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 ***Formuła 2015***

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Symbol arkusza
EFAP-R0-**100**-2306

DATA: **15 czerwca 2023 r.**

GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**

CZAS TRWANIA: **180 minut**

LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Przed rozpoczęciem pracy z arkuszem egzaminacyjnym

1. Sprawdź, czy nauczyciel przekazał Ci **właściwy arkusz egzaminacyjny**, tj. arkusz we **właściwej formule**, z **właściwego przedmiotu** na **właściwym poziomie**.
2. Jeżeli przekazano Ci **niewłaściwy** arkusz – natychmiast zgłoś to nauczycielowi. Nie rozrywaj banderol.
3. Jeżeli przekazano Ci **właściwy** arkusz – rozerwij banderole po otrzymaniu takiego polecenia od nauczyciela. Zapoznaj się z instrukcją na stronie 2.

Układ graficzny
© CKE 2022

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 25 stron (zadania 1–10). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Na pierwszej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
5. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
6. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
7. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.
8. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
9. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijki oraz kalkulatora prostego. Upewnij się, czy przekazano Ci broszurę z okładką taką jak widoczna poniżej.



Zadania egzaminacyjne są wydrukowane na następnych stronach.

Zadanie 1.

Ze szczytu równi pochyłej puszczano kulkę. Kulka staczała się z równi bez poślizgu. Po stoczeniu się z równi kulka poruszała się dalej wzdłuż prostej po poziomo ułożonym dywanie. Ruch kulki po dywanie został sfilmowany. Dzięki temu wyznaczono wartości v prędkości kulki na dywanie w kilku ustalonych położeniach x, licząc od punktu $x = 0$ końca równi pochyłej. Następnie obliczono wartości v^2. Wyniki doświadczenia oraz niepewności Δ_{v^2} wielkości v^2 przedstawiono w poniższej tabeli. Pomiar x przyjmij za dokładny.

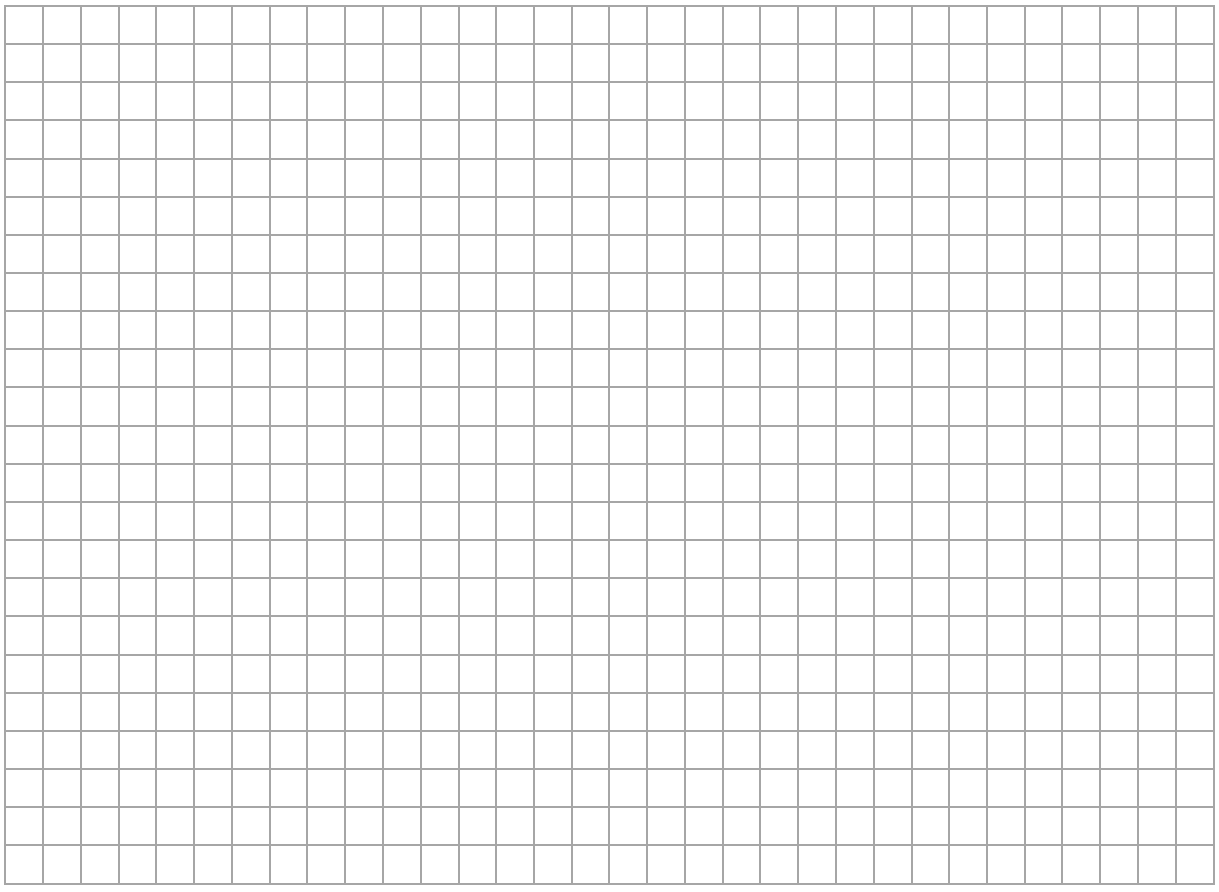
x, m	0	0,20	0,40	0,60	0,80
v^2, $\mathrm{m^2/s^2}$	0,098	0,078	0,054	0,037	0,014
Δ_{v^2}, $\mathrm{m^2/s^2}$	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002

W zadaniach 1.1.–1.2. przyjmij, że ruch postępowy kulki po dywanie był ruchem jednostajnie opóźnionym z przyśpieszeniem o wartości bezwzględnej a. Prędkość kulki na początku ruchu po dywanie, czyli w $x = 0$, oznaczymy jako v_0. Zależność między kwadratem wartości prędkości kulki a przebytą drogą $s = x$ i wartością przyśpieszenia a wyraża się wzorem:

$$v^2 = v_0^2 - 2as$$

Zadanie 1.1. (0–2)

Wyprowadź wzór $v^2 = v_0^2 - 2as$ podany we wstępie do zadania 1. Zapisz odpowiednie równania oraz przekształcenia prowadzące do uzyskania powyższej postaci tego wzoru.

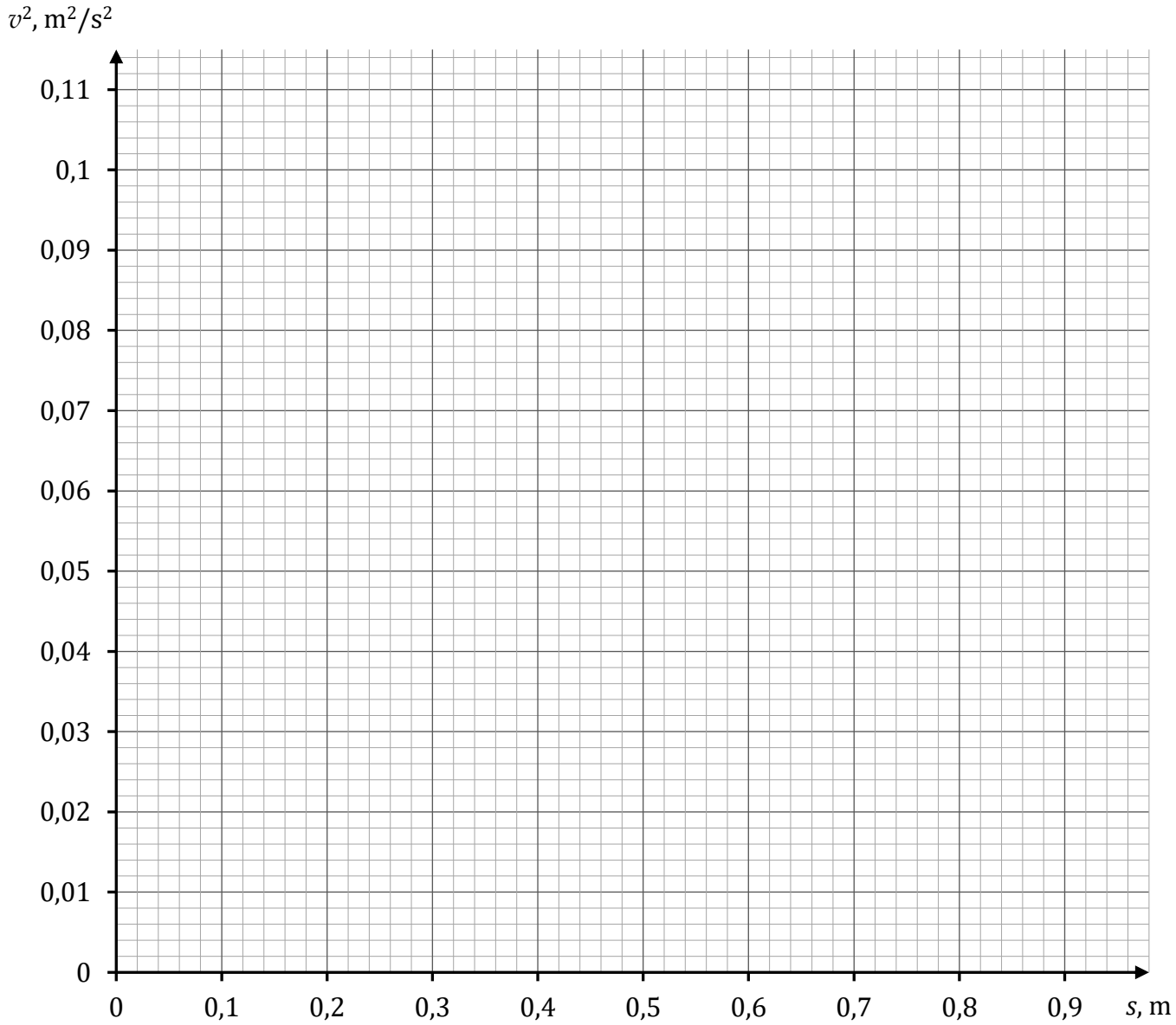


Zadanie 1.2. (0–4)

W układzie współrzędnych $(s,\ v^2)$ poniżej narysuj wykres zależności $v^2(s)$ – kwadratu prędkości kulki na dywanie od drogi. Zaznacz punkty pomiarowe oraz niepewności Δ_{v^2} oraz narysuj prostą najlepiej dopasowaną do punktów pomiarowych.

Na podstawie wykresu wyznacz wartość przyśpieszenia a kulki na dywanie oraz drogę s_z, jaką przebyła kulka na dywanie aż do zatrzymania się.

Uwaga! Rozwiązania prowadzące do wyznaczenia a oraz s_z, które nie wykorzystują wykresu (tylko same dane z tabeli), nie będą zgodne z poleceniem.

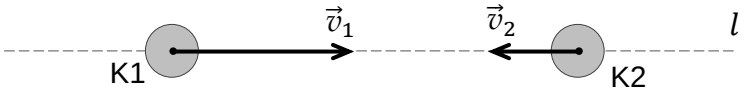


Zadanie 2.

Dwie identyczne kule K1 i K2, każda o masie m, poruszają się naprzeciwko siebie w inercjalnym układzie odniesienia $\mathcal{U}$ z prędkościami $\vec{v}_1$ (kula K1) oraz $\vec{v}_2$ (kula K2). Środki kul poruszają się wzdłuż prostej l. Wartości prędkości tych kul przed zderzeniem spełniają równanie:

$$v_1 = 2v_2$$

Sytuację przed zderzeniem kul ilustruje rysunek poniżej.



Zadanie 2.1. (0–1)

Załóżmy, że zderzenie kul K1 i K2 było doskonale sprężyste. Pomijamy siły tarcia.

Na którym rysunku (A–D) prawidłowo narysowano i oznaczono wektory prędkości kul bezpośrednio po zderzeniu w układzie odniesienia $\mathcal{U}$? Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Wskazówka! Długości wektorów odpowiadają wartościom prędkości kul. W zadaniu nie trzeba wykonywać obliczeń – wystarczy sprawdzić, czy spełnione są zasady zachowania odpowiednich wielkości fizycznych.

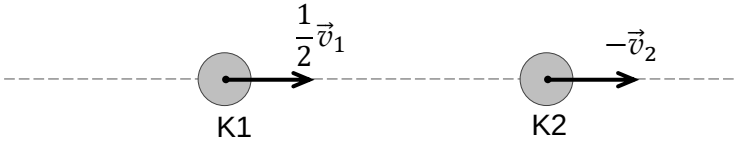
A.



B.



C.



D.



Brudnopis

Zadanie 2.2. (0–4)

Załóżmy, że w wyniku innej realizacji tego zderzenia obie kule połączyły się trwale.

Oblicz, jaką część początkowej (przed zderzeniem) łącznej energii kinetycznej ruchu postępowego utracił układ kul w wyniku takiego zderzenia.

Zadanie 3.

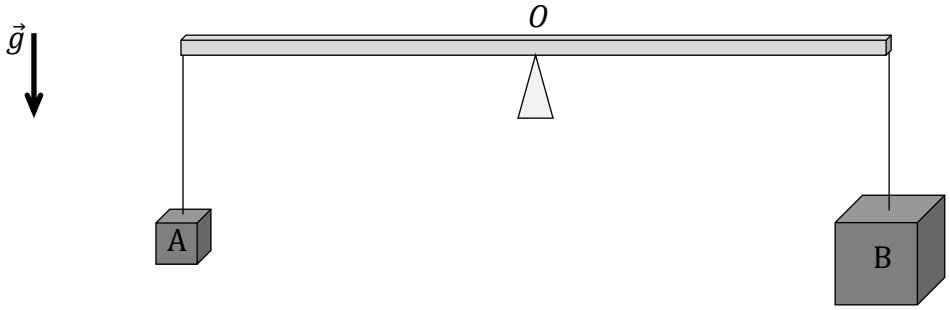
Jednorodna belka podparta w punkcie O – w środku swojej długości – utrzymuje się nieruchomo w pozycji poziomej (zobacz rysunek 1.).

Rysunek 1.



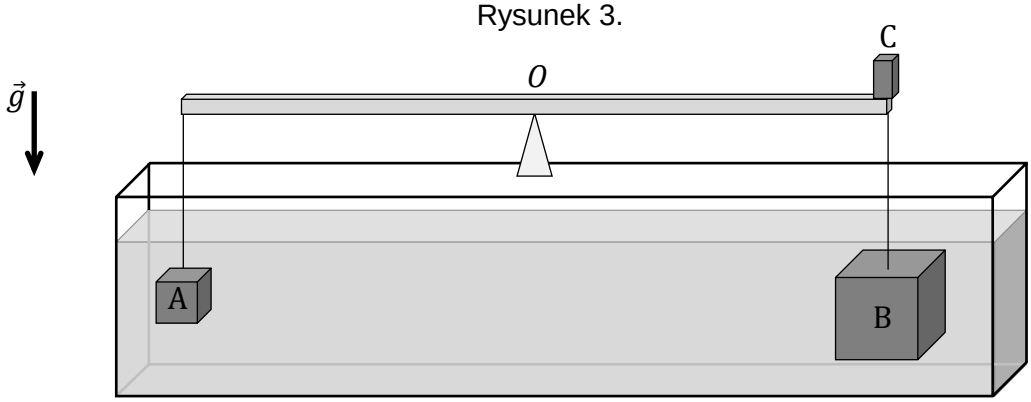
W pierwszym etapie doświadczenia, na przeciwległych końcach tej belki zawieszono (na cienkich, lekkich nitkach) dwa jednorodne klocki A i B. Klocki były wykonane z różnych materiałów i miały kształty sześcianów o krawędziach odpowiednio $a_{\mathrm{A}} = 2\ \mathrm{cm}$ i $a_{\mathrm{B}} = 4\ \mathrm{cm}$. Po zawieszeniu klocków belka wciąż pozostawała w równowadze (zobacz rysunek 2.).

Rysunek 2.



W drugim etapie doświadczenia obydwa sześciany zanurzono całkowicie w naczyniu z wodą o gęstości $\rho_w = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$, a belkę zrównoważono dodatkowym ciężarkiem C, który położono na jednym z końców belki (zobacz rysunek 3.). Belka w ten sposób zrównoważona utrzymywała się nieruchomo w pozycji poziomej.

Rysunek 3.



Zadanie 3.1. (0–4)

Oblicz masę ciężarka C.

Zadanie 3.2. (0–2)

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

Zrównoważenie belki z zanurzonymi sześcianami można osiągnąć

1.	bez użycia dodatkowego ciężarka, gdy przesunie się punkt zawieszenia klocka A bliżej punktu O podparcia belki.	**P**	**F**
2.	bez użycia dodatkowego ciężarka, gdy przesunie się punkt O podparcia belki w stronę klocka B.	**P**	**F**
3.	w cieczy o mniejszej gęstości niż gęstość wody, gdy zamiast ciężarka C położymy ciężarek o mniejszej masie.	**P**	**F**

Zadanie 4.

Uczniowie wyznaczali przyśpieszenie ziemskie. W doświadczeniu użyli linijki, stopera, sprężyny, ciężarka i statywu. Najpierw uczniowie zamocowali sprężynę na statywie tak, że zwisała ona pionowo. Następnie zawiesili na końcu sprężyny ciężarek. Gdy ciężarek zwisał nieruchomo, to wydłużenie sprężyny ponad jej długość swobodną było równe $x = 7{,}8\ \mathrm{cm}$.

Po wprawieniu ciężarka w drgania pionowe uczniowie zmierzyli czas $t_n = 11{,}2\ \mathrm{s}$ pewnej liczby n pełnych drgań ciężarka. Na podstawie pomiaru czasu t_n uczniowie wyznaczyli okres drgań ciężarka: $T = 0{,}56\ \mathrm{s}$. Pomijamy masę sprężyny.

Zadanie 4.1. (0–2)

Ustal liczbę n pełnych drgań ciężarka. Odpowiedź uzasadnij (słownie lub obliczeniami).

Zadanie 4.2. (0–3)

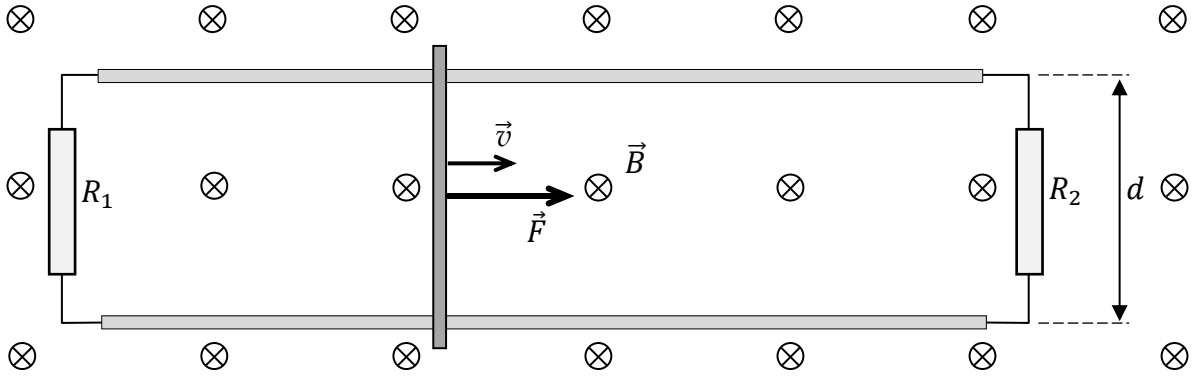
Oblicz wartość przyśpieszenia ziemskiego na podstawie danych wartości x oraz T, uzyskanych w opisanym doświadczeniu.

Zadanie 5.

Dwa miedziane pręty ułożono równolegle w płaszczyźnie poziomej. Do końców obu tych prętów podłączono oporniki o oporach elektrycznych $R_1 = 3\ \Omega$ oraz $R_2 = 6\ \Omega$. Odległość pomiędzy tymi prętami była równa $d = 0{,}4\ \mathrm{m}$. Na prętach położono miedzianą poprzeczkę, a całość umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $B = 0{,}2\ \mathrm{T}$. Wektor $\vec{B}$ indukcji magnetycznej tego pola był zwrócony prostopadle za płaszczyznę rysunku (zwrot pola oznaczono symbolem $\otimes$). Do poprzeczki przyłożono poziomą siłę $\vec{F}$, w wyniku czego zaczęła się ona poruszać w prawo i po pewnym czasie osiągnęła stałą prędkość o wartości $v = 1{,}5\ \mathrm{m/s}$ (zobacz rysunek 1.).

Przyjmij, że poprzeczka przesuwa się po prętach bez tarcia. Pomiń opór elektryczny poprzeczki i prętów oraz opór elektryczny na styku prętów i poprzeczki. Pomiń pole magnetyczne wytworzone przez prąd płynący w obwodzie. Końce poprzeczki wystają poza pręty.

Rysunek 1.



Zadanie 5.1. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego mimo działania siły $\vec{F}$ poprzeczka po pewnym czasie poruszała się ze stałą prędkością.

Zadanie 5.2. (0–2)

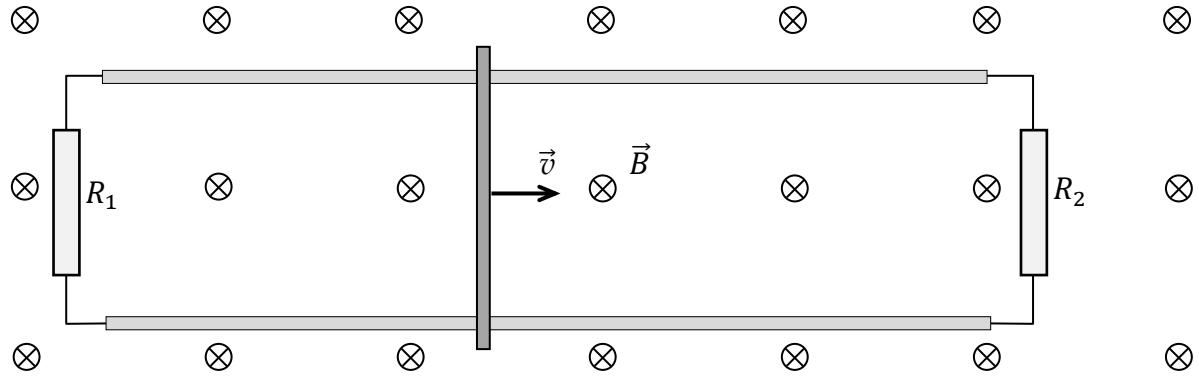
Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Podczas ruchu poprzeczki na jednym z jej wystających końców gromadzą się ładunki ujemne, a na drugim wystającym końcu – dodatnie.	**P**	**F**
2.	Natężenia prądów płynących przez oporniki R_1 i R_2 zależą od wartości indukcji pola magnetycznego, w którym znajduje się cały układ.	**P**	**F**
3.	Natężenia prądów płynących przez oporniki R_1 i R_2 zależą od wartości prędkości, z jaką porusza się poprzeczka.	**P**	**F**

Zadanie 5.3. (0–1)

Na rysunku 2. zaznacz strzałkami, w którą stronę płynie prąd przez każdy z oporników oraz przez poprzeczkę. Strzałki narysuj na opornikach i obok poprzeczki.

Rysunek 2.



Zadanie 5.4. (0–3)

Oblicz moc elektryczną wydzielaną w całym obwodzie podczas ruchu poprzeczki z prędkością o wartości v.

Zadanie 6.

W cylindrze szczelnie zamkniętym ruchomym tłokiem znajdowała się pewna ustalona masa powietrza. Tłok powoli przesuwano, w wyniku czego objętość powietrza wewnątrz cylindra się zmniejszała, a ciśnienie tego powietrza się zwiększało.

Podczas doświadczenia wykonano pięć pomiarów. W każdym z nich mierzono różnicę Δp_i między ciśnieniem powietrza wewnątrz cylindra a ciśnieniem atmosferycznym, a także mierzono objętość V_i powietrza w cylindrze ($i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$).

Do obliczeń przyjmij następujące dane oraz założenia:

- powietrze w cylindrze potraktuj jako gaz doskonały
- podczas pomiarów ciśnienie atmosferyczne było równe $p_{at} = 1020\ \mathrm{hPa}$
- temperatura powietrza w cylindrze w czasie pomiaru nr 5 wynosiła $22\ ℃$
- średnia masa molowa powietrza wynosi $\mu = 29\ \mathrm{g/mol}$.

Wyniki pomiarów przedstawiono w poniższej tabeli.

Nr pomiaru	1.	2.	3.	4.	5.
V_i, $\mathrm{cm^3}$	60,0	50,0	40,0	30,0	20,0
Δp_i, hPa	100	300	600	1200	2300

Zadanie 6.1. (0–4)

Przyjmij, że jeśli różnica pomiędzy największą a najmniejszą temperaturą (lub wielkością proporcjonalną do temperatury) pośród tych pięciu pomiarów jest mniejsza niż 5% mniejszej z nich, to różnice temperatur w pomiarach 1.–5. wynikają tylko z niepewności pomiaru.

Ustal i zapisz, czy gaz w cylindrze podlegał przemianie izotermicznej. Powołaj się na odpowiednie prawa lub zależności fizyczne i wykonaj niezbędne obliczenia, uzasadniające Twoje stwierdzenie.

Zadanie 6.2. (0–1)

Po wykonaniu ostatniego (piątego) pomiaru otwarto zawór w cylindrze. Wskutek tego powietrze gwałtownie się rozprężyło i część powietrza wydostała się z cylindra.
Tłok był w tym czasie nieruchomy.

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

Natychmiast po rozprężeniu gazu w cylindrze termometr wskazał temperaturę

A.	niższą od 22 ℃,	ponieważ	**1.**	gaz pobrał energię z otoczenia.
B.	równą 22 ℃,		**2.**	otwarcie zaworu nie wpływa na temperaturę gazu.
C.	wyższą od 22 ℃,		**3.**	gaz wykonał pracę kosztem energii wewnętrznej.

Zadanie 6.3. (0–3)

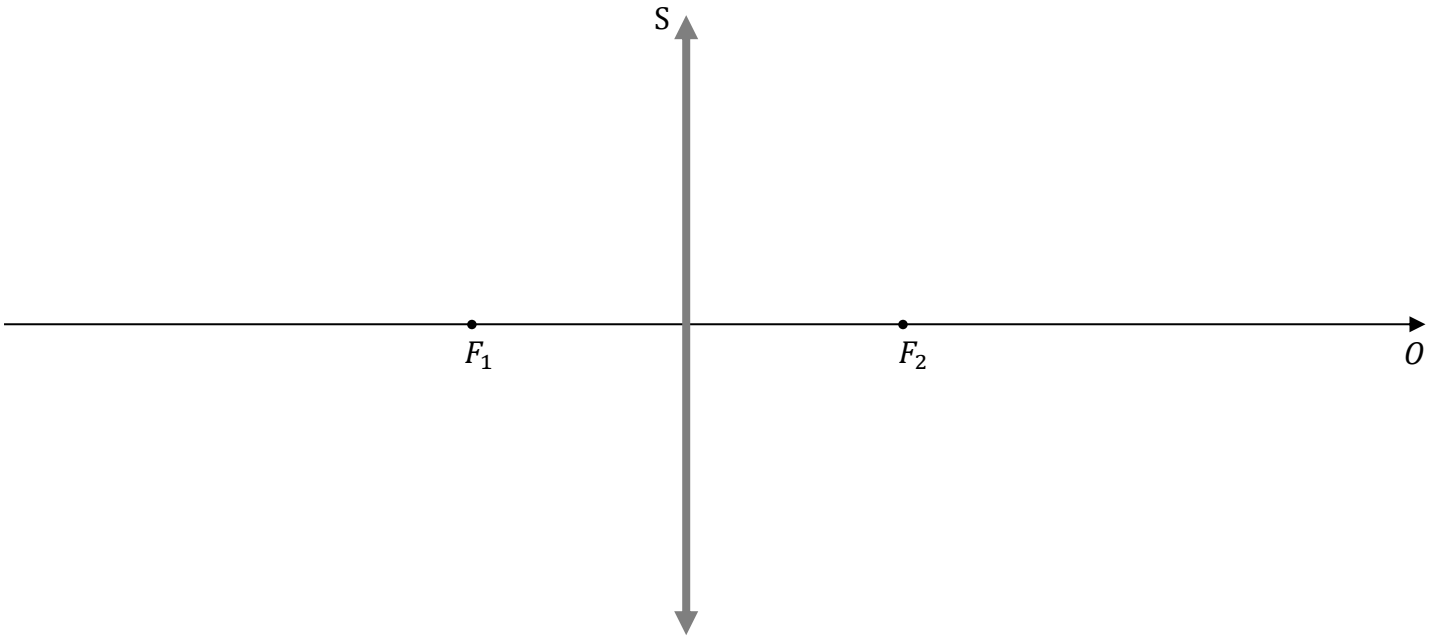
Oblicz gęstość powietrza w cylindrze podczas pomiaru nr 5. Wynik podaj zaokrąglony do trzech cyfr znaczących.

Zadanie 7.

Soczewka skupiająca może być wykorzystana do otrzymania prostego (nie – odwróconego) i powiększonego obrazu przedmiotu umieszczonego w powietrzu. Taka soczewka działa wtedy jako tzw. szkło powiększające (lupa).

Zadanie 7.1. (0–2)

Na poniższym rysunku przedstawiono cienką soczewkę skupiającą S oraz jej oś optyczną O. Na osi optycznej oznaczono dwa ogniska tej soczewki: F_1 oraz F_2.



Na rysunku skonstruuj powstawanie powiększonego obrazu przedmiotu P w lupie.

W tym celu

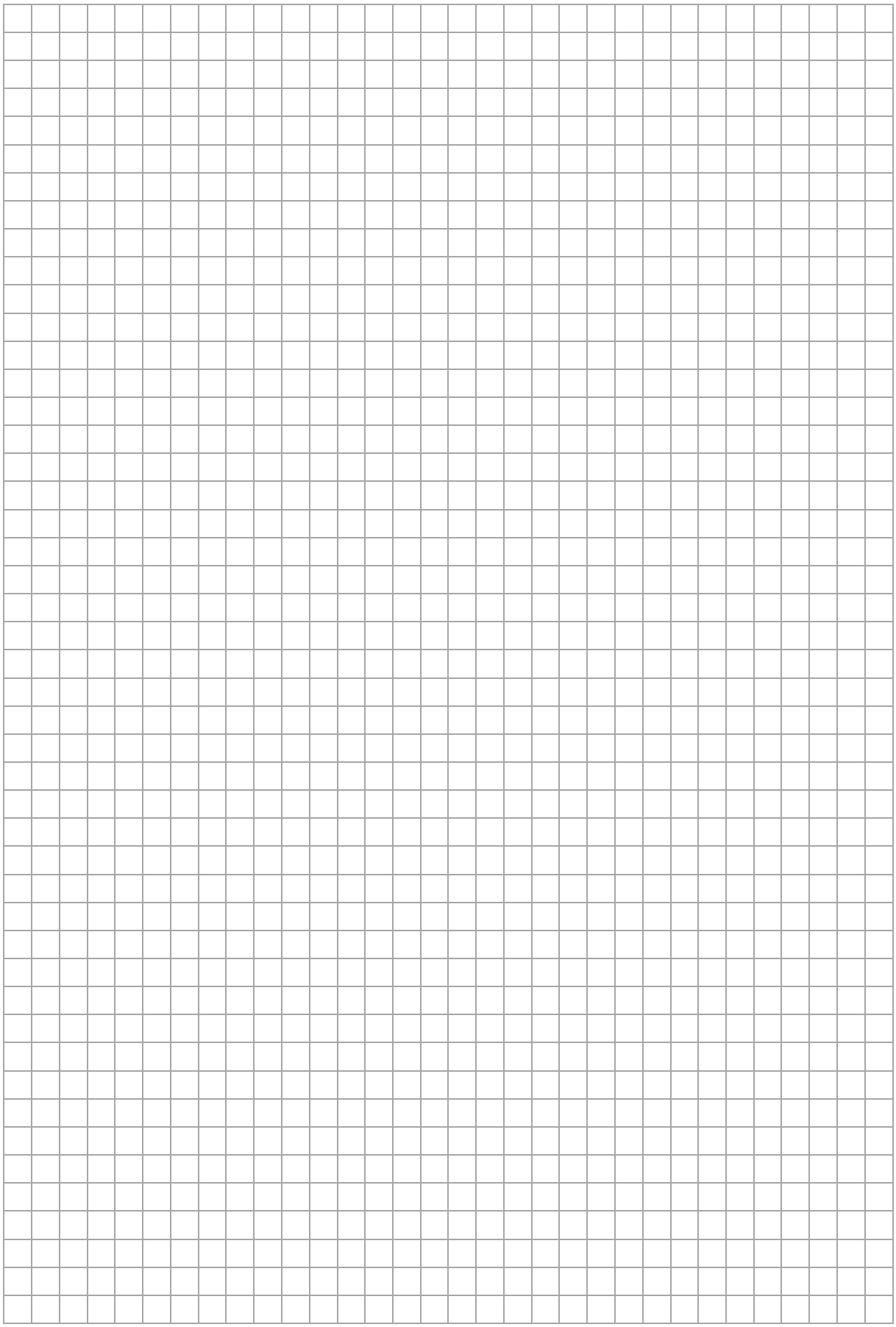


- **odmierz wysokość przedmiotu P, reprezentowanego strzałką obok**
- **narysuj przedmiot P na osi optycznej w takim miejscu, aby było możliwe uzyskanie przez soczewkę S powiększonego, prostego obrazu P′ przedmiotu P**
- **skonstruuj powiększony, prosty obraz P′ przedmiotu P.**

Zadanie 7.2. (0–3)

Soczewka skupiająca S pozwala uzyskać powiększony i prosty obraz znaczka pocztowego. Gdy znaczek znajduje się w odległości $x = 6\ \mathrm{cm}$ od soczewki, to powiększenie – czyli iloraz wysokości obrazu znaczka i wysokości znaczka – jest równe $p = 5$.
Przyjmij, że znaczek pocztowy jest umieszczony prostopadle do osi optycznej soczewki.

Oblicz ogniskową f soczewki S.



Zadanie 8.

Cztery największe księżyce Jowisza to: Io, Europa, Kallisto oraz Ganimedes. Orbity tych księżyców Jowisza możemy potraktować w pewnym przybliżeniu jako kołowe – tzn. długość promienia wodzącego każdego z księżyców, określona z dokładnością do dwóch cyfr znaczących, się nie zmienia.

Promienie orbit, po których poruszają się dookoła Jowisza księżyce: Io, Europa, Kallisto oraz Ganimedes, oznaczymy odpowiednio jako:

$$r_I \qquad r_E \qquad r_K \qquad r_G$$

Okresy obiegu dookoła Jowisza księżyców: Io, Europy, Kallisto oraz Ganimedesa, oznaczymy analogicznie jako:

$$T_I \qquad T_E \qquad T_K \qquad T_G$$

Stosunki promieni orbit, po których poruszają się dookoła Jowisza te księżyce, są następujące:

$$\frac{r_E}{r_I} \approx 1{,}59 \qquad \frac{r_G}{r_E} \approx 1{,}59 \qquad \frac{r_K}{r_G} \approx 1{,}76$$

Zadanie 8.1. (0–1)

Uporządkuj rosnąco okresy obiegu dookoła Jowisza księżyców: Io, Europy, Kallisto oraz Ganimedesa. Wpisz odpowiednie oznaczenia tych okresów w wykropkowane miejsca, tak aby relacja w ten sposób zapisana była prawdziwa.

.....< .....< .....< .....

Zadanie 8.2. (0–2)

Oblicz $\frac{T_G}{T_I}$. Wynik podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.

Zadanie 8.3. (0–3)

Promień orbity, po której porusza się dookoła Jowisza jego księżyc Europa, oraz okres obiegu tego księżyca po orbicie, wynoszą odpowiednio:

$$r_E \approx 6{,}711 \cdot 10^5 \text{ km} \qquad T_E \approx 3{,}551 \text{ dób ziemskich}$$

Oblicz masę Jowisza. Wynik podaj zaokrąglony do trzech cyfr znaczących.

Zadanie 9.

W początkowo spoczywającym atomie wodoru, w wyniku przejścia elektronu z poziomu energetycznego $n = 2$ na poziom energetyczny $n = 1$, został wyemitowany foton. Wskutek emisji fotonu atom wodoru doznał odrzutu.

Przyjmij do obliczeń masę atomu wodoru $m_{at} \approx 1{,}6735 \cdot 10^{-27}$ kg.

Wskazówki: (1) Do określenia energii kinetycznej atomu lub pędu atomu możesz używać wzorów mechaniki klasycznej Newtona. (2) Związek między energią fotonu i pędem fotonu jest następujący: $E_{fot} = cp_{fot}$, gdzie c jest wartością prędkości światła w próżni.

Zadanie 9.1. (0–3)

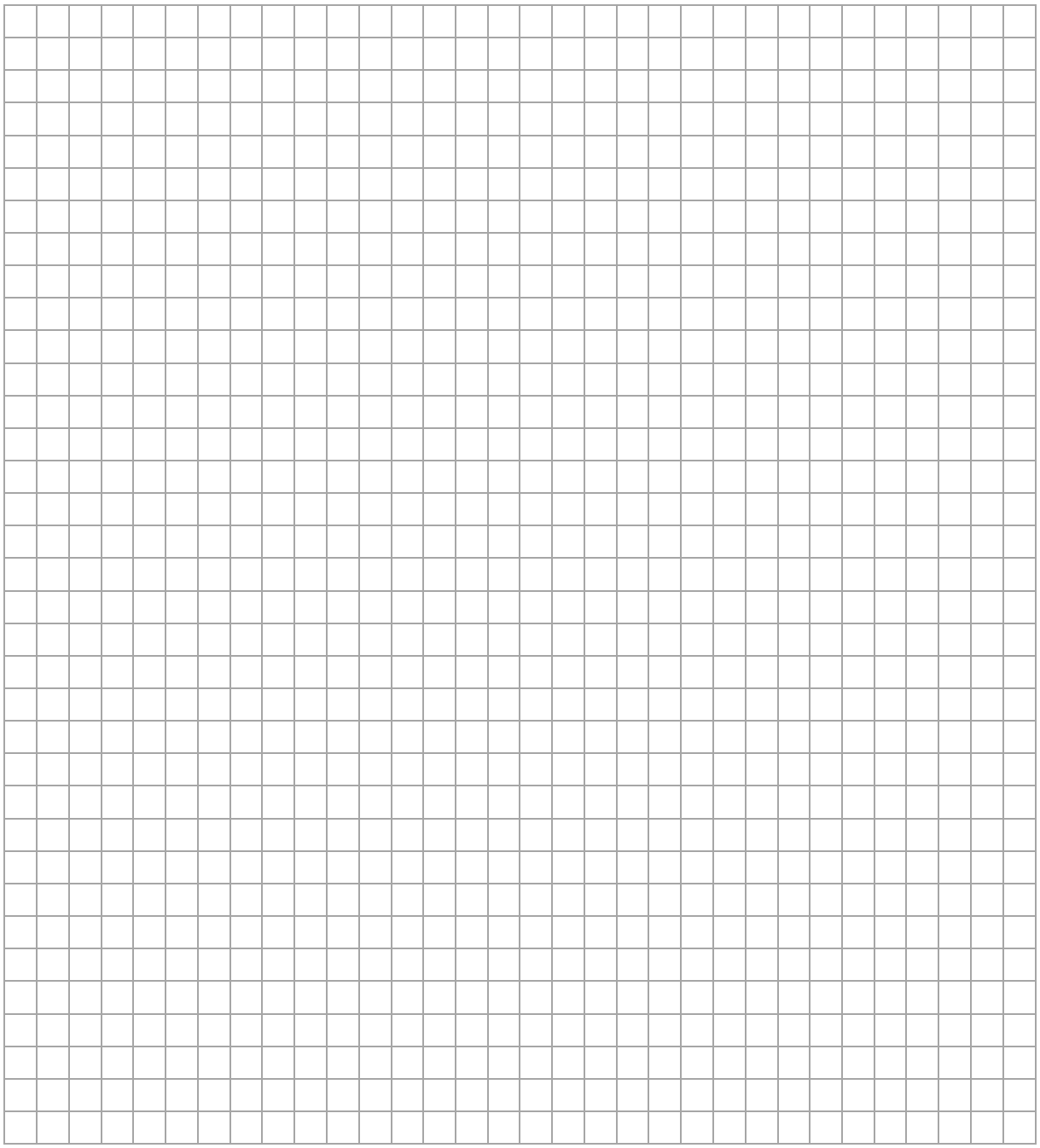
Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć $E_{kin\,at}$ – energię kinetyczną, jaką uzyskał atom wodoru w wyniku odrzutu – w zależności od: energii E_{fot} emitowanego fotonu, masy m_{at} atomu wodoru oraz wartości c prędkości światła w próżni.

Zadanie 9.2. (0–3)

Wiadomo, że energia fotonu emitowanego podczas opisanego przejścia w atomie wodoru jest dużo większa (o kilka rzędów wielkości) od energii kinetycznej atomu uzyskanej w wyniku odrzutu. Można więc przyjąć, że odrzut atomu praktycznie nie wpływa na energię emitowanego fotonu.

Oblicz wartość prędkości (odrzutu) atomu wodoru po emisji fotonu.

Wskazówka: Skorzystaj z zasady zachowania pędu oraz zasady zachowania energii dla układu atom – foton, oraz z faktu, że energia kinetyczna atomu jest pomijalnie mała w porównaniu z energią fotonu.



Zadanie 10.

Wiązkę protonów przyśpieszono w polu elektrycznym napięciem $U = 270\ \mathrm{kV}$ od prędkości początkowej równej 0 do prędkości o wartości v. Przyśpieszona wiązka protonów pada na tarczę zawierającą jądra litu $^{7}_{3}\mathrm{Li}$. W wyniku zderzenia pojedynczego protonu z nieruchomym jądrem litu $^{7}_{3}\mathrm{Li}$ powstały dwie cząstki α.

Całkowita energia kinetyczna cząstek α jest większa od energii kinetycznej protonu padającego na tarczę.

Masy jąder i cząstek uczestniczących w opisanej reakcji jądrowej, wyrażone w jednostkach atomowych, mają następujące wartości:

$m_{\mathrm{p}} = 1{,}007276\ \mathrm{u}$ – masa protonu

$m_{\alpha} = 4{,}001506\ \mathrm{u}$ – masa cząstki α (jądra helu $^{4}\mathrm{He}$)

$m_{\mathrm{Li}} = 7{,}014357\ \mathrm{u}$ – masa jądra litu $^{7}_{3}\mathrm{Li}$.

Zadanie 10.1. (0–2)

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

1.	Suma mas jądra litu $^{7}_{3}\mathrm{Li}$ i protonu jest większa od sumy mas dwóch cząstek α.	**P**	**F**
2.	Energia wiązania jądra litu $^{7}_{3}\mathrm{Li}$ jest większa od sumy energii wiązań dwóch jąder helu $^{4}\mathrm{He}$.	**P**	**F**
3.	Suma mas czterech oddzielnych nukleonów tworzących jądro helu $^{4}\mathrm{He}$ jest większa od masy jądra helu.	**P**	**F**

Zadanie 10.2. (0–1)

Zapisz równanie reakcji jądrowej opisanej we wstępie do zadania. W zapisie reakcji uwzględnij liczby masowe oraz liczby atomowe.

Równanie reakcji:

Zadanie 10.3. (0–3)

Oblicz łączną energię kinetyczną produktów reakcji.
Wynik podaj w $\mathbf{MeV}$, zaokrąglony do czterech cyfr znaczących.

Wskazówka: Przyjmij, że $1\ \mathrm{u} \cdot c^2 \approx 931{,}49\ \mathrm{MeV}$ *(c to wartość prędkości światła w próżni).*

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Formuła 2015

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Formuła 2015

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Formuła 2015