CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

WYPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD	PESEL
S G	

Miejsce na naklejkę.
Sprawdź, czy kod na naklejce to **E-100**.
Jeżeli tak – przyklej naklejkę.
Jeżeli nie – zgłoś to nauczycielowi.

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI

POZIOM ROZSZERZONY

DATA: **19 maja 2022 r.**
GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**
CZAS PRACY: **180 minut**
LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 23 strony (zadania 1–12). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
7. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijki oraz kalkulatora prostego.
8. Na tej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.

Przykładowe rozwiązanie

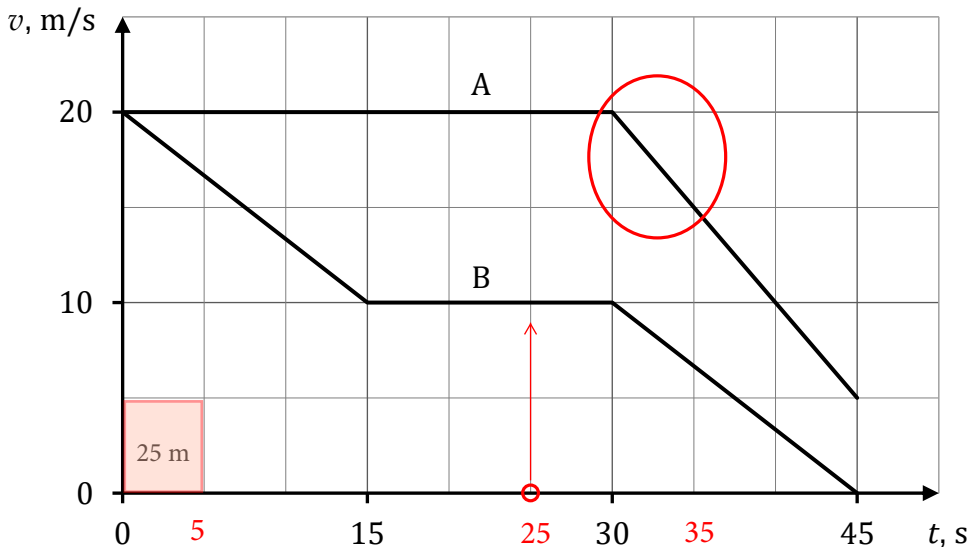
EFAP-R0-**100**-2205

Układ graficzny
© CKE 2021

Zadanie 1.

Ciała A i B poruszały się w układzie inercjalnym w tę samą stronę, wzdłuż linii prostych równoległych. Na poniższym diagramie przedstawiono dla każdego z ciał A i B wykresy zależności wartości v prędkości tych ciał od czasu t, od chwili $t = 0$ do chwili $t = 45$ s. W chwili $t = 0$ ciała A i B znajdowały się obok siebie. Przyjmij, że odległość między torami ruchów obu ciał jest tak mała, że można ją pominąć.

Diagram



Zadanie 1.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wykropkowanym miejscu.

Prędkość względna ciał A i B w chwili $t = 25$ s ma wartość .....10..... $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. bo $v = v_A - v_B = 20 - 10 = 10$ (m/s)

Zadanie 1.2. (0–2)

Masa ciała A jest równa 12 kg.

Oblicz wartość siły wypadkowej działającej na ciało A w chwili $t = 35$ s.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20 - 15}{35 - 20} \cdot \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \frac{5}{5}\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = m \cdot a = 12\ \text{kg} \cdot 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 12\ \text{N}$$

Zadanie 1.3. (0–3)

Oblicz odległość pomiędzy ciałami A i B w chwili $t = 45$ s.

Przyjmij, że w chwili $t = 0$ odległość pomiędzy ciałami A i B była równa 0.

Liczę drogi z pól pod wykresami ...

$\Delta s = s_A - s_B$

$s_A = (4 \cdot 6 + 7{,}5) \cdot 25\ \mathrm{m} = 787{,}5\ \mathrm{m}$

$s_B = (2 \cdot 6 + 2 \cdot 3) \cdot 25\ \mathrm{m} = 450\ \mathrm{m}$

$\Delta s = 337{,}5\ \mathrm{m}$

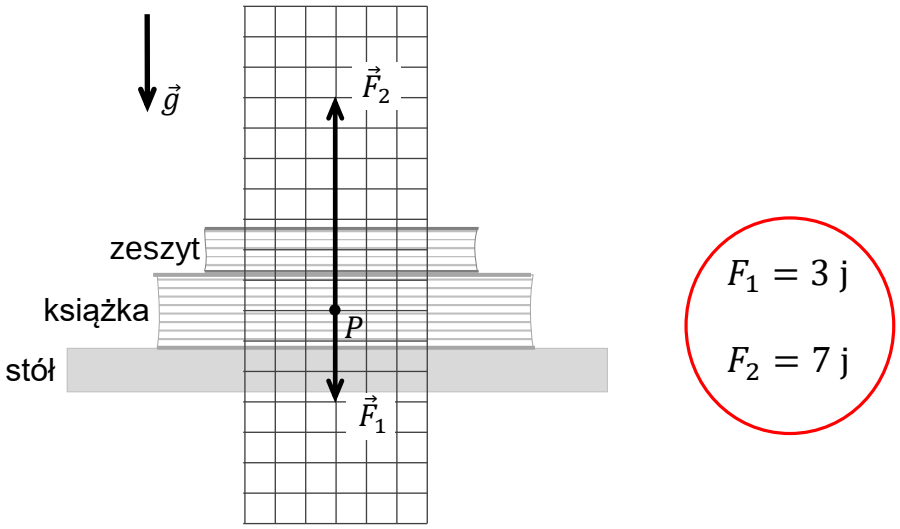
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	1.1.	1.2.	1.3.
	Maks. liczba pkt	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 2. (0–2)

Na płaskiej, poziomej powierzchni stołu leży książka, a na książce leży zeszyt.
Na diagramie 1. narysowano dwie z trzech sił działających na książkę (w układzie inercjalnym):
$\vec{F}_1$ – siłę nacisku zeszytu działającą na książkę, $\vec{F}_2$ – siłę reakcji stołu działającą na książkę.

Długości wektorów na diagramie odpowiadają wartościom tych sił, a długość boku kratki odpowiada umownej jednostce siły. Punkt P (na diagramach 1. i 2.) reprezentuje książkę, punkt Q (na diagramie 3.) reprezentuje zeszyt.

Diagram 1.



Na diagramach 2. i 3. narysuj i oznacz odpowiednio:
$\vec{F}_3$ – siłę ciężkości działającą na książkę, przyłożoną w punkcie P;
$\vec{F}_4$ – siłę reakcji książki działającą na zeszyt, przyłożoną w punkcie Q.
Zachowaj odpowiednie kierunki, zwroty oraz długości wektorów, odpowiadające wartościom tych sił.

Diagram 2.

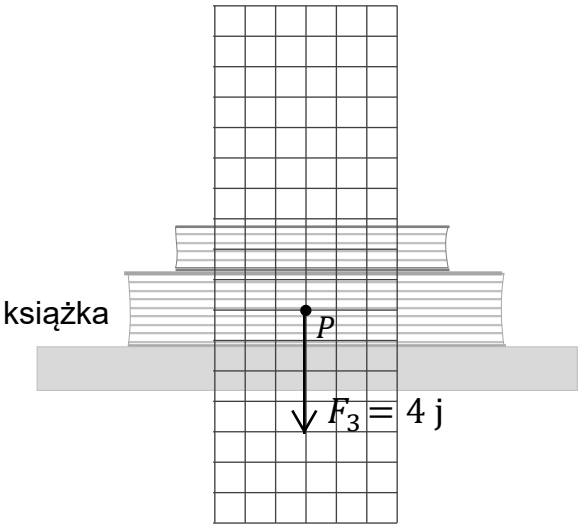
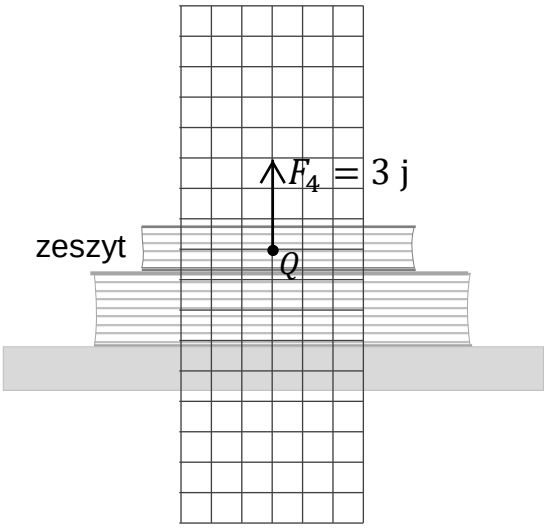


Diagram 3.



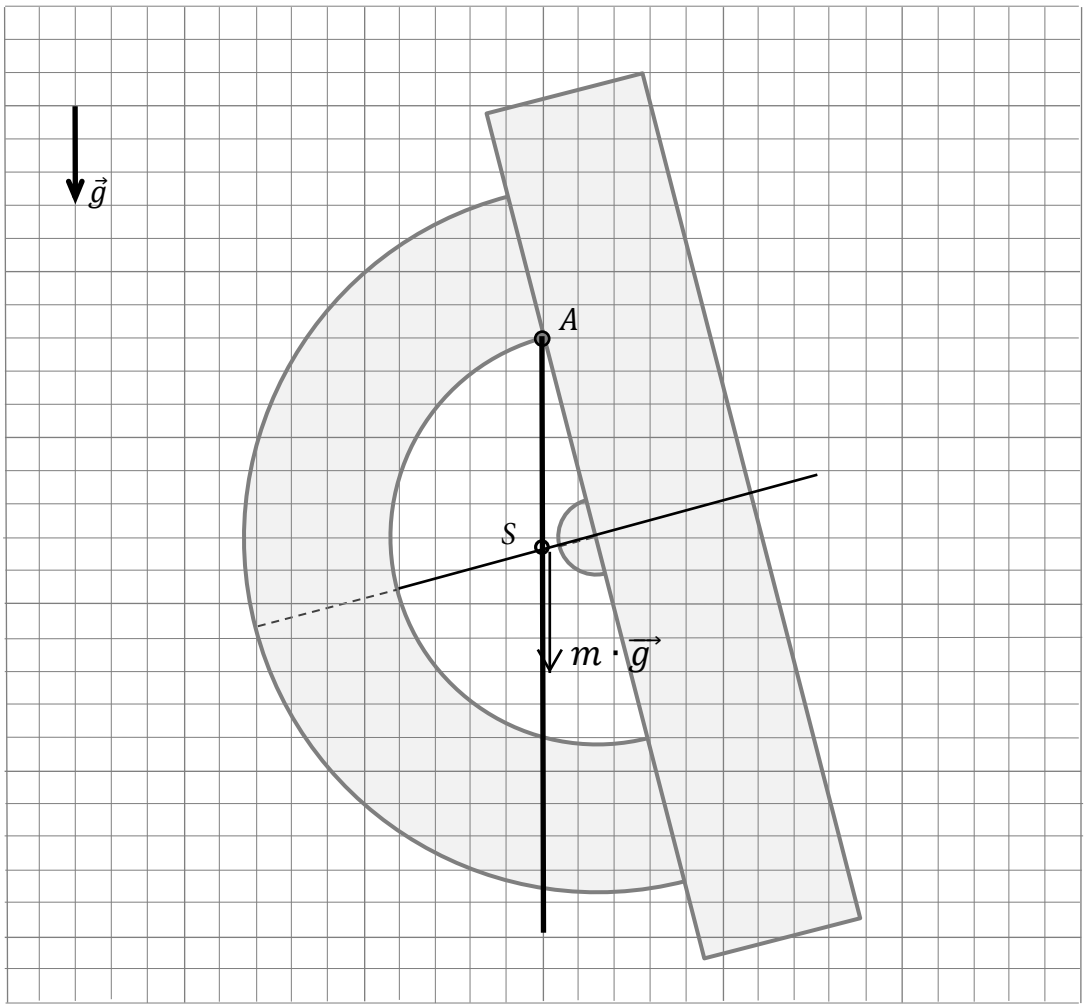
bo $F_3 + F_1 = F_2$ (I zasada dynamiki) bo $F_4 = F_1$ (III zasada dynamiki)

Zadanie 3. (0–2)

Kątomierz zawieszono na szpilce w punkcie A na tle kartki w kratkę tak, że nie dotyka on kartki i pozostaje nieruchomy (w układzie inercjalnym, w ziemskim polu grawitacyjnym). ☺ Kątomierz jest jednorodny oraz symetryczny względem swojej osi symetrii (zobacz rysunek).

Na rysunku wyznacz konstrukcyjnie położenie punktu środka masy kątomierza. Oznacz ten punkt jako S. Zapisz uzasadnienie kolejnych kroków konstrukcyjnych, odwołując się do własności bryły sztywnej i warunku równowagi bryły sztywnej.

Rysunek



Uzasadnienie

Prowadzimy prostą pionową z punktu A i prostą pokrywającą się z osią symetrii. Środek masy, a właściwie środek ciężkości, leży w punkcie ich przecięcia. Wyznaczone proste to kierunki siły ciężkości, której moment względem punktu zawieszenia (np. punktu A musi) być równy 0 Nm w stanie równowagi. ☺?

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.	3.
	Maks. liczba pkt	2	2
	Uzyskana liczba pkt		

Zadanie 4.

Rozważamy ruch kulki szklanej w pewnej cieczy (w układzie inercjalnym, w ziemskim polu grawitacyjnym). W chwili początkowej ruchu kulka jest całkowicie zanurzona tuż pod powierzchnią cieczy, a jej prędkość początkowa jest równa zero. Od momentu jej upuszczenia w cieczy kulka opada ruchem przyśpieszonym, a wartość jej prędkości zbliża się do pewnej prędkości granicznej v_{max}.

Podczas opadania kulki działają na nią trzy siły: siła wyporu cieczy $\vec{F}_w$, siła oporu ruchu $\vec{F}_o$ oraz siła grawitacji $\vec{F}_g$. Przyjmij model zjawiska, w którym wartość siły oporu działającej na kulkę zależy od wartości v prędkości kulki w cieczy następująco:

$$F_o = ARv$$

gdzie A jest stałym współczynnikiem liczbowym zależącym od rodzaju cieczy, R jest promieniem kulki. Przyjmij także, że od pewnego momentu ruch kulki można uznać za jednostajny prostoliniowy ze stałą prędkością o wartości v_{max}.

Zadanie 4.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz odpowiedź A, B albo C oraz jej uzasadnienie 1., 2. albo 3.

Od chwili początkowej ruchu aż do osiągnięcia stałej prędkości wartość przyśpieszenia kulki

A.	się zwiększa,	ponieważ wartość siły oporu działającej na kulkę	**1.**	się zwiększa.
B.	się zmniejsza,		**2.**	się zmniejsza.
C.	pozostaje stała,		**3.**	pozostaje stała.

Zadanie 4.2. (0–2)

Wyraź jednostkę współczynnika liczbowego A, występującego we wzorze na wartość siły oporu, za pomocą jednostek podstawowych układu SI. Zapisz przekształcenia. Wynik podaj <u>w najprostszej</u> postaci.

$$[F_o] = [A] \cdot [R] \cdot [v]$$

$$\mathrm{N} = [A] \cdot \mathrm{m} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$\mathrm{kg} \cdot \frac{\cancel{\mathrm{m}}}{\mathrm{s}^{\cancel{2}}} = [A] \cdot \frac{\mathrm{m}^{\cancel{2}}}{\cancel{\mathrm{s}}}$$

$$[A] = \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}$$

Zadanie 4.3. (0–3)

Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć v_{max} – wartość prędkości, z jaką kulka opada w cieczy ruchem jednostajnym prostoliniowym – w zależności od: promienia kulki R, gęstości cieczy ρ_c, gęstości kulki ρ_k, przyśpieszenia ziemskiego g oraz stałej A.

$$m \cdot g = F_w + F_o$$

$$\rho_k \cdot V \cdot g = \rho_c \cdot V \cdot g + A \cdot R \cdot v_{max} \quad ; \quad V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

$$\rho_k \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot g = \rho_c \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot g + A \cdot R \cdot v_{max} \quad |:R$$

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot g \cdot (\rho_k - \rho_c) = A \cdot v_{max}$$

$$v_{max} = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot g \cdot (\rho_k - \rho_c)}{3 \cdot A}$$

Zadanie 4.4. (0–2)

Szklana kulka po opadnięciu w cieczy pozostaje nieruchoma na poziomym dnie naczynia (zobacz rysunek obok).
Na rysunku oznaczono środek kulki S oraz trzy małe fragmenty jej powierzchni: A, B, C, o tych samych polach.

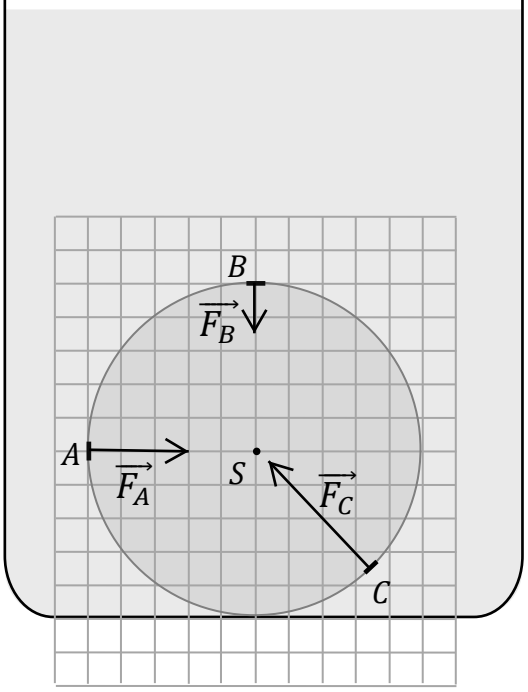
Na rysunku obok narysuj wektory sił parcia cieczy na fragmenty powierzchni A, B, C. Oznacz te siły jako – odpowiednio – $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$, $\vec{F}_C$. Zachowaj relacje (większy, równy, mniejszy) między wartościami sił i zapisz te relacje – wstaw w każde wykropkowane miejsce odpowiedni znak wybrany spośród: >, =, <.

F_A .....>..... F_B

F_A .....<..... F_C

F_B .....<..... F_C

Rysunek



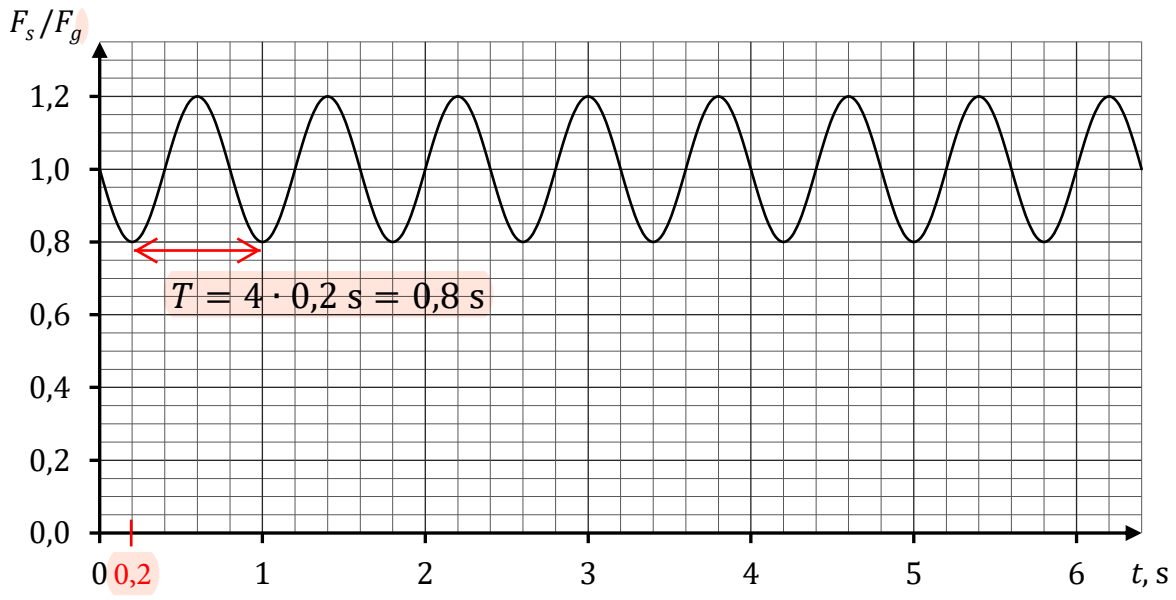
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	4.1.	4.2.	4.3.	4.4.
	Maks. liczba pkt	1	2	3	2
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 5.

Ciężarek o masie $m = 0{,}15\ \mathrm{kg}$ zawieszony na sprężynie wykonuje drgania w kierunku pionowym w układzie inercjalnym, w ziemskim polu grawitacyjnym. Na poniższym rysunku przedstawiono wykres zależności stosunku $\frac{F_s}{F_g}$ od czasu, gdzie:

F_s oznacza wartość siły, ~~z~~ jaką sprężyna działa na ciężarek,
F_g oznacza wartość siły grawitacji działającej na ciężarek.

Rysunek



Przyjmij model zjawiska, w którym:

- zakładamy, że sprężyna jest idealnie sprężysta
- pomijamy opory ruchu
- pomijamy masę sprężyny
- przyśpieszenie ziemskie wynosi $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

Zadanie 5.1. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Ciężarek wykonujący drgania pionowe znajdował się w najniższym położeniu m.in. w chwili $t = 3\ \mathrm{s}$.	**P**	**F**
2.	Wartość prędkości ciężarka podczas ruchu drgającego była największa m.in. w chwili $t = 2\ \mathrm{s}$.	**P**	**F**

Zadanie 5.2. (0–2)

Oblicz współczynnik k sprężystości sprężyny, na której zawieszono ciężarek.

$$m = 0{,}15\ \mathrm{kg}$$

$$T = 4 \cdot 0{,}2\ \mathrm{s} = 0{,}8\ \mathrm{s}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{T}{2 \cdot \pi} = \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \Big|^2$$

$$\frac{T^2}{4 \cdot \pi^2} = \frac{m}{k}$$

$$k = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m}{T^2}$$

$$k \approx 9{,}24\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$$

Zadanie 5.3. (0–4)

Oblicz amplitudę wychylenia ciężarka z położenia równowagi sił podczas ruchu drgającego. Wynik liczbowy podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.

$$\begin{cases} k \cdot A = F_{s\,max} - F_g \\ \dfrac{F_{s\,max}}{F_g} = 1{,}2 \end{cases}$$

$$k \cdot A = 1{,}2 \cdot F_g - F_g$$

$$k \cdot A = 0{,}2 \cdot F_g$$

$$A = \frac{0{,}2 \cdot m \cdot g}{k}$$

$$A \approx 0{,}032\ \mathrm{m} = 3{,}2\ \mathrm{cm}$$

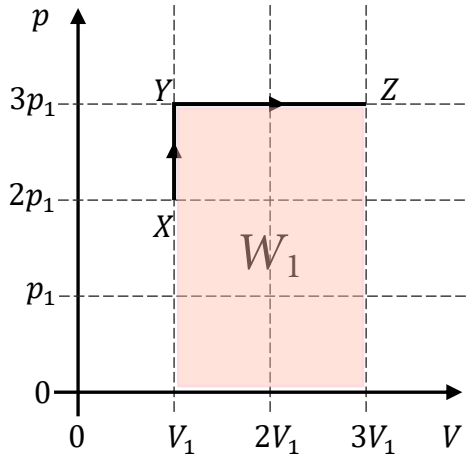
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	5.1.	5.2.	5.3.
	Maks. liczba pkt	1	2	4
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 6.

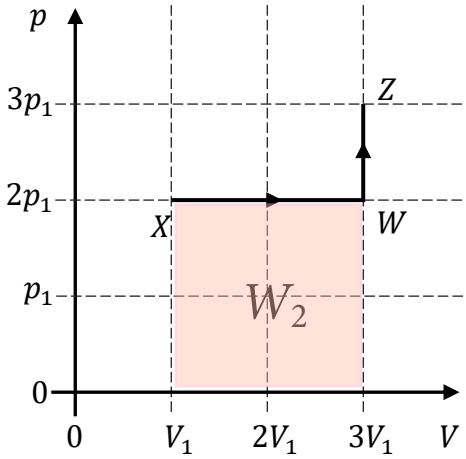
W doświadczeniu 1. ustaloną masę gazu doskonałego poddano najpierw przemianie izochorycznej ze stanu X do stanu Y, a następnie – przemianie izobarycznej ze stanu Y do stanu Z. W doświadczeniu 2. ustaloną masę gazu doskonałego poddano najpierw przemianie izobarycznej ze stanu X do stanu W, a następnie – przemianie izochorycznej ze stanu W do stanu Z.

W obu doświadczeniach użyto tego samego gazu doskonałego o takiej samej masie.
Na rysunkach 1. i 2. przedstawiono wykresy zależności ciśnienia p gazu od objętości V gazu w przemianach $X \to Y \to Z$ oraz w przemianach $X \to W \to Z$. Osie na obu wykresach są wyskalowane tak samo.

Rysunek 1. (doświadczenie 1.)



Rysunek 2. (doświadczenie 2.)



Zadanie 6.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wykropkowanym miejscu.

Iloraz $\frac{W_1}{W_2}$, czyli stosunek pracy wykonanej przez siłę parcia gazu w przemianach $X \to Y \to Z$ do pracy wykonanej przez siłę parcia gazu w przemianach $X \to W \to Z$, jest równy $\frac{6}{4} = \frac{3}{2} = 1{,}5$

Zadanie 6.2. (0–1)

Zmianę (przyrost) energii wewnętrznej gazu od stanu X do stanu Z w doświadczeniu 1. oznaczymy jako ΔU_1, a w doświadczeniu 2. – jako ΔU_2.

Dokończ zdanie. Zaznacz odpowiedź A, B albo C oraz jej uzasadnienie 1., 2. albo 3.

Zmiany energii wewnętrznej gazu w opisanych doświadczeniach spełniają relację

A.	$\Delta U_1 > \Delta U_2$,	ponieważ przyrost temperatury gazu od stanu X do stanu Z jest	**1.**	taki sam w obu doświadczeniach.
B.	$\Delta U_1 < \Delta U_2$,		**2.**	większy w doświadczeniu 1.
C.	$\Delta U_1 = \Delta U_2$,		**3.**	większy w doświadczeniu 2.

Ponieważ zmiana energii $\Delta U = U_Z - U_X$ jest taka bez względu na sposób przejścia ze stanu X do stanu Z.

Zadanie 6.3. (0–3)

Ciepło molowe gazu (przy stałej objętości) użytego w obu doświadczeniach oznaczymy jako C_V.

Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć ciepło pobrane łącznie w przemianach $X \to Y \to Z$ (w doświadczeniu 1.) tylko za pomocą wielkości: p_1, V_1, ciepła molowego C_V oraz stałej gazowej R.

☹ !

$$Q_1 = C_V \cdot n \cdot (T_Y - T_X) + C_p \cdot n \cdot (T_Z - T_Y)$$

$$Q_1 = C_V \cdot (n \cdot T_Y - n \cdot T_X) + (C_V + R) \cdot (n \cdot T_Z - n \cdot T_Y)$$

$$p \cdot V = R \cdot n \cdot T \implies n \cdot T = \frac{p \cdot V}{R}$$

☺

$$Q_1 = C_V \cdot \left(\frac{3 \cdot p_1 \cdot V_1}{R} - \frac{2 \cdot p_1 \cdot V_1}{R}\right) + (C_V + R) \cdot \left(\frac{3 \cdot p_1 \cdot 3 \cdot V_1}{R} - \frac{3 \cdot p_1 \cdot V_1}{R}\right)$$

[...]

$$Q_1 = \frac{7 \cdot C_V + 6 \cdot R}{R} \cdot p_1 \cdot V_1 = \left(\frac{7 \cdot C_V}{R} + 6\right) \cdot p_1 \cdot V_1$$

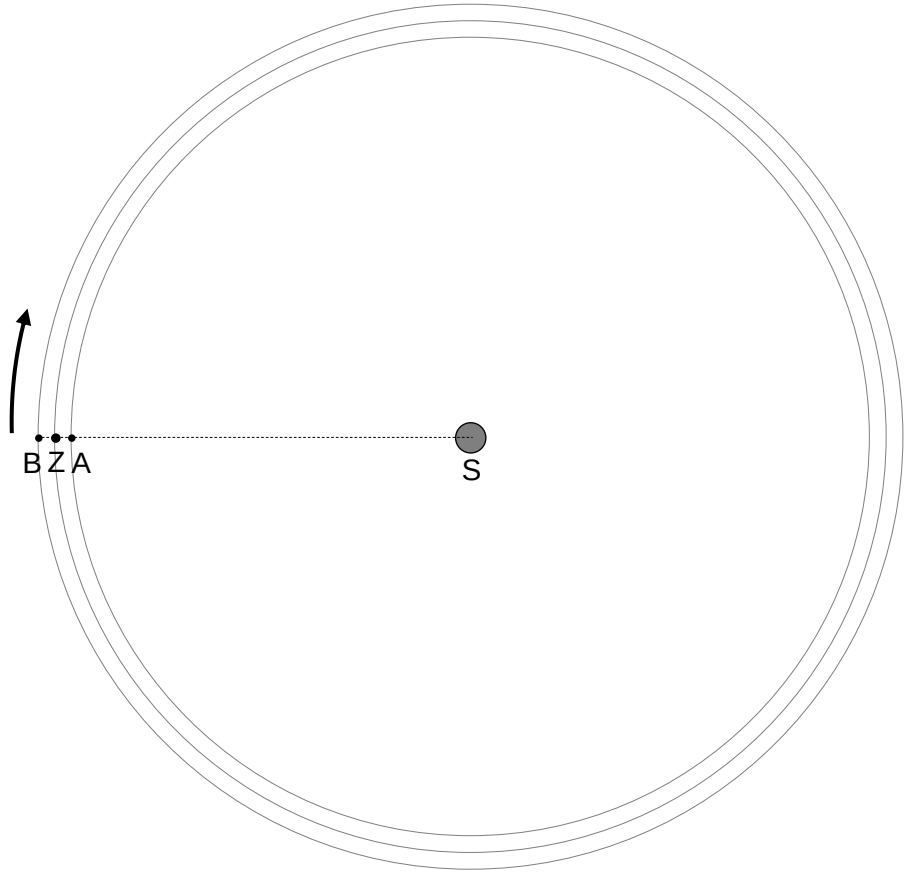
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	6.1.	6.2.	6.3.
	Maks. liczba pkt	1	1	3
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 7.

Podczas misji badawczej o nazwie STEREO dwie sondy: A i B poruszają się po orbitach dookoła Słońca jedynie pod wpływem jego grawitacji. Przyjmij, że sonda A porusza się po orbicie kołowej o promieniu $r_A = 0{,}962\ \mathrm{au}$ (jednostki astronomicznej), a sonda B porusza się po orbicie kołowej o promieniu $r_B = 1{,}043\ \mathrm{au}$. Okres obiegu sondy A dookoła Słońca wynosi $T_A = 344$ dób ziemskich. Obie sondy oraz Ziemia obiegają Słońce w tę samą stronę, a ich orbity leżą w jednej płaszczyźnie.

W pewnej chwili t_0 sondy A i B, Ziemia (Z) oraz Słońce (S) ułożyły się wzdłuż jednej prostej (zobacz rysunek 1.).

Rysunek 1.



Zadanie 7.1. (0–2)

Oblicz T_B – okres obiegu sondy B dookoła Słońca.

$$\frac{T_A^2}{r_A^3} = \frac{T_B^2}{r_B^3}$$

$$\left(\frac{T_B}{T_A}\right)^2 = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^3$$

$$\left(\frac{T_B}{334\ \mathrm{d}}\right)^2 \approx 1{,}2745$$

$$\frac{T_B}{334\ \mathrm{d}} \approx 1{,}1289$$

$$T_B \approx 388\ \mathrm{d}$$

Można też porównać z Ziemią ☺!

Zadanie 7.2. (0–3)

Oblicz miarę kąta α między promieniami wodzącymi sondy A oraz Ziemi po roku ziemskim od chwili t_0 (zobacz rysunek 2.).

$$T_Z = 1\ \mathrm{y} \approx 365\ \mathrm{d}$$

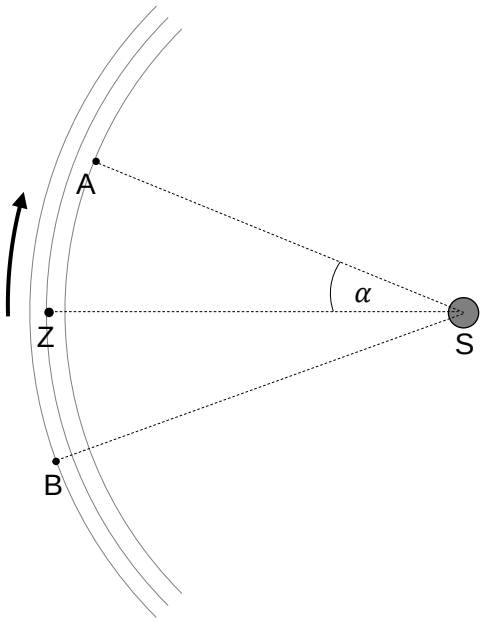
$$\alpha_A = \omega_A \cdot T_Z = \frac{2 \cdot \pi}{T_A} \cdot T_Z$$

$$\alpha_Z = \omega_Z \cdot T_Z = \frac{2 \cdot \pi}{T_Z} \cdot T_Z = 2 \cdot \pi\ \mathrm{rad}$$

$$\alpha = \alpha_A - \alpha_Z = \frac{2 \cdot \pi}{T_A} \cdot T_Z - 2 \cdot \pi$$

$$\alpha = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{T_Z}{T_A} - 1\right) = 0{,}122 \cdot \pi\ \mathrm{rad} \approx 22°$$

Rysunek 2.



$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{r}}$$

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{r_A} \cdot \frac{r_B}{G \cdot M_S}} = \sqrt{\frac{r_B}{r_A}} = \sqrt{\frac{1{,}043\ \mathrm{au}}{0{,}962\ \mathrm{au}}} \approx 1{,}04$$

Zadanie 7.3. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Iloraz $\frac{v_A}{v_B}$, czyli stosunek wartości prędkości liniowej sondy A do wartości prędkości liniowej sondy B, wynosi (w zaokrągleniu do dwóch miejsc po przecinku)

A. $\frac{v_A}{v_B} \approx 0{,}92$ **B.** $\frac{v_A}{v_B} \approx 1{,}08$ **C.** $\frac{v_A}{v_B} \approx 0{,}96$ **D.** $\frac{v_A}{v_B} \approx 1{,}04$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	7.1.	7.2.	7.3.
	Maks. liczba pkt	2	3	1
	Uzyskana liczba pkt			

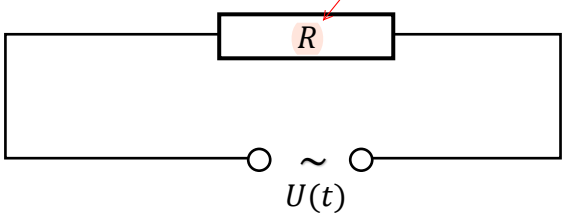
Zadanie 8.

Prądnica wytwarza napięcie przemienne U, którego zależność od czasu t dana jest wzorem:

$$U(t) = 7{,}50\ \mathrm{V} \cdot \sin\left(10{,}0\ \frac{1}{\mathrm{s}} \cdot t\right)$$

Do zacisków prądnicy podłączono opornik o oporze elektrycznym $R = 4{,}00\ \Omega$.
Schemat obwodu przedstawia rysunek poniżej.

Rysunek



$U_\mathrm{m} = 7{,}5\ \mathrm{V}$

$\omega = 10\,\frac{1}{\mathrm{s}}$

$\frac{2 \cdot \pi}{T} = 10\,\frac{1}{\mathrm{s}}$

$T = \frac{2 \cdot \pi}{10}\,\mathrm{s} = \frac{\pi}{5}\,\mathrm{s} \approx 0628\ \mathrm{s}$

Zadanie 8.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wykropkowanym miejscu, w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących.

Częstotliwość zmian natężenia prądu w opisanym obwodzie jest równa ....1,59.... Hz.

Brudnopis do zadania 8.1.

Zadanie 8.2. (0–2)

Oblicz średnią moc prądu przemiennego wydzielaną na oporniku w czasie jednego okresu zmian napięcia wytwarzanego przez prądnicę.

Przecież w tym przypadku moc nie zależy od okresu .

$$P_s = \frac{U_\mathrm{s}^2}{R} = \frac{\left(\frac{U_\mathrm{m}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{U_\mathrm{m}^2}{2 \cdot R}$$

$$P_s = \frac{7{,}5^2}{2 \cdot 4}\ \mathrm{W} \approx 7{,}03\ \mathrm{W}$$

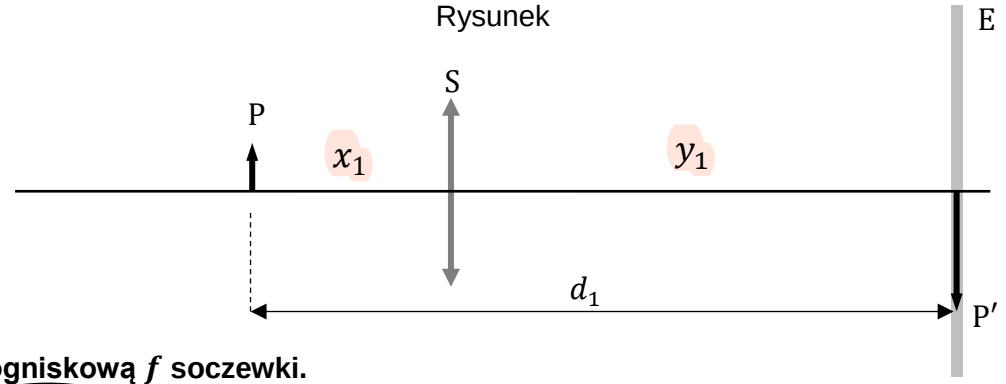
Zadanie 9.

Na ławie optycznej ustawiono przedmiot P, cienką soczewkę skupiającą S oraz ekran E. W doświadczeniu obserwowano obrazy rzeczywiste przedmiotu P, wytworzone na ekranie przez soczewkę, przy różnych ustawieniach soczewki i ekranu.

Zadanie 9.1. (0–3)

Gdy ekran ustawiono w odległości $d_1 = 49$ cm od przedmiotu P, to – przy pewnym położeniu soczewki – zaobserwowano na ekranie ostry i powiększony obraz P′ przedmiotu P (zobacz rysunek). Powiększenie obrazu względem przedmiotu było równe $p = 2{,}5$.

Rysunek



Oblicz ogniskową f soczewki.

$$\begin{cases} x_1 + y_1 = d_1 \\ y_1 = p \cdot x_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 + y_1 = 49\ \text{cm} \\ y_1 = 2{,}5 \cdot x_1 \end{cases}$$

$$x_1 + 2{,}5 \cdot x_1 = 49\ \text{cm}$$

$$3{,}5 \cdot x_1 = 49\ \text{cm}$$

$$\begin{cases} x_1 = 14\ \text{cm} \\ y_1 = 35\ \text{cm} \end{cases}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{y_1}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{14} + \frac{1}{35}\ \left(\frac{1}{\text{cm}}\right)$$

$$f = 10\ \text{cm}$$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	8.1.	8.2.	9.1.
	Maks. liczba pkt	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 9.2. (0–1)

W kolejnym doświadczeniu ekran i przedmiot ustawiono względem siebie w pewnej ustalonej odległości d_2. Gdy soczewkę umieszczono w odległości x_2 od przedmiotu P, to na ekranie zaobserwowano ostry, powiększony obraz tego przedmiotu, a gdy soczewkę umieszczono w odległości x_3 od przedmiotu P, to na ekranie zaobserwowano ostry, pomniejszony obraz tego przedmiotu.

Zapisz w wyznaczonym poniżej miejscu wyrażenie pozwalające wyznaczyć x_3 tylko za pomocą d_2 oraz x_2.

$x_3 = d_2 - x_2$

Brudnopis do zadania 9.2.

Z treści zadania wynika, że:

$x_2 + y_2 = x_3 + y_3 = d_2$

ale z symetrii (z „prawa odwracalności biegu promieni") wynika, że:

$$\begin{cases} x_2 = y_3 \\ x_3 = y_2 \end{cases}$$

!

zatem np.:

$x_3 + x_2 = d_2$

Zadanie 10.

Rozważamy napiętą strunę metalową, której oba końce są unieruchomione. Gdy struna jest pobudzona do drgań, to tworzą się na niej poprzeczne fale stojące.

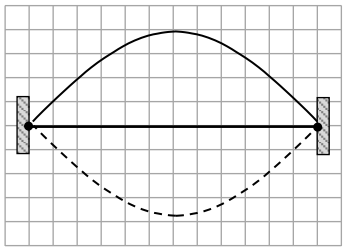
Zadanie 10.1. (0–2)

Na rysunkach 1.–3. przedstawiono strunę, gdy znajdowała się ona w położeniu równowagi. Strunę pobudzano do drgań w różny sposób.

Na rysunku 1. dorysuj obraz fali stojącej o największej długości, jaka może powstać na strunie. Na rysunkach 2. i 3. dorysuj obrazy dwóch fal stojących o kolejnych długościach, które mogą powstać na tej strunie.

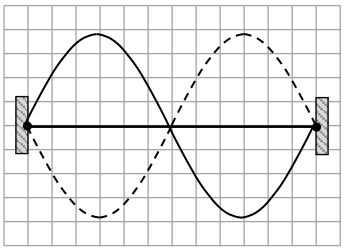
Uwaga: Obraz fali stojącej może przedstawiać widok struny w chwili jej maksymalnego wychylenia z położenia równowagi.

Rysunek 1.



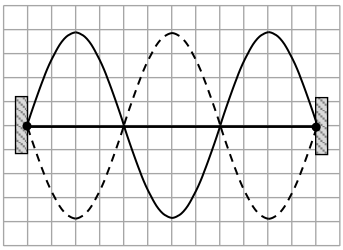
$$L = \frac{\lambda_1}{2}$$

Rysunek 2.



$$L = 2 \cdot \frac{\lambda_2}{2}$$

Rysunek 3.



$$L = 3 \cdot \frac{\lambda_3}{2}$$

Informacja do zadania 10.2.

Wartość prędkości fali poprzecznej na napiętej strunie wyraża się wzorem:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad \text{przy czym} \qquad \mu = \frac{m}{L}$$

gdzie F jest wartością siły napinającej strunę, μ jest gęstością liniową rozciągniętej struny, m jest masą struny, L jest długością rozciągniętej struny.

Zadanie 10.2. (0–4)

Strunę o masie m i długości swobodnej L_0 rozciągnięto siłą o wartości F_1 do długości $L_1 = 1{,}01L_0$. Drugą, identyczną strunę o masie m i długości swobodnej L_0 rozciągnięto siłą o wartości F_2 do długości $L_2 = 1{,}03L_0$. Przyjmij, że siły napinające struny są wprost proporcjonalne do wydłużeń tych strun.

Oblicz iloraz $\frac{f_2}{f_1}$, czyli stosunek częstotliwości najdłuższych fal stojących, które mogą powstać – odpowiednio – na strunach o długościach L_2 i L_1.

$$L = \frac{\lambda}{2}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$f = \frac{v}{2 \cdot L}$$

$$F = k \cdot \Delta L$$

$$f = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu}}}{2 \cdot L} = \frac{\sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}}}{2 \cdot L} = \frac{\sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}}{2 \cdot L} = \frac{1}{2 \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{F \cdot \cancel{L}}{m \cdot L^{\cancel{2}}}}$$

$$f = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{F}{m \cdot L}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{k \cdot \Delta L}{m \cdot L}}$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{k \cdot \Delta L_2}{m \cdot L_2}} \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L_1}{k \cdot \Delta L_1}} = \sqrt{\frac{\Delta L_2}{L_2} \cdot \frac{L_1}{\Delta L_1}}$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt{\frac{0{,}3}{1{,}03} \cdot \frac{1{,}01}{0{,}1}} = \sqrt{\frac{0{,}303}{0{,}103}} \approx \sqrt{2{,}94}$$

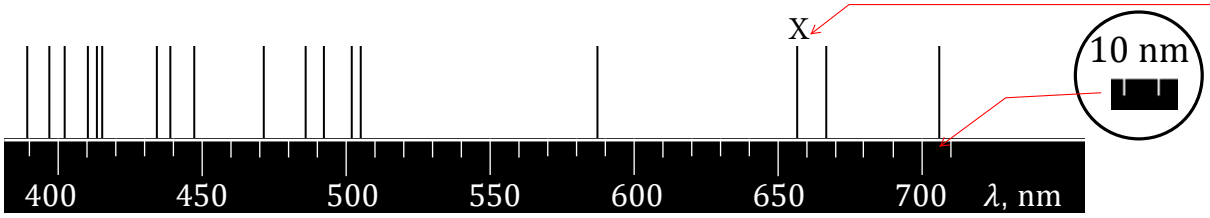
$$\frac{f_2}{f_1} \approx 1{,}715$$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	9.2.	10.1.	10.2.
	Maks. liczba pkt	1	2	4
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 11.

W zamkniętym pojemniku znajduje się gaz, który jest mieszaniną wodoru i helu. Gaz ten pobudzono do świecenia, a następnie zarejestrowano jego widmo emisyjne. Na rysunku poniżej przedstawiono zarejestrowane w zakresie długości fal światła widzialnego linie widmowe helu oraz wodoru. Na osi pod widmem oznaczono długość fali elektromagnetycznej.

Rysunek



Wiadomo, że atom wodoru emituje światło widzialne podczas przeskoków elektronu z poziomów energetycznych 3, 4, 5 i 6 na poziom energetyczny 2.

W zadaniach 11.1.–11.2. pomiń odrzut atomu przy emisji/absorpcji fotonu.

Zadanie 11.1. (0–3)

Na rysunku przedstawiającym widmo zidentyfikuj jedną z linii widmowych, która pochodzi od wodoru. Zapisz niezbędne obliczenia, które pozwalają zidentyfikować tę linię. Postaw znak X na zidentyfikowanej linii.

Przyjmij do obliczeń:

$h \approx 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$ (stała Plancka),

$c \approx 2{,}998 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m/s}$ (wartość prędkości światła w próżni),

$e \approx 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$ (ładunek elektryczny elementarny),

$E_1 \approx -13{,}61\ \mathrm{eV}$ (energia stanu podstawowego atomu wodoru).

... i po co to?

$$E_n = -\frac{13{,}6\ \mathrm{eV}}{n^2}$$

$$E_\mathrm{f} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$E_\mathrm{f} = E_3 - E_2 = -\frac{13{,}6\ \mathrm{eV}}{9} + \frac{13{,}6\ \mathrm{eV}}{4} \approx 1{,}89\ \mathrm{eV}$$

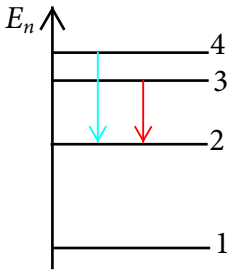
$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_\mathrm{f}} = \frac{1240}{1{,}89}\ \mathrm{nm} \approx 656\ \mathrm{nm}$$

Zadanie 11.2. (0–2)

Przejście elektronu w atomie wodoru ze stanu energetycznego o numerze n do stanu energetycznego o numerze k oznaczymy jako $n \to k$.

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Energia fotonu emitowanego podczas przejścia $4 \to 2$ jest równa energii fotonu pochłoniętego podczas przejścia $2 \to 4$.	**P**	**F**
2.	Długość fali fotonu emitowanego podczas przejścia $4 \to 2$ jest większa od długości fali fotonu emitowanego podczas przejścia $3 \to 2$.	**P**	**F**
3.	Minimalna energia fotonu, który może spowodować wybicie elektronu z atomu wodoru w stanie podstawowym, wynosi w zaokrągleniu $13{,}6\ \mathrm{eV}$.	**P**	**F**



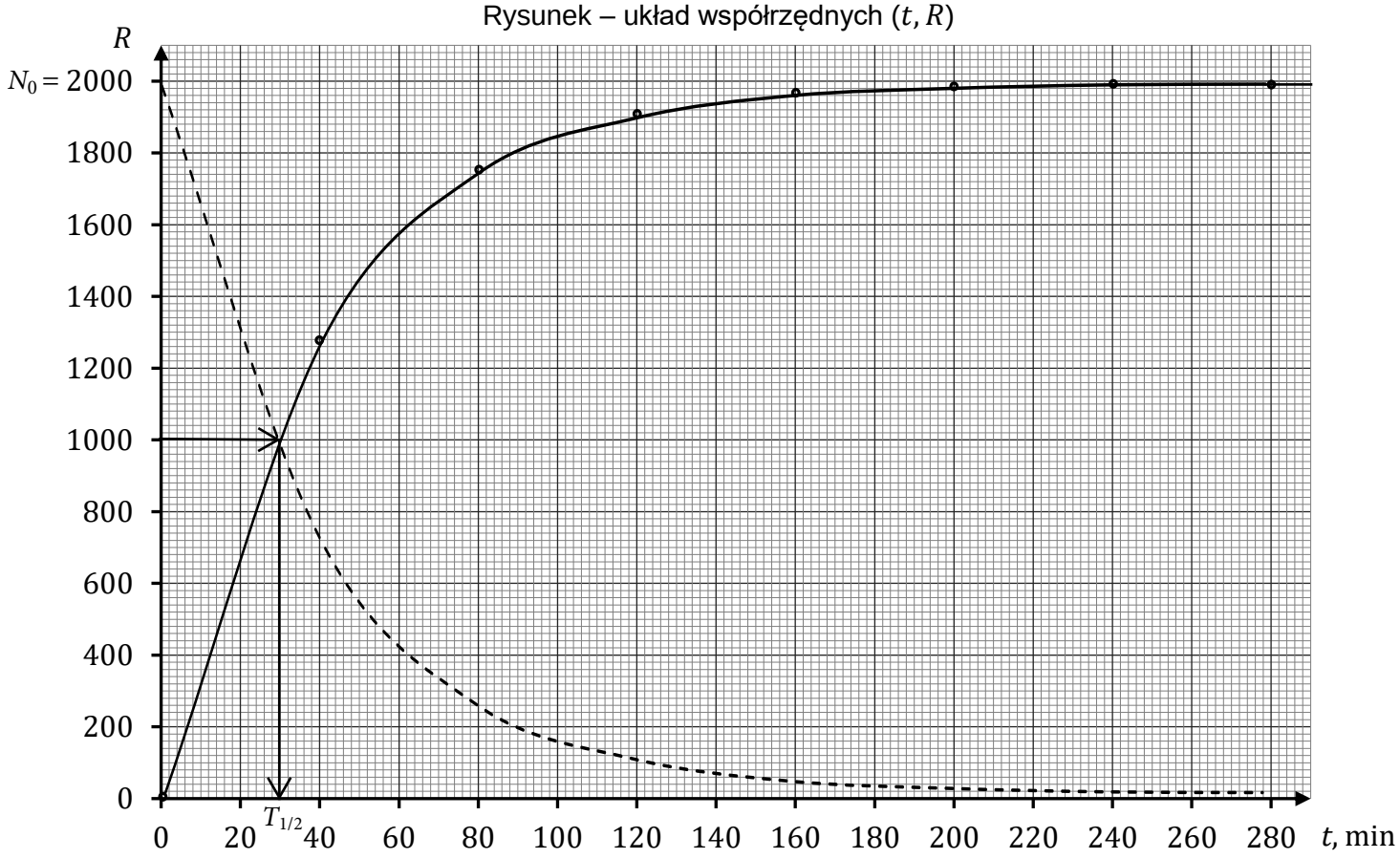
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	11.1.	11.2.
	Maks. liczba pkt	3	2
	Uzyskana liczba pkt		

Zadanie 12.

Izotop ołowiu $^{214}\mathrm{Pb}$ emituje cząstki beta minus w wyniku rozpadu promieniotwórczego. Detektor rejestruje i zlicza cząstki beta minus emitowane przez próbkę zawierającą ten izotop ołowiu. W tabeli poniżej zapisano łączną liczbę R cząstek beta minus zarejestrowanych przez detektor od chwili początkowej $t = 0$ do pewnej chwili czasu t. Przyjmij, że detektor rejestruje tylko cząstki emitowane przez badany izotop ołowiu $^{214}\mathrm{Pb}$.

t, min	0	40	80	120	160	200	240	280
R	0	1275	1749	1903	1966	1986	1996	1998

Rysunek – układ współrzędnych (t, R)



Zadanie 12.1. (0–3)

W powyższym układzie współrzędnych (t, R) narysuj wykres zależności $R(t)$ oraz wyznacz czas $T_{\frac{1}{2}}$ połowicznego rozpadu izotopu ołowiu $^{214}\mathrm{Pb}$.

W tym celu zaznacz punkty pomiarowe, a następnie wykreśl krzywą ciągłą. Wykres narysuj dla przedziału czasu od $t = 0$ do $t = 290$ min. Przedstaw (słownie lub za pomocą oznaczeń na wykresie) tok rozumowania prowadzący do wyznaczenia $T_{\frac{1}{2}}$.

$T_{\frac{1}{2}} \approx 30$ min

Zadanie 12.2. (0–2)

Średnią aktywnością izotopu promieniotwórczego w czasie Δt nazwiemy iloraz

$$A_{\Delta t} = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

gdzie ΔN jest liczbą jąder, które uległy rozpadowi (przemianie) w tym czasie.

Oblicz stosunek średniej aktywności badanej próbki w czasie od $t = 120$ min do $t = 160$ min do średniej aktywności badanej próbki w czasie od $t = 0$ do $t = 40$ min.

$\Delta N = \Delta R$!

$$\frac{A_{120\ \mathrm{min} \to 160\ \mathrm{min}}}{A_{0\ \mathrm{min} \to 40\ \mathrm{min}}} = \frac{1966 - 1903}{40\ \mathrm{min}} \cdot \frac{40\ \mathrm{min}}{1275 - 0} \approx 0{,}0494$$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	12.1.	12.2.	12.3.
	Maks. liczba pkt	3	2	1
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 12.3. (0–1)

Poniżej przedstawiono nieuzupełnione równanie rozpadu beta minus jądra ołowiu $^{214}\mathrm{Pb}$.

$$^{214}_{82}\mathrm{Pb} \rightarrow {}^{214}_{83}\mathrm{Bi} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

Uwaga! W zapisie reakcji pomijamy cząstkę antyneutrino (o zerowym ładunku elektrycznym i zerowej liczbie masowej).

Uzupełnij powyższe równanie rozpadu. Wpisz w wykropkowane miejsca właściwe liczby atomowe, liczbę masową oraz symbol pierwiastka. Skorzystaj z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych*.

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*