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: **13 czerwca 2022 r.**
GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**
CZAS PRACY: **180 minut**
LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 19 stron (zadania 1–10). 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**-2206

Układ graficzny
© CKE 2021

Zadanie 1.

Robot sprzątający rozpoczął ruch po płaskiej powierzchni. Ten robot może przemieszczać się wzdłuż odcinków prostych w dowolnym kierunku. Kolejne przemieszczenia robota, od chwili początkowej $t = 0$, opisano za pomocą współrzędnych (x, y). W chwili początkowej ruchu środek P robota znajdował się w punkcie $O = (0, 0)$ – początku układu współrzędnych. W tabeli poniżej podano współrzędne wektora przemieszczenia punktu P na danym etapie ruchu oraz wartość prędkości, z jaką punkt P poruszał się w danym etapie ruchu.

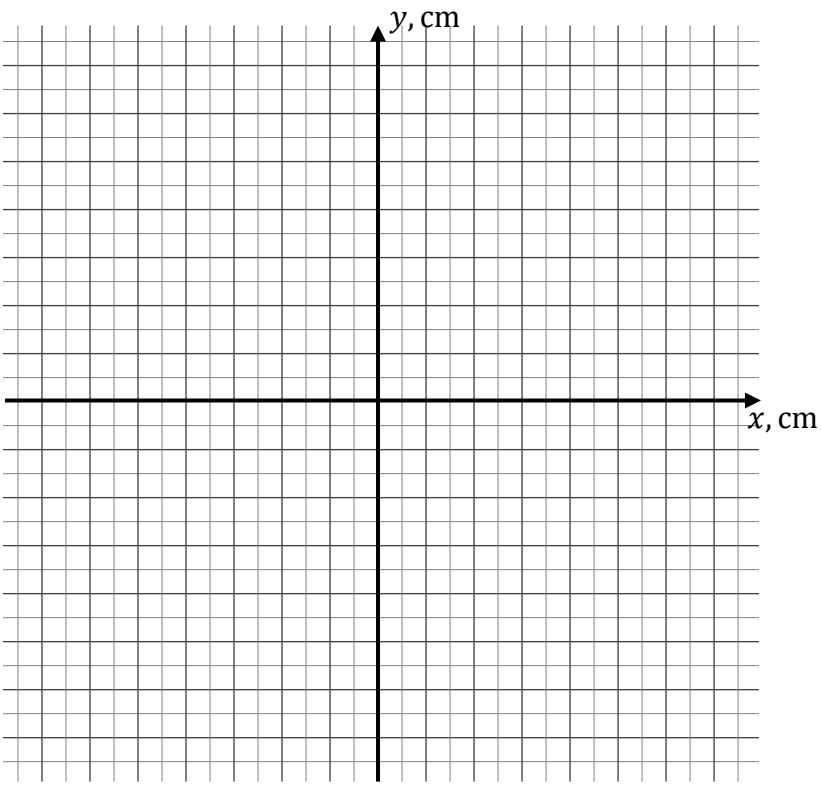


Etapy ruchu	Współrzędne wektora przemieszczenia		Wartość prędkości
	$\Delta x, \text{cm}$	$\Delta y, \text{cm}$	$v, \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Etap 1.	50	20	4
Etap 2.	0	40	2
Etap 3.	-120	0	4

W zadaniach 1.1.–1.2. pomijamy czasy między 1. a 2. etapem ruchu oraz między 2. a 3. etapem ruchu robota (tzn. pomijamy czasy, w których następują zmiany wektora prędkości robota). Przyjmij, że w chwili $t = 0$ prędkość punktu P była taka jak w 1. etapie ruchu.

Zadanie 1.1. (0–2)

Narysuj w poniższym układzie współrzędnych tor ruchu punktu P robota od chwili $t = 0$ do końca trzeciego etapu ruchu. Wyskaluj osie i nanieś odpowiednie wartości.



Zadanie 1.2. (0–3)

Oblicz czas ruchu robota od chwili $t = 0$ do końca trzeciego etapu ruchu. Zapisz obliczenia.

Zadanie 1.3. (0–2)

Źródłem zasilania robota był zespół akumulatorów, który po całkowitym naładowaniu mógł dostarczyć $42\ \mathrm{Wh}$ (watogodzin) energii elektrycznej. Przyjmij, że robot rozpoczął pracę z całkowicie naładowanymi akumulatorami i stale pobierał moc równą $20\ \mathrm{W}$.

Oblicz maksymalny czas pracy robota po jednorazowym naładowaniu akumulatorów. Zapisz obliczenia.

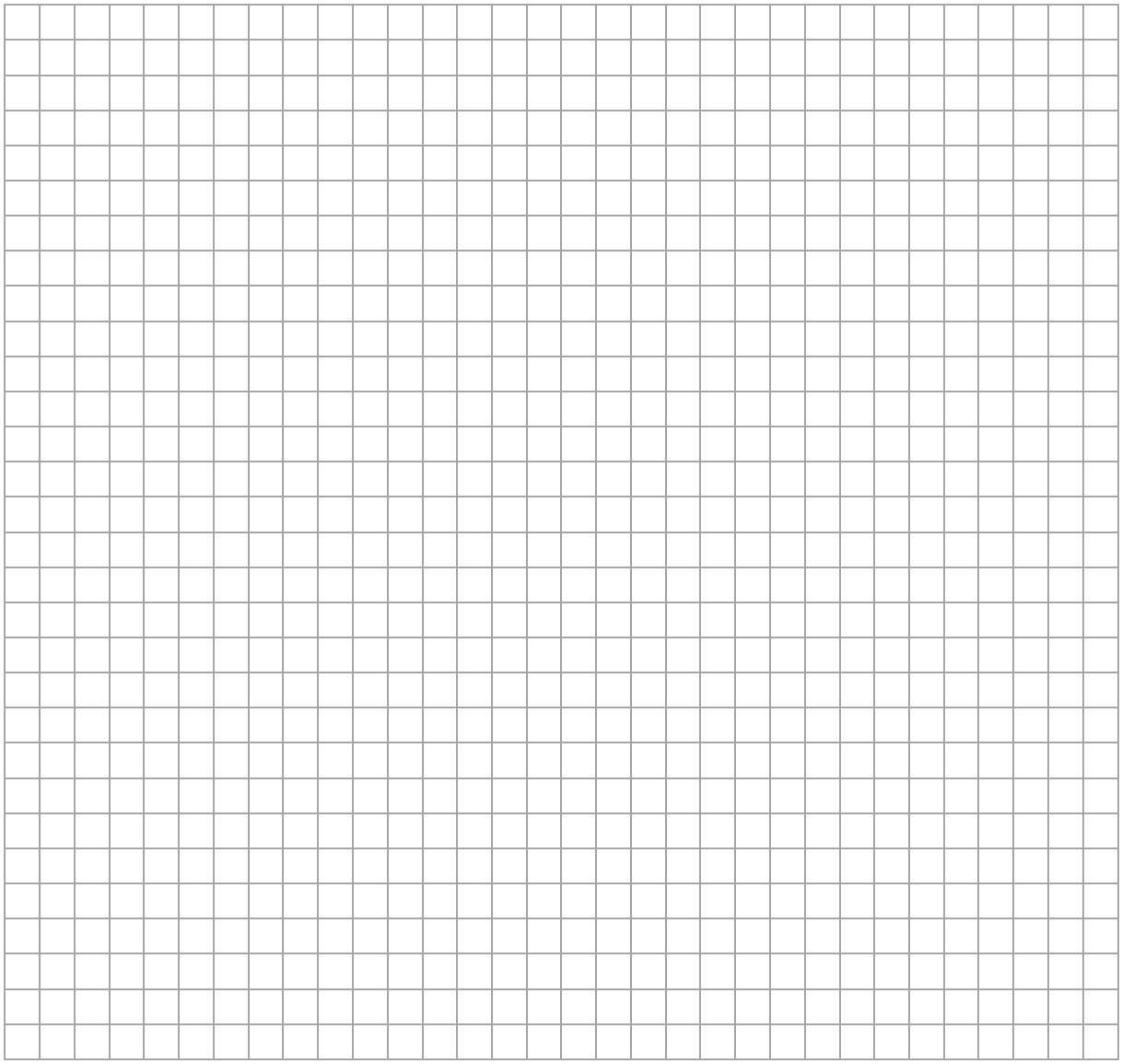
Zadanie 2. (0–3)

Najkrótsza droga hamowania samochodu, tzn. najkrótsza długość drogi, jaką przebędzie w linii prostej samochód od chwili rozpoczęcia hamowania (czyli, gdy wartość prędkości zaczyna maleć) aż do zatrzymania się, zależy m.in. od wartości prędkości samochodu w chwili rozpoczęcia hamowania.

Najkrótsza droga hamowania samochodu jadącego z prędkością $v_1 = 70\ \mathrm{km/h}$ wynosi s_1, a najkrótsza droga hamowania tego samego samochodu jadącego z prędkością $v_2 = 50\ \mathrm{km/h}$ wynosi s_2. Przyjmij, że w obu przypadkach:

- hamowanie odbywa się na tym samym poziomym podłożu
- opony samochodu nie ślizgają się o powierzchnię jezdni
- tarcie statyczne pomiędzy oponami a jezdnią jest maksymalne
- pomijamy opory powietrza.

Oblicz iloraz $\frac{s_1}{s_2}$. Zapisz obliczenia.



Zadanie 3.

Rozważamy spadek ciała w powietrzu. W chwili początkowej ruchu ($t = 0$) prędkość ciała jest równa zero. Od chwili $t = 0$ ciało opada pionowo ruchem przyśpieszonym, a wartość jego prędkości zbliża się do pewnej prędkości granicznej v_g.

Przyjmij model zjawiska, w którym na ciało podczas opadania działają dwie siły: siła grawitacji $\vec{F}_g$ oraz siła oporu powietrza $\vec{F}_o$, której wartość zależy od wartości v prędkości ciała w następujący sposób:

$$F_o = \frac{1}{2} C S \rho v^2$$

gdzie C jest współczynnikiem zależącym od kształtu ciała, S jest polem przekroju ciała (prostopadłym do kierunku ruchu), ρ jest gęstością powietrza. Siłę wyporu aerostatycznego pomijamy. Przyjmij także, że od pewnej chwili ruch ciała w powietrzu można uznać za jednostajny ze stałą prędkością o wartości v_g.

Zadanie 3.1. (0–2)

Wykaż, że współczynnik C, występujący w powyższym wzorze, jest bezwymiarowy. Zapisz przekształcenia.

Zadanie 3.2. (0–1)

Dokończ zdania. W każdym zdaniu zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

1. Od chwili $t = 0$ aż do osiągnięcia prędkości granicznej v_g, wartość siły oporu powietrza działającej na opadające ciało

A. rośnie. **B.** maleje. **C.** pozostaje stała.

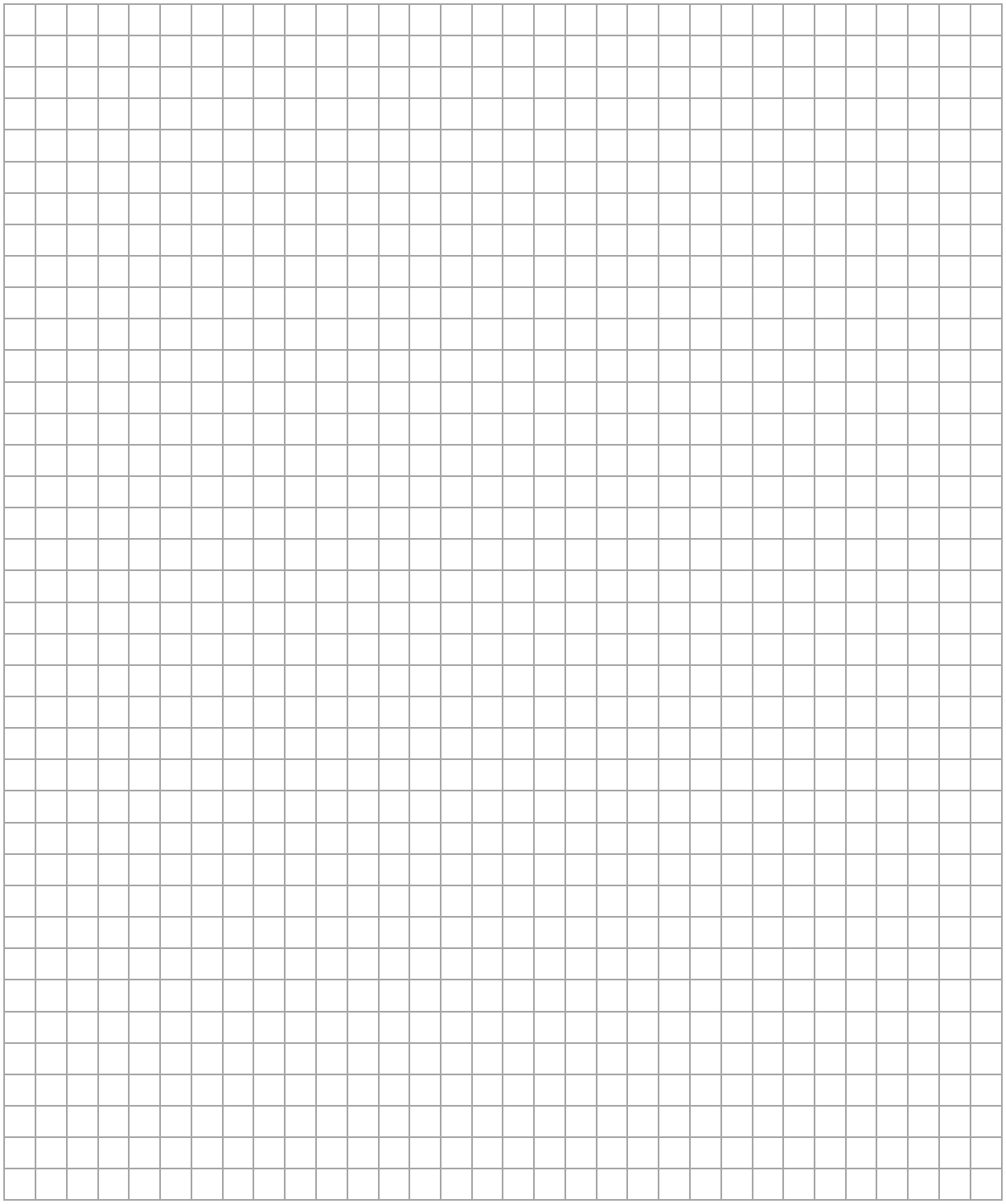
2. Od chwili $t = 0$ aż do osiągnięcia prędkości granicznej v_g, wartość prędkości opadającego ciała

D. rośnie coraz szybciej. **E.** rośnie coraz wolniej.
F. maleje coraz szybciej. **G.** maleje coraz wolniej.

Zadanie 3.3. (0–3)

Rozważamy dwie kule K1 i K2, które opadają w powietrzu. Kula K1 o promieniu R_1, gdy opada, osiąga prędkość graniczną o wartości v_{1g}, a kula K2 o promieniu $R_2 = 2R_1$, gdy opada, osiąga prędkość graniczną o wartości v_{2g}. Obie kule wykonane są z tego samego materiału.

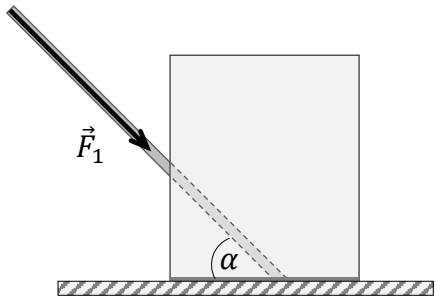
Oblicz iloraz $\frac{v_{2g}}{v_{1g}}$. Zapisz obliczenia.



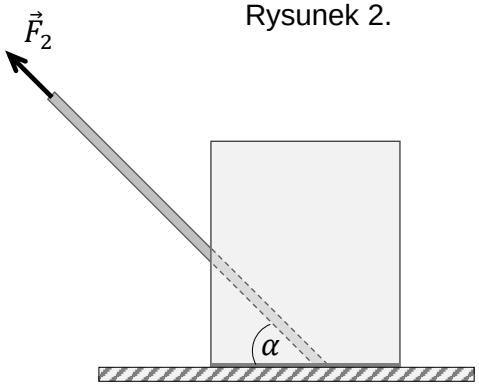
Zadanie 4. (0–4)

Na poziomym podłożu stoi skrzynia. Do skrzyni przymocowano pręt, który ułatwia jej przesuwanie. Skrzynię przesuwano dwa razy. Pierwszy raz skrzynię pchano siłą $\vec{F}_1$ przyłożoną do końca pręta (zobacz rysunek 1.), drugi raz skrzynię ciągnięto siłą $\vec{F}_2$ przyłożoną do końca pręta (zobacz rysunek 2.). Za każdym razem, gdy przesuwano skrzynię, siły $\vec{F}_1$ i $\vec{F}_2$ były skierowane wzdłuż pręta, a skrzynia poruszała się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Kąt nachylenia pręta do dna skrzyni jest równy $\alpha = 45°$. Współczynnik tarcia między skrzynią a podłożem wynosi $\mu = 0{,}5$.

Rysunek 1.

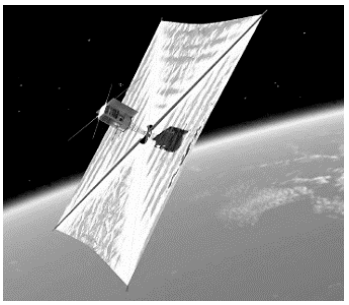


Rysunek 2.



Wykaż, że wartość siły $\vec{F}_1$ jest 3 razy większa od wartości siły $\vec{F}_2$.

Zadanie 5.



PW-Sat2 to polski satelita, który został wprowadzony na orbitę kołową znajdującą się na wysokości $h \approx 575\ \mathrm{km}$ ponad powierzchnią Ziemi. Celem misji było przetestowanie nowatorskiego sposobu deorbitacji satelity (tzn. sprowadzenia satelity z orbity). Systemem deorbitacyjnym satelity był żagiel o powierzchni kilku m^2, który po rozłożeniu znacząco zwiększał siłę oporu działającą na satelitę, pochodzącą od śladowych resztek atmosfery.

Zadanie 5.1. (0–4)

Oblicz, ile razy satelita PW-Sat2 okrążył Ziemię w czasie $t = 26$ dób, przed rozłożeniem żagla. Zapisz obliczenia.

Pomiń siłę oporu działającą na satelitę, gdy żagiel nie był rozłożony. Przyjmij do obliczeń:

$R_Z \approx 6\,370\ \mathrm{km}$ (promień Ziemi)

$M_Z \approx 5{,}97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$ (masa Ziemi)

Zadanie 5.2. (0–1)

Oznaczymy jako:

F_{g_or} – wartość siły grawitacji, jaka działa na satelitę PW-Sat2, gdy porusza się on po orbicie kołowej na wysokości $h \approx 575\ \mathrm{km}$ ponad powierzchnią Ziemi,

F_{g_z} – wartość siły grawitacji, jaka działa na satelitę PW-Sat2, gdy spoczywa on na powierzchni Ziemi.

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Iloraz wartości sił $\frac{F_{g_or}}{F_{g_z}}$ wynosi

A. $\frac{F_{g_or}}{F_{g_z}} = 0$ **B.** $\frac{F_{g_or}}{F_{g_z}} \approx 0{,}84$ **C.** $\frac{F_{g_or}}{F_{g_z}} \approx 0{,}92$ **D.** $\frac{F_{g_or}}{F_{g_z}} = 1{,}00$

Brudnopis

Zadanie 5.3. (0–2)

Na wysokości $100\ \mathrm{km}$ nad powierzchnią Ziemi, którą to wysokość przyjmuje się za umowną granicę między atmosferą a przestrzenią kosmiczną, ciśnienie wynosi $0{,}10\ \mathrm{Pa}$, a temperatura jest równa $200\ \mathrm{K}$. Przyjmij, że resztkowa atmosfera na tej wysokości zachowuje się jak gaz doskonały.

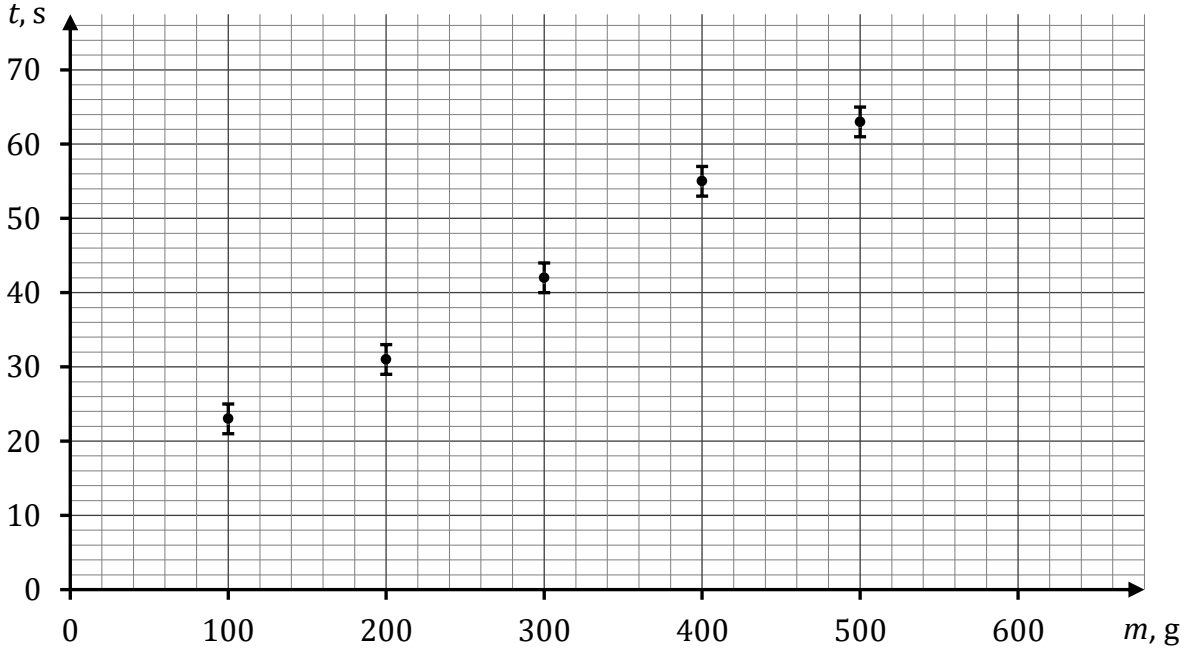
Oblicz liczbę cząsteczek gazu w $1\ \mathrm{m}^3$ na tej wysokości. Wynik podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.

Zadanie 6.

W celu wyznaczenia ciepła właściwego wody uczniowie wykonali pomiary czasów t_i ogrzewania różnych mas m_i wody w izolowanym naczyniu ($i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$). Ze względu na zastosowaną metodę niepewność pomiaru czasu oszacowano na 2 s, a pomiar masy wody przyjęto za dokładny. Kolejne porcje wody oraz naczynie uczniowie ogrzewali grzałką o mocy $P_g = 800$ W, za każdym razem o $\Delta T = 20$ K i zawsze od tej samej temperatury początkowej T_0 wody i naczynia. Wyniki pomiarów przedstawiono w układzie współrzędnych w postaci punktów pomiarowych (m_i, t_i) wraz z niepewnościami (zobacz rysunek poniżej).

Przyjmij do obliczeń, że naczynie z wodą pobierało całe ciepło dostarczane przez grzałkę.

Rysunek – układ współrzędnych (m, t)



Uczniowie przyjęli, że zależność między czasem t ogrzewania a masą m wody w naczyniu jest liniowa i opisuje ją wyrażenie:

$$t(m) = A \cdot m + B$$ dla pewnych współczynników A i B.

Zadanie 6.1. (0–3)

W powyższym układzie współrzędnych (m, t) narysuj prostą najlepiej dopasowaną do punktów pomiarowych. Na podstawie wykresu wyznacz współczynniki A i B tej prostej. Zapisz obliczenia.

Informacja do zadań 6.2. i 6.3.

Podobne doświadczenie (tzn. dla takich samych wartości P_g oraz ΔT) wykonała druga grupa uczniów. Współczynniki A i B równania prostej najlepiej dopasowanej do punktów pomiarowych w tym drugim doświadczeniu były równe odpowiednio:

$$A = 107\ \frac{\mathrm{s}}{\mathrm{kg}} \qquad B = 11\ \mathrm{s}$$

Zadanie 6.2. (0–4)

Oblicz ciepło właściwe wody na podstawie powyższej informacji i opisu doświadczenia. Zapisz obliczenia.

Zadanie 6.3. (0–1)

Ustal i zapisz, jaka jest fizyczna interpretacja współczynnika B, tzn. napisz, jakiej wielkości fizycznej odpowiada ten współczynnik i co opisuje w tym doświadczeniu.

Zadanie 7.

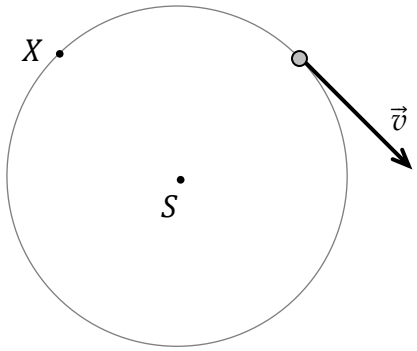
Cząsteczka o dodatnim ładunku elektrycznym może poruszać się po torze kołowym w centralnym polu elektrycznym ładunku punktowego lub w jednorodnym polu magnetycznym.

Zadanie 7.1. (0–2)

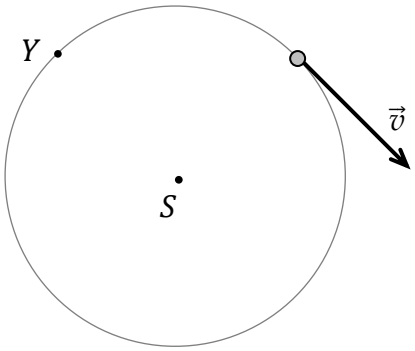
Na rysunku 1. przedstawiono kołowy tor ruchu dodatnio naładowanej cząsteczki w centralnym polu elektrycznym ładunku punktowego, a na rysunku 2. przedstawiono kołowy tor ruchu dodatnio naładowanej cząsteczki w jednorodnym polu magnetycznym.

Na obu rysunkach oznaczono wektor $\vec{v}$ prędkości cząsteczki oraz oznaczono wybrane punkty na torze okręgu i środek każdego okręgu.

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Na rysunku 1. narysuj wektor $\vec{E}$ natężenia pola elektrycznego w punkcie X, a na rysunku 2. narysuj wektor $\vec{B}$ indukcji magnetycznej w punkcie Y.

Uwaga: Gdy wektor leży w płaszczyźnie rysunku, narysuj go w postaci strzałki (o umownej długości), a gdy wektor jest prostopadły do płaszczyzny rysunku, narysuj go za pomocą jednego z symboli:
⦿ *– oznaczającego zwrot przed płaszczyznę rysunku (w stronę do patrzącego) LUB*
⊗ *– oznaczającego zwrot za płaszczyznę rysunku.*

Zadanie 7.2. (0–2)

Dokończ zdania. W każdym zdaniu zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

1. Gdy naładowana cząsteczka porusza się po okręgu o promieniu r w centralnym polu elektrostatycznym ładunku punktowego, to wartość v jej prędkości jest wprost proporcjonalna do

A. $\frac{1}{r}$ **B.** $\sqrt{\frac{1}{r}}$ **C.** r **D.** r^2

2. Gdy naładowana cząsteczka porusza się po okręgu o promieniu r w jednorodnym polu magnetycznym, to wartość v jej prędkości jest wprost proporcjonalna do

E. $\frac{1}{r}$ **F.** $\sqrt{\frac{1}{r}}$ **G.** r **H.** r^2

Brudnopis

Zadanie 7.3. (0–3)

Cząsteczka o ładunku dodatnim q i masie m porusza się po okręgu w jednorodnym polu magnetycznym, którego wartość indukcji magnetycznej wynosi B.

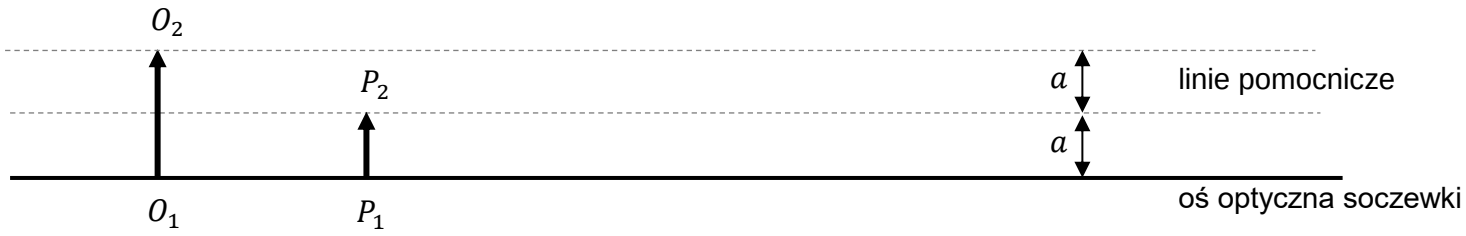
Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć okres T obiegu tej cząsteczki po okręgu w zależności od: q, m oraz B.

Zadanie 8.

W pewnym doświadczeniu uzyskano za pomocą szklanej dwuwypukłej soczewki S, prosty obraz O_1O_2 przedmiotu P_1P_2. Na rysunku poniżej przedstawiono położenie tego przedmiotu oraz położenie jego obrazu. Punkty O_1 i P_1 leżą na osi optycznej soczewki.

Kreską przerywaną oznaczono linie pomocnicze dla konstrukcji w zadaniu 8.2.

Rysunek



Zadanie 8.1. (0–2)

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

1.	Soczewka S jest skupiająca.	**P**	**F**
2.	Obserwowany obraz O_1O_2 jest rzeczywisty.	**P**	**F**
3.	Powiększenie przedmiotu P_1P_2 (w opisanym położeniu) jest równe $\frac{1}{2}$.	**P**	**F**

Zadanie 8.2. (0–2)

Na rysunku zamieszczonym we wstępie do zadania 8. wyznacz konstrukcyjnie położenie soczewki S na osi optycznej oraz położenie jednego z ognisk tej soczewki, a następnie w tak wyznaczonych konstrukcyjnie miejscach oznacz literą S położenie soczewki oraz literą F – położenie jednego z ognisk tej soczewki.

Zadanie 8.3. (0–4)

Początkowo przedmiot P_1P_2 o wysokości $|P_1P_2| = 1{,}5\ \text{cm}$ znajdował się w odległości $x = 5\ \text{cm}$ od soczewki S. W takiej sytuacji wysokość obserwowanego obrazu prostego (nieodwróconego) O_1O_2 tego przedmiotu wynosiła $|O_1O_2| = 3\ \text{cm}$. Gdy ten sam przedmiot oddalono od soczewki – po tej samej stronie soczewki, wzdłuż jej osi optycznej – na odległość $x' = 8\ \text{cm}$, to powstał nowy obraz prosty $O_1'O_2'$ tego przedmiotu.

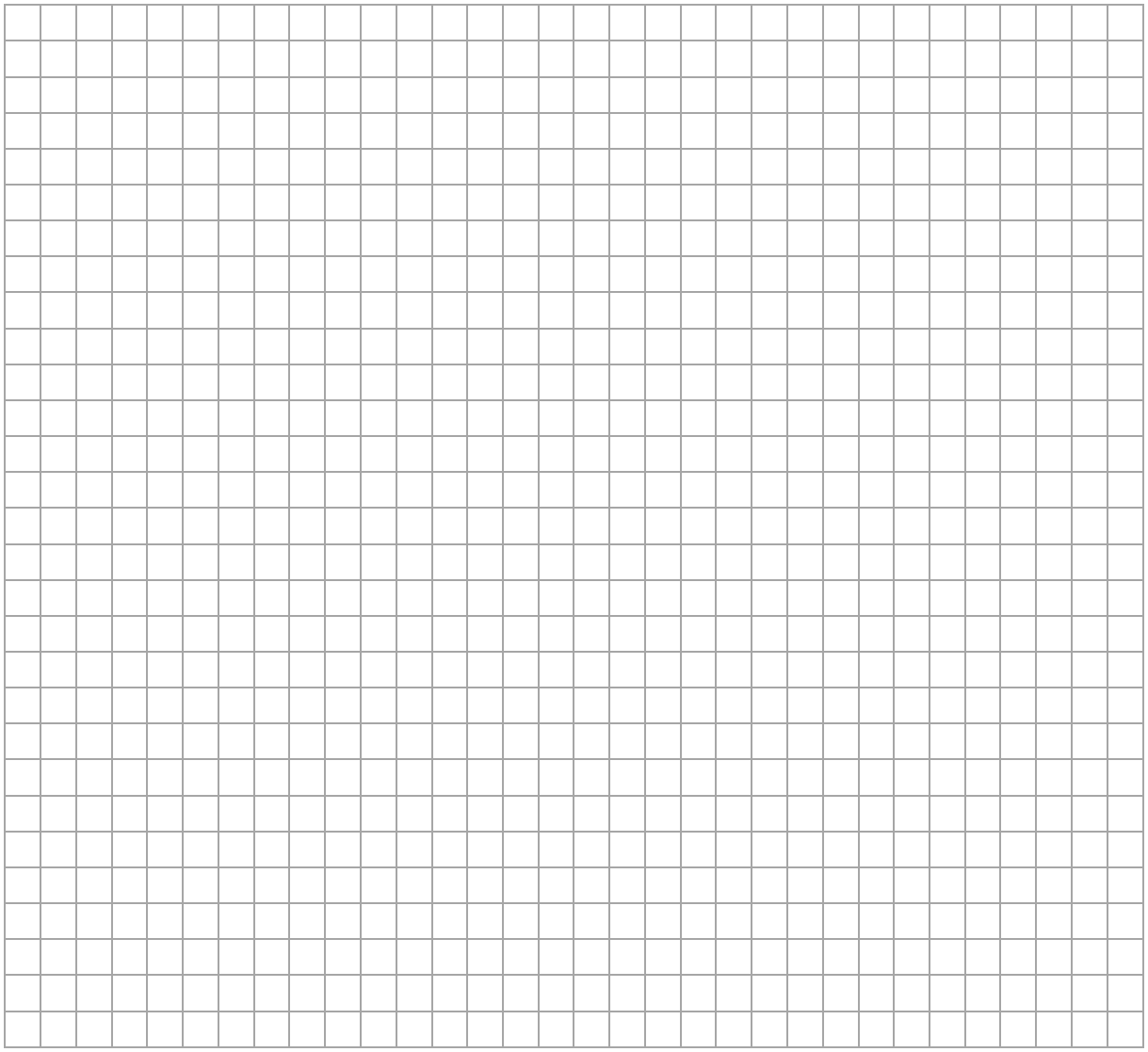
Oblicz stosunek $\frac{|O_1'O_2'|}{|P_1P_2|}$, czyli iloraz wysokości nowego obrazu $O_1'O_2'$ przedmiotu P_1P_2 i wysokości tego przedmiotu. Zapisz obliczenia.

Zadanie 9. (0–4)

Początkowo otwartą probówkę zanurzono w ciepłej wodzie w ten sposób, że otwór probówki wystawał nieznacznie ponad poziom wody. Powierzchnia otworu probówki wynosiła $S = 1{,}5\ \mathrm{cm}^2$, a ciśnienie p_{wew1} wewnątrz otwartej probówki, gdy ta się nagrzewała, było równe ciśnieniu p_{zew} powietrza na zewnątrz probówki i wynosiło $p_{wew1} = 1000\ \mathrm{hPa}$. Gdy tylko temperatura powietrza w probówce osiągnęła wartość $50\ ℃$, otwór probówki przykryto bardzo lekkim i sztywnym krążkiem o średnicy większej niż otwór probówki. Ten krążek szczelnie przylegał do krawędzi otworu probówki i uniemożliwiał wymianę powietrza między otoczeniem a wnętrzem probówki. Następnie probówkę wyjęto z wody.
Po pewnym czasie temperatura powietrza w probówce zamkniętej krążkiem zmniejszyła się do $20\ ℃$.

W obliczeniach pomiń ciężar krążka, wpływ pary wodnej oraz rozszerzalność cieplną szkła. Potraktuj powietrze jako gaz doskonały. Temperatura zera bezwzględnego w zaokrągleniu do $1\ ℃$ wynosi $(-273)\ ℃$.

Oblicz wartość siły nacisku krążka na brzegi probówki po zmniejszeniu temperatury powietrza w probówce do $20\ ℃$. Zapisz obliczenia.



Zadanie 10.

W tabeli poniżej podano masy jądra węgla $^{12}_{6}\mathrm{C}$, swobodnego neutronu oraz swobodnego protonu. Te masy wyrażono w jednostkach masy atomowej u.

	Masa, u
jądro węgla $^{12}_{6}\mathrm{C}$	$11{,}9967084$
swobodny neutron	$1{,}0086649$
swobodny proton	$1{,}0072765$

Zadanie 10.1. (0–1)

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

1.	Jądro trytu (izotopu wodoru $^{3}_{1}\mathrm{H}$) zawiera 3 neutrony.	**P**	**F**
2.	Jądra izotopów węgla $^{12}_{6}\mathrm{C}$ i $^{14}_{6}\mathrm{C}$ mają taki sam ładunek elektryczny.	**P**	**F**

Zadanie 10.2. (0–2)

Podczas rozpadu beta minus jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$ powstają następujące produkty: cząstka β^{-} oraz jądro pierwiastka, który oznaczymy jako X (powstaje też obojętna elektrycznie cząstka antyneutrino, którą możemy w zapisie równania reakcji pominąć).

Zapisz równanie reakcji rozpadu beta minus jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$. Uwzględnij w równaniu reakcji liczby masowe i atomowe oraz ustal i zapisz nazwę pierwiastka X.

Równanie reakcji:

Nazwa jądra pierwiastka oznaczonego jako X: .....

Zadanie 10.3. (0–3)

Oblicz najmniejszą energię, jaką należałoby dostarczyć do jądra węgla $^{12}_{6}\mathrm{C}$, aby rozbić je na oddzielne (tzn. nieoddziałujące ze sobą) nukleony.

Wskazówka: Wykorzystaj dane w tabeli zamieszczonej we wstępie do zadania 10. i przyjmij, że $1\ \mathrm{u} \cdot c^2 = 931{,}5\ \mathrm{MeV}$.

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*