia kątowego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
A2

Zadanie 1.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.7) opisuje ruchy złożone jako sumę ruchów prostych; analizuje rzut poziomy jako przykład ruchu dwuwymiarowego; II.23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej; III.5) oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy.

Zasady oceniania
3 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – poprawne powiązanie prędkości kulki u podnóża równi ze wzorem na zasięg rzutu
1 pkt – sformułowanie poprawnych związków umożliwiających obliczenie prędkości kulki u podnóża równi
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków
Uwaga: Jeśli jedynym błędem ucznia było niezauważenie, że w pierwszym etapie ruchu kulka obniża się o h – r, to uczeń otrzymuje 2 pkt.

Przykładowe pełne rozwiązanie
W trakcie staczania się kulki z równi jej środek ciężkości obniża się o $h - r$. Prędkość końcową kulki u podnóża równi najwygodniej obliczyć z zasady zachowania energii. Wtedy informacja o kącie nachylenia równi staje się zbędna.

$$\Delta E_p = E_{k-post} + E_{k-obr}$$

$$mg(h-r) = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2}{5}mr^2\cdot\frac{v^2}{r^2} = \frac{7}{10}mv^2$$

$$v^2 = \frac{10}{7}g(h-r),\ \ v = \sqrt{\frac{10}{7}g(h-r)}$$

Obliczona prędkość nie zmienia się podczas toczenia się kulki po stole i staje się prędkością początkową w rzucie poziomym. Tym razem wysokość położenia środka masy kulki obniża się o H.

$$z = vt = \sqrt{\frac{10}{7}g(h-r)}\cdot\sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{20}{7}H(h-r)}$$

$z = 0{,}717$ m

Zadanie 1.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: II.7) opisuje ruchy złożone jako sumę ruchów prostych; analizuje rzut poziomy jako przykład ruchu dwuwymiarowego; II.23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej; III.4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; posługuje się pojęciami przyspieszenia kątowego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami; III.5) oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
1. F, 2. P, 3. F

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

Zadanie 2. Rowerzysta (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
3 pkt – poprawne obliczenie prędkości v_1
2 pkt – poprawne powiązanie prędkości średniej z czasami t_1 i t_2
1 pkt – poprawne wyrażenie czasów t_1 i t_2
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie

Oznaczamy t_1 = czas przebycia pierwszego odcinka $\left(\frac{1}{4}s\right)$ i t_2 – czas przebycia drugiej części odcinka $\left(\frac{3}{4}s\right)$.

Ponadto: $v_2 = 0{,}8v_1$

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{\frac{1}{4}s}{v_1}, \quad t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{\frac{3}{4}s}{0{,}8v_1}$$

Prędkość średnia:

$$v_{śr} = \frac{s}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{\frac{1}{4}s}{v_1} + \frac{\frac{3}{4}s}{0{,}8v_1}} = \frac{1}{\frac{1}{4v_1} + \frac{3}{4 \cdot 0{,}8v_1}} = \frac{3{,}2v_1}{0{,}8 + 3}$$

$$v_1 = \frac{38}{32} v_{śr} = 9{,}5 \ \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_2 = 0{,}8v_1 = 7{,}6 \ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zadanie 3. Antek i skrzynia (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
3 pkt – sformułowanie II zasady dynamiki z uwzględnieniem postaci siły tarcia
2 pkt – poprawne wyznaczenie siły tarcia
1 pkt – poprawne wyznaczenie siły nacisku lub sformułowanie II zasady dynamiki bez wnikania w postać siły tarcia
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Siła nacisku skrzyni o podłogę to jej ciężar pomniejszony o składową pionową siły F:
$N = mg - F\sin\alpha$

Siła tarcia skrzyni o podłogę:
$T = \mu N = \mu(mg - F\sin\alpha)$

Wypadkowa poziomej składowej siły F oraz siły tarcia nadaje skrzyni przyspieszenie:
$F\cos\alpha - T = ma$
$F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha) = ma$

$$a = \frac{F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)}{m}$$

Przyjmując $g \approx 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, otrzymujemy $a = 1{,}6\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Zadanie 4. Ruch wirowy (0–3)

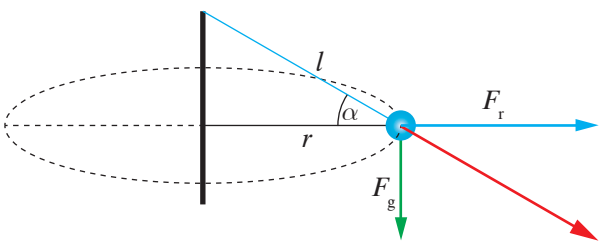
Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej oraz przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami; II.9) stosuje do obliczeń związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym; II.10) wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – poprawne powiązanie częstości kołowej z długością nitki i przyspieszeniem ziemskim
1 pkt – poprawna identyfikacja składowych sił działających na nitkę
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie

Nitka pokazuje kierunek wypadkowej dwóch sił działających na kulkę: siły ciężkości oraz odśrodkowej siły bezwładności.



$$\frac{F_g}{F_r} = \text{tg}\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \Rightarrow \quad F_r = \sqrt{3}F_g$$

$$m\omega^2 r = \sqrt{3}mg \quad \Rightarrow \quad \omega^2 r = \sqrt{3}g$$

$$r = l\cos\alpha = \frac{l\sqrt{3}}{2}$$

$$\omega^2\frac{l\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}g$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2g}{l}} = 6{,}3\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

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

Zadanie 5. Woda na Marsie (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.	Zdający: SP V.3) posługuje się pojęciem parcia (nacisku) oraz pojęciem ciśnienia w cieczach i gazach wraz z jego jednostką; stosuje do obliczeń związek między parciem a ciśnieniem; VI.4) opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej.

Zasady oceniania
3 pkt – wstawienie poprawnych danych i poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – wyprowadzenie wzoru końcowego
1 pkt – poprawne powiązanie poszukiwanego ciśnienia z ciśnieniem atmosferycznym i masą tłoka
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie
Dane: $p_0 = 1155$ Pa, $g = 3{,}71\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $S = 0{,}006\ \text{m}^2$

Z wykresu odczytujemy, że woda wrze w temperaturze 36°C pod ciśnieniem $p = 6$ kPa $= 6000$ Pa i takie musi być łączne ciśnienie wywierane na wodę przez tłok i atmosferę marsjańską.

$$p = p_0 + p_{\text{tłoka}} = p_0 + \frac{mg}{S}$$

$$\frac{mg}{S} = p - p_0 \quad \Rightarrow \quad m = \frac{S}{g}(p - p_0) = 7{,}84\ \text{kg}$$

Zadanie 6. Satelita

Zadanie 6.1. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: IV.4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi; II.8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej oraz przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami.

Zasady oceniania
3 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – wykonanie dwóch z trzech czynności wymienionych za 1 pkt
1 pkt – zauważenie związku między względnym okresem obiegu a różnicą prędkości kątowych satelity i obserwatora albo obliczenie prędkości kątowej satelity, albo obliczenie prędkości kątowej obserwatora
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Dane: $R = 10^7$ m, $M = 5{,}972 \cdot 10^{24}$ kg (z tablic), $T_{obs} = 24$ h $= 86\,400$ s

Najprostsza metoda rozwiązania zadania polega na wykorzystaniu względnej prędkości kątowej satelity i obserwatora.

Obliczenie prędkości kątowej satelity:

$$v_{sat} = \sqrt{\frac{GM}{R}}, \quad \omega_{sat} = \frac{v_{sat}}{R} = \sqrt{\frac{GM}{R^3}} = 6{,}311 \cdot 10^{-4} \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Prędkość kątowa obserwatora:

$$\omega_{obs} = \frac{2\pi}{T_{obs}} = 0{,}727 \cdot 10^{-4} \ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Zarówno satelita, jak i obserwator poruszają się z zachodu na wschód, więc ich względna prędkość kątowa będzie różnicą prędkości kątowej satelity i obserwatora. To stanowi podstawę do obliczenia okresu ruchu względnego.

$$\omega_{sat} - \omega_{obs} = 5{,}584 \cdot 10^{-4} \ \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{2\pi}{T_w}$$

$$T_w = \frac{2\pi}{\omega_{sat} - \omega_{obs}} = 11252\,\text{s} = 3{,}13\ \text{h}$$

Uwaga: Przyjęcie okresu obrotu Ziemi równego 24 godziny jest nieścisłe. Ziemia w ciągu doby słonecznej wykonuje nieco więcej niż jeden obrót względem gwiazd, aby ustawić się tak samo względem Słońca. W rzeczywistości powinniśmy zastosować tzw. dobę gwiazdową, która jest o niecałe 4 minuty krótsza od słonecznej. Zdający nie musi o tym wiedzieć. Jeśli zastosuje dobę gwiazdową, należy to oczywiście uznać. Wynik będzie się różnić o mniej niż 0,3%.

Zadanie 6.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2023 i 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: IV.7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu orbitalnego; posługuje się pojęciem drugiej prędkości kosmicznej (prędkości ucieczki).

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – wyprowadzenie wzoru końcowego
1 pkt – poprawne wyrażenie energii całkowitej satelity na jednej z orbit
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie

Dane: $R_1 = 10^7$ m, $R_2 = 10^8$ m, $M = 5{,}972 \cdot 10^{24}$ kg, $m = 1500$ kg

Energia mechaniczna satelity na niższej orbicie:

$$E_1 = E_{k1} + E_{p1} = \frac{m}{2} v_1^2 - \frac{GMm}{R_1} = \frac{m}{2}\frac{GM}{R_1} - \frac{GMm}{R_1} = -\frac{GMm}{2R_1}$$

Analogicznie energia satelity na wyższej orbicie:

$$E_2 = -\frac{GMm}{2R_2}$$

Pole grawitacyjne jest zachowawcze, więc:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -\frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) = \frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = 2{,}69 \cdot 10^{10}\ \text{J}$$

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

Zadanie 6.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: IV.7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu orbitalnego; posługuje się pojęciem drugiej prędkości kosmicznej (prędkości ucieczki).

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
1. F, 2. P, 3. P

Zadanie 7. Obraz wytwarzany przez soczewkę (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: X.15) rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki; stosuje do obliczeń równanie soczewki.

Zasady oceniania
3 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – obliczenie poprawnej wartości odległości przedmiotowej lub odległości obrazowej
1 pkt – obliczenie poprawnej ogniskowej soczewki
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie
Gdy obraz w soczewce jest tej samej wielkości co przedmiot, to znaczy, że $y = x = 2f$, co oznacza, że ogniskowa jest równa $\frac{1}{4}$ odległości między przedmiotem a obrazem. Zatem $f = 15$ cm.

$$p = \frac{y}{x} = 2 \quad \Rightarrow \quad y = 2x \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{2x} = \frac{3}{2x}$$

$$x = \frac{3}{2} f = 22{,}5\,\text{cm}$$

$$y = 2x = 45\,\text{cm}$$

$$d = x + y = 67{,}5\,\text{cm}$$

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

Zadanie 8. Winda i wahadło

Zadanie 8.1. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: V.5) stosuje do obliczeń zależność okresu małych drgań wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie od ich parametrów; II.18) rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne; omawia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych; posługuje się pojęciem siły bezwładności.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – obliczenie stosunku okresów lub sformułowanie jakiegokolwiek innego równania, z którego można obliczyć przyspieszenie windy
1 pkt – poprawne powiązanie okresów drgań wahadła z przyspieszeniami windy
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie

Okres drgań wahadła, gdy winda przyspiesza w górę: $T_1 = \sqrt{\frac{l}{g+a}}$.

Okres drgań wahadła, gdy winda przyspiesza w dół: $T_2 = \sqrt{\frac{l}{g-a}}$.

$$\frac{T_2}{T_1} = 1{,}08 = \sqrt{\frac{g+a}{g-a}}$$

$$g + a = 1{,}1664(g-a) \quad \Rightarrow \quad 2{,}1664a = 0{,}1664g$$

$$a = 0{,}0768g = 0{,}754\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

ALBO

$$a = 0{,}0768g = 0{,}768\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \text{ (dla } g = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2})$$

Zadanie 8.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: V.3) opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy, częstości kołowej i przesunięcia fazowego; rozróżnia drgania o fazach zgodnych lub przeciwnych; V.7a) doświadczalnie demonstruje niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy.

Zasady oceniania

1 pkt – podanie poprawnej odpowiedzi
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie

B3

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

Zadanie 9. Obwód elektryczny

Zadanie 9.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.	Zdający: VIII.10) interpretuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku; VIII.11) analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii (II prawo Kirchhoffa).

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
1. F, 2. F, 3. P

Zadanie 9.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.	Zdający: SP VI.16. e) doświadczalnie wyznacza opór przewodnika przez pomiary napięcia na jego końcach oraz natężenia prądu przez niego płynącego; VIII.14. a) doświadczalnie demonstruje I prawo Kirchhoffa.

Zasady oceniania
2 pkt – podanie wszystkich trzech poprawnych zakończeń zdania
1 pkt – podanie jednego poprawnego zakończenia zdania lub dwóch poprawnych zakończeń zdania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
A, B, C

Zadanie 9.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.	Zdający: VIII.5) stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma); I.10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji.

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

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
B1

Zadanie 9.4. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.	Zdający: VIII.10) interpretuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku; VIII.12) posługuje się pojęciem oporu zastępczego; oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle; I.10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia, korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji.

Zasady oceniania
2 pkt – udzielenie dwóch poprawnych odpowiedzi
1 pkt – udzielenie jednej poprawnej odpowiedzi
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Rozwiązanie
1. pozostanie bez zmian
2. zmniejszy się

Zadanie 10. Przewodnik z prądem (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: IX.5) stosuje do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika i długiej zwojnicy.

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
1 pkt – wyprowadzenie poprawnego wzoru końcowego
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków
Uwaga: Należy uznać niedokładności danych odczytanych z wykresu nieprzekraczające jednej kratki na wykresie.

Przykładowe pełne rozwiązanie
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{2\pi r B}{\mu_0}$$
Do wzoru podstawiamy współrzędne dowolnego punktu wykresu, np. $r = 0{,}005$ m i $B = 0{,}0007$ T. Poprawny wynik to $I = 17{,}5$ A.

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

Zadanie 11. Cztery ładunki (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: VII.2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba; II.12) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie.

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

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne narysowanie wektora wypadkowego oraz dwóch wektorów składowych
2 pkt – poprawne narysowanie wektorów F_2 oraz F_3
1 pkt – poprawne narysowanie wektora F_2 albo F_3
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie

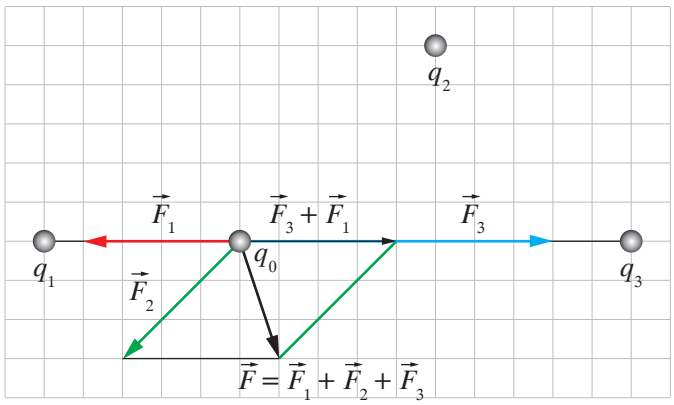
Oznaczmy długość boku pojedynczej kratki na rysunku jako jd (jednostkę długości). Wartości sił wyraźmy w umownych jednostkach siły (js). Względne wartości sił składowych są wobec tego następujące:

$$F_1 = \frac{kq_1q_0}{25\ \text{jd}^2} = 4\ \text{js}$$

$$F_2 = \frac{kq_2q_0}{\left(5\sqrt{2}\right)^2\ \text{jd}^2} = \frac{2kq_1q_0}{2\cdot 25\ \text{jd}^2} = F_1 = 4\ \text{js}$$

$$F_3 = \frac{kq_3q_0}{100\ \text{jd}^2} = \frac{8kq_1q_0}{100\ \text{jd}^2} = \frac{2kq_1q_0}{25\ \text{jd}^2} = 2F_1 = 8\ \text{js}$$

Zatem długość wektora F_2 jest taka sama jak długość wektora F_1, natomiast wektor F_3 jest 2 razy dłuższy. Poprawną konstrukcję przedstawiono na rysunku:



Uwaga:

1. *Uczeń nie musi przedstawiać tych obliczeń. Wystarczy, że wykona je w pamięci i narysuje poprawne wektory.*
2. *Należy uznać niedokładności rysunkowe do pół kratki.*
3. *Jeżeli uczeń narysował poprawnie jeden wektor składowy, a drugi błędnie, oraz narysował ich poprawną sumę wektorową, to należy przyznać 2 pkt.*

Zadanie 12. Spektrometr masowy

Zadanie 12.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.	Zdający: VII.5) analizuje ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie jednej z dwóch przyczyn
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Przykładowe pełne rozwiązanie
Tylko cząstki naładowane można przyspieszyć w polu elektrycznym, a następnie zakrzywić ich tor w polu magnetycznym.

Zadanie 12.2 (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.	Zdający: VII.5) analizuje ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym; II.17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Przykładowe pełne rozwiązanie
Dzięki próżni rozpędzone jony nie ulegają rozproszeniu i poruszają się po przewidywalnych torach, opisanych wzorami dla swobodnych cząstek naładowanych.

Zadanie 12.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.	Zdający: VII.5) analizuje ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym; IX.3) analizuje tor cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
1. P, 2. P, 3. P

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

Zadanie 13. Gaz doskonały

Zadanie 13.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: VI.7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów.

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
1 pkt – zapisanie poprawnych równań dla stanu początkowego i końcowego
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie
Równanie Clapeyrona dla stanu początkowego i końcowego ma postać:
$pV_1 = nRT_1$
$pV_2 = nRT_2$
Odejmując stronami pierwsze równanie od drugiego, otrzymujemy:
$W = p\Delta V = nR\Delta T$

Zadanie 13.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: VI.3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Przykładowe pełne rozwiązanie
W przemianie izobarycznej: $Q = nC_p\Delta T$
Ponieważ dla gazu doskonałego $C_p = C_V + R$, otrzymujemy:
$Q = nC_V\Delta T + nR\Delta T$
Pierwszy składnik odpowiada za podgrzanie gazu przy stałej objętości, a drugi – za pracę wykonaną przez gaz.

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

Zadanie 13.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: VI.7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
A3

Zadanie 14. Zjawisko fotoelektryczne (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: XI.5) opisuje zjawiska jonizacji i fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej.

Zasady oceniania
3 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
2 pkt – przekształcenie równań do postaci umożliwiających rozwiązanie zadania
1 pkt – sformułowanie równań (1) i (2)
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie
Dane: $E_f = 7{,}2$ eV

Z treści zadania wynika słuszność następujących związków:
(1) $E_{kmax} = E_f - W_{el}$

(2) $5E_{kmax} = 2E_f - W_{el}$

Gdy od równania (2) odejmiemy równanie (1), otrzymujemy:
$4E_{kmax} = E_f$

Gdy od równania (2) odejmiemy równanie (1) pomnożone obustronnie przez 2, dostajemy:
$3E_{kmax} = W_{el}$

Zatem: $W_{el} = \frac{3}{4}E_f = 5{,}4\,\text{eV}$

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

Zadanie 15. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: XI.3) analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widma atomu wodoru; oblicza różnice energii pomiędzy poziomami energetycznymi w atomie wodoru.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Rozwiązanie
A

Zadanie 16. Frans

Zadanie 16.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: XII.12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu.

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne rozwiązanie całego zadania
1 pkt – zaproponowanie poprawnego sposobu rozwiązania lub obliczenie ilości jąder fransu, które pozostały po upływie 1 sekundy
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie
Dane: $N_0 = 1000000$, $t = 1\ \text{s}$, $T_{\frac{1}{2}} = 20\ \text{min} = 1200\ \text{s}$

Przy populacji liczącej milion jąder możemy już stosować prawa statystyki.
Rozpatrywany czas (1 s) jest znacznie krótszy od okresu połowicznego rozpadu, więc można w przybliżeniu przyjąć, że aktywność substancji się w tym czasie nie zmieniła.

$$\Delta N = N_0 - N(t) = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}}$$

$$\Delta N = 1\,000\,000 - 1\,000\,000 \cdot 2^{-\frac{1}{1200}} \approx 100\,000 - 1\,000\,000 \cdot 0{,}999423 = 577$$

Wobec tego należy się spodziewać, że liczba jąder, które uległy rozpadowi w pierwszej sekundzie, będzie wynosić około 577.

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

Zadanie 16.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: XII.12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu.

Zasady oceniania
2 pkt – podanie poprawnej odpowiedzi wraz z uzasadnieniem
1 pkt – podanie poprawnej odpowiedzi bez uzasadnienia lub z błędnym uzasadnieniem
0 pkt – niespełnienie powyższych warunków

Przykładowe pełne rozwiązanie
Ilość rozpadów jąder w ciągu pierwszej minuty będzie mniejsza niż 60 razy ilość rozpadów w ciągu pierwszej sekundy, ponieważ tempo rozpadu będzie się zmniejszać. Jest ono proporcjonalne do ilości jąder, które jeszcze nie uległy rozpadowi, a ta maleje.

Zadanie 16.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: XII.6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku.

Zasady oceniania
1 pkt – podanie poprawnego i kompletnego rozwiązania
0 pkt – niespełnienie powyższego warunku

Przykładowe pełne rozwiązanie
$^{212}_{87}\mathrm{Fr} \rightarrow {}^{208}_{85}\mathrm{At} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

Uwaga: Zamiast symbolu $^{4}_{2}\mathrm{He}$ *można użyć* $^{4}_{2}\alpha$.

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