

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: **18 maja 2021 r.**

GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**

CZAS PRACY: **180 minut**

LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Instrukcja dla zdającego

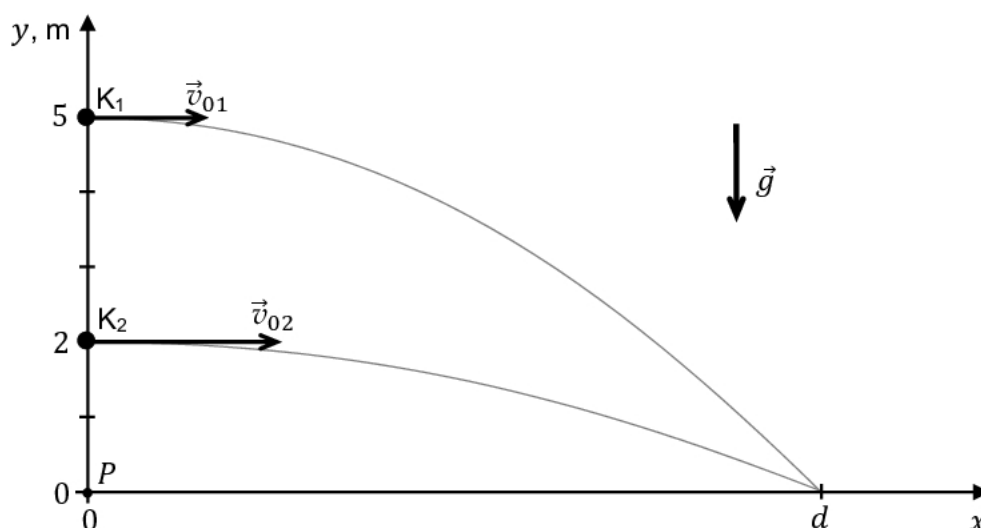
1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 22 strony (zadania 1–10). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący 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**-2105

Zadanie 1.

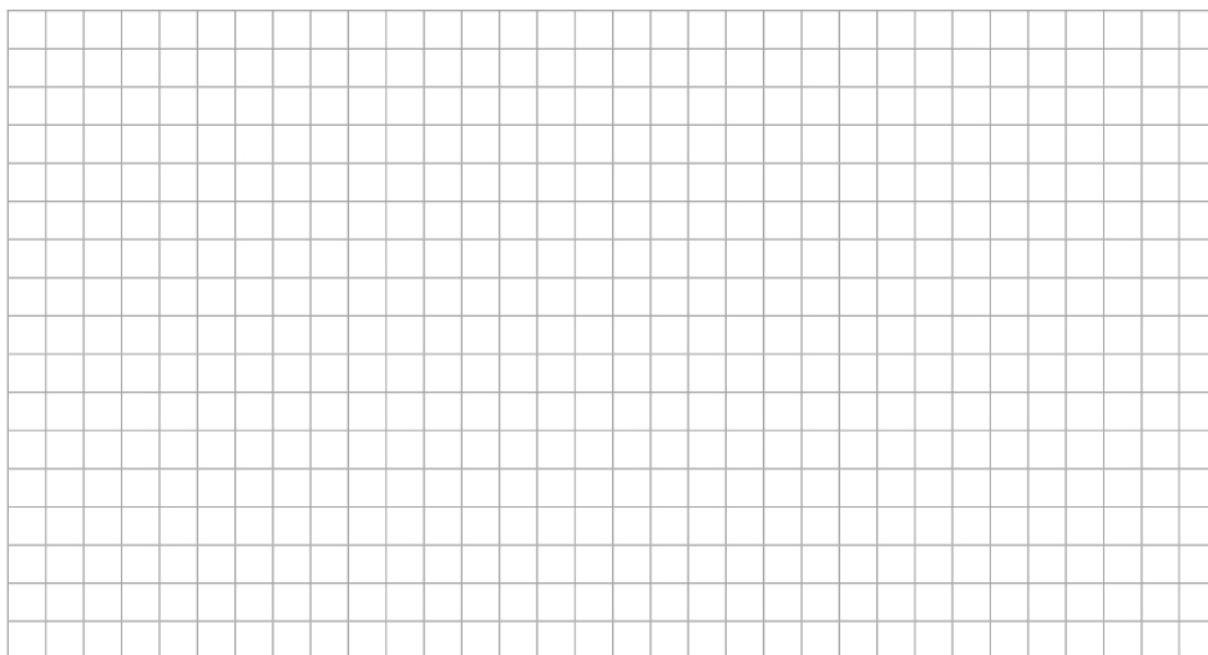
Z wysokości $h_1 = 5,0$ m ponad punktem P rzucono kulkę K_1 . Kulka upadła na poziome podłoże w odległości d od punktu P i potoczyła się dalej. Następnie z wysokości $h_2 = 2,0$ m ponad punktem P rzucono taką samą kulkę K_2 . Druga kulka upadła także w odległości d od punktu P . Prędkości początkowe $\vec{v}_{01}$ i $\vec{v}_{02}$ kulek w każdym rzucie miały kierunki poziome i leżały w tej samej płaszczyźnie. Na poniższym rysunku zilustrowano tory ruchu kulek w układzie współrzędnych (x, y) – bez skali na osi x . Punkt P jest początkiem tego układu współrzędnych.



W zadaniach 1.1.–1.2. pominiemy opory ruchu oraz przyjmijmy do obliczeń, że przyspieszenie ziemskie ma wartość $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Zadanie 1.1. (0–2)

Oblicz iloraz $\frac{v_{01}}{v_{02}}$ – wartości prędkości początkowej kulki K_1 i wartości prędkości początkowej kulki K_2 . Wynik liczbowy podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.



Zadanie 1.2. (0–3)

Wartość prędkości początkowej kulki K_1 wynosi $v_{01} = 7,9$ m/s.

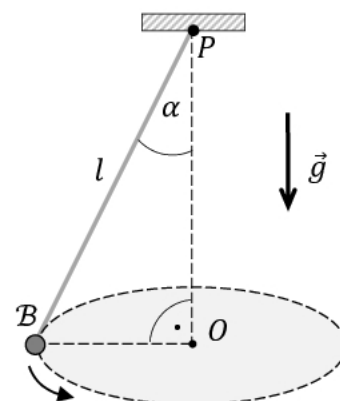
Oblicz wartość v_{k1} prędkości kulki K_1 tuż przed uderzeniem w poziome podłoże.

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

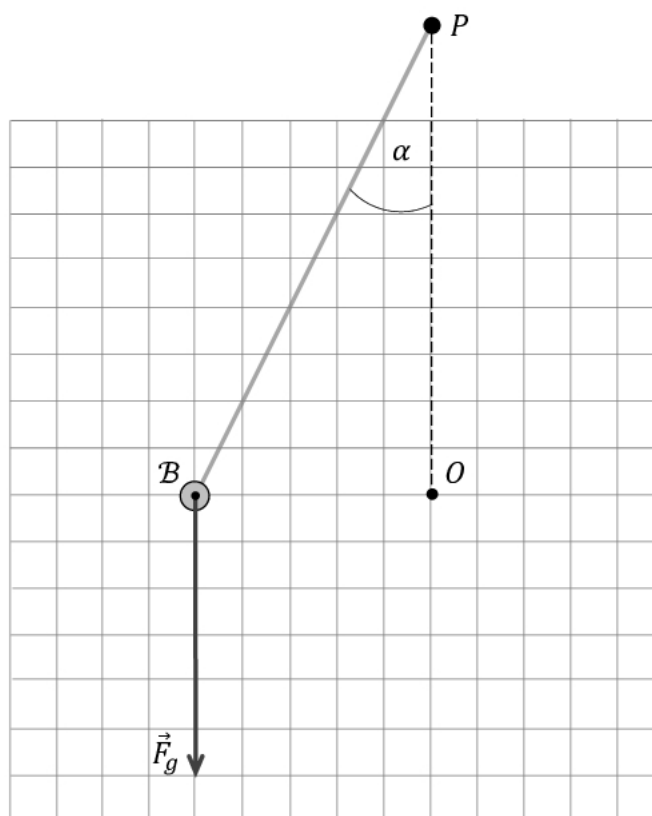
Zadanie 2.

Niewielkie ciało B o masie m zawieszono na nierozciągliwej nici o długości l , a następnie wprawiono je w ruch jednostajny po okręgu w płaszczyźnie poziomej. Górny koniec nici jest unieruchomiony w punkcie P . Gdy ciało porusza się po okręgu o środku O ze stałą wartością prędkości, to nić jest odchylona od kierunku pionowego o kąt α . Sytuację ilustruje rysunek obok, na którym oznaczono przyspieszenie ziemskie $\vec{g}$.

Potraktuj ciało B jako punkt materialny, pomini opory ruchu oraz masę nici. Przyjmij, że to doświadczenie opisujemy w układzie inercyjnym.

**Zadanie 2.1. (0–2)**

Na ciało B poruszające się po okręgu w opisanej sytuacji działają dwie siły: $\vec{F}_g$ – siła grawitacji oraz $\vec{F}_n$ – siła reakcji nici. Na diagramie poniżej narysowano i oznaczono siłę $\vec{F}_g$. Długość wektora $\vec{F}_g$ odpowiada wartości siły grawitacji wyrażonej w umownych jednostkach.



Na powyższym diagramie narysuj i oznacz wektor siły $\vec{F}_n$ oraz wektor siły wypadkowej $\vec{F}_w$ – działającej na poruszające się po okręgu ciało B (w układzie inercyjnym). Zachowaj właściwe proporcje między wartościami sił.

Zadanie 2.2. (0–1)

Dokończ zdania. Zaznacz odpowiedź A, B albo C oraz odpowiedź D, E albo F.

1. Jeżeli wzrośnie wartość prędkości, z jaką ciało $\mathcal{B}$ porusza się po okręgu, to kąt α między nicią a kierunkiem pionowym

A. się zwiększy.

B. się nie zmienia.

C. się zmniejszy.

2. Jeżeli wzrośnie wartość prędkości, z jaką ciało $\mathcal{B}$ porusza się po okręgu, to wartość siły napięcia nici

D. wzrośnie.

E. pozostanie taka sama.

F. zmaleje.

Zadanie 2.3. (0–3)

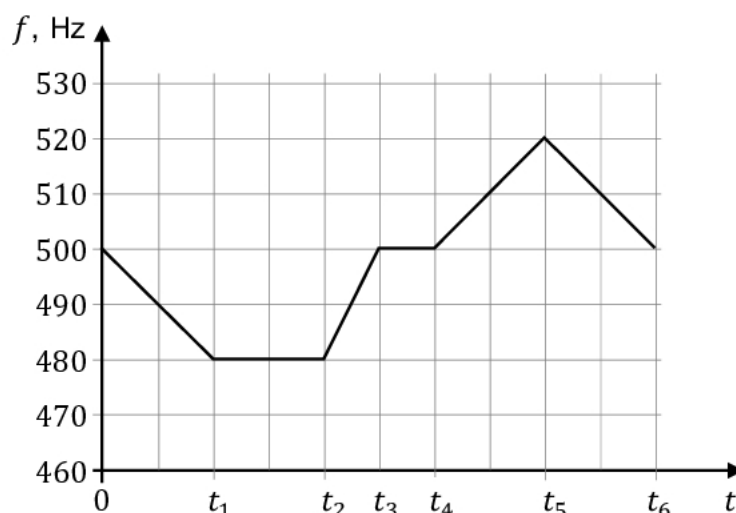
Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć okres T obiegu ciała $\mathcal{B}$ po okręgu w zależności od: długości nici l , przyspieszenia ziemskiego g oraz kąta α .

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.1.	2.2.	2.3.
	Maks. liczba pkt	2	1	3
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 3.

Rowerzysta w chwili $t = 0$ rozpoczął jazdę i poruszał się dalej po linii prostej. Urządzenie pomiarowe z mikrofonem, stojące w miejscu startu rowerzysty, rejestrowało częstotliwość f dźwięku docierającego z głośnika zamocowanego na rowerze i czas t odbierania sygnału. Częstotliwość dźwięku wytwarzanego przez głośnik była równa $f_0 = 500$ Hz (tzn. membrana głośnika drgała zawsze z taką częstotliwością). Wyniki pomiarów z poszczególnych etapów ruchu rowerzysty – aż do chwili $t = t_6$ – przedstawiono na poniższym wykresie.

Wartość prędkości dźwięku w powietrzu wynosi $v_d = 340$ m/s.

**Zadanie 3.1. (0–3)**

W każdym wierszu tabeli wpisz odpowiedź wybraną spośród A–C oraz odpowiedź wybraną spośród D–G, która prawidłowo określa ruch i prędkość głośnika względem mikrofonu, gdy głośnik wysyłał sygnał rejestrowany w danym przedziale czasu.

Przedział czasu	Głośnik A. zbliżał się do mikrofonu. B. oddalał się od mikrofonu. C. był nieruchomy względem mikrofonu.	Wartość prędkości głośnika D. rosła. E. malała. F. była stała, różna od zera. G. była równa 0.
$0 < t < t_1$		
$t_1 < t < t_2$		
$t_2 < t < t_3$		
$t_3 < t < t_4$		
$t_4 < t < t_5$		
$t_5 < t < t_6$		

Zadanie 3.2. (0–3)

Największą wartość prędkości rowerzysty, gdy oddalał się on od mikrofonu, oznaczmy jako v_{od} , a największą wartość prędkości rowerzysty, gdy zbliżał się do mikrofonu, oznaczmy jako v_{zb} .

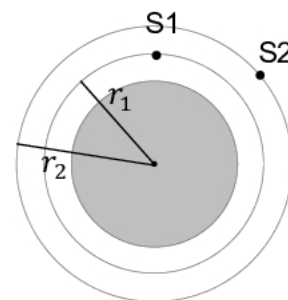
Oblicz stosunek $\frac{v_{od}}{v_{zb}}$. Wynik zapisz w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących.

Uwaga: Stosunek prędkości możesz wyprowadzić i zapisać za pomocą symboli odpowiednich wielkości, a jego wartość liczbową obliczyć w ostatnim etapie rozwiązania.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	3.1.	3.2.
	Maks. liczba pkt	3	3
	Uzyskana liczba pkt		

Zadanie 4.

Dwa satelity S1 i S2 krążą wokół Ziemi po orbitach kołowych o promieniach r_1 i r_2 (zobacz schematyczny rysunek obok). Orbity obu satelitów leżą w jednej płaszczyźnie, a zwrot ich obiegu jest ten sam. Satelity mają wyłączone silniki i poruszają się jedynie pod wpływem siły grawitacji Ziemi. Masy obu satelitów są jednakowe.

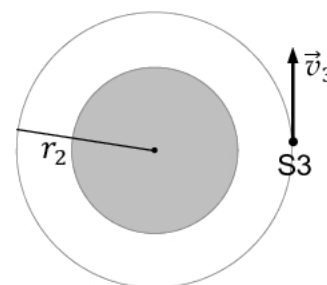
**Zadanie 4.1. (0–2)**

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

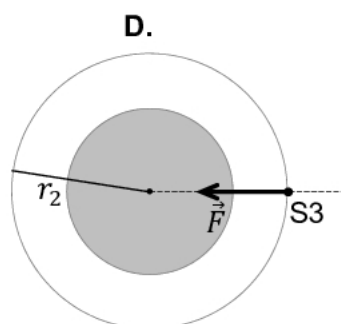
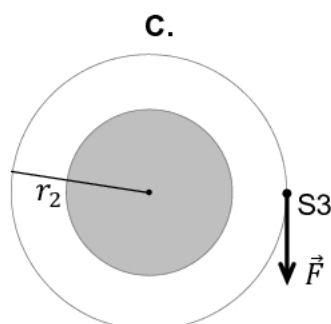
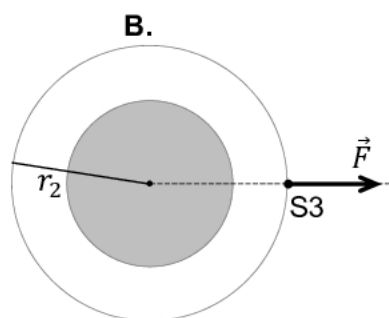
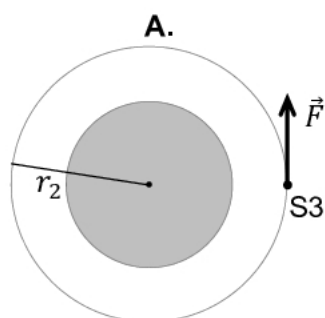
1.	Odległość pomiędzy satelitami S1 i S2 podczas ich ruchu pozostaje stała.	P	F
2.	Prędkość orbitalna satelity S1 zależy od jego masy.	P	F
3.	Siła grawitacji działająca na satelitę S2 (w układzie inercjalnym) jest siłą dośrodkową.	P	F
4.	Siła grawitacji działająca na satelitę S2 ma mniejszą wartość od siły grawitacji działającej na satelitę S1.	P	F

Zadanie 4.2. (0–1)

Pewien satelita S3 porusza się dookoła Ziemi z włączonymi silnikami po orbicie kołowej o promieniu r_2 z prędkością $\vec{v}_3$ o stałej wartości, większej od wartości prędkości satelity S2. Opisany ruch satelity S3 jest możliwy, gdy oprócz siły grawitacji działa na niego dodatkowa siła $\vec{F}$ o ustalonej wartości i ustalonym kącie względem wektora prędkości $\vec{v}_3$.



Na którym rysunku (A–D) prawidłowo narysowano siłę $\vec{F}$? Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.



Zadanie 4.3. (0–3)

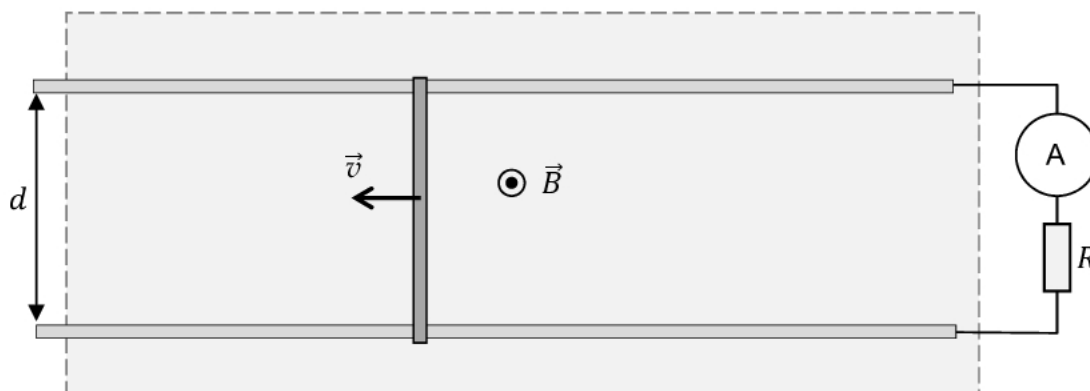
Promień orbity, po której porusza się satelita S1, jest równy $r_1 = 6\,770\text{ km}$. Masa Ziemi wynosi $M_Z = 5,97 \cdot 10^{24}\text{ kg}$.

Oblicz okres obiegu satelity S1 dookoła Ziemi.

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

Zadanie 5.

Dwa miedziane pręty umieszczono równolegle w płaszczyźnie poziomej. Odległość pomiędzy tymi prętami wynosiła $d = 0,05$ m. Pręty były unieruchomione, a do ich końców podłączono amperomierz. Oba pręty znajdowały się w obszarze jednorodnego pola magnetycznego. Wektor indukcji magnetycznej tego pola miał wartość $B = 0,8$ T i był zwrócony prostopadłe przed płaszczyznę rysunku – zwrot $\vec{B}$ oznaczono symbolem $\odot$. Obszar pola magnetycznego oznaczono na rysunku prostokątem obramowanym linią przerywaną.



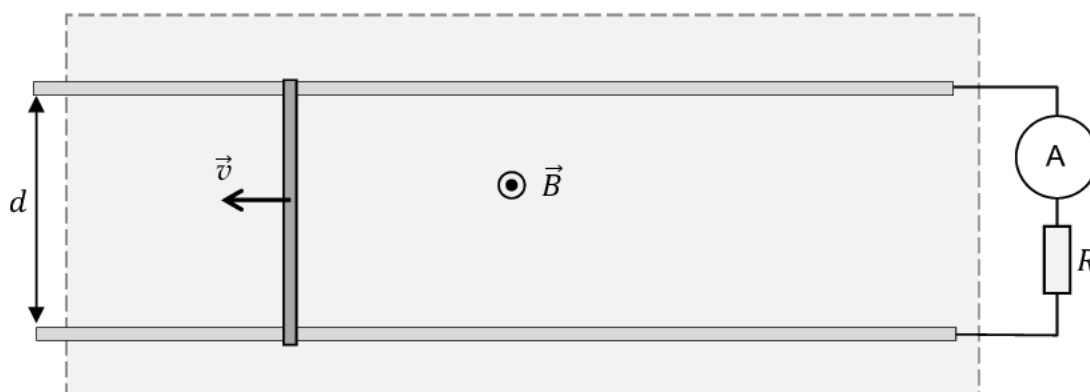
Na prętach, prostopadłe do obu z nich, w obszarze jednorodnego pola magnetycznego położono aluminiową poprzeczkę. Następnie poprzeczkę przesuwano w lewo, działając na nią stałą siłą zewnętrzną $\vec{F}$ w kierunku poziomym. W wyniku tego poprzeczka poruszała się ze stałą prędkością o wartości $v = 2$ m/s. W czasie, gdy poprzeczka poruszała się w ten sposób, amperomierz wskazywał natężenie prądu równe $I = 2$ A. Całkowity opór elektryczny obwodu oznaczono na rysunku jako R .

Do analizy zagadnienia przyjmij model zjawiska, w którym:

- pomijamy pole magnetyczne wytworzone przez prąd płynący w obwodzie
- pomijamy siłę tarcia pomiędzy poprzeczką a prętami
- pomijamy opór elektryczny obu prętów i poprzeczki, a uwzględniamy łączny opór amperomierza oraz przewodów łączących amperomierz z prętami.

Zadanie 5.1. (0–2)

Na rysunku poniżej zaznacz strzałką, w którą stronę płynie prąd przez amperomierz, oraz narysuj wektor siły elektrodynamicznej $\vec{F}_{ed}$ działającej na poruszającą się poprzeczkę.



Zadanie 5.2. (0–2)

Podczas ruchu poprzeczki działają na nią w kierunku poziomym dwie siły: siła zewnętrzna $\vec{F}$ oraz siła elektrodynamiczna $\vec{F}_{ed}$.

Oblicz wartość poziomej siły zewnętrznej $\vec{F}$.

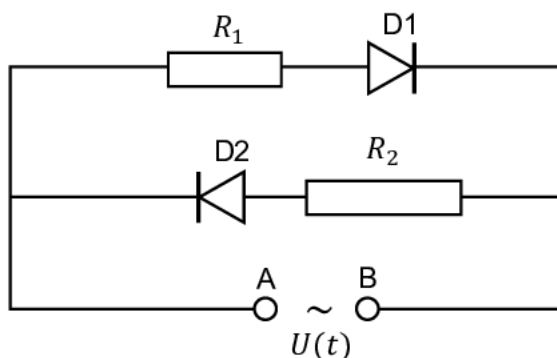
Zadanie 5.3. (0–3)

Oblicz całkowity opór elektryczny R obwodu.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	5.1.	5.2.	5.3.
	Maks. liczba pkt	2	2	3
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 6.

Dwie identyczne diody D1, D2 oraz dwa oporniki o oporach $R_1 = 20\ \Omega$, $R_2 = 30\ \Omega$ podłączono do zacisków A i B prądnicy. Schemat obwodu przedstawiono na rysunku poniżej. Ta prądnica wytwarza napięcie przemienne zmieniające się w czasie sinusoidalnie z częstotliwością $f = 25\ \text{Hz}$. Maksymalna wartość, jaką osiąga napięcie między zaciskami, wynosi $|U_{\max}| = 6,0\ \text{V}$.



W zadaniach 6.1. oraz 6.2. przyjmij, że każda dioda podczas przepływu prądu elektrycznego w jedną stronę ma opór równy zero, a w drugą stronę jej opór jest nieskończenie duży.

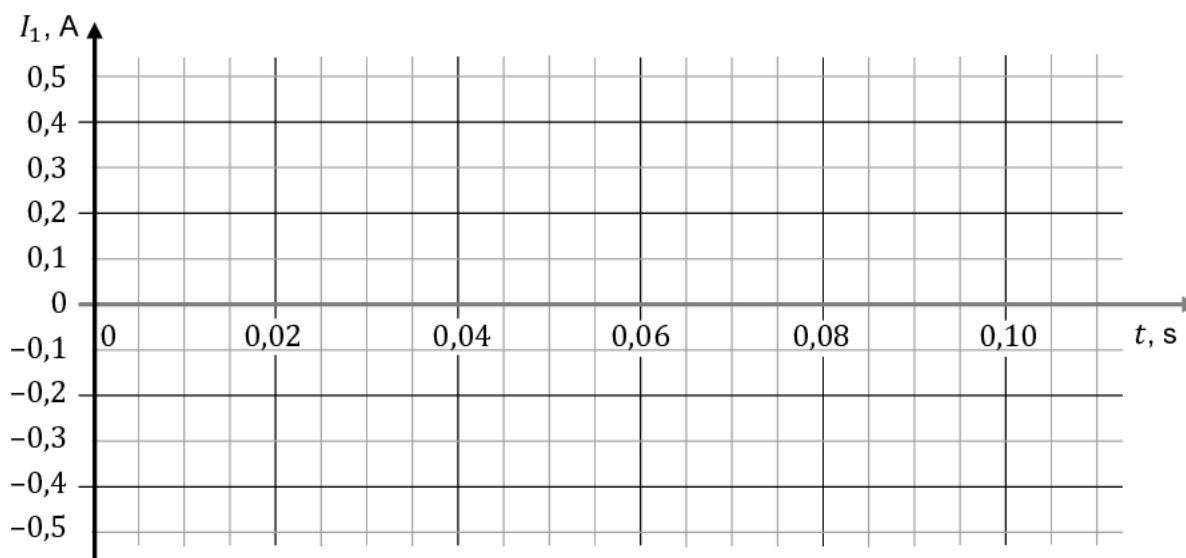
Zadanie 6.1. (0–4)

W chwili $t_0 = 0$ napięcie w obwodzie jest równe zero. W pierwszej połowie okresu zmian napięcia, licząc od chwili $t_0 = 0$, na zacisku A prądnicy jest „+”, a na zacisku B jest „-”.

Przyjmij konwencję, że gdy prąd w obwodzie zewnętrznym dołączonym do prądnicy płynie od A do B, to jego natężenie jest dodatnie, a gdy płynie od B do A, to jego natężenie jest ujemne.

W układach współrzędnych na rysunkach 1. i 2. narysuj wykresy zależności natężeń prądów przepływających – odpowiednio – przez oporniki R_1 oraz R_2 od czasu. Wykresy narysuj dla przedziału czasu od $t_0 = 0$ do $t = 0,10\ \text{s}$. Uwzględnij właściwe wartości amplitudy natężeń prądów oraz okresu ich zmian.

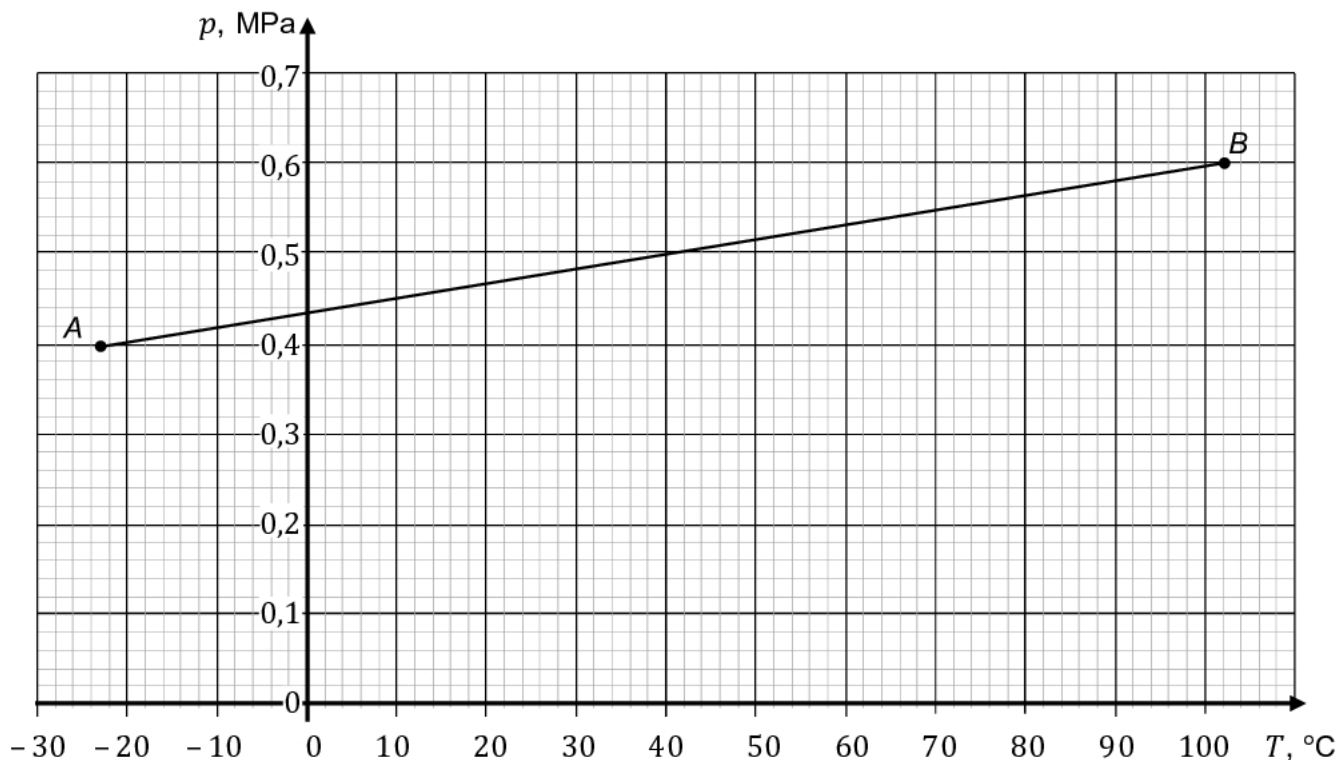
Rysunek 1. (dla prądu płynącego przez opornik R_1)



Zadanie 7.

W zamkniętym zbiorniku znajduje się gaz doskonały – azot o masie $m = 1,4$ kg i masie molowej $\mu = 28$ g/mol. Gaz powoli ogrzewano. Zmianę parametrów gazu ze stanu początkowego A do stanu końcowego B przedstawiono poniżej na wykresie zależności $p(T)$ – ciśnienia od temperatury. Wykres $A-B$ jest odcinkiem prostej.

Temperatura zera bezwzględnego w zaokrągleniu do 1°C wynosi $(-273)^\circ\text{C}$.

**Zadanie 7.1. (0–2)**

Na podstawie danych odczytanych z wykresu udowodnij, że przemiana $A-B$ jest izochoryczna. Wykonaj odpowiednie obliczenia oraz powołaj się na własność przemiany izochorycznej.



Zadanie 8.

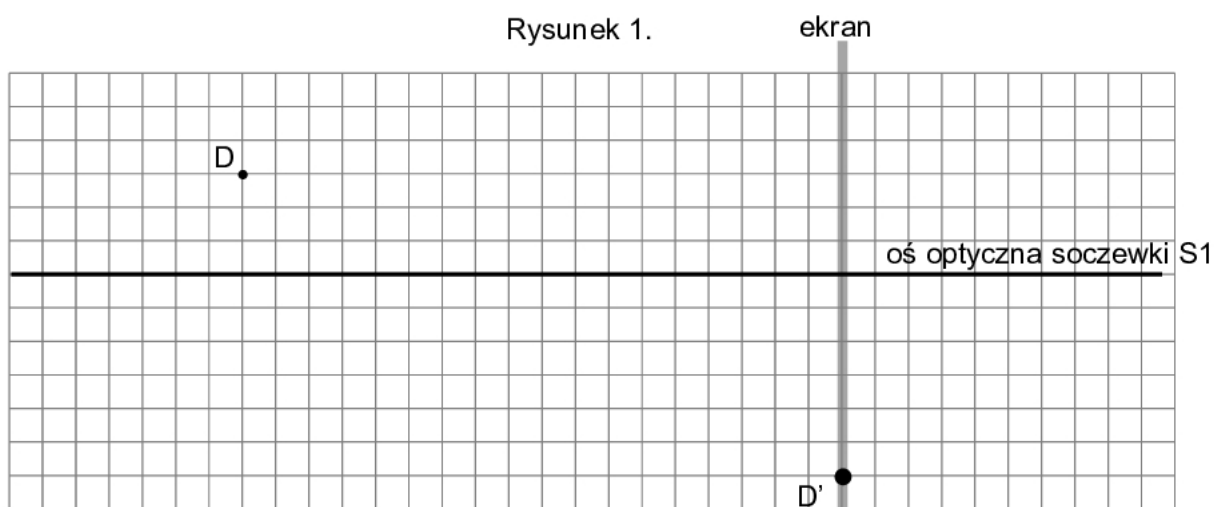
Uczniowie badali własności cienkich soczewek skupiających. Na ławie optycznej ustawiali jedną z dwóch soczewek skupiających S1 i S2 oraz małą, świecącą diodę LED. Diodę umieszczali w różnych miejscach przed soczewką. Ogniskowe soczewek S1 i S2 były różne.

Zadanie 8.1. (0–2)

W pierwszym doświadczeniu uczniowie uzyskali na ekranie za pomocą soczewki S1 ostry obraz D' świecącej diody D. Na rysunku 1. przedstawiono położenie diody D oraz położenie jej obrazu D' względem osi optycznej soczewki S1 oraz względem ekranu.

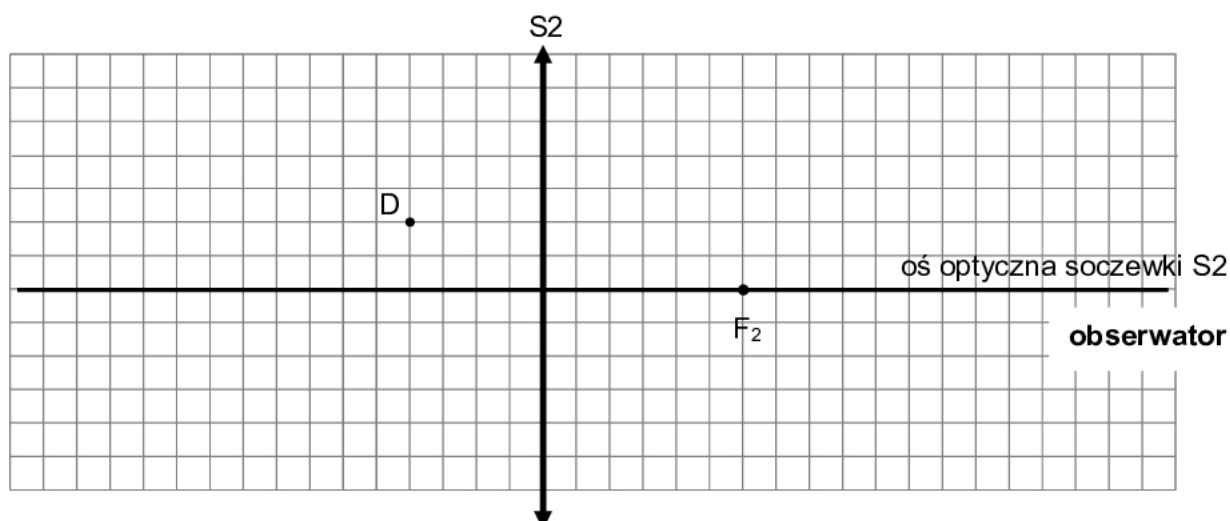
Na rysunku 1. wyznacz konstrukcyjnie położenie soczewki S1 oraz położenie jednego z jej ognisk. Oznacz symbolem S1 położenie środka tej soczewki na osi optycznej, a symbolem F_1 – położenie jednego z jej ognisk.

Rysunek 1.

**Informacja do zadań 8.2. i 8.3.**

W drugim doświadczeniu uczniowie zaobserwowali przez soczewkę S2 obraz D'' świecącej diody D. Na rysunku 2. przedstawiono położenie diody D względem soczewki S2 oraz jej osi optycznej, a także oznaczono położenie jednego z ognisk (F_2) soczewki S2 oraz obserwatora.

Rysunek 2.



Zadanie 8.2. (0–1)

Na rysunku 2. wyznacz konstrukcyjnie i oznacz położenie obrazu D'' świecącej diody D.

Zadanie 8.3. (0–1)

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

Obserwowany przez soczewkę obraz D'' świecącej diody D jest

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

Zadanie 9.

Rozważamy elektron w atomie wodoru znajdujący się początkowo na poziomie energetycznym o numerze $n = 4$. Ten elektron może przejść na wyższy poziom energetyczny w wyniku pochłonięcia fotonu albo może przejść na niższy poziom energetyczny, emitując przy tym foton.

Zadanie 9.1. (0–1)

Częstotliwość fotonu pochłoniętego podczas przejścia elektronu z poziomu $n = 4$ na poziom $n = 5$ oznaczmy jako f_{45} , a częstotliwość fotonu pochłoniętego podczas przejścia elektronu z poziomu $n = 4$ na poziom $n = 6$ oznaczmy jako f_{46} . Wartości energii fotonów pochłoniętych podczas tych przejść oznaczmy odpowiednio jako E_{45} oraz E_{46} .

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

Częstotliwości f_{45} i f_{46} fotonów pochłoniętych przez atom wodoru spełniają relację

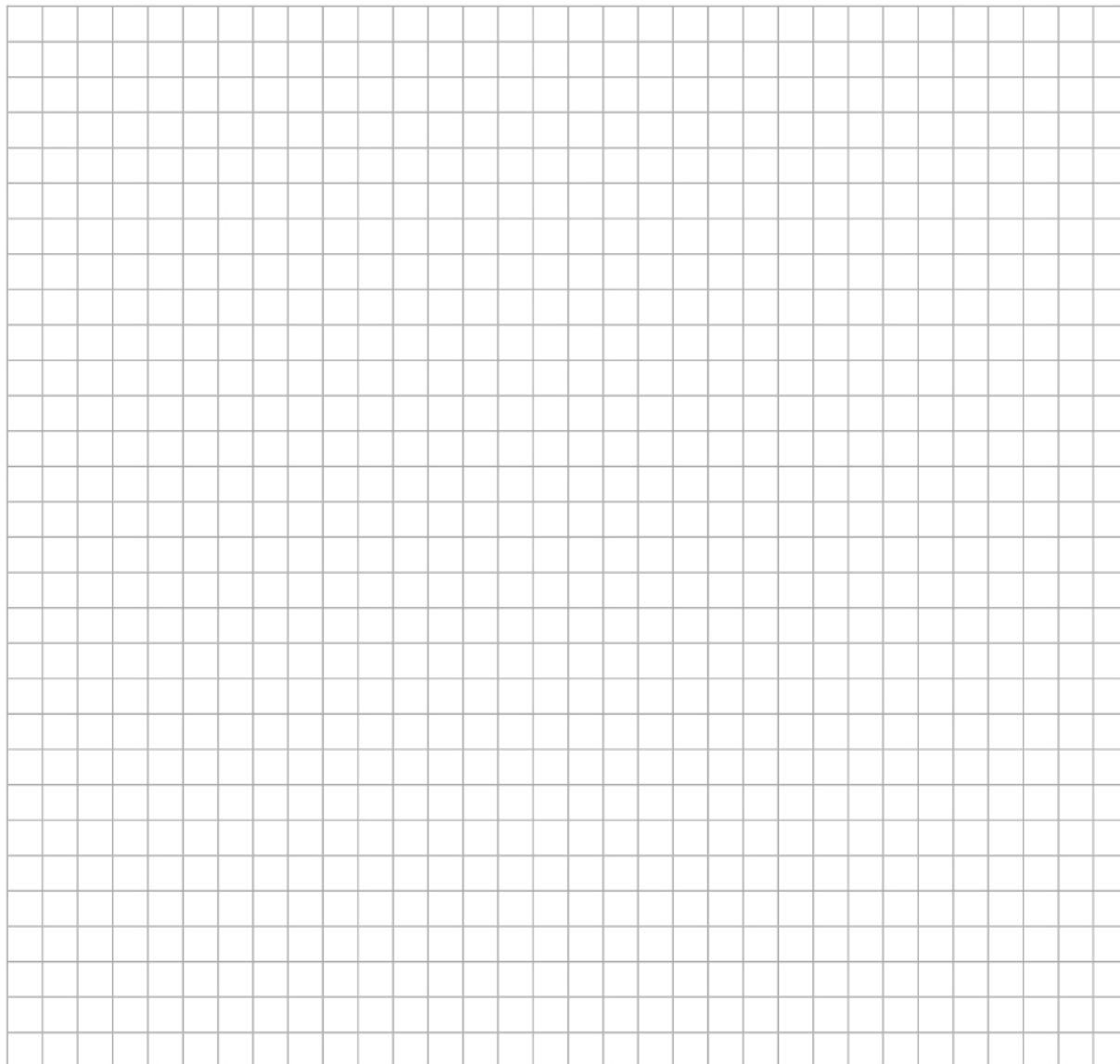
A.	$f_{45} > f_{46}$,	ponieważ wartości energii tych fotonów spełniają relację	1.	$E_{45} > E_{46}$.
B.	$f_{45} = f_{46}$,		2.	$E_{45} = E_{46}$.
C.	$f_{45} < f_{46}$,		3.	$E_{45} < E_{46}$.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	8.1.	8.2.	8.3.	9.1.
	Maks. liczba pkt	2	1	1	1
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 9.2. (0–3)

Elektron w atomie wodoru przeszedł z poziomu energetycznego $n = 4$ na niższy poziom energetyczny, emitując w tym procesie foton o energii 2,55 eV.

Wyznacz numer poziomu energetycznego, na który przeszedł elektron. Wykonaj odpowiednie obliczenia.

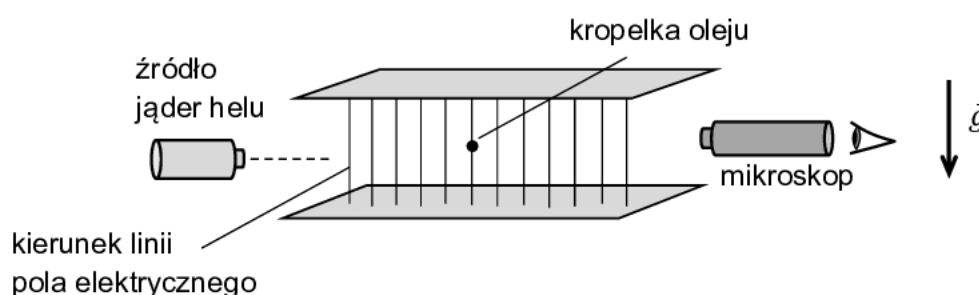


Zadanie 10.

Kilkanaście lat po tym, jak J.J. Thomson odkrył elektron, Robert A. Millikan wykonał doświadczenie, w którym wyznaczył ładunek elektryczny elektronu.

W jednej z wersji tego doświadczenia naelektryzowane kropelki oleju poruszały się w powietrzu, w obszarze jednorodnego pola elektrycznego, pomiędzy równoległymi i przeciwnie naładowanymi płytkami metalowymi. Do naelektryzowania kropelek oleju wykorzystano wiązkę jąder helu ^4He , uzyskaną podczas rozpadu alfa jąder plutonu ^{239}Pu .

Kropelki oleju rozpylano w obszar pola elektrycznego. Obserwacja ruchu kropelki pod mikroskopem pozwalała wyznaczyć jej prędkość (zobacz rysunek poniżej).



Na dodatnio naelektryzowane kropelki oleju działają:

- siła grawitacji $\vec{F}_g$
- siła oporu $\vec{F}_{op}$ powietrza, której wartość jest wprost proporcjonalna do wartości prędkości kropelki: $F_{op} \sim v$
- siła elektryczna $\vec{F}_e$ (wtedy, gdy pole elektryczne pomiędzy płytkami jest włączone).

Informacja do zadań 10.1. i 10.2.

Kropelka, która w obszarze pomiędzy płytkami wytraciła poziomą składową prędkości na skutek działania siły oporu powietrza, może – zależnie od wartości natężenia pola elektrycznego pomiędzy płytkami – pozostawać w spoczynku, wznosić się lub opadać pionowo.

Przyjmij, że ruch kropelki opisujemy w układzie inercyjnym.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	9.2.
	Maks. liczba pkt	3
	Uzyskana liczba pkt	

Zadanie 10.1. (0–3)

W sytuacji, gdy pole elektryczne pomiędzy płytkami jest wyłączone, kropelka o masie m i ładunku q opada pionowo ze stałą prędkością o wartości v . Natomiast w sytuacji, gdy pole elektryczne pomiędzy płytkami jest włączone (oraz natężenie pola ma odpowiednią wartość) kropelka o masie m i ładunku q wznosi się pionowo ze stałą prędkością o wartości $2v$.

Oblicz iloraz $\frac{F_e}{F_g}$ – wartości siły elektrycznej działającej na wznoszącą się kropelkę i wartości siły grawitacji działającej na tę kropelkę.

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

Zadanie 10.2. (0–2)

Kropelka, która początkowo poruszała się w obszarze pola elektrycznego, w wyniku działania siły oporu powietrza wyhamowała i pozostaje nieruchoma. Na nieruchomą kropelkę działają wtedy siła elektryczna oraz siła grawitacji.

Masa kropelki wynosi $m = 6,53 \cdot 10^{-14}$ kg, a natężenie pola elektrycznego działającego na kropkę ma wartość $E = 2,00 \cdot 10^5$ N/C. Przyjmij do obliczeń, że przyspieszenie ziemskie ma wartość $g = 9,81$ m/s².

Oblicz, jaką całkowitą wielokrotnością n ładunku elementarnego e jest ładunek tej kropelki.

[illegible]

Informacja do zadań 10.3. i 10.4.

Podczas rozpadu jądra plutonu ^{239}Pu powstają dwa produkty: jądro helu ^4He oraz pewne jądro, które oznaczmy jako X.

Zadanie 10.3. (0–2)

Zapisz równanie reakcji rozpadu opisanej w informacji do zadań 10.3. i 10.4. Uwzględnij w równaniu reakcji liczby masowe i atomowe oraz ustal i zapisz nazwę jądra X.

Równanie reakcji:

Nazwa jądra oznaczonego jako X:

Zadanie 10.4. (0–1)

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

1.	Masa jądra plutonu ^{239}Pu jest większa od sumy mas produktów reakcji rozpadu (opisanej w informacji do zadań 10.3. i 10.4.).	P	F
2.	Produkty reakcji rozpadu jądra plutonu ^{239}Pu (opisanej w informacji do zadań 10.3. i 10.4.) uzyskują energię kinetyczną.	P	F
3.	Masa jądra plutonu ^{239}Pu jest większa od sumy mas oddzielnych nukleonów, które tworzą jądro plutonu ^{239}Pu .	P	F

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	10.1.	10.2.	10.3.	10.4.
	Maks. liczba pkt	3	2	2	1
	Uzyskana liczba pkt				

BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, equal-sized squares formed by thin gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

