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 **M-100**.
Jeżeli tak – przyklej naklejkę.
Jeżeli nie – zgłoś to nauczycielowi.

Egzamin maturalny ***Formuła 2023***

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Symbol arkusza
MFAP-R0-**100**-2406

DATA: **13 czerwca 2024 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 27 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. Symbol zamieszczony w nagłówku zadania zwraca uwagę na to, że do rozwiązania zadania będzie pomocne lub niezbędne użycie linijki.
6. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
7. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
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 naukowego. Upewnij się, czy przekazano Ci broszurę z okładką taką jak widoczna poniżej.



Zadania egzaminacyjne są wydrukowane na następnych stronach.

Zadanie 1.

Deseczka z wycięciami, w których umieszczono trzy jednakowe monety: M1, M2, M3, obraca się ze stałą prędkością kątową ω po poziomej powierzchni blatu stołu wokół osi obrotu, przechodzącej przez punkt O. W wyniku tego obrotu torami ruchów środków tych monet są okręgi o wspólnym środku O.

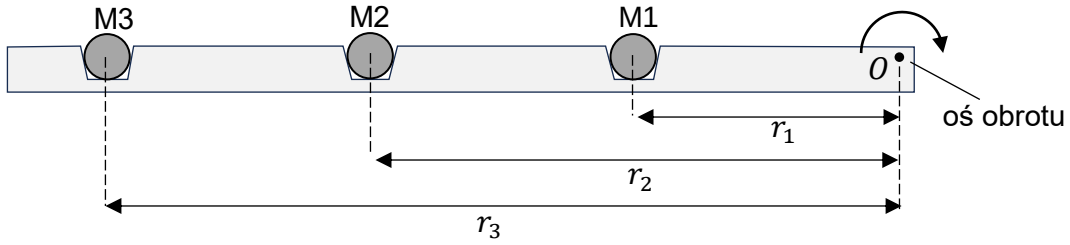
Masy monet są jednakowe i równe m:

$$m_1 = m_2 = m_3 = m$$

Odległości środków monet M1, M2, M3 od osi obrotu oznaczymy – odpowiednio – jako: r_1, r_2, r_3 (zobacz rysunek). Stosunki tych odległości wynoszą $r_1 : r_2 : r_3 = 1 : 2 : 3$, to znaczy:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{2} \quad \text{oraz} \quad \frac{r_1}{r_3} = \frac{1}{3} \quad \text{oraz} \quad \frac{r_2}{r_3} = \frac{2}{3}$$

Rysunek



Ruch deseczki i monet rozpatrujemy w inercjalnym układzie odniesienia związanym z ziemią, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.

Zadanie 1.1. (0–2)

Rozważamy sytuację, gdy deseczka z monetami obraca się ze stałą prędkością kątową ω.

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

1.	Wektory przyśpieszeń w ruchu postępowym monet są skierowane do osi obrotu O.	**P**	**F**
2.	Siła wypadkowa działająca na monetę M3 ma trzy razy większą wartość od wartości siły wypadkowej działającej na monetę M1.	**P**	**F**
3.	Prędkości liniowe (prędkości w ruchu postępowym) monet M1, M2 i M3 mają te same wartości.	**P**	**F**

Zadanie 1.2. (0–4)

Obracająca się deseczka została nagle zatrzymana, wskutek czego monety wypadły z wycięć i poruszały się dalej po stole wzdłuż linii prostych. Rozważamy ruch postępowy monet od chwili zatrzymania się deseczki do chwili zatrzymania się ostatniej monety na stole. W tym czasie monety M1, M2 i M3 przebyły drogi równe odpowiednio: s_1, s_2 i s_3.

Przyjmij, że współczynnik tarcia kinetycznego o stół jest taki sam dla wszystkich monet oraz że monety nie obracały się podczas tego ruchu.

Oblicz $s_1 : s_2 : s_3$. Zapisz obliczenia.

Zadanie 2.

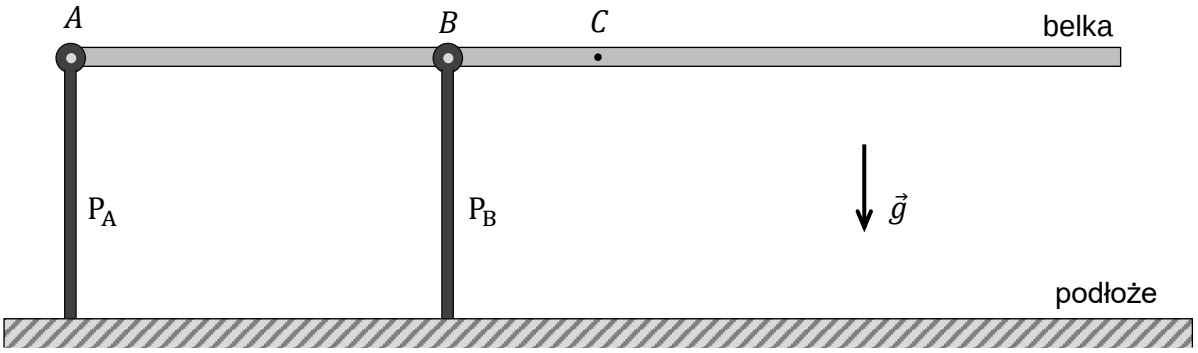
Dana jest jednorodna, sztywna belka o masie $m = 120\ \mathrm{kg}$ i długości $l = 2{,}8\ \mathrm{m}$. Tę belkę przymocowano do dwóch pionowych podpór: $\mathrm{P_A}$ i $\mathrm{P_B}$. Podpory $\mathrm{P_A}$ i $\mathrm{P_B}$ łączą się z belką w punktach A i B. Obie podpory są na sztywno przytwierdzone do poziomego podłoża.

Mocowanie pojedynczej podpory do belki umożliwia jej obrót bez tarcia w płaszczyźnie pionowej. Gdy belka jest przymocowana do obu podpór, to utrzymuje się nieruchomo w pozycji poziomej (zobacz rysunek 1.).

Odległość między punktami A i B wynosi $|AB| = 1{,}0\ \mathrm{m}$. Na rysunku poniżej przedstawiono opisaną sytuację. Punkt środka masy belki oznaczono jako C. Przyjmij, że belka spoczywa poziomo w inercjalnym układzie odniesienia, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.

Siły, z jakimi podpory $\mathrm{P_A}$ i $\mathrm{P_B}$ działają na belkę w punktach A i B, oznaczymy – odpowiednio – jako $\vec{F}_A$ i $\vec{F}_B$. Siłę ciężkości działającą na belkę oznaczymy jako $\vec{F}_C$.

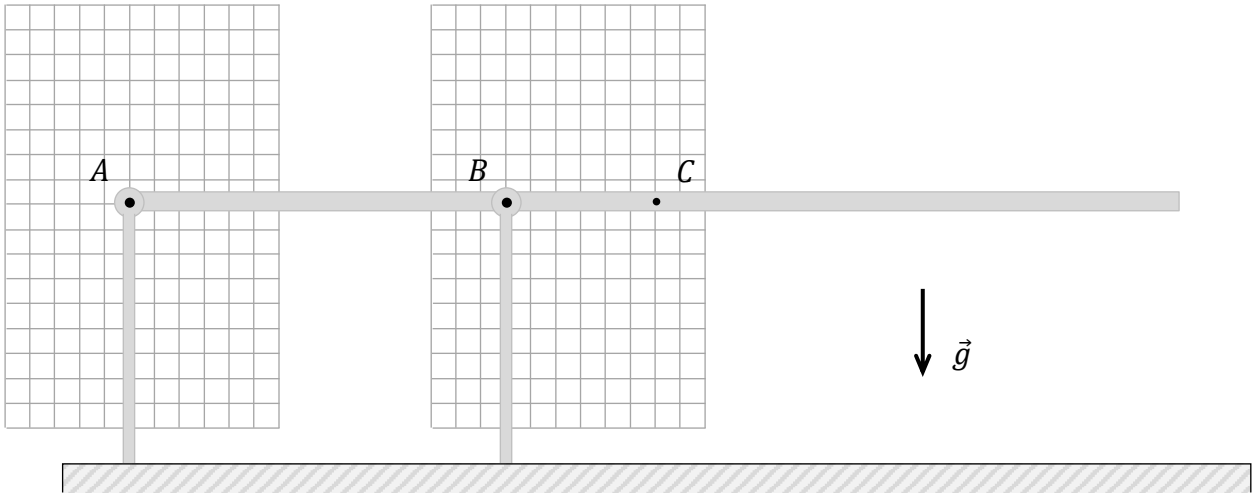
Rysunek 1.



Zadanie 2.1. (0–2)

Na rysunku 2. narysuj i oznacz wektory sił $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ i $\vec{F}_C$ w opisanej sytuacji. Zachowaj odpowiednie kierunki i zwroty tych sił oraz relacje (większy, równy, mniejszy) między ich wartościami.

Rysunek 2.



Zadanie 2.2. (0–3)

Przyjmij do obliczeń $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

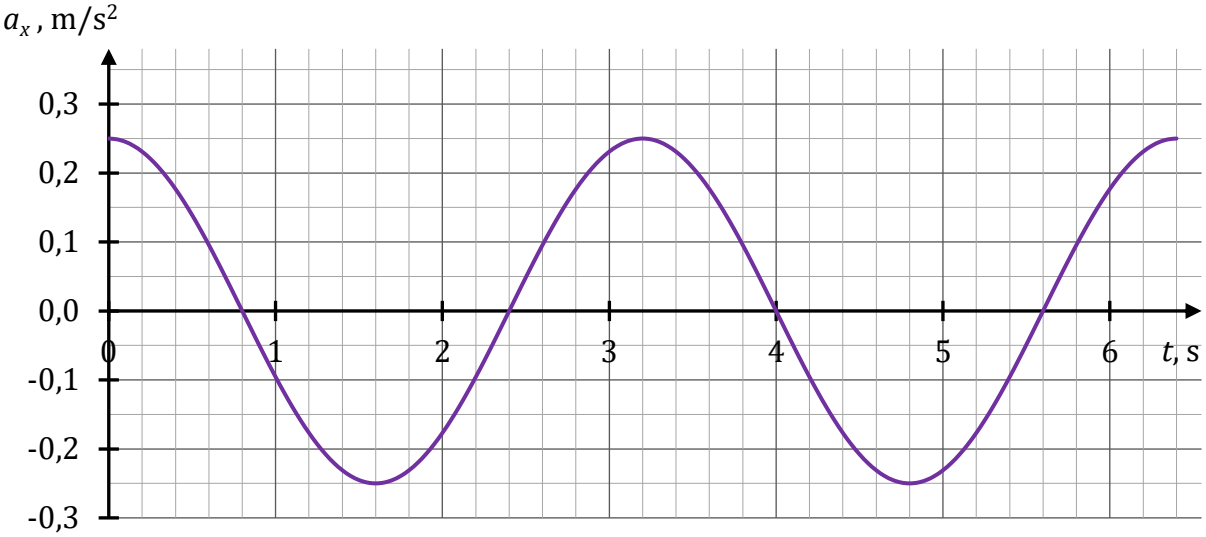
Oblicz F_A i F_B – wartości sił $\vec{F}_A$ i $\vec{F}_B$. Zapisz obliczenia.

Zadanie 3.

Ciało $\mathcal{C}$ porusza się wzdłuż osi x ruchem drgającym harmonicznym. Na poniższym wykresie przedstawiono zależność współrzędnej przyśpieszenia a_x ciała $\mathcal{C}$ od czasu t.

Masa ciała jest równa $m = 0{,}10\ \mathrm{kg}$.

Ruch ciała $\mathcal{C}$ opisujemy w układzie inercjalnym.



Zadanie 3.1. (0–2)

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

W przedziale czasu od $t = 2{,}4\ \mathrm{s}$ do $t = 3{,}2\ \mathrm{s}$

1.	wartość prędkości ciała $\mathcal{C}$ rośnie.	**P**	**F**
2.	odległość ciała $\mathcal{C}$ od położenia równowagi maleje.	**P**	**F**
3.	wartość siły wypadkowej działającej na ciało $\mathcal{C}$ rośnie.	**P**	**F**

Zadanie 3.2. (0–2)

Dokończ zdania. Wpisz właściwe liczby w wykropkowane miejsca.

1. Maksymalna wartość siły wypadkowej działającej na ciało $\mathcal{C}$ podczas opisanego ruchu drgającego jest równa ..... N.

2. Częstotliwość drgań ciała $\mathcal{C}$ jest równa ..... Hz.

Zadanie 3.3. (0–3)

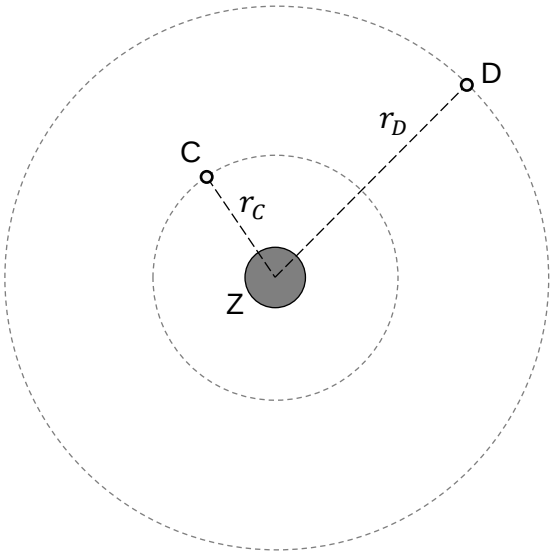
Oblicz wartość prędkości ciała $\mathcal{C}$ w chwili $t = 0,8\ s$. Zapisz obliczenia.

Zadanie 4.

Dwa satelity C i D krążą dookoła Ziemi (Z) po orbitach kołowych o promieniach równych odpowiednio r_C i r_D. Oba satelity mają wyłączone silniki i poruszają się jedynie pod wpływem siły grawitacji Ziemi (zobacz rysunek 1.).

Promień orbity satelity D wynosi $r_D = 9R_Z$, gdzie R_Z jest promieniem Ziemi.

Rysunek 1.



Zadanie 4.1. (0–2)

Wartość prędkości satelity D oznaczymy jako v_D. Wartość pierwszej prędkości kosmicznej dla Ziemi (tzn. wartość prędkości satelity na orbicie o promieniu równym R_z) oznaczymy jako v_I.

Oblicz iloraz $\frac{v_D}{v_I}$. Zapisz obliczenia.

Zadanie 4.2. (0–2)

Okres obiegu satelity C dookoła Ziemi oznaczymy jako T_C.
Okres obiegu satelity D dookoła Ziemi oznaczymy jako T_D.
Iloraz promieni orbit satelitów C i D wynosi:

$$\frac{r_C}{r_D} = 0{,}450$$

Oblicz iloraz $\frac{T_C}{T_D}$. Wynik podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

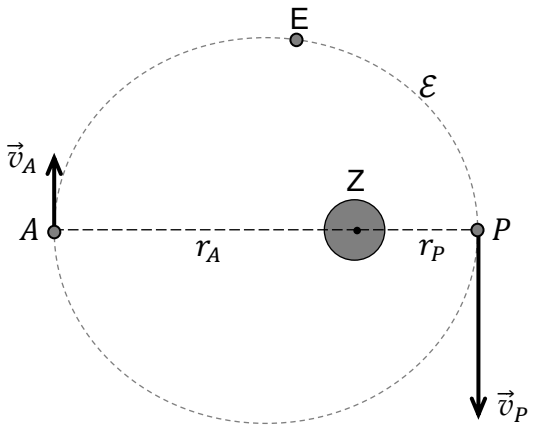
Informacja do zadania 4.3.

Satelita E obiega Ziemię po orbicie eliptycznej $\mathcal{E}$ jedynie pod wpływem siły grawitacji.

Odległość od środka Ziemi do najbliższego punktu P tej orbity (perygeum) oznaczymy jako r_P. Odległość od środka Ziemi do najdalszego punktu A tej orbity (apogeum) oznaczymy jako r_A.

Wartość prędkości satelity E w punkcie P oznaczymy jako v_P, a wartość prędkości satelity E w punkcie A oznaczymy jako v_A. Prędkości satelity E w punktach P i A są prostopadłe do promienia wodzącego (zobacz rysunek 2.).

Rysunek 2.



Zadanie 4.3. (0–2)

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

1.	Najmniejszą energię potencjalną grawitacji podczas ruchu na orbicie $\mathcal{E}$ satelita E osiąga w punkcie P.	**P**	**F**
2.	Najmniejszą energię kinetyczną podczas ruchu na orbicie $\mathcal{E}$ satelita E osiąga w punkcie A.	**P**	**F**
3.	Największą wartość przyśpieszenia podczas ruchu na orbicie $\mathcal{E}$ satelita E osiąga w punkcie P.	**P**	**F**

Brudnopis

Zadanie 5. (0–2)

Do nieruchomego obserwatora $\mathcal{A}$ zbliża się wzdłuż linii prostej głośnik $\mathcal{Z}$. Częstotliwość drgań membrany głośnika jest równa f_Z. Wartość prędkości $\mathcal{Z}$ względem $\mathcal{A}$ się zmniejsza.

Długość fali dźwiękowej, która dociera do obserwatora $\mathcal{A}$, oznaczymy jako λ_A.
Częstotliwość fali dźwiękowej, którą odbiera obserwator $\mathcal{A}$, oznaczymy jako f_A.

Obie wielkości λ_A oraz f_A zmieniają się w czasie, gdy wartość prędkości $\mathcal{Z}$ względem $\mathcal{A}$ się zmniejsza.

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

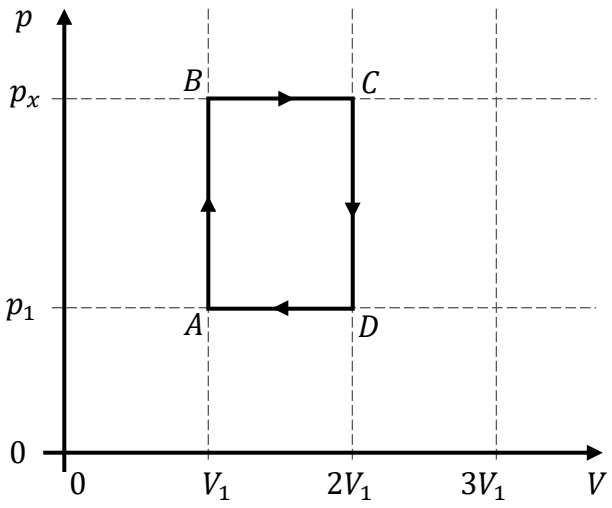
1.	$f_A < f_Z$	**P**	**F**
2.	Gdy wartość prędkości $\mathcal{Z}$ względem $\mathcal{A}$ się zmniejsza, to f_A maleje.	**P**	**F**
3.	Gdy wartość prędkości $\mathcal{Z}$ względem $\mathcal{A}$ się zmniejsza, to λ_A maleje.	**P**	**F**

Brudnopis

Zadanie 6.

Na poniższym wykresie przedstawiono zależność ciśnienia p od objętości V w cyklu przemian termodynamicznych $A \to B \to C \to D \to A$ ustalonej masy gazu doskonałego. Ciepło molowe tego gazu przy stałej objętości wynosi $C_V = \frac{3}{2}R$, gdzie R jest stałą gazową.

Ciśnienie oznaczone na wykresie jako p_x spełnia warunek $p_x > p_1$.



Zadanie 6.1. (0–3)

Symbolami ΔT_{AB}, ΔU_{AB} i W_{BC} oznaczymy odpowiednio: różnicę temperatur $T_B - T_A$ w stanach B i A, różnicę energii wewnętrznych $U_B - U_A$ w stanach B i A oraz pracę na odcinku BC. Analogicznie oznaczymy te wielkości na innych odcinkach cyklu.

Ustal relacje między poniższymi wielkościami fizycznymi – lub zmianami wielkości fizycznych – w przemianach cyklu $A \to B \to C \to D \to A$. <u>Wpisz</u> w każde wykropkowane miejsce poniżej odpowiedni znak wybrany spośród: $>$, $=$, $<$.

1. ΔT_{AB} ..... ΔT_{BC}
2. $|W_{BC}|$ ..... $|W_{DA}|$
3. $|\Delta U_{AB}|$ ..... $|\Delta U_{CD}|$

Brudnopis

Zadanie 6.2. (0–1)

Sprawność silnika cieplnego o takim cyklu jak w zadaniu 6. wyraża się wzorem:

$$\eta = \frac{2p_x - 2p_1}{8p_x - 3p_1}$$

Dokończ zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wykropkowanym miejscu.

Dla ilorazu $\frac{p_x}{p_1} = \frac{7}{2}$ praca całkowita (tzw. praca użyteczna) wykonana w cyklu

stanowi ..... pobranego ciepła w cyklu.

Brudnopis

Zadanie 6.3. (0–4)

Wyprowadź poniższy wzór na sprawność η silnika o cyklu opisanym w zadaniu 6.:

$$\eta = \frac{2p_x - 2p_1}{8p_x - 3p_1}$$

Zadanie 7.

Świecącą strzałkę OP ustawiano w różnych położeniach na osi optycznej cienkiej soczewki skupiającej S. Punkt O leży na osi optycznej soczewki, a strzałka OP jest prostopadła do tej osi.

Przy pewnych ustawieniach strzałki OP obserwowano jej ostry obraz wytwarzany przez soczewkę S. W zależności od odległości strzałki od soczewki jej obraz był albo rzeczywisty, albo pozorny. Ośrodkiem otaczającym soczewkę S było powietrze.

Zauważono, że gdy strzałka OP znajdowała się w odległości $x_1 = 8\ \text{cm}$ od soczewki albo $x_2 = 12\ \text{cm}$ od soczewki, to obserwowane obrazy strzałki miały tę samą wysokość.

Zadanie 7.1. (0–1)

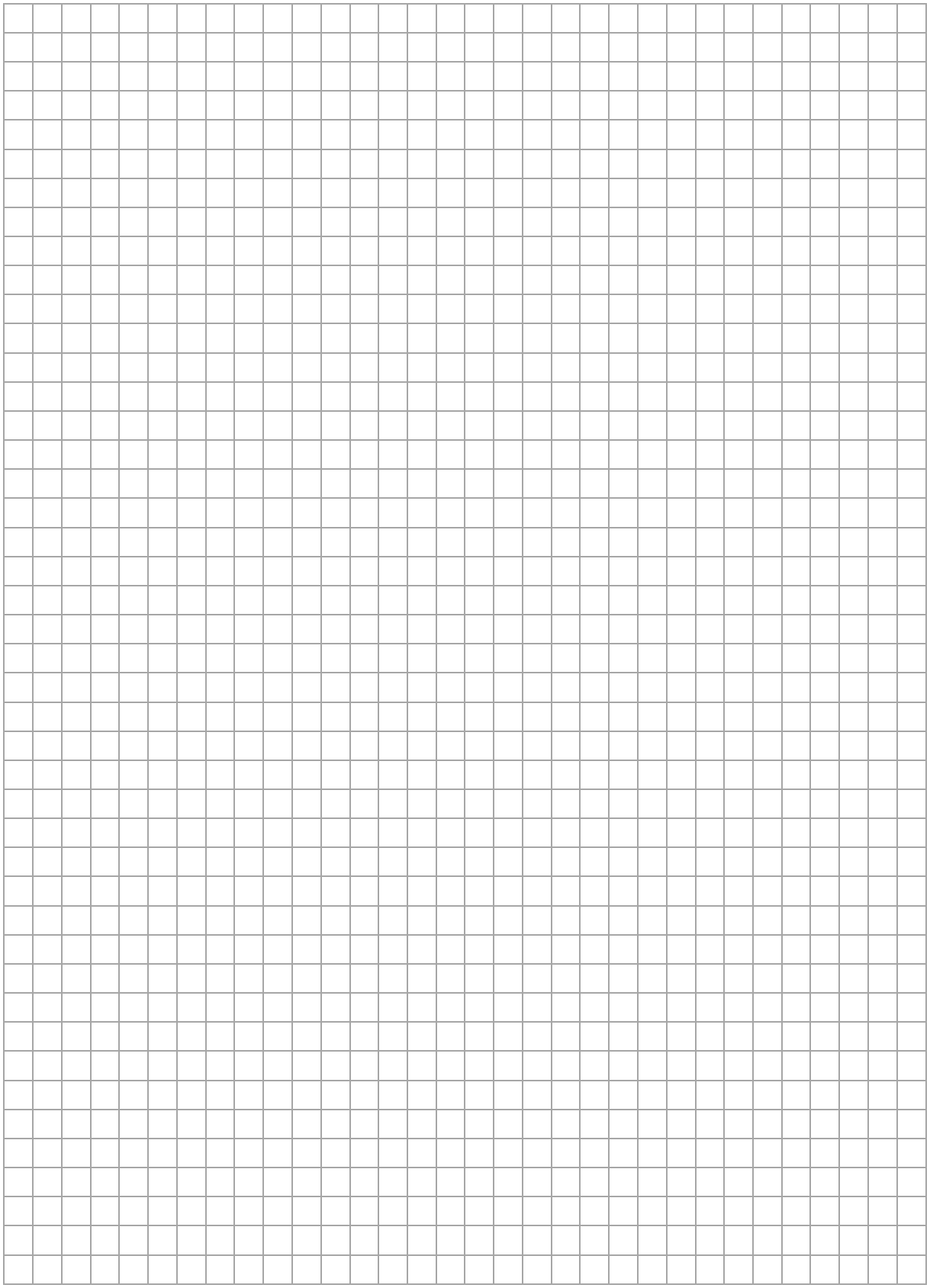
Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Obraz pozorny obserwowano, gdy strzałka była ustawiona w odległości $x_1 = 8\ \text{cm}$ od soczewki.	**P**	**F**
2.	Rzeczywisty obraz strzałki był obrazem odwróconym.	**P**	**F**

Brudnopis

Zadanie 7.2. (0–4)

Oblicz ogniskową f soczewki S. Zapisz obliczenia.

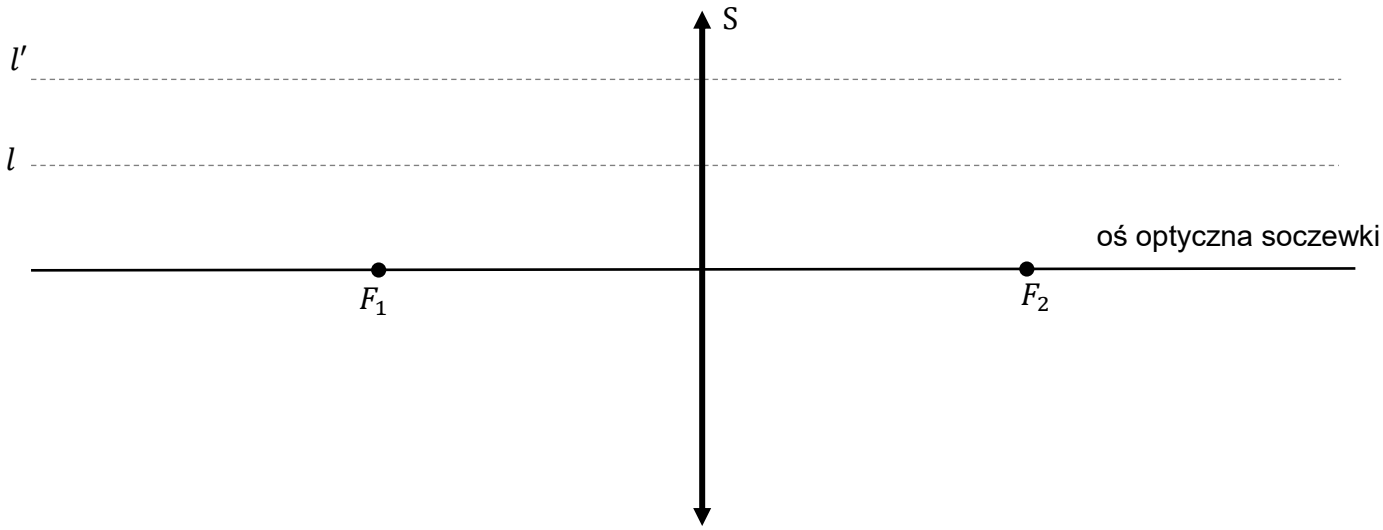


Zadanie 7.3. (0–2)

Rozważamy pewien obraz <u>pozorny</u> $O'P'$ strzałki OP.

Na rysunku poniżej zaznaczono soczewkę S, oś optyczną tej soczewki, jej dwa ogniska F_1, F_2 oraz linię l na wysokości punktu P i linię l' na wysokości punktu P'.

Rysunek



Na powyższym rysunku wyznacz konstrukcyjnie położenie strzałki OP oraz położenie jej obrazu $O'P'$. Narysuj i podpisz strzałkę OP oraz jej obraz $O'P'$.

Zadanie 8.

Na poziomej płycie umieszczono w pewnej odległości od siebie dwie jednakowe małe kulki K1 i K2. Każda z kulek miała masę $m = 5{,}0\ \text{g}$. Jedną z kulek naładowano ładunkiem elektrycznym dodatnim, a drugą kulkę – ładunkiem elektrycznym ujemnym.

Początkowo obie kulki były unieruchomione. W chwili $t_0 = 0$ kulkę K1 zwolniono z mocującego ją uchwytu i zaczęła się ona zbliżać do nieruchomej kulki K2. Przyjmij, że siła wypadkowa działająca na K1 jest równa sile oddziaływania elektrycznego z kulką K2 (co oznacza m.in. pominięcie siły tarcia oraz oddziaływania elektrycznego z płytą).

Zadanie 8.1. (0–1)

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

Od chwili t_0 wartość przyśpieszenia kulki K1

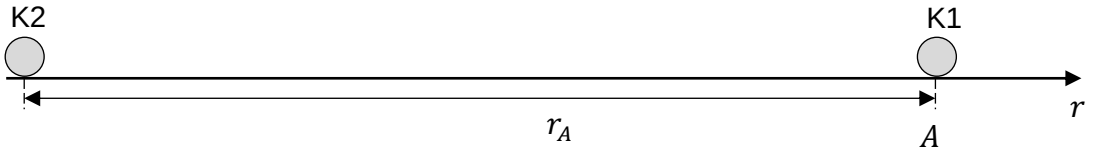
A.	się zwiększa,	ponieważ wartość siły wypadkowej działającej na tę kulkę	**1.**	się zwiększa.
B.	się zmniejsza,		**2.**	się zmniejsza.
C.	pozostaje stała,		**3.**	pozostaje stała.

Zadanie 8.2. (0–4)

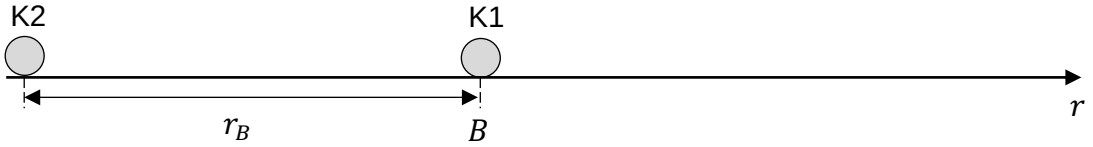
W chwili $t_0 = 0$ kulka K1 spoczywała i znajdowała się w punkcie A. Odległość K1 od K2 w chwili t_0 była równa $r_A = 0{,}10\ \text{m}$ (zobacz rysunek 1.).

W pewnej chwili t_B podczas ruchu, kulka K1 znalazła się w punkcie B. Odległość K1 od K2 w chwili t_B była równa $r_B = 0{,}05\ \text{m}$. (zobacz rysunek 2.).

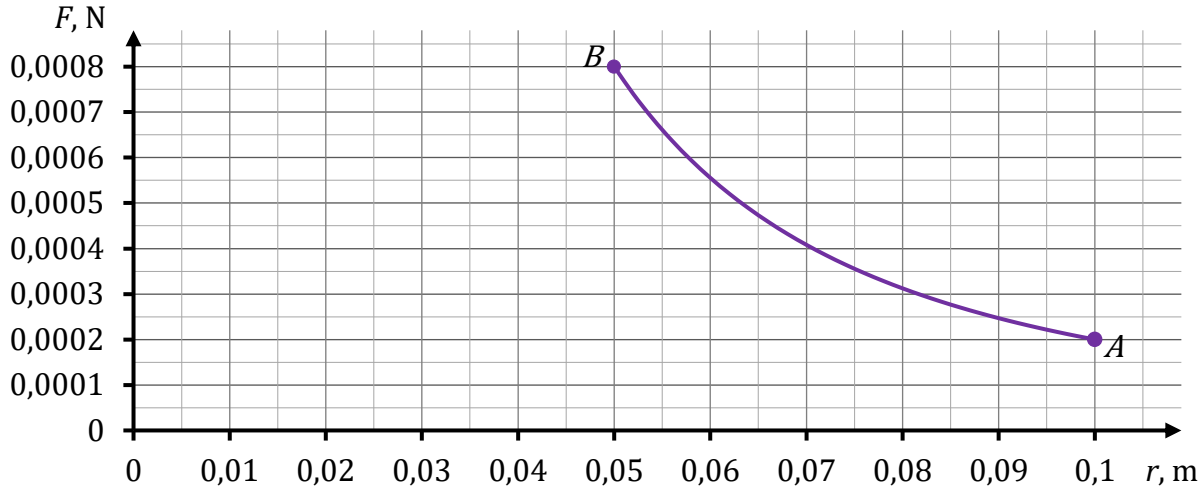
Rysunek 1.



Rysunek 2.



Na wykresie (strona 21) przedstawiono zależność wartości siły wypadkowej działającej na kulkę K1 od odległości do K2 – podczas ruchu kulki od punktu A do punktu B.



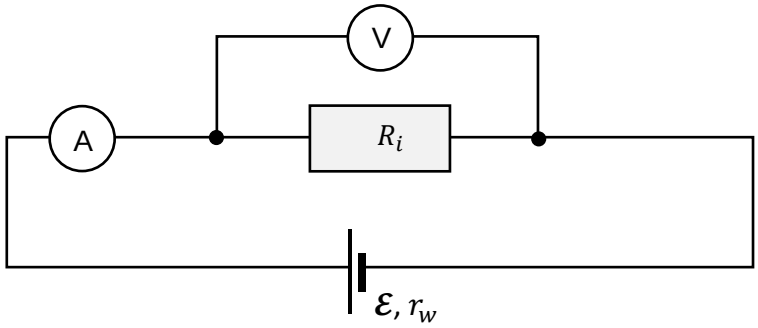
Oblicz wartość prędkości kulki w punkcie B. Zapisz obliczenia.

Wskazówka: Wykorzystaj graficzną metodę wyznaczania pracy, gdy dany jest wykres zależności siły od położenia, albo wykorzystaj zasadę zachowania energii w polu elektrycznym.

Zadanie 9.

Uczniowie wykonali doświadczenie, w którym wyznaczali siłę elektromotoryczną $\mathcal{E}$ baterii oraz jej opór wewnętrzny r_w. W tym celu do obwodu zasilanego tą baterią podłączali kolejno pięć oporników o różnych oporach elektrycznych: R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 (zobacz rysunek 1.).

Rysunek 1.



Za każdym razem, gdy podłączony był jeden z tych oporników, uczniowie mierzyli natężenie I prądu płynącego przez i-ty opornik ($i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$) oraz napięcie U na tym oporniku.

Przyjmij, że opór amperomierza jest równy zero, opór woltomierza jest nieskończenie duży, a opór r_w jest stały.

Niepewność pomiaru napięcia przyjęto równą $\Delta_U = \pm\, 0{,}3\ \mathrm{V}$, natomiast pomiar natężenia prądu uznano jako dokładny. Uzyskane wyniki uczniowie zapisali w tabeli.

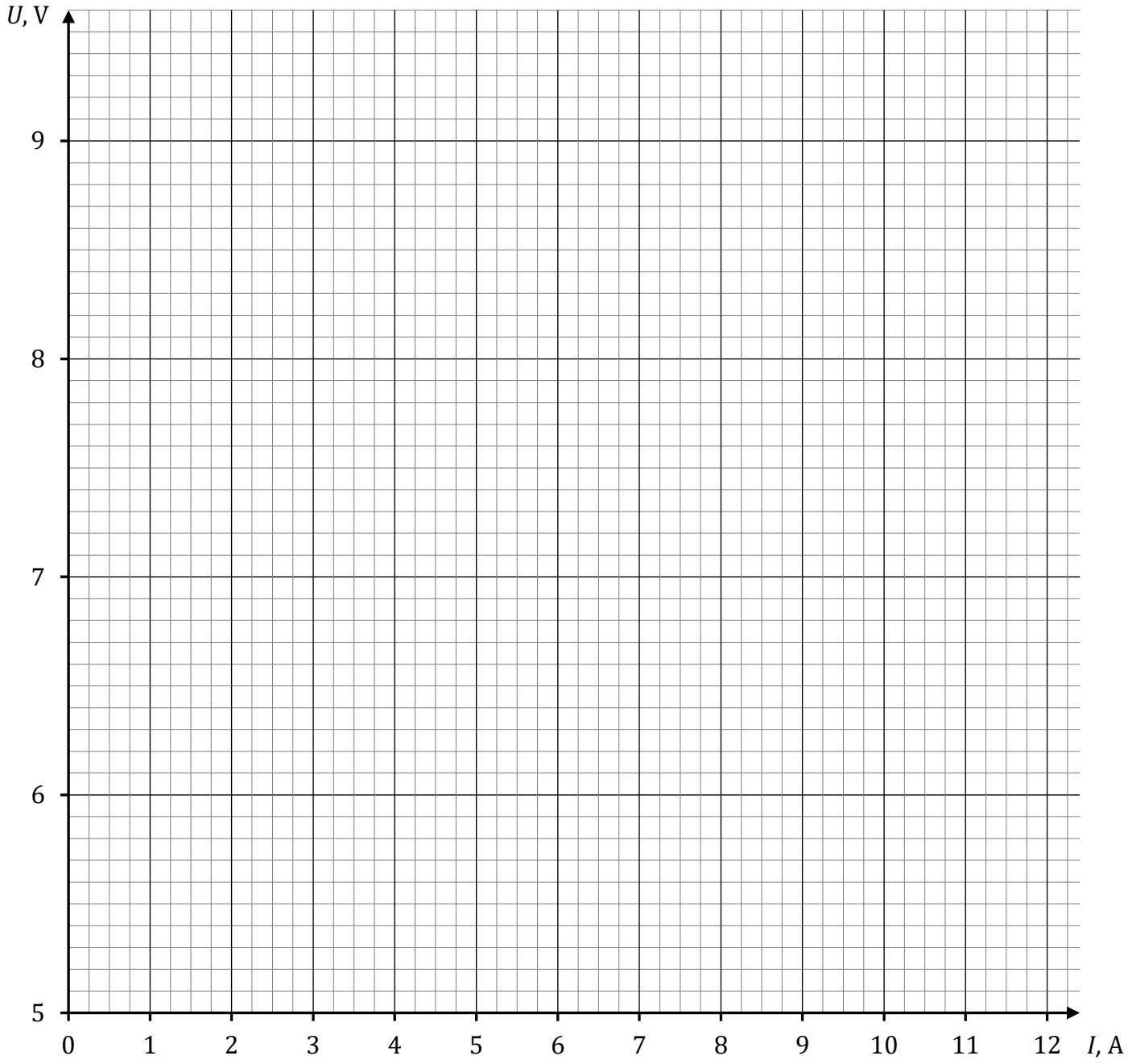
Tabela

Nr pomiaru (i)	1	2	3	4	5
U, V	8,8	7,6	7,3	6,3	5,9
I, A	1,5	4,0	6,0	8,5	10,5
$\lvert\Delta_U\rvert, \mathrm{V}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Zadanie 9.1. (0–2)

W układzie współrzędnych (I, U) zaznacz punkty pomiarowe i niepewności pomiaru napięcia Δ_U oraz narysuj prostą najlepiej dopasowaną do punktów pomiarowych.

Układ współrzędnych (I, U)



Zadanie 9.2. (0–4)

Uczeń X na podstawie danych z tabeli narysował wykres zależności $U(I)$.
Ten wykres zawierał punkty P_1 i P_2 o współrzędnych odpowiednio:

$$I_1 = 5{,}0\ \text{A}\ ;\ U_1 = 7{,}5\ \text{V} \qquad \text{oraz} \qquad I_2 = 10{,}0\ \text{A}\ ;\ U_2 = 6{,}0\ \text{V}$$

Oblicz – na podstawie współrzędnych punktów P_1 i P_2 z wykresu ucznia X – siłę elektromotoryczną $\mathcal{E}$ baterii oraz jej opór wewnętrzny r_w. Zapisz obliczenia.

Zadanie 10.

Izotop węgla $^{14}\mathrm{C}$ ulega rozpadowi promieniotwórczemu w wyniku przemiany β^-.
Czas połowicznego rozpadu izotopu węgla $^{14}\mathrm{C}$ wynosi $T = 5\,730\ \mathrm{lat}$.

Podczas rozpadu jądra $^{14}\mathrm{C}$ powstają: cząstka β^-, jądro pewnego pierwiastka, który oznaczymy jako X, oraz tzw. antyneutrino elektronowe $\tilde{\nu}$. Antyneutrino ma zerowy ładunek elektryczny, a jego masę możemy pominąć.

Zadanie 10.1. (0–2)

Poniżej przedstawiono schemat rozpadu β^- jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$. W schemacie rozpadu pominięto cząstkę antyneutrino.

$$^{14}_{6}\mathrm{C} \quad \rightarrow \quad ^{\cdots}_{\cdots}\mathrm{X} \quad + \quad \beta^-$$

gdzie X oznacza jądro pierwiastka .....

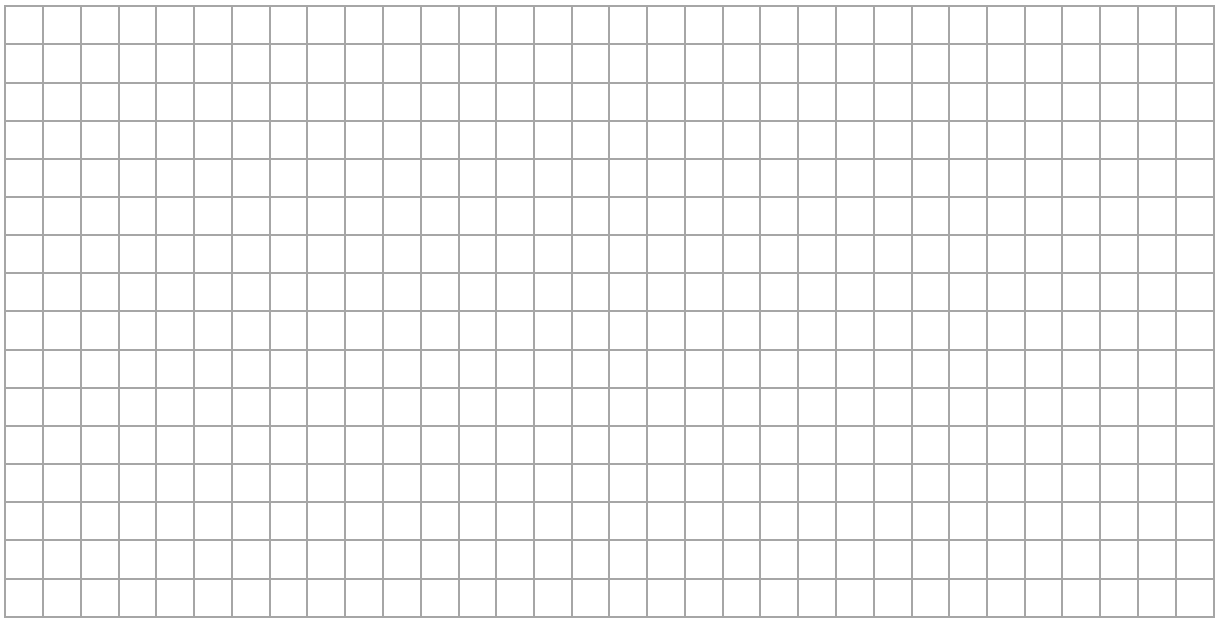
Uzupełnij powyższy schemat tak, aby powstało równanie rozpadu β^-.
Wpisz w wykropkowane miejsca w schemacie właściwe liczby: atomową i masową, a pod schematem – symbol (lub nazwę) pierwiastka, którego jądro powstaje w tej reakcji.

Zadanie 10.2. (0–3)

Wiek pewnego przedmiotu oszacowano na $2\,865\ \mathrm{lat}$. Aktualną masę izotopu węgla $^{14}\mathrm{C}$ w tym przedmiocie oznaczymy jako m_{C}, a masę izotopu węgla $^{14}\mathrm{C}$, jaka była w tym przedmiocie $2\,865\ \mathrm{lat}$ temu, oznaczymy jako m_0.

Oblicz iloraz $\frac{m_{\mathrm{C}}}{m_0}$. Wynik podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Wskazówka: $a^{\frac{p}{q}} = \sqrt[q]{a^p}$ gdzie $a > 0$ oraz p, q są liczbami całkowitymi dodatnimi.



Zadanie 10.3. (0–3)

Masy jąder i cząstek uczestniczących w opisanym rozpadzie β^-, wyrażone w jednostkach atomowych, mają następujące wartości:

$m_{\mathrm{C}} = 13{,}99995\ \mathrm{u}$ – masa jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$

$m_{\mathrm{X}} = 13{,}99923\ \mathrm{u}$ – masa powstałego jądra

$m_{\beta} = 0{,}00055\ \mathrm{u}$ – masa cząstki β^-

$m_{\tilde{\nu}} = 0{,}00000\ \mathrm{u}$ – masę antyneutrina pomijamy.

Przyjmij, że jądro węgla $^{14}\mathrm{C}$ przed rozpadem β^- spoczywało, oraz wykorzystaj związek:

$1\ \mathrm{u} \cdot c^2 \approx 931{,}5\ \mathrm{MeV}$ – c to wartość prędkości światła w próżni.

Oblicz łączną energię kinetyczną produktów rozpadu β^- jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$.
Wynik podaj w MeV. Zapisz obliczenia.

BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Formuła 2023

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Formuła 2023

FIZYKA

Poziom rozszerzony

Formuła 2023