CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

WYPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD

PESEL

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: **15 czerwca 2021 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 1–13). 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.

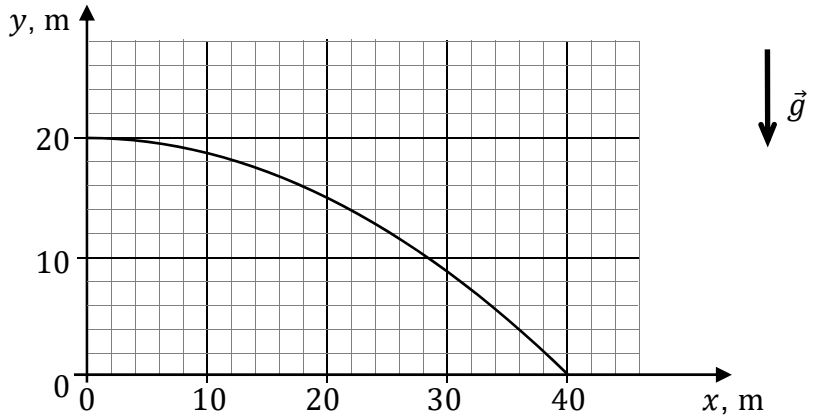
EFAP-R0-**100**-2106

Układ graficzny
© CKE 2021

Zadanie 1.

Z wieży obserwacyjnej wystrzelono małą kulkę. Prędkość $\vec{v}_0$ kulki w chwili początkowej ruchu $(t_0 = 0)$ miała kierunek poziomy. Na wykresie poniżej, w układzie współrzędnych (x, y), przedstawiono tor lotu kulki od chwili t_0 aż do momentu uderzenia kulki w poziome podłoże.

Przyjmij do obliczeń przyśpieszenie ziemskie $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$. W zadaniach 1.1.–1.3. pomiń opory ruchu.



Zadanie 1.1. (0–2)

Na podstawie danych odczytanych z wykresu oblicz czas lotu kulki od chwili $t_0 = 0$, aż do chwili uderzenia kulki o ziemię.

Zadanie 1.2. (0–4)

Torem ruchu kulki jest fragment paraboli opisanej równaniem:

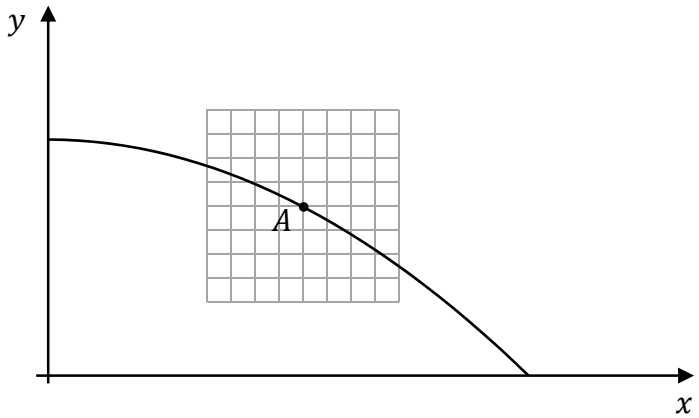
$$y = -0{,}0125 \cdot x^2 + 20 \qquad \text{gdzie} \qquad x \in [0{,}40]$$

Współczynniki liczbowe w tym równaniu wyrażone są (domyślnie) w podstawowych jednostkach układu SI.

Wyprowadź powyższe równanie toru lotu kulki na podstawie równań ruchu rzutu poziomego oraz położenia początkowego i końcowego kulki podczas lotu.

Zadanie 1.3. (0–1)

Na rysunku poniżej narysuj wektor siły działającej na kulkę podczas lotu, gdy znajduje się ona w punkcie A. Zapisz obok rysunku nazwę tej siły.



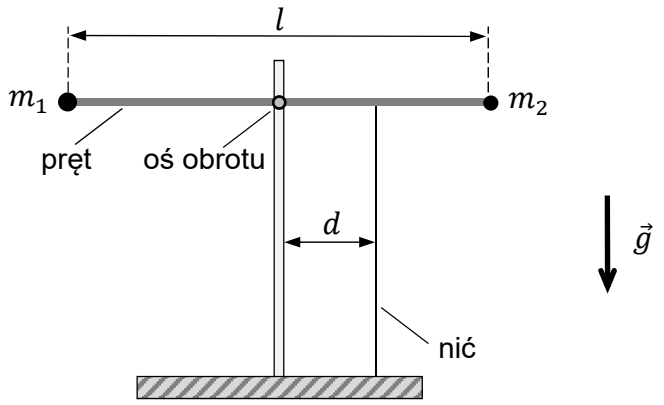
Nazwa siły:

.....

Zadanie 2.

Lekki, sztywny pręt o długości $l = 50\ \mathrm{cm}$ zamocowano na statywie tak, że może się on swobodnie obracać wokół osi przechodzącej przez jego środek. Do końców pręta zamocowano dwa małe ciężarki o masach $m_1 = 200\ \mathrm{g}$ i $m_2 = 50\ \mathrm{g}$ (zobacz rys. 1.). Pręt połączono z podstawą statywu za pomocą nici tak, że pozostawał on nieruchomy w pozycji poziomej. Odległość punktu mocowania nici na pręcie od osi obrotu jest równa $d = 10\ \mathrm{cm}$.

Rysunek 1.



Do analizy zagadnienia przyjmij model zjawiska, w którym:

- pomijamy siły oporów ruchu
- pomijamy masę pręta
- oba ciężarki traktujemy jako punkty materialne
- przyśpieszenie ziemskie wynosi $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

Zadanie 2.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Siła $\vec{F}$, z jaką napięta nić działa na pręt w sytuacji, gdy jest on nieruchomy, ma wartość (po zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących)

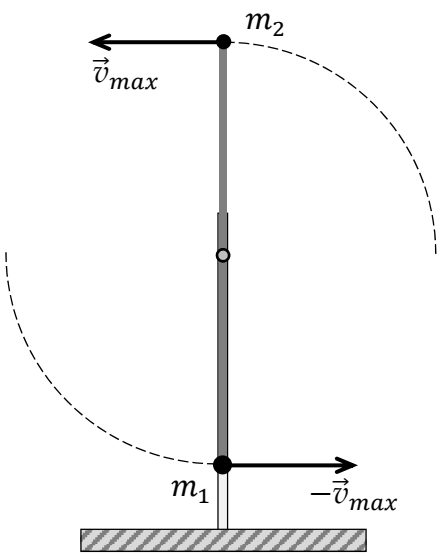
A. $F \approx 1{,}8\ \mathrm{N}$ **B.** $F \approx 2{,}5\ \mathrm{N}$ **C.** $F \approx 3{,}7\ \mathrm{N}$ **D.** $F \approx 6{,}1\ \mathrm{N}$

Brudnopis

Zadanie 2.2. (0–3)

W pewnej chwili przecięto nić utrzymującą pręt z ciężarkami w równowadze. W wyniku tego pręt zaczął się obracać. Gdy pręt przechodził przez położenie pionowe (zobacz rys. 2.), to wartość prędkości liniowej każdego z ciężarków była maksymalna. Tę maksymalną wartość prędkości każdego ciężarka oznaczymy jako v_{max}.

Rysunek 2.



Oblicz v_{max}.

Zadanie 3.

Rozważamy pewną planetę skalistą, która ma kształt kulisty oraz sferycznie symetryczny rozkład masy. Promień tej planety jest równy $R = 6000\,\mathrm{km}$. Wartość a_b przyśpieszenia, z jakim spada ciało swobodnie puszczone tuż nad powierzchnią tej planety na jej biegunie, jest o 20% większe od wartości a_r przyśpieszenia w kierunku pionowym, z jakim spada ciało swobodnie puszczone tuż nad powierzchnią tej planety na jej równiku.

Przyjmij następujące założenia oraz warunki:

- wartości a_b oraz a_r obu przyśpieszeń określone są w nieinercjalnym układzie odniesienia związanym z powierzchnią planety
- planeta nie ma atmosfery
- bieguny planety określamy jako dwa punkty na jej powierzchni, przez które przechodzi oś obrotu planety; równik planety określamy jako okrąg na jej powierzchni, leżący w płaszczyźnie przechodzącej przez środek planety i prostopadłej do jej osi obrotu
- pomijamy wpływ ustawienia osi obrotu planety względem jej orbity (po której planeta porusza się dookoła gwiazdy macierzystej) na wartości a_b oraz a_r.

Zadanie 3.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

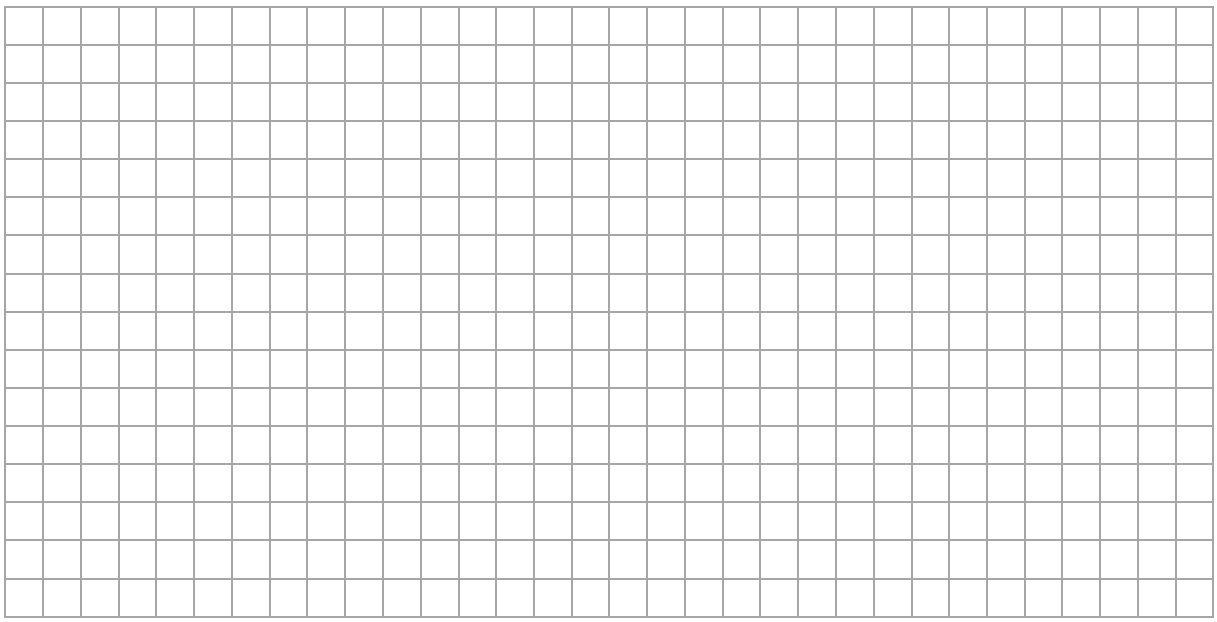
Różnica przyśpieszeń, z jakim spadają ciała na biegunie i na równiku tej planety, wynika z

A. ruchu orbitalnego planety dookoła jej gwiazdy macierzystej.
B. ruchu obrotowego planety dookoła jej własnej osi.
C. oddziaływania z gwiazdą macierzystą.
D. mniejszego natężenia pola grawitacyjnego planety na jej równiku niż na biegunie.

Zadanie 3.2. (0–3)

Wiadomo, że $a_b = 3\,\mathrm{m/s^2}$.

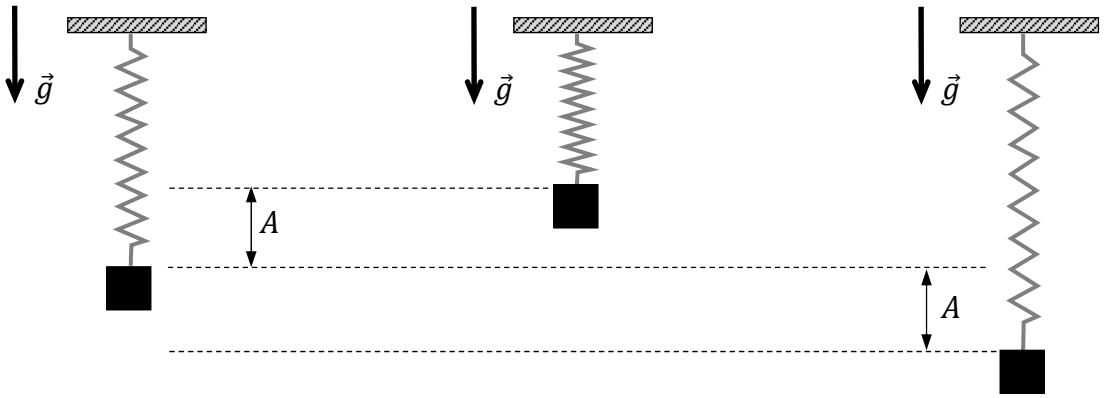
Oblicz okres T obrotu planety wokół jej własnej osi.



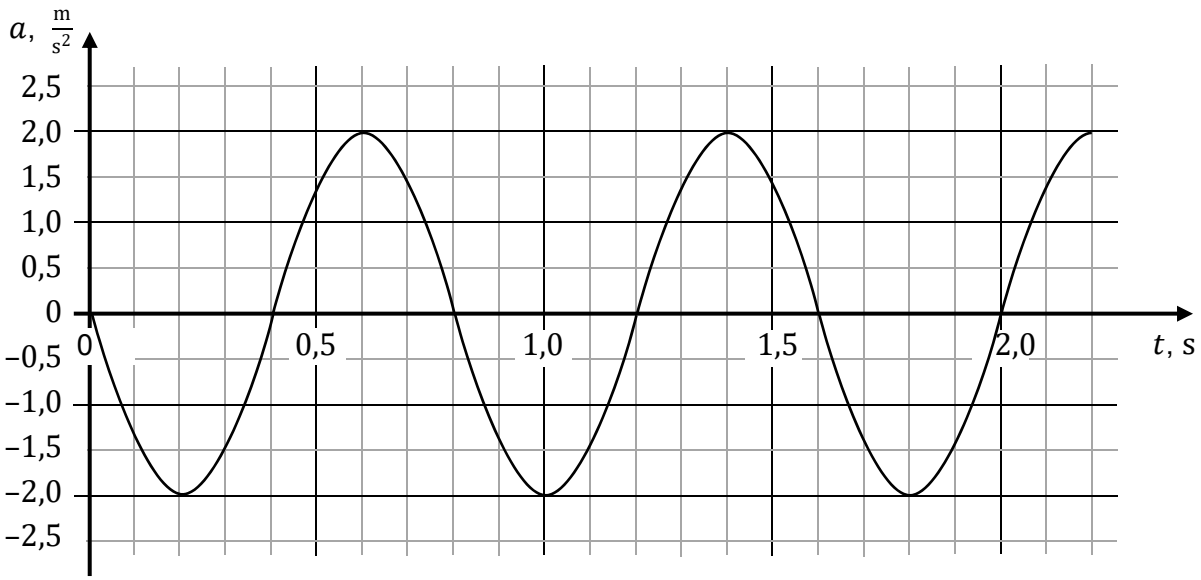
Zadanie 4.

Ciężarek o masie $m = 50\,\mathrm{g}$ zawieszono na sprężynie w ziemskim polu grawitacyjnym. Następnie układ wprawiono w ruch drgający w kierunku pionowym. Amplitudę drgań tego ciężarka oznaczymy jako A (zobacz rysunki 1.–3.).

Rysunek 1. Rysunek 2. Rysunek 3.



Zależność przyśpieszenia a od czasu t w opisanym ruchu drgającym ciężarka przedstawiono na poniższym wykresie.



Przyjmij model zjawiska, w którym:

- pomijamy masę sprężyny
- zakładamy, że sprężyna jest idealnie sprężysta w zakresie odkształceń, którym podlega podczas opisanego ruchu drgającego
- pomijamy opory ruchu
- przyśpieszenie ziemskie wynosi $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

Zadanie 4.1. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Wartość prędkości ciężarka jest maksymalna w chwilach: $t = 0,\ t = 0{,}4\ \text{s},\ t = 0{,}8\ \text{s},\ t = 1{,}2\ \text{s},\ t = 1{,}6\ \text{s},\ t = 2{,}0\ \text{s}.$	**P**	**F**
2.	W chwili $t = 0$ ciężarek jest wychylony z położenia równowagi sił o A.	**P**	**F**
3.	Wartość siły wypadkowej działającej na ciężarek w chwili $t = 0{,}2\ \text{s}$ jest równa wartości siły wypadkowej działającej na ciężarek w chwili $t = 0{,}6\ \text{s}$.	**P**	**F**

Zadanie 4.2. (0–3)

Ustal i zapisz wartości (z jednostkami) następujących parametrów opisanego ruchu drgającego ciężarka:

f – częstotliwości drgań,

A – amplitudy drgań,

v_{max} – maksymalnej wartości prędkości ciężarka.

$f =$ .....

$A =$ .....

$v_{max} =$ .....

Brudnopis

Zadanie 4.3. (0–3)

Oblicz maksymalną wartość siły sprężystości, która działa na ciężarek podczas ruchu drgającego.

Zadanie 4.4. (0–1)

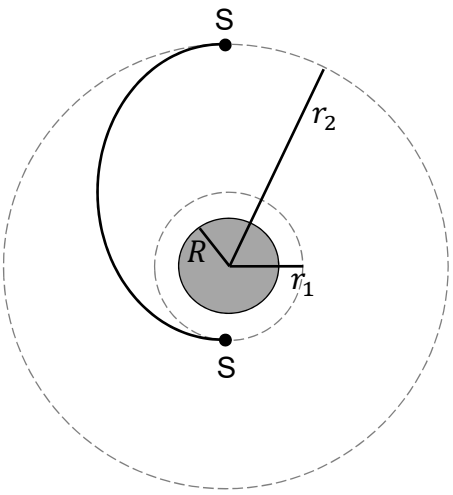
Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Współczynnik sprężystości sprężyny opisanej w zadaniu 4. wynosi (w zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących)

A. $k \approx 0{,}10\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ **B.** $k \approx 0{,}39\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ **C.** $k \approx 2{,}7\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ **D.** $k \approx 3{,}1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

Brudnopis

Zadanie 5. (0–4)



Satelita S początkowo krąży swobodnie (z wyłączonymi silnikami) po orbicie kołowej o promieniu $r_1 = 12\,000\ \mathrm{km}$ dookoła pewnej planety. Promień tej planety wynosi $R = 8000\ \mathrm{km}$, a przyśpieszenie grawitacyjne na jej powierzchni ma wartość $g_p = 25\ \mathrm{m/s^2}$. Masa satelity wynosi $m = 400\ \mathrm{kg}$. Planeta ma sferycznie symetryczny rozkład masy.

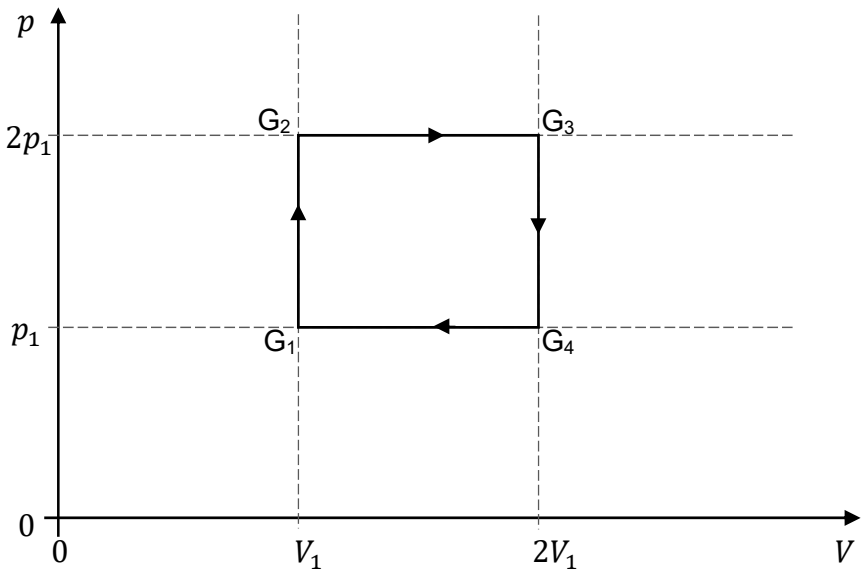
Oblicz minimalną pracę, jaką musi wykonać siła ciągu wytworzona przez silniki tego satelity, aby przenieść go na orbitę kołową o promieniu $r_2 = 36\,000\ \mathrm{km}$, na której będzie poruszał się z wyłączonymi silnikami.

Pomiń zmianę masy satelity podczas działania silników odrzutowych.

Zadanie 6.

Na poniższym diagramie przedstawiono wykres zależności ciśnienia p od objętości V w cyklu przemian termodynamicznych ustalonej masy gazu doskonałego. Te przemiany zachodzą podczas pracy pewnego silnika cieplnego S. Silnik S oddaje do otoczenia w jednym cyklu pracy ciepło równe 2640 J. Wartości p_1 i V_1 spełniają zależność $p_1 \cdot V_1 = 480$ J.

Na wykresie oznaczono cztery stany gazu: G_1, G_2, G_3, G_4 (w których następuje zmiana rodzaju przemiany).



Zadanie 6.1. (0–2)

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	W przemianie G_1–G_2 siła parcia gazu wykonuje pracę różną od zera.	**P**	**F**
2.	Gaz oddaje ciepło do chłodnicy w przemianie G_3–G_4 oraz w przemianie G_4–G_1.	**P**	**F**
3.	Praca siły parcia gazu w przemianie G_2–G_3 ma większą wartość od pracy przeciwko sile parcia gazu w przemianie G_4–G_1.	**P**	**F**
4.	W przemianie G_2–G_3 rośnie energia wewnętrzna gazu.	**P**	**F**

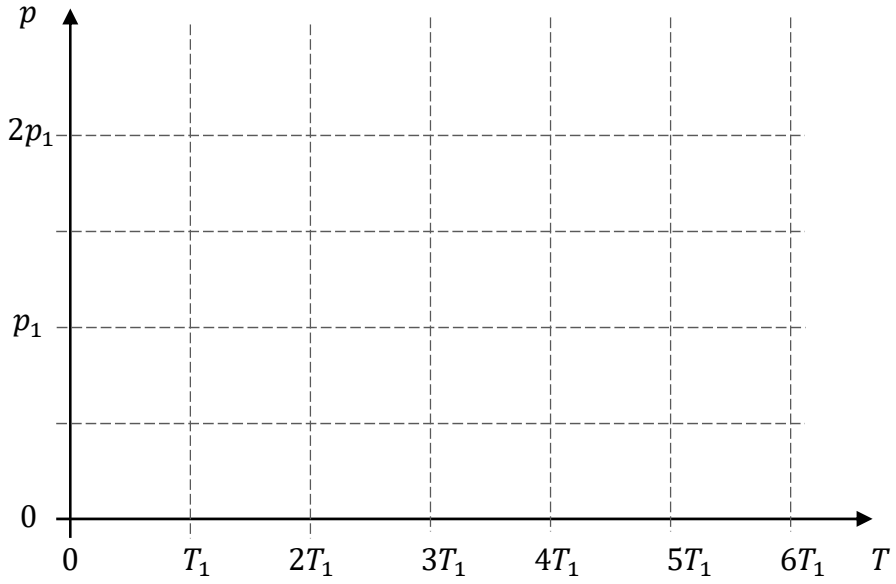
Zadanie 6.2. (0–3)

Oblicz sprawność silnika S.

Zadanie 6.3. (0–2)

Temperaturę gazu w stanie G_1 oznaczymy jako T_1.

Na poniższym diagramie współrzędnych narysuj wykres zależności ciśnienia p od temperatury T w cyklu G_1–G_2–G_3–G_4. Oznacz stany gazu: G_1, G_2, G_3, G_4.

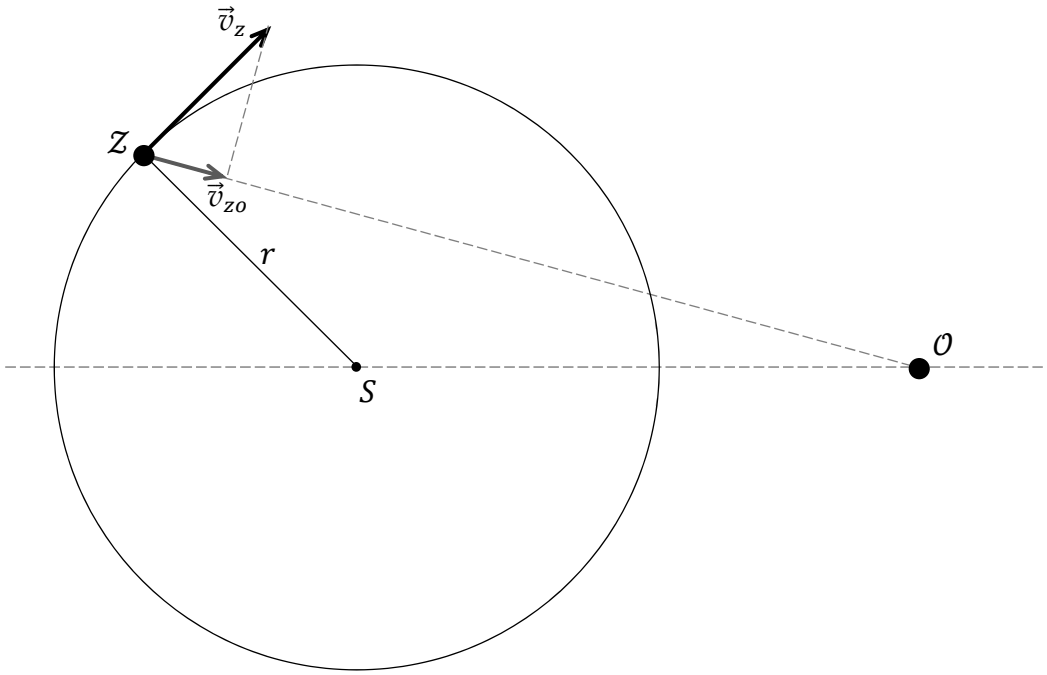


Brudnopis

Zadanie 7.

Źródło $\mathcal{Z}$ dźwięku o częstotliwości $f_Z = 1000\ \mathrm{Hz}$ porusza się z prędkością o stałej wartości v_z po okręgu o promieniu $r = 1\ \mathrm{m}$ w płaszczyźnie poziomej. Źródło $\mathcal{Z}$ wykonuje $n = 30$ obiegów po okręgu w czasie jednej minuty. Obserwator $\mathcal{O}$ znajdujący się w pewnej odległości od środka S okręgu odbiera dźwięki wysyłane przez źródło $\mathcal{Z}$ i rejestruje je jako falę dźwiękową o zmieniającej się częstotliwości (w wyniku efektu Dopplera). Na rysunku poniżej przedstawiono opisaną sytuację. Składową prędkości źródła w kierunku obserwatora oznaczono przez $\vec{v}_{zo}$.

Prędkość dźwięku w powietrzu ma wartość $v_d = 340\ \mathrm{m/s}$.



Częstotliwość f_o dźwięku odbieranego przez obserwatora, w zależności od zwrotu składowej $\vec{v}_{zo}$, wyraża się wzorami:

$$f_o = f_z \cdot \frac{v_d}{v_d - v_{zo}} \qquad \text{lub} \qquad f_o = f_z \cdot \frac{v_d}{v_d + v_{zo}}$$

Zadanie 7.1. (0–3)

Gdy źródło dźwięku znajduje się w punkcie A, to wysyła dźwięk odbierany przez obserwatora jako dźwięk o częstotliwości równej częstotliwości źródła.

Gdy źródło dźwięku znajduje się w punkcie B, to wysyła dźwięk odbierany przez obserwatora jako dźwięk o częstotliwości najwyższej.

Gdy źródło dźwięku znajduje się w punkcie C, to wysyła dźwięk odbierany przez obserwatora jako dźwięk o częstotliwości najniższej.

Na rysunku powyżej wyznacz konstrukcyjnie oraz zaznacz i podpisz punkty A, B, C.

Zadanie 7.2. (0–4)

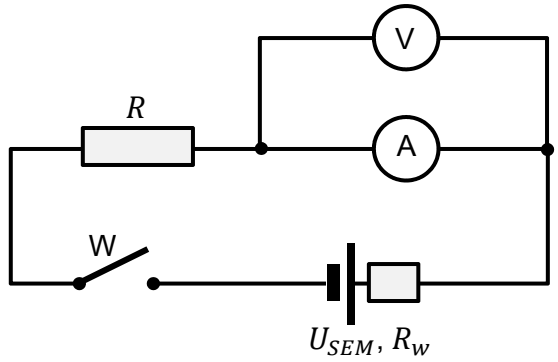
Oblicz różnicę między największą i najmniejszą częstotliwością fali dźwiękowej, którą rejestruje obserwator $\mathcal{O}$.

Zadanie 8.

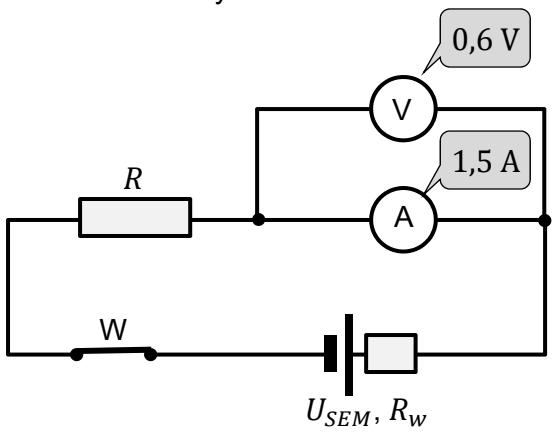
W celu wyznaczenia oporu wewnętrznego R_w baterii o sile elektromotorycznej $U_{SEM} = 6\ \mathrm{V}$ zbudowano obwód zasilany tą baterią. W obwodzie znajdował się opornik o oporze $R = 3{,}4\ \Omega$. Do obwodu dołączono mierniki natężenia prądu i napięcia (amperomierz i woltomierz) w taki sposób, jak pokazano na rysunkach 1. i 2. Opór R_A amperomierza był nieznany. Przyjmij, że opór woltomierza jest nieskończenie duży, a wskazania obu mierników są dokładne.

Po zamknięciu wyłącznika W (zobacz rysunek 2.) w obwodzie popłynął prąd elektryczny. Amperomierz wskazał wartość $I = 1{,}5\ \mathrm{A}$, a woltomierz wskazał wartość $U = 0{,}6\ \mathrm{V}$.

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Zadanie 8.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Opór amperomierza wynosi

A. $R_A = 3{,}8\ \Omega$ **B.** $R_A = 3{,}4\ \Omega$ **C.** $R_A = 3{,}0\ \Omega$ **D.** $R_A = 0{,}4\ \Omega$

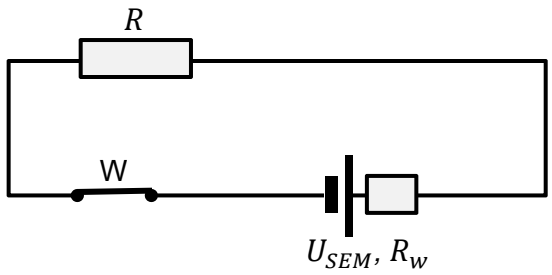
Zadanie 8.2. (0–3)

Oblicz opór wewnętrzny R_w baterii.

Zadanie 8.3. (0–1)

W drugim etapie doświadczenia z obwodu usunięto amperomierz oraz woltomierz, a opornik połączono bezpośrednio do zacisków baterii. Po zamknięciu wyłącznika W (zobacz rysunek 3.) w obwodzie popłynął prąd elektryczny.

Rysunek 3.



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

Moc wydzielana na oporze wewnętrznym baterii, w sytuacji przedstawionej na rysunku 3., w porównaniu do mocy wydzielanej na oporze wewnętrznym baterii, w sytuacji przedstawionej na rysunku 2., jest

A.	większa,	ponieważ natężenie prądu płynącego w obwodzie przedstawionym na rysunku 3. jest	**1.**	większe niż	natężenie prądu płynącego w obwodzie przedstawionym na rysunku 2.
B.	taka sama,		**2.**	takie samo jak	
C.	mniejsza,		**3.**	mniejsze niż	

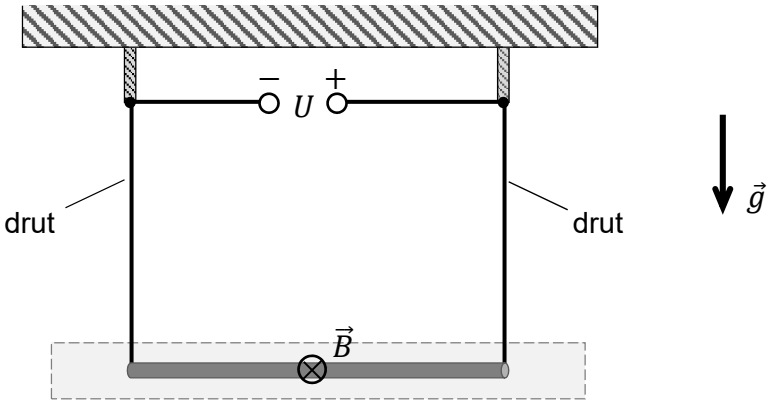
Zadanie 9.

Na dwóch przewodzących sztywnych drutach wisi poziomo miedziany pręt o masie $m = 240\ \mathrm{g}$ i długości $l = 120\ \mathrm{cm}$. Do końców obu drutów przyłożono stałe napięcie $U = 6\ \mathrm{V}$. Wiszący pręt znajduje się w jednorodnym zewnętrznym polu magnetycznym o wartości indukcji magnetycznej $B = 0{,}5\ \mathrm{T}$. Wektor indukcji $\vec{B}$ tego pola jest prostopadły do płaszczyzny rysunku, ze zwrotem za tę płaszczyznę (zobacz rysunek). Całkowity opór elektryczny opisanego obwodu wynosi $R = 1{,}5\ \Omega$. Elementy, na których zawieszono druty, nie przewodzą prądu.

Obszar pola magnetycznego zaznaczono na rysunku prostokątem obramowanym linią przerywaną. Na rysunku oznaczono także biegunowość napięcia („+" i „–") oraz przyśpieszenie ziemskie $\vec{g}$. Przyjmij do obliczeń przyśpieszenie ziemskie $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$.

Pomiń wpływ pola magnetycznego pochodzącego od prądów płynących w obwodzie. Doświadczenie opisujemy w układzie inercjalnym.

Rysunek



Zadanie 9.1. (0–2)

Na rysunku powyżej narysuj i oznacz wektory wszystkich sił działających w kierunku pionowym na pręt miedziany w opisanej sytuacji. Zapisz poniżej nazwy oznaczonych sił.

Uwaga! Uwzględnienie relacji (większy, mniejszy, równy) pomiędzy wartościami poszczególnych sił nie jest wymagane.

Oznaczenia i nazwy sił

Zadanie 9.2. (0–3)

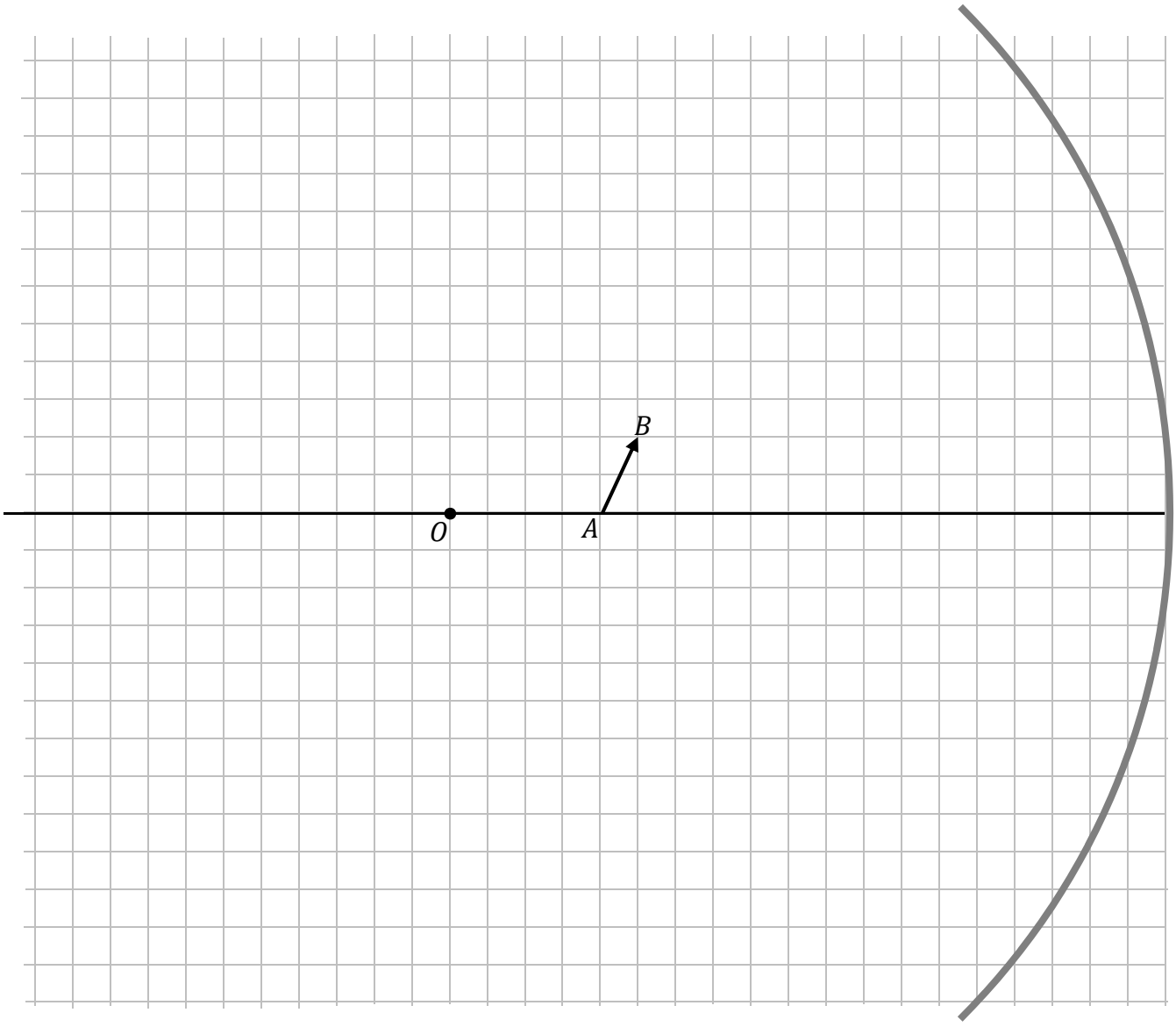
Oblicz wartość pionowej składowej siły oddziaływania jednego drutu na miedziany pręt.

Pomiń wpływ pola magnetycznego pochodzącego od prądów płynących w obwodzie.

Zadanie 10.

Świecący przedmiot w kształcie strzałki o początku w punkcie A i końcu w punkcie B umieszczono przed zwierciadłem kulistym wklęsłym. Punkt A leży na osi optycznej zwierciadła, pomiędzy powierzchnią zwierciadła a jego środkiem krzywizny O (zobacz rysunek poniżej). Długość strzałki AB jest mała w porównaniu do promienia krzywizny zwierciadła.

Rysunek



Zadanie 10.1. (0–1)

Oceń prawdziwość każdego dokończenia poniższego zdania. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

Obraz $A'B'$ przedmiotu AB, jaki powstaje w zwierciadle wklęsłym w opisanej sytuacji, jest

1.	rzeczywisty.	**P**	**F**
2.	powiększony.	**P**	**F**
3.	odwrócony.	**P**	**F**

Zadanie 10.2. (0–2)

Na rysunku w opisie zadania 10. wyznacz konstrukcyjnie położenie obrazu $A'B'$ przedmiotu AB.

Zadanie 11. (0–2)

W niewielkim basenie pływa łódka, w której siedzi chłopiec. W łódce znajduje się żelazny ciężarek o masie 10 kg. W pewnej chwili chłopiec wyrzucił ciężarek z łódki do wody.

Określ, jak zmieni się poziom wody w basenie (podniesie się / nie zmieni się / obniży się) po zatonięciu wyrzuconego ciężarka. Zapisz i uzasadnij odpowiedź.

Odpowiedź:

Uzasadnienie:

Zadanie 12. (0–3)

Masa jądra izotopu litu $^{7}_{3}\mathrm{Li}$ jest równa $m_{Li} = 11{,}6508 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$. Masy protonu m_p oraz neutronu m_n wynoszą odpowiednio: $m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}\mathrm{kg}$, $m_n = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$. Prędkość światła w próżni ma wartość $c = 2{,}998 \cdot 10^{8}\ \mathrm{m/s}$.

Oblicz najmniejszą energię, jaką należałoby dostarczyć do jądra litu $^{7}_{3}\mathbf{Li}$, aby rozbić je na oddzielne (tzn. nieoddziałujące ze sobą) nukleony.

Zadanie 13. (0–1)

Jądro izotopu toru $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ ulega ciągowi przemian jądrowych α i β, w wyniku których powstaje jądro izotopu ołowiu $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$.

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Opisany proces przemian jądra toru w jądro ołowiu wymaga

A. 24 rozpadów α oraz 8 rozpadów β^{+}.
B. 6 rozpadów α oraz 4 rozpadów β^{+}.
C. 6 rozpadów α oraz 4 rozpadów β^{-}.
D. 6 rozpadów α oraz 8 rozpadów β^{-}.

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*