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**-2606

DATA: **12 czerwca 2026 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 29 stron (zadania 1–11). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Na pierwszej stronie arkusza oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
3. Rozwiązania zadań zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy zadaniu.
4. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach. Przedstaw obliczenia pośrednie wskazujące na wykorzystanie warunków zadania oraz praw i zależności fizycznych.
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*, z linijki oraz z kalkulatora prostego. Upewnij się, czy przekazano Ci broszurę z okładką taką jak widoczna poniżej.

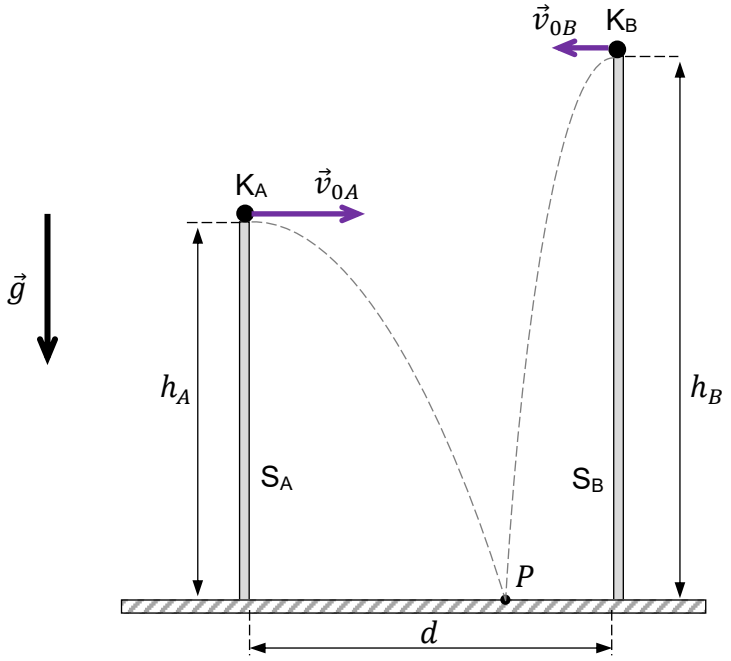


**Zadania egzaminacyjne są wydrukowane na następnych stronach.**

## Zadanie 1.

Dwa słupy $S_A$ i $S_B$ znajdują się w doświadczalnej komorze próżniowej. Ze słupa $S_A$ rzucono kulkę $K_A$, a ze słupa $S_B$ rzucono kulkę $K_B$. Prędkości początkowe obu kulek były skierowane poziomo, każda w stronę przeciwnego słupa. Obie kulki upadły w tym samym punkcie $P$.

Opisaną sytuację ilustruje poglądowy rysunek poniżej.




Przyjmij następujące dane i założenia:

- odległość między słupami wynosi $d = 4{,}8\ \mathrm{m}$
- wysokości słupów $S_A$ i $S_B$ są – odpowiednio – równe: $h_A = 5{,}0\ \mathrm{m}$ oraz $h_B = 7{,}2\ \mathrm{m}$
- wartość prędkości początkowej kulki $K_A$ jest równa $v_{0A} = 3{,}0\ \mathrm{m/s}$
- przyśpieszenie ziemskie ma wartość $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$

oraz

- kulki poruszają się bez działania sił oporu
- ruchy opisujemy w inercjalnym układzie odniesienia, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym
- kulki traktujemy jako punkty materialne
- podłoże, na które upadają kulki, jest poziome.

## Zadanie 1.1. (0–1)

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

| | | |
|---|---|---|
| Czas lotu kulki $K_A$ od momentu jej wyrzucenia do chwili uderzenia w podłoże w punkcie $P$ jest krótszy od – analogicznego – czasu lotu kulki $K_B$. | **P** | **F** |
| Składowa pozioma przyśpieszenia kulki $K_A$ od momentu jej wyrzucenia do chwili uderzenia w podłoże w punkcie $P$ jest różna od zera. | **P** | **F** |

## Zadanie 1.2. (0–4)

**Oblicz $v_{0B}$ – wartość prędkości początkowej kulki $K_B$. Zapisz obliczenia.**

## Zadanie 2.

Do końca linki o długości $l$ doczepiono kulkę K o masie $m$.

Maksymalna wartość siły napięcia linki, po której przekroczeniu linka ulega zerwaniu, jest równa wartości dwukrotnego ciężaru kulki: $F_{n\,max} = 2mg$.

Przyjmij, że:

- linka jest nierozciągliwa, masę linki pomijamy
- przyśpieszenie ziemskie ma wartość $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$
- pomijamy siły oporów działające na kulkę
- kulkę traktujemy jako punkt materialny
- ruch kulki opisujemy w inercjalnym układzie odniesienia, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.

## Zadanie 2.1. (0–1)

W doświadczeniu 1. linkę wraz z zawieszoną na niej kulką K podnoszono pionowo ruchem jednostajnie przyśpieszonym prostoliniowym.

Wartość przyśpieszenia maksymalnego opisanego ruchu, przy którym linka się jeszcze nie zerwie, oznaczymy jako $a_{max}$.

**Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.**

Wartość $a_{max}$ w doświadczeniu 1. jest równa

**A.** $a_{max} = \frac{1}{2}g$ **B.** $a_{max} = g$ **C.** $a_{max} = 2g$ **D.** $a_{max} = 3g$

*Brudnopis*

**Zadanie 2.2. (0–4)**

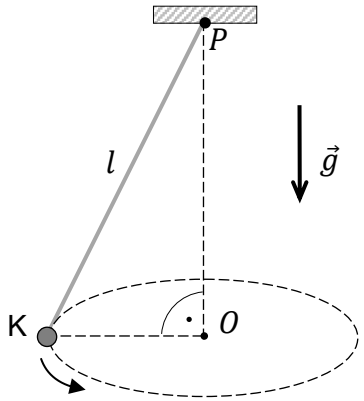
W doświadczeniu 2. kulkę K zawieszoną na lince wprawiono w ruch jednostajny po okręgu o środku $O$ w płaszczyźnie poziomej. Górny koniec linki jest unieruchomiony w punkcie $P$.

Częstotliwość graniczną (maksymalną) ruchu kulki K po okręgu, powyżej której nić ulegnie zerwaniu, oznaczymy jako $f_{max}$.

Sytuację ilustruje rysunek poniżej, na którym oznaczono przyśpieszenie ziemskie $\vec{g}$.

**Wyznacz $f_{max}$ w doświadczeniu 2. w zależności <u>tylko</u> od wartości przyśpieszenia ziemskiego $g$ oraz od długości linki $l$.**

**Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać wzoru na $f_{max}$.**



## Zadanie 3.

Klocek A porusza się ze stałą prędkością $\vec{v}_1$ w stronę nieruchomego klocka B (zobacz rysunek 1.). Do klocka B jest przymocowana sprężyna o współczynniku sprężystości $k$. W pewnym momencie dochodzi do zderzenia klocków. Podczas tego zderzenia sprężyna najpierw jest ściskana, a następnie się rozpręża, w wyniku czego klocek A hamuje, a klocek B przyśpiesza (zobacz rysunki 1.–3.).

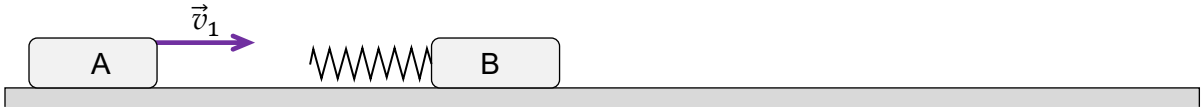
Przyjmij następujące dane i założenia:

- gdy sprężyna jest maksymalnie ściśnięta, to jej odkształcenie względem długości swobodnej oznaczymy jako $\Delta x_{max}$
- gdy sprężyna jest maksymalnie ściśnięta, to wartości prędkości obu klocków są sobie równe i wynoszą $v_2$
- masy klocków są sobie równe: $m_A = m_B = m$

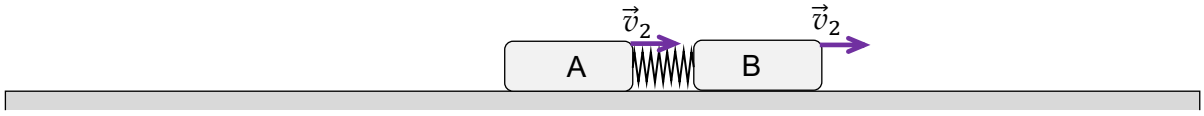
oraz

- pomijamy tarcie obu klocków o podłoże oraz opory powietrza
- pomijamy masę sprężyny
- wartość siły sprężystości, z jaką sprężyna działa na klocek, jest wprost proporcjonalna do zmiany długości sprężyny względem jej długości swobodnej
- zderzenie klocków jest idealnie sprężyste.

Rysunek 1.




Rysunek 2.




Rysunek 3.




## Zadanie 3.1. (0–1)

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

| | | |
|---|---|---|
| Gdy sprężyna jest maksymalnie ściśnięta, to wartość siły, z jaką sprężyna działa na klocek A, jest równa wartości siły, z jaką sprężyna działa na klocek B. | **P** | **F** |
| Gdy sprężyna jest maksymalnie ściśnięta, to prędkość względna klocków A i B wynosi zero. | **P** | **F** |

**Zadanie 3.2. (0–4)**

**Wyznacz $\Delta x_{max}$ w zależności <u>tylko</u> od: $k$, $m$ oraz $v_1$.**

**Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać wzoru na $\Delta x_{max}$.**

## Zadanie 4.

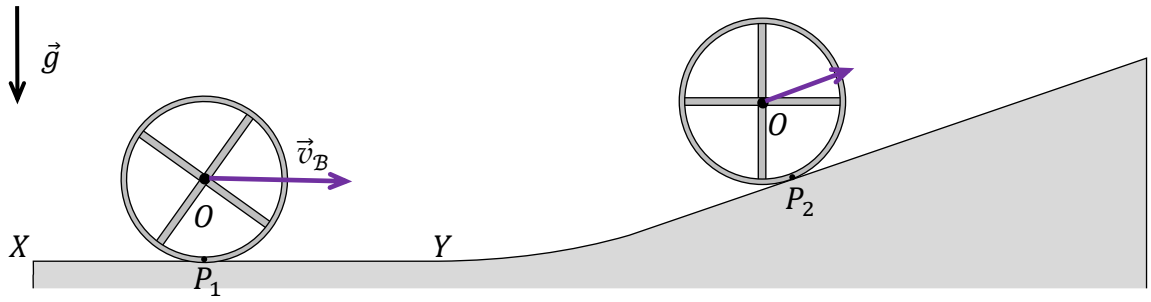
Bryła sztywna $\mathcal{B}$ składa się z cienkiej obręczy o masie $M$ i o promieniu $R$ oraz z dwóch jednakowych, cienkich prętów: każdy o długości $l_{pręt} = 2R$ i o masie $m_{pręt} = \frac{M}{2}$ (zobacz rysunek poniżej).

Początkowo bryła $\mathcal{B}$ toczy się po poziomym odcinku $XY$ drogi tak, że prędkość środka masy $O$ bryły jest stała, a jej wartość jest równa $v_{\mathcal{B}} = 1{,}4\ \mathrm{m/s}$.

Od punktu $Y$ bryła $\mathcal{B}$ zaczyna wtaczać się na odcinek drogi nachylony do poziomu, a wartość prędkości środka masy $O$ bryły zaczyna maleć.

Przyjmij, że:
- bryła toczy się cały czas bez poślizgu
- obręcz i pręty są jednorodne
- punkty $P_1$ i $P_2$ na rysunku to punkty bryły, które w danej chwili stykają się z podłożem
- poziomy odcinek drogi $XY$ łączy się łukiem z odcinkiem równi pochyłej (zobacz rysunek)
- przyśpieszenie ziemskie ma wartość $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$
- opory powietrza nie występują.

Na poniższym rysunku przedstawiono położenia bryły w dwóch wybranych chwilach ruchu.




W tabeli poniżej podano wzory na momenty bezwładności niektórych brył względem opisanych osi obrotu.

| Bryła | Oś | Moment bezwładności |
|---|---|---|
| Pręt o długości $l_{pręt}$ i o masie $m_{pręt}$ | Oś prostopadła do pręta, przechodząca przez jego środek | $I_{0\ pręt} = \frac{1}{12}\ m_{pręt} l_{pręt}^2$ |
| Obręcz o promieniu $R$ i o masie $M$ | Oś prostopadła do płaszczyzny obręczy, przechodząca przez jej środek | $I_{0\ obręcz} = MR^2$ |
| Bryła $\mathcal{B}$ (złożona z obręczy i prętów) | Oś prostopadła do bryły (czyli do płaszczyzny obręczy), przechodząca przez jej środek masy $O$ (oś $O$) | $I_{0\,\mathcal{B}} = \frac{4}{3} MR^2$ |

## Zadanie 4.1. (0–1)

**Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.**

W punkcie $P_1$ siła tarcia

**A.** nie działa.
**B.** zależy od prędkości.
**C.** jest zwrócona w lewo (←).
**D.** jest zwrócona w prawo (→).

## Zadanie 4.2. (0–1)

**Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.**

W punkcie $P_2$ siła tarcia

**A.** nie działa.
**B.** zależy od prędkości.
**C.** jest zwrócona w lewo wzdłuż równi pochyłej (←).
**D.** jest zwrócona w prawo wzdłuż równi pochyłej (→).

## Zadanie 4.3. (0–1)

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

| | | |
|---|---|---|
| Moment siły ciężkości bryły $\mathcal{B}$ względem punktu $P_2$ jest równy zero. | **P** | **F** |
| Moment pędu bryły $\mathcal{B}$ względem środka jej masy $O$ jest zachowany podczas ruchu bryły wzdłuż równi pochyłej. | **P** | **F** |

*Brudnopis*

**Zadanie 4.4. (0–2)**

**Wyprowadź wzór na moment bezwładności bryły $\mathcal{B}$ względem osi $O$ – wzór, który jest podany w tabeli (strona 10).**

**Zapisz odpowiednie zależności i przekształcenia, które prowadzą do uzyskania wzoru na moment bezwładności bryły $\mathcal{B}$ względem osi $O$.**

**Zadanie 4.5. (0–3)**

**Oblicz $\Delta h_{max}$ – maksymalną wysokość, na jaką wzniósł się środek masy bryły $\mathcal{B}$ względem swojego początkowego położenia. Zapisz obliczenia.**

## Zadanie 5.

Wartość prędkości dźwięku rozchodzącego się w gazie doskonałym można wyrazić wzorem:

$$v = \sqrt{\kappa \cdot \frac{x}{\rho}}$$

gdzie:

- $\kappa = \frac{C_p}{C_V}$ jest ilorazem ciepła molowego przy stałym ciśnieniu i ciepła molowego przy stałej objętości
- $\rho$ jest gęstością gazu
- $x$ jest pewną wielkością.

## Zadanie 5.1. (0–3)

**Wyraź jednostkę wielkości $x$ za pomocą jednostek podstawowych układu SI. Zapisz przekształcenia. Wynik podaj w najprostszej postaci.**

**Na podstawie jednostki wielkości $x$ określ, któremu parametrowi stanu gazu doskonałego – spośród poniżej wymienionych – odpowiada wielkość $x$. Zapisz odpowiednie przekształcenia jednostek wybranej wielkości, uzasadniające twój wybór.**

*objętość, liczba moli, ciśnienie, temperatura, energia wewnętrzna, masa*

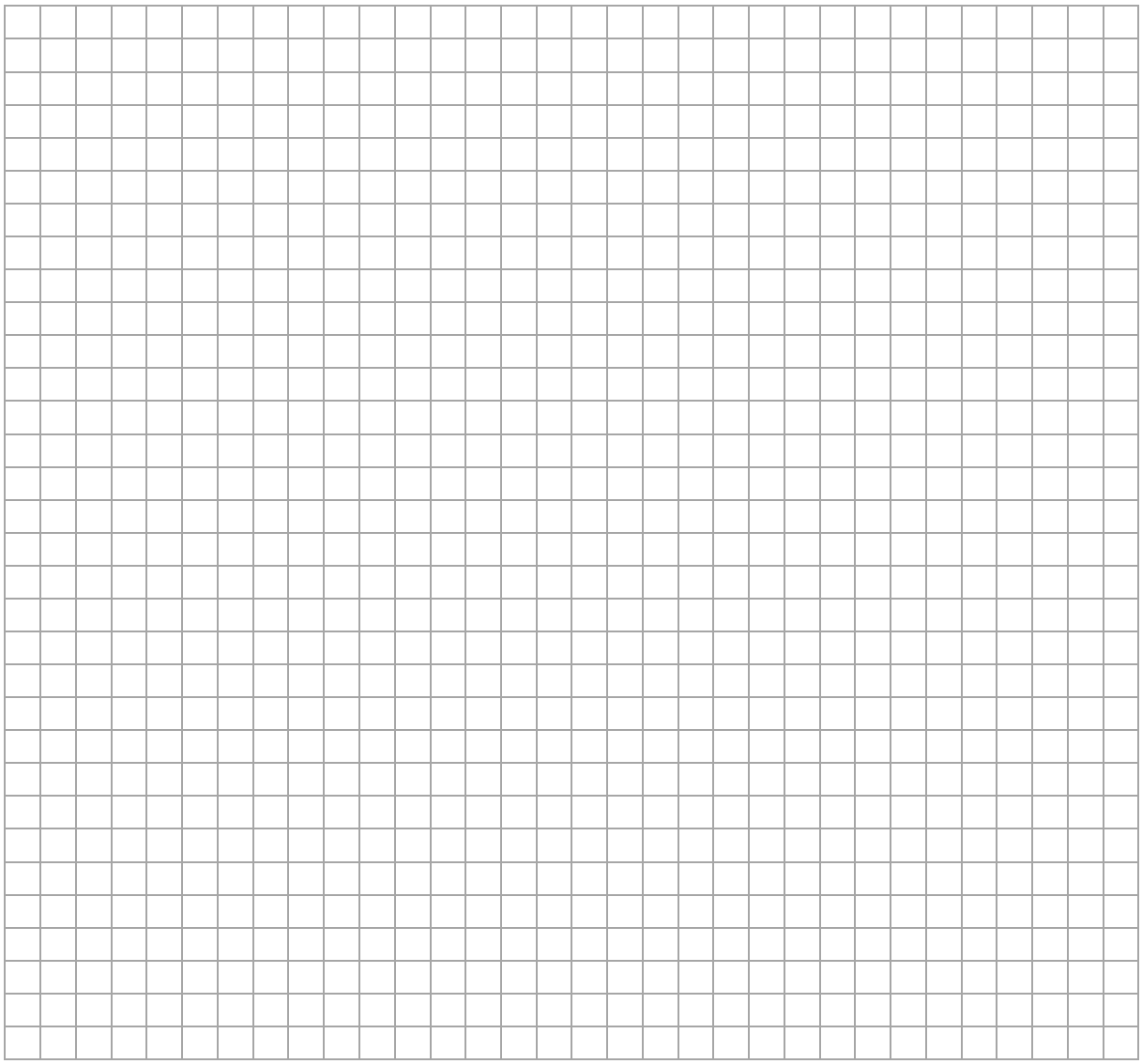
**Zadanie 5.2. (0–3)**

Gęstość powietrza zależy od temperatury, dlatego dźwięk w zimnym powietrzu rozchodzi się wolniej niż w powietrzu gorącym. Zakładamy, że powietrze zachowuje się jak gaz doskonały.

W poniższej tabeli dla wybranych temperatur przedstawiono wybrane dane.

| Temperatura | Gęstość powietrza | Prędkość dźwięku |
|---|---|---|
| $T_1 = 0\ ℃$ | $\rho_1 = 1{,}29\ \mathrm{kg/m^3}$ | $v_1 = 331\ \mathrm{m/s}$ |
| $T_2 = 30\ ℃$ | $\rho_2 = 1{,}16\ \mathrm{kg/m^3}$ | $v_2 = ?$ |
| Przyjmij, że wielkość $x$ we wzorze w zadaniu 5. jest stała. | | |

**Oblicz $v_2$ – wartość prędkości dźwięku w powietrzu o temperaturze $30\ ℃$.**
**Zapisz obliczenia.**



## Zadanie 6.

Satelita $S$ o masie $m$ krąży po orbicie kołowej $O$ wokół planety P. Ruch tego satelity odbywa się jedynie pod wpływem siły grawitacji planety P.

Przyjmij następujące dane i założenia:

- masa planety P wynosi $M = 4{,}0 \cdot 10^{22}\ \mathrm{kg}$
- promień planety P wynosi $R = 1000\ \mathrm{km}$
- promień orbity kołowej $O$ wynosi $r = 2\ 000\ \mathrm{km}$
- planeta P ma sferycznie symetryczny rozkład masy
- pomijamy wpływ innych ciał (oprócz planety P) na ruch satelity S.

## Zadanie 6.1. (0–1)

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

| | | |
|---|---|---|
| Wartość siły grawitacji działającej na satelitę $S$ na orbicie $O$ jest cztery razy mniejsza od wartości siły grawitacji działającej na satelitę S na powierzchni planety P. | **P** | **F** |
| Na ciała znajdujące się wewnątrz satelity krążącego po orbicie $O$ nie działa siła grawitacji. | **P** | **F** |

## Zadanie 6.2. (0–3)

**Oblicz $T$ – okres obiegu satelity $S$ po orbicie kołowej $O$. Zapisz obliczenia.**

**Zadanie 6.3. (0–2)**

**Oblicz $g_P$ – wartość przyśpieszenia grawitacyjnego na powierzchni planety P. Zapisz obliczenia. Wynik podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.**

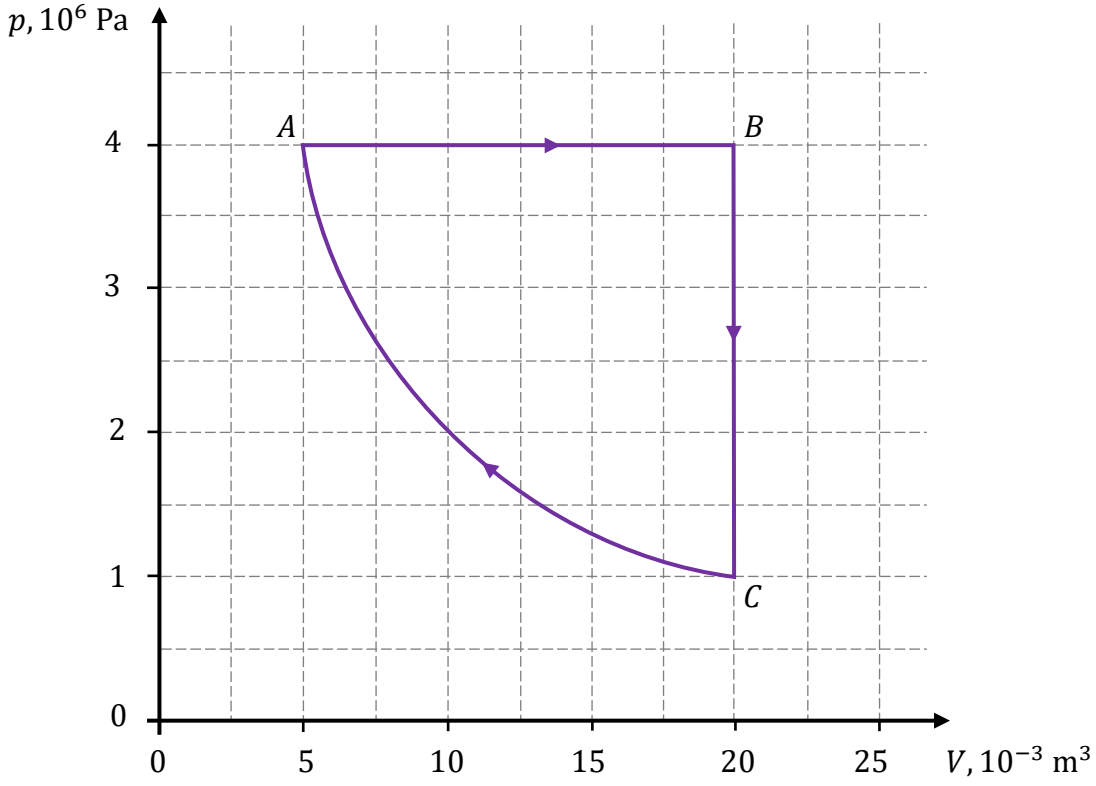
## Zadanie 7.

Na poniższym wykresie przedstawiono zależność ciśnienia $p$ od objętości $V$ w cyklu przemian termodynamicznych $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ ustalonej masy gazu doskonałego.

Przyjmij następujące dane i założenia:

- liczba moli gazu jest równa $n = 2\ \text{mole}$
- ciepło molowe tego gazu przy stałej objętości wynosi $C_V = \frac{3}{2}R$, gdzie $R$ jest stałą gazową
- stany gazu: $A$, $B$, $C$, znajdują się w punktach kratowych siatki wykresu
- przemiana $C \rightarrow A$ jest izotermiczna.

Wykres




## Zadanie 7.1. (0–1)

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

| | | |
|---|---|---|
| W przemianie $C \rightarrow A$ gaz oddawał ciepło do otoczenia (chłodnicy). | **P** | **F** |
| W całym cyklu gaz pobrał z grzejnika więcej ciepła, niż oddał do chłodnicy. | **P** | **F** |

## Zadanie 7.2. (0–2)

**Oblicz $T_A$ – temperaturę gazu w stanie $A$. Zapisz obliczenia.**

## Zadanie 7.3. (0–1)

**Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.**

Praca całkowita (użyteczna) $W_c$ gazu w cyklu (tzn. różnica między pracą wykonaną przez gaz i pracą wykonaną nad gazem) wynosi

**A.** $W_c = 0\ \mathrm{J}$ **B.** $W_c \approx 23 \cdot 10^3\ \mathrm{J}$ **C.** $W_c \approx 32 \cdot 10^3\ \mathrm{J}$ **D.** $W_c \approx 60 \cdot 10^3\ \mathrm{J}$

*Brudnopis*

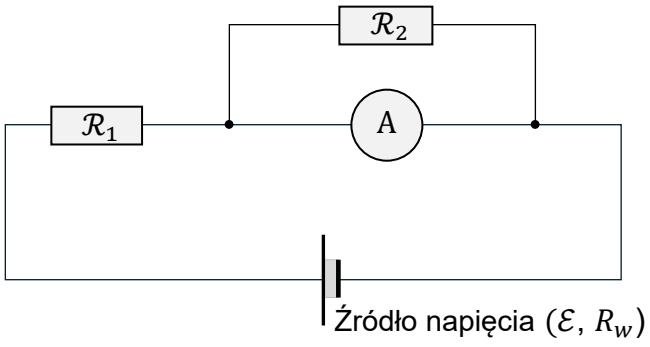
## Zadanie 8. (0–4)

Na poniższym rysunku przedstawiono schemat obwodu elektrycznego.

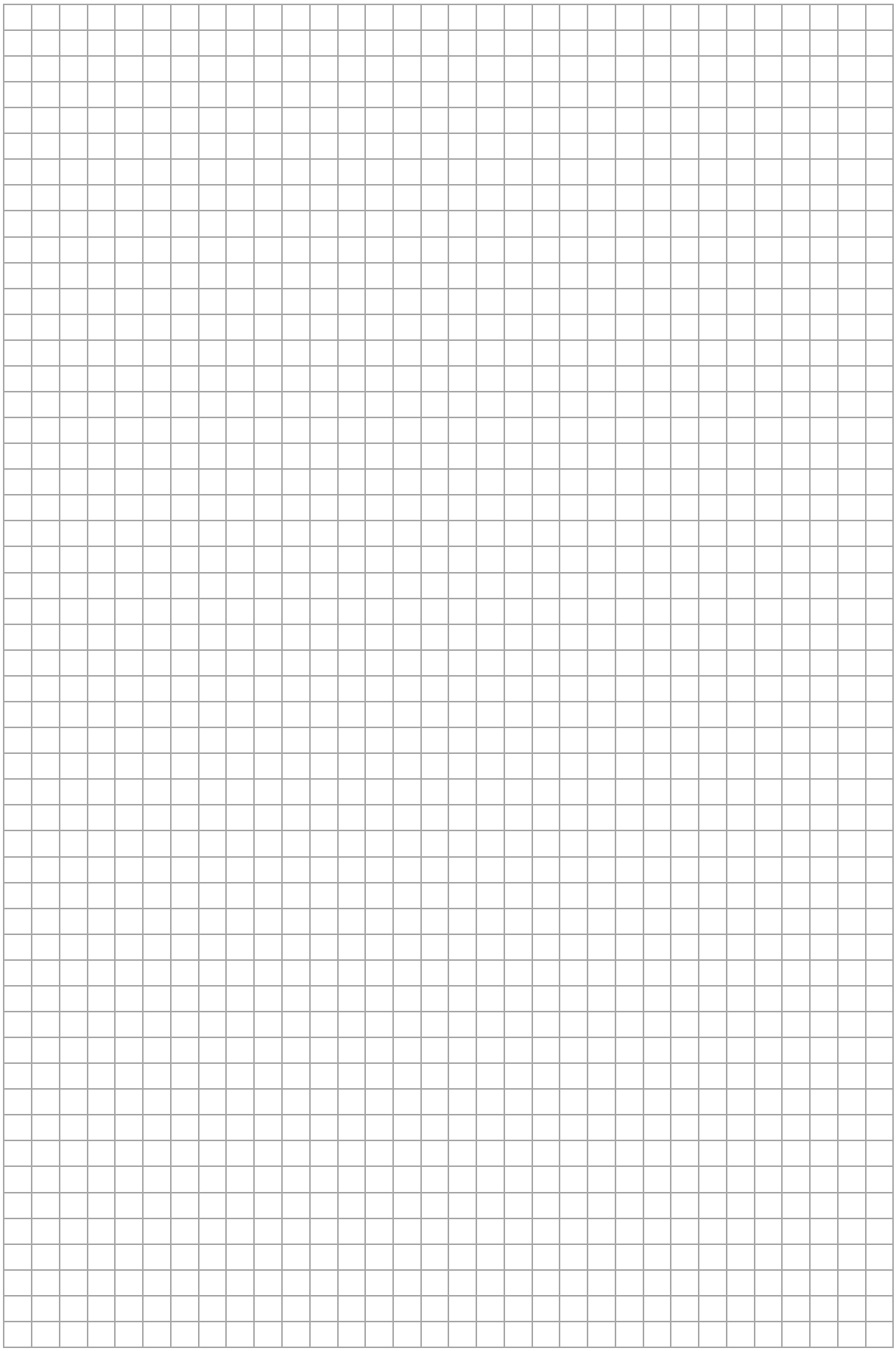
Ten obwód jest zasilany źródłem napięcia o sile elektromotorycznej $\mathcal{E} = 24\ \mathrm{V}$. Opór wewnętrzny $R_w$ źródła napięcia jest nieznany. Do źródła napięcia dołączono szeregowo opornik $\mathcal{R}_1$ o oporze $R_1 = 15\ \Omega$ oraz amperomierz A o oporze $R_\mathrm{A} = 5\ \Omega$. Ponadto do amperomierza A dołączono równolegle opornik $\mathcal{R}_2$ o oporze $R_2 = 10\ \Omega$.

W tej sytuacji amperomierz wskazał, że przepływa przez niego prąd o natężeniu $I_\mathrm{A} = 0{,}8\ \mathrm{A}$.

Rysunek




**Oblicz $R_w$. Zapisz obliczenia.**

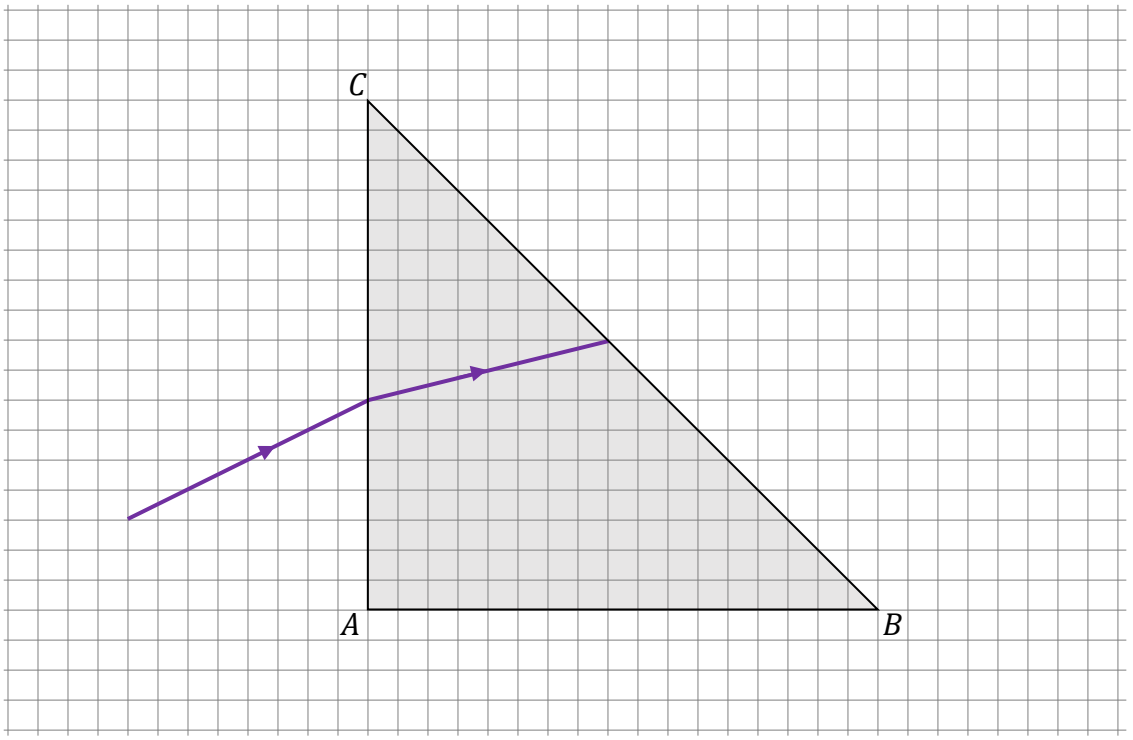


**Zadanie 9. (0–4)**

Promień światła jednobarwnego pada z próżni na pryzmat o przekroju w kształcie trójkąta prostokątnego równoramiennego $ABC$. Przy przejściu przez powierzchnię $AC$ promień światła załamuje się w pryzmacie i dociera do powierzchni $BC$. Współczynnik załamania światła w szkle, z którego wykonany jest pryzmat, oznaczymy jako $n_{sz}$.

Sytuację ilustruje rysunek poniżej. Na rysunku zachowano skalę.

*Uwaga! Końce odcinków przedstawiających fragment promienia w próżni i promień w pryzmacie znajdują się w punktach kratowych siatki wymiarowej.*



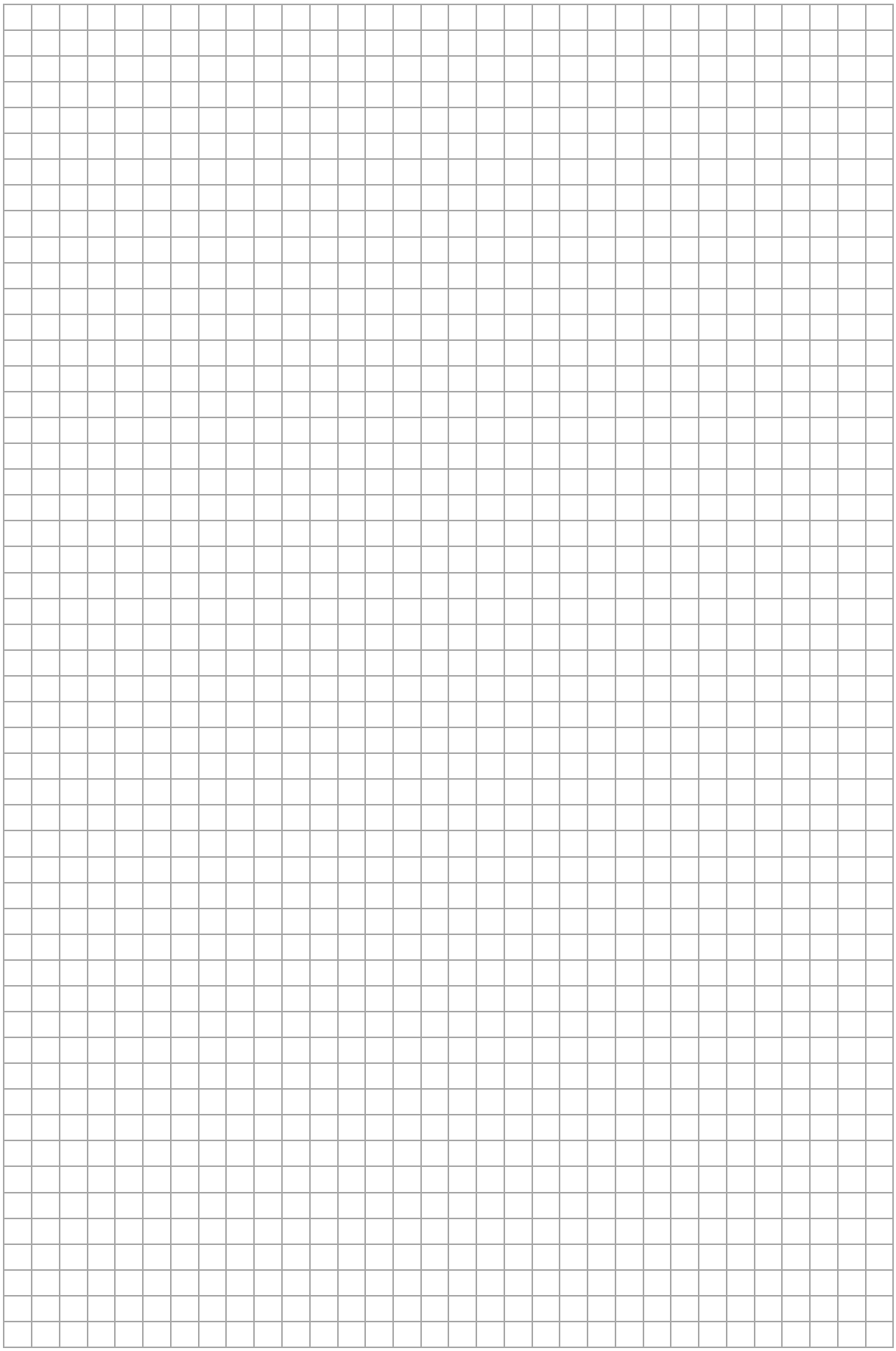

**Oblicz miarę kąta załamania promienia świetlnego w próżni <u>po wyjściu</u> z pryzmatu (tzn. miarę kąta załamania na ścianie $BC$). Zapisz obliczenia.**

*Wskazówka 1. (do jednej z metod rozwiązania)*
*Miara kąta $\angle BCA$ jest równa sumie miar kąta załamania promienia na ścianie $AC$ i kąta padania promienia na ścianę $BC$.*

*Wskazówka 2.*
*W obliczeniach wykorzystaj odpowiednie związki (albo jeden) spośród podanych poniżej:*

$\sin 14° \approx 0{,}242$ $\quad \sin 18{,}4° \approx 0{,}316$ $\quad \sin 31° \approx 0{,}515$

$\sin 59° \approx 0{,}857$ $\quad \sin 71{,}6° \approx 0{,}949$ $\quad \sin 76° \approx 0{,}970$



## Zadanie 10.

Podczas przejścia elektronu w atomie wodoru ze stanu (poziomu) energetycznego o numerze $n \in \{3,4,5,6\}$ do stanu energetycznego o numerze $k = 2$ jest emitowany foton z zakresu światła widzialnego. Takie przejście oznaczymy jako $n \to 2$.

Długość fali, częstotliwość oraz energię fotonu emitowanego przez atom wodoru podczas przejścia $n \to 2$ oznaczymy – odpowiednio – jako $\lambda_{n2}$, $f_{n2}$ oraz $E_{n2}$.

## Zadanie 10.1. (0–2)

**Uzupełnij poniższą tabelę. Wpisz w puste komórki wartość odpowiedniej wielkości wraz z jej jednostką, określoną w nagłówku tabeli.**

| $n \to 2$ | $\lambda_{n2}$, nm | $f_{n2}$, THz | $E_{n2}$, eV |
|---|---|---|---|
| $4 \to 2$ | $\lambda_{42} = 486,1$ nm | $f_{42} = 616{,}8$ THz | |
| $6 \to 2$ | $\lambda_{62} = 410,2$ nm | | $E_{62} = 3{,}024$ eV |

*Brudnopis*

## Zadanie 10.2. (0–4)

Na skutek emisji fotonu podczas przejścia $5 \rightarrow 2$ atom wodoru doznaje odrzutu. W wyniku tego atom wodoru uzyskuje prędkość, której wartość oznaczymy jako $v_{at}$.

Przyjmij model zjawiska, w którym:

- przed emisją fotonu atom wodoru spoczywał
- $v_{at}$ jest dużo mniejsza od $c$ (wartości prędkości światła w próżni)
- pomijamy energię kinetyczną atomu wodoru uzyskaną podczas odrzutu przy emisji fotonu (ta energia jest o kilka rzędów wielkości mniejsza od energii emitowanego fotonu)
- masa atomu wodoru wynosi $m_{at} = 1{,}6735 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$.

**Oblicz $v_{at}$. Zapisz obliczenia.**

*Wskazówka: Związek między energią a pędem fotonu jest następujący: $E_{fot} = cp_{fot}$.*

## Zadanie 11.

Spoczywające jądro żelaza $^{59}\mathrm{Fe}$ ulega rozpadowi promieniotwórczemu $\beta^-$, w wyniku którego powstają: cząstka $\beta^-$ (elektron), jądro kobaltu $^{59}\mathrm{Co}$, a także antyneutrino elektronowe $\tilde{\nu}$. Antyneutrino ma zerowy ładunek elektryczny, a jego masę możemy pominąć.

W tym procesie jądro $^{59}\mathrm{Fe}$ w stanie podstawowym może rozpadać się do niektórych stanów wzbudzonych jądra kobaltu. Rozważmy takie procesy, że jądro $^{59}\mathrm{Fe}$ rozpadło się do jednego z pewnych dwóch stanów wzbudzonych jądra kobaltu: $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{X})}$ albo $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{Y})}$. Wartości energii spoczynkowej jąder kobaltu w tych stanach wzbudzonych $\mathrm{X}$, $\mathrm{Y}$ wynoszą odpowiednio:

- $E_{\mathrm{X\,Co}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + 1{,}10\ \mathrm{MeV}$
- $E_{\mathrm{Y\,Co}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + 1{,}29\ \mathrm{MeV}$

gdzie $E_{0\,\mathrm{Co}}$ oznacza energię spoczynkową jądra $^{59}\mathrm{Co}$ w stanie podstawowym.

Następnie wzbudzone jądro kobaltu $^{59}\mathrm{Co}$ przechodzi do stanu podstawowego i emituje przy tym foton $\gamma$. Możliwe schematy całego procesu przedstawiono na diagramach 1.–2. poniżej.

Energia $E_r$ wydzielana w tym całym procesie, czyli suma energii kinetycznej cząstki $\beta^-$ oraz energii kinetycznej antyneutrina $\tilde{\nu}$, oraz energii fotonu $\gamma$ – w obu przypadkach – wynosi:

- $E_r = 1{,}57\ \mathrm{MeV}$

Pomijamy bardzo małą energię kinetyczną jądra kobaltu.

Diagram 1.

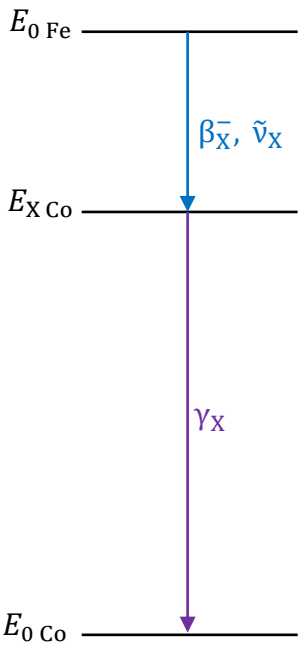
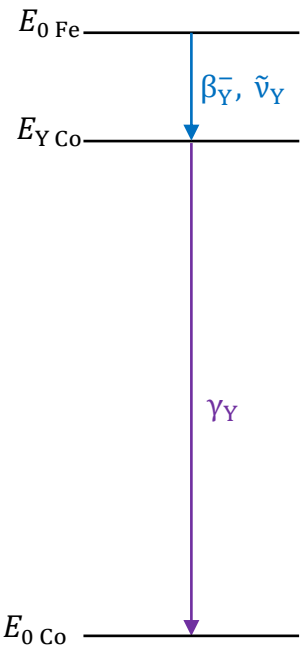



Diagram 2.




*Uwaga! Kreski poziome na diagramach odpowiadają poszczególnym wartościom energii spoczynkowej jąder uczestniczących w całym procesie. Zachowano skalę – tzn. różnice między wartościami energii spoczynkowej jąder odpowiadają odległościom między kreskami. $E_{0\,\mathrm{Fe}}$ oznacza energię spoczynkową jądra żelaza $^{59}\mathrm{Fe}$ w stanie podstawowym.*

## Zadanie 11.1. (0–1)

Poniżej przedstawiono schemat rozpadu $\beta^-$ jądra żelaza $^{59}\mathrm{Fe}$.

$$^{59}_{\dots}\mathrm{Fe} \quad \rightarrow \quad ^{\dots}_{\dots}\mathrm{Co} \; + \; \beta^- \; + \; ^{0}_{0}\tilde{\nu}$$

**Uzupełnij powyższy schemat tak, aby powstało równanie rozpadu $\beta^-$.**
**Wpisz w wykropkowane miejsca w schemacie właściwe liczby: masową i atomowe.**

*Brudnopis*

## Zadanie 11.2. (0–3)

Podczas rozpadu jądra żelaza $^{59}\mathrm{Fe}$, powstająca cząstka $\beta^-$ może uzyskać różne wartości energii kinetycznej. Te wartości zależą od energii stanu wzbudzonego jądra kobaltu, do którego rozpada się jądro żelaza, oraz od energii antyneutrina (zobacz diagramy 1.–2. na stronie 26).

**Oblicz maksymalną możliwą energię kinetyczną cząstki $\beta^-$ w sytuacji, gdy energia kinetyczna antyneutrina jest pomijalnie mała. Zapisz obliczenia.**

## Zadanie 11.3. (0–2)

Jądro kobaltu $^{59}\mathrm{Co}$ może przechodzić – w wyniku przemiany γ – ze stanu wzbudzonego $\mathrm{Y}$ (jądra wzbudzonego $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{Y})}$) do stanu wzbudzonego $\mathrm{X}$ (jądra wzbudzonego $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{X})}$). Energię fotonu emitowanego w wyniku takiego przejścia oznaczymy jako $E_{\gamma\mathrm{YX}}$.

**Oblicz $E_{\gamma\mathrm{YX}}$. Zapisz obliczenia.**

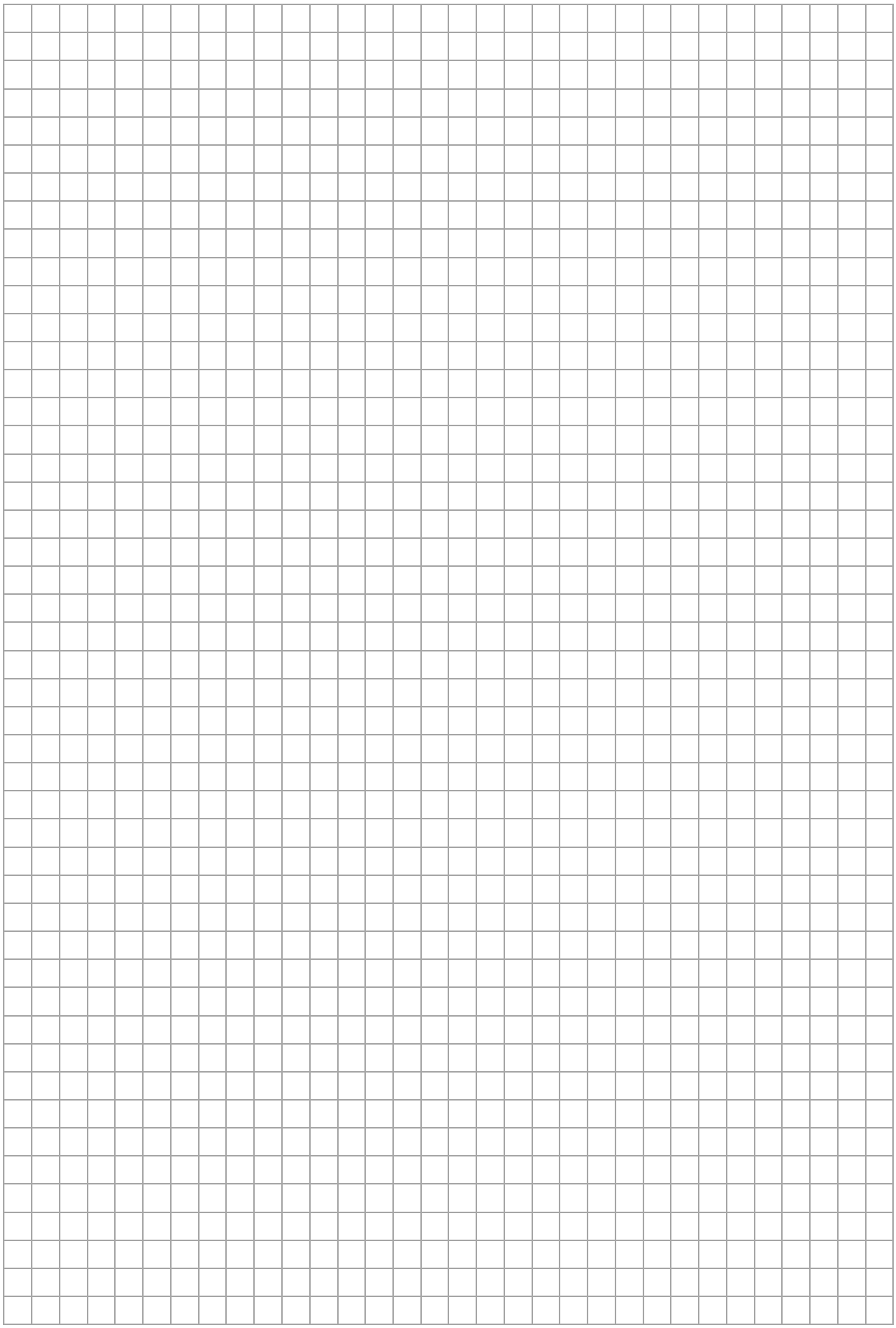
## Zadanie 11.4. (0–1)

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

| | | |
|---|---|---|
| Jądro kobaltu $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{Y})}$ (w stanie wzbudzonym $\mathrm{Y}$) ma większą masę od jądra kobaltu $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{X})}$ (w stanie wzbudzonym $\mathrm{X}$). | **P** | **F** |
| Energia wiązania jądra kobaltu $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{Y})}$ (w stanie wzbudzonym $\mathrm{Y}$) jest większa od energii wiązania jądra kobaltu $^{59}\mathrm{Co}^{(\mathrm{X})}$ (w stanie wzbudzonym $\mathrm{X}$). | **P** | **F** |

*Brudnopis*

## BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)



# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*