

**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.



## 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.

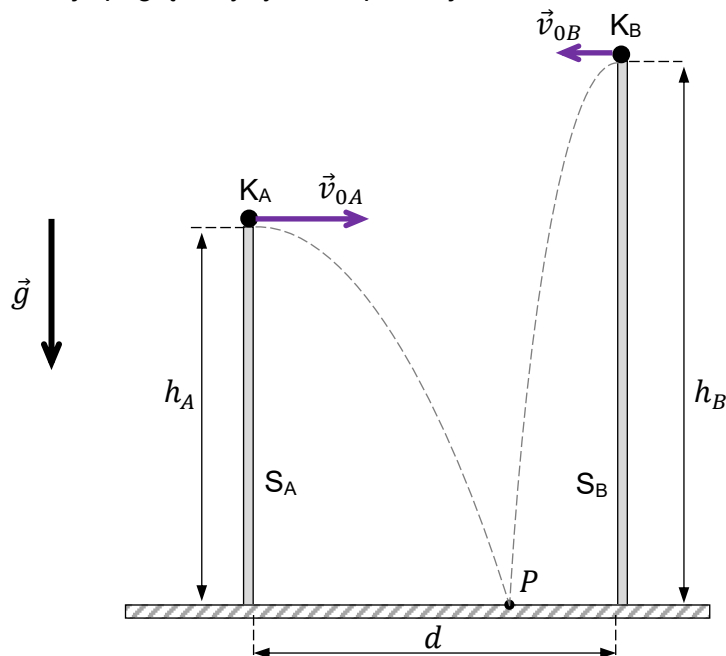
Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne  
na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki

**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  $d = 4,8$  m
- wysokości słupów  $S_A$  i  $S_B$  są – odpowiednio – równe:  $h_A = 5,0$  m oraz  $h_B = 7,2$  m
- wartość prędkości początkowej kulki  $K_A$  jest równa  $v_{0A} = 3,0$  m/s
- przyspieszenie ziemskie ma wartość  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>

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.

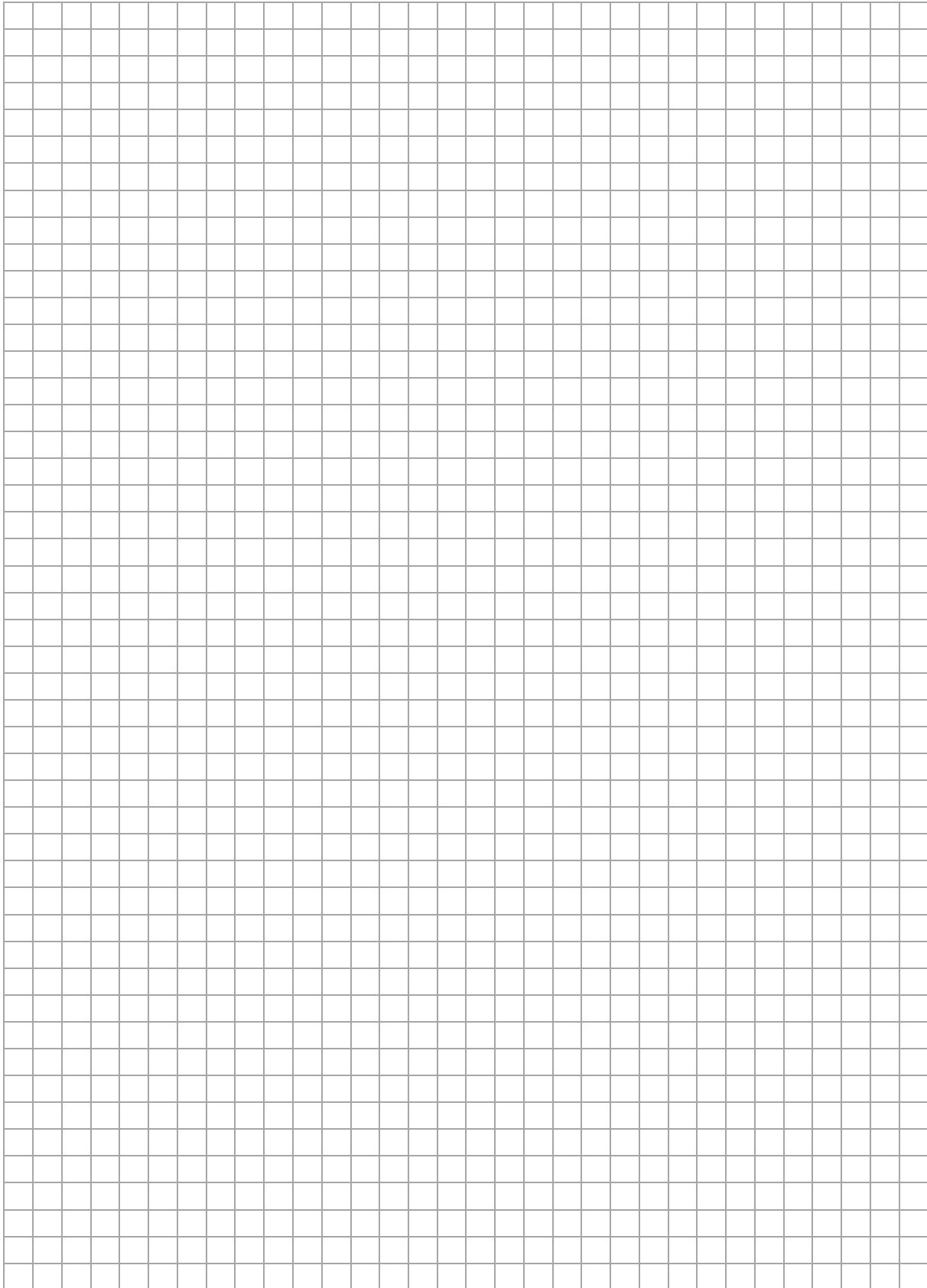
**Zadanie 1.1. (0–1)**

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 przyspieszenia 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 2.2. (0–4)**

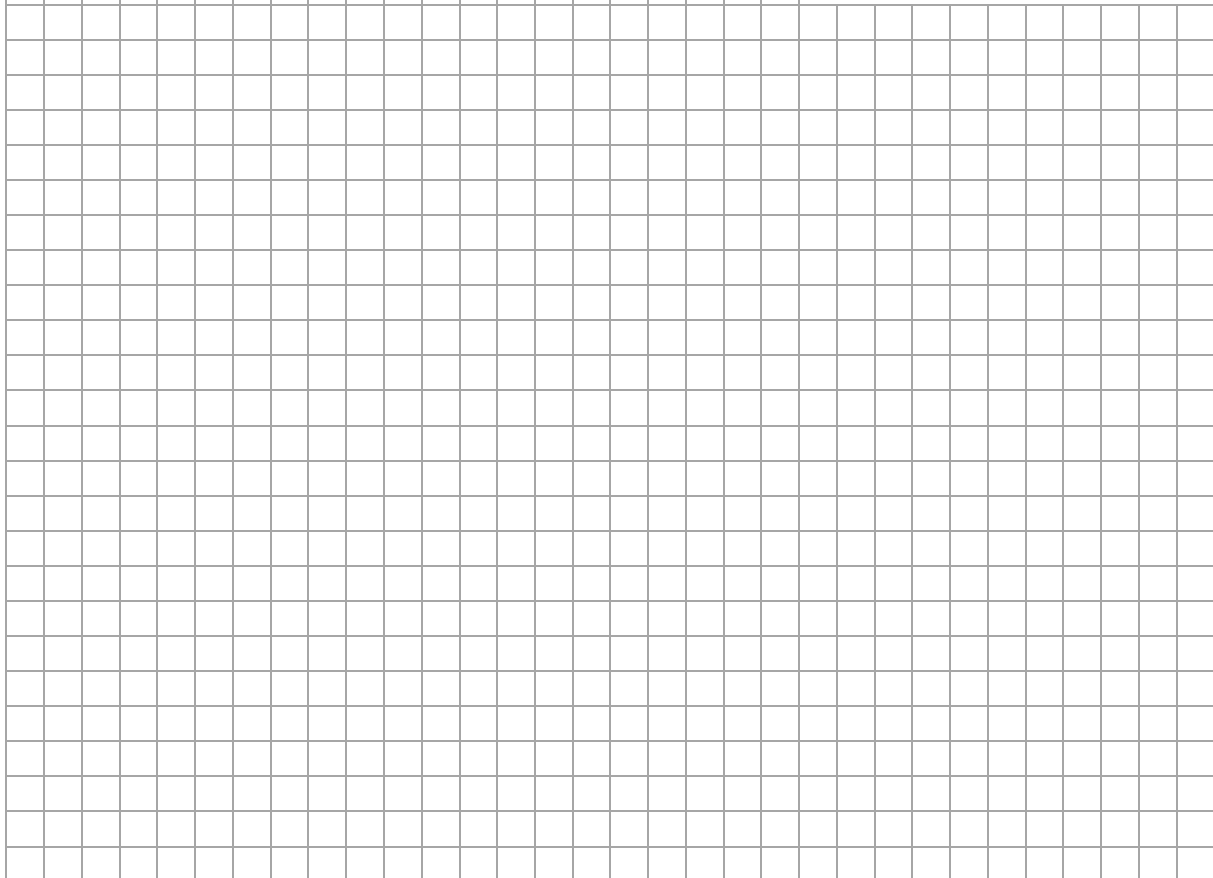
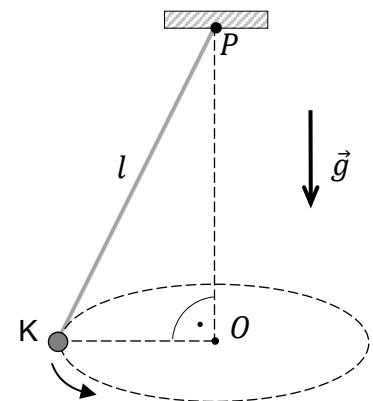
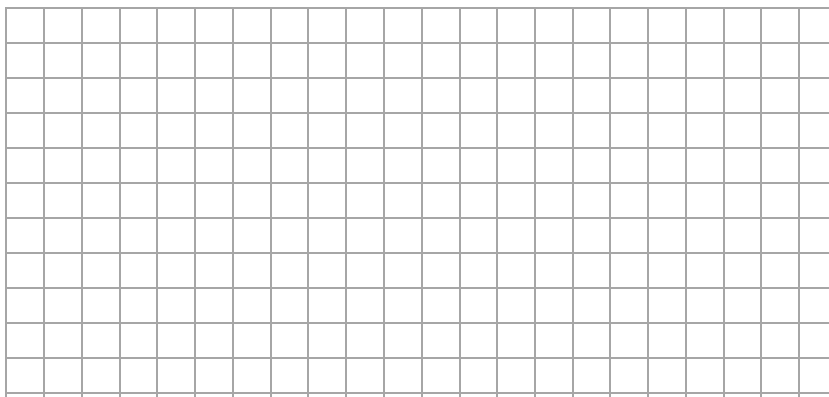
W doświadczeniu 2. kulkę K zawieszoną na lince wprowadzono w ruch jednostajny po okręgu o środku  $O$  w płaszczyźnie poziomej. Górny koniec linki jest unieruchomiony w punkcie  $P$ .

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

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

**Wyznacz  $f_{max}$  w doświadczeniu 2. w zależności tylko od wartości przyspieszenia 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 przyspiesza (zobacz rysunki 1.–3.).

Przyjmij następujące dane i założenia:

- gdy sprężyna jest maksymalnie ściśnięta, to jej odkształcenie względem długości swobodnej oznaczmy 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:  $m_A = m_B = m$

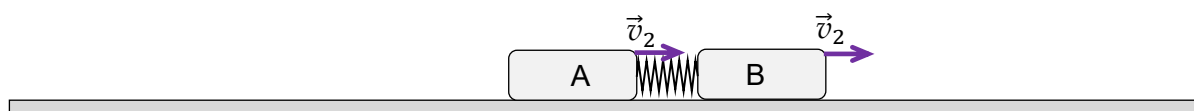
oraz

- 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.

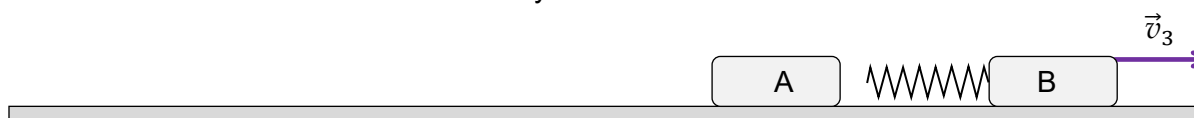
Rysunek 1.



Rysunek 2.



Rysunek 3.

**Zadanie 3.1. (0–1)**

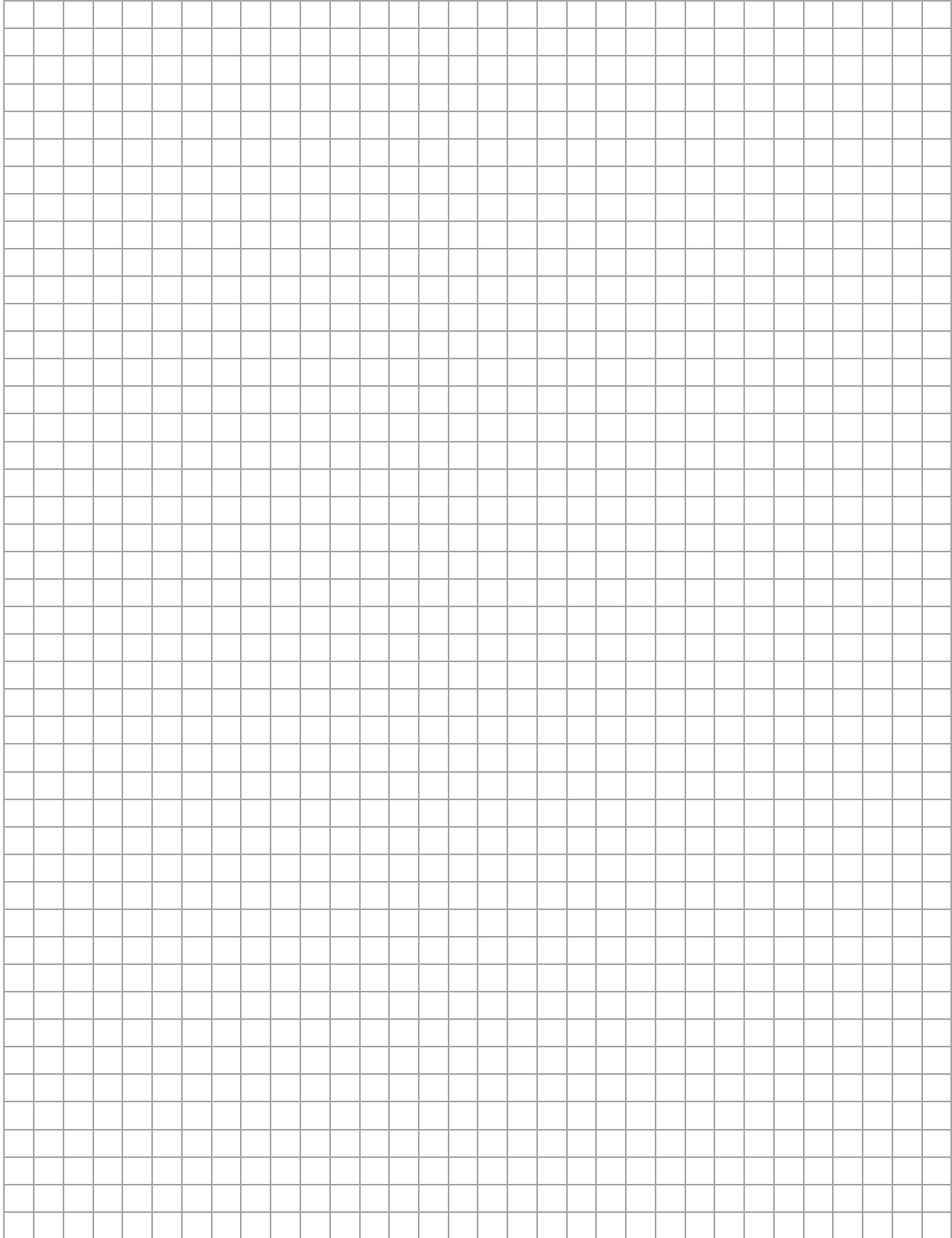
Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

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 tylko 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  $l_{\text{pręt}} = 2R$  i o masie  $m_{\text{pręt}} = \frac{M}{2}$  (zobacz rysunek poniżej).

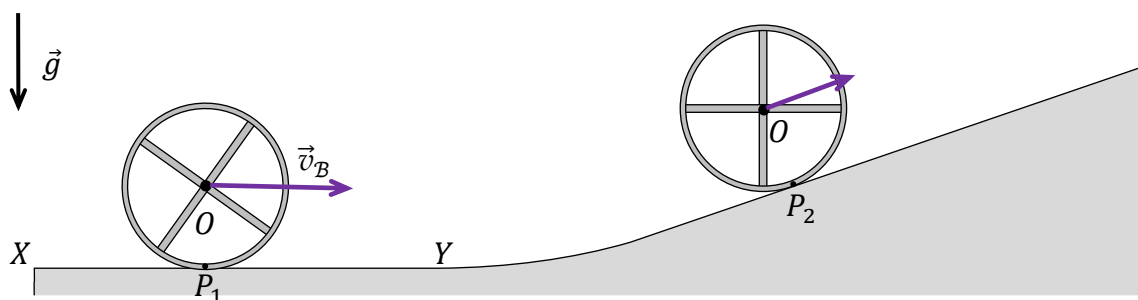
Początkowo bryła  $\mathcal{B}$  toczy się po poziomym odcinku  $XY$  drogi tak, że prędkość środka masy  $O$  bryły jest stała, a jej wartość jest równa  $v_B = 1,4$  m/s.

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)
- przyspieszenie ziemskie ma wartość  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>
- 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.

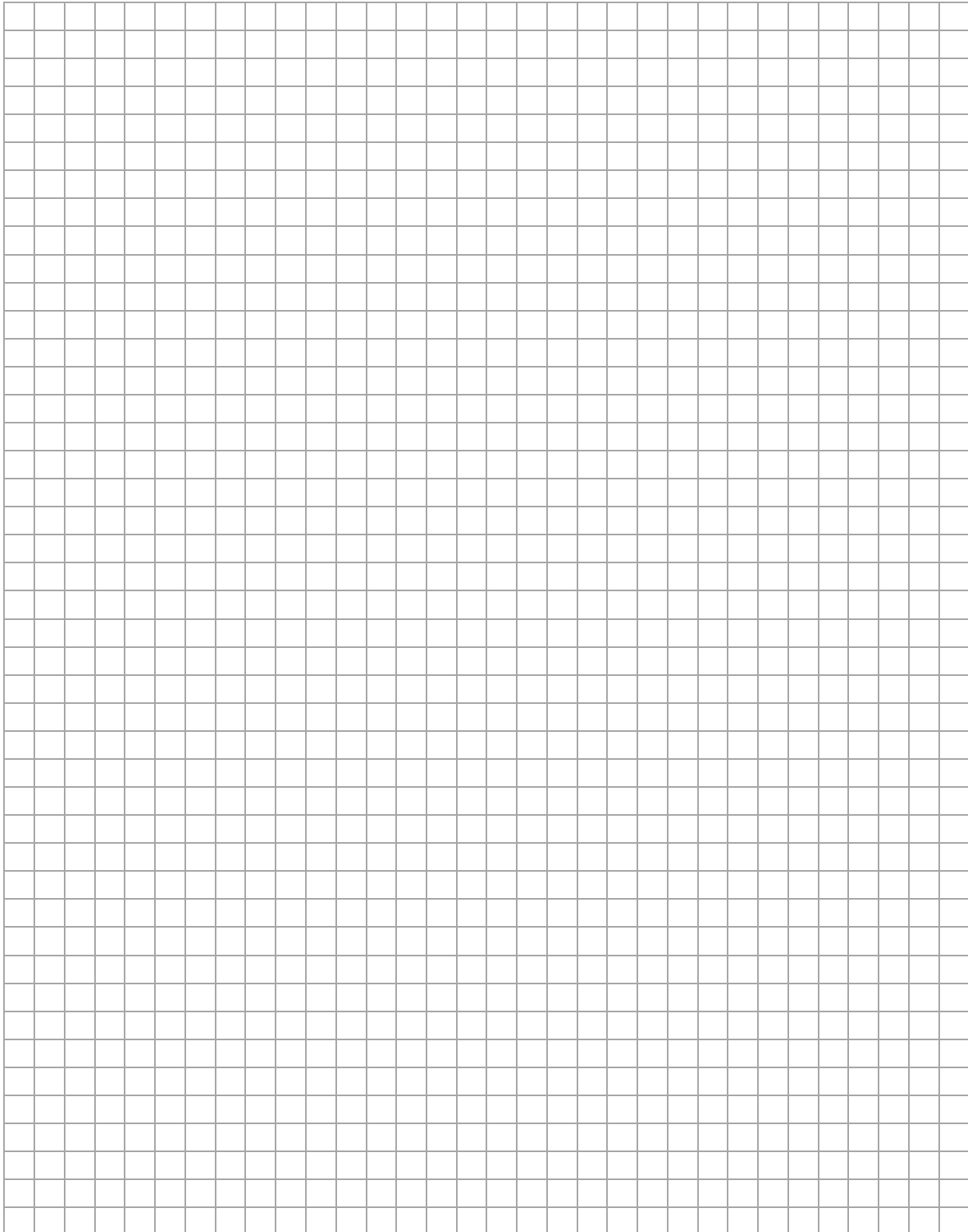
Bryła	Oś	Moment bezwładności
Pręt o długości $l_{\text{pręt}}$ i o masie $m_{\text{pręt}}$	Oś prostopadła do pręta, przechodząca przez jego środek	$I_{0 \text{ pręt}} = \frac{1}{12} m_{\text{pręt}} l_{\text{pręt}}^2$
Obręcz o promieniu $R$ i o masie $M$	Oś prostopadła do płaszczyzny obręczy, przechodząca przez jej środek	$I_{0 \text{ obręcz}} = MR^2$
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 4.4. (0–2)**

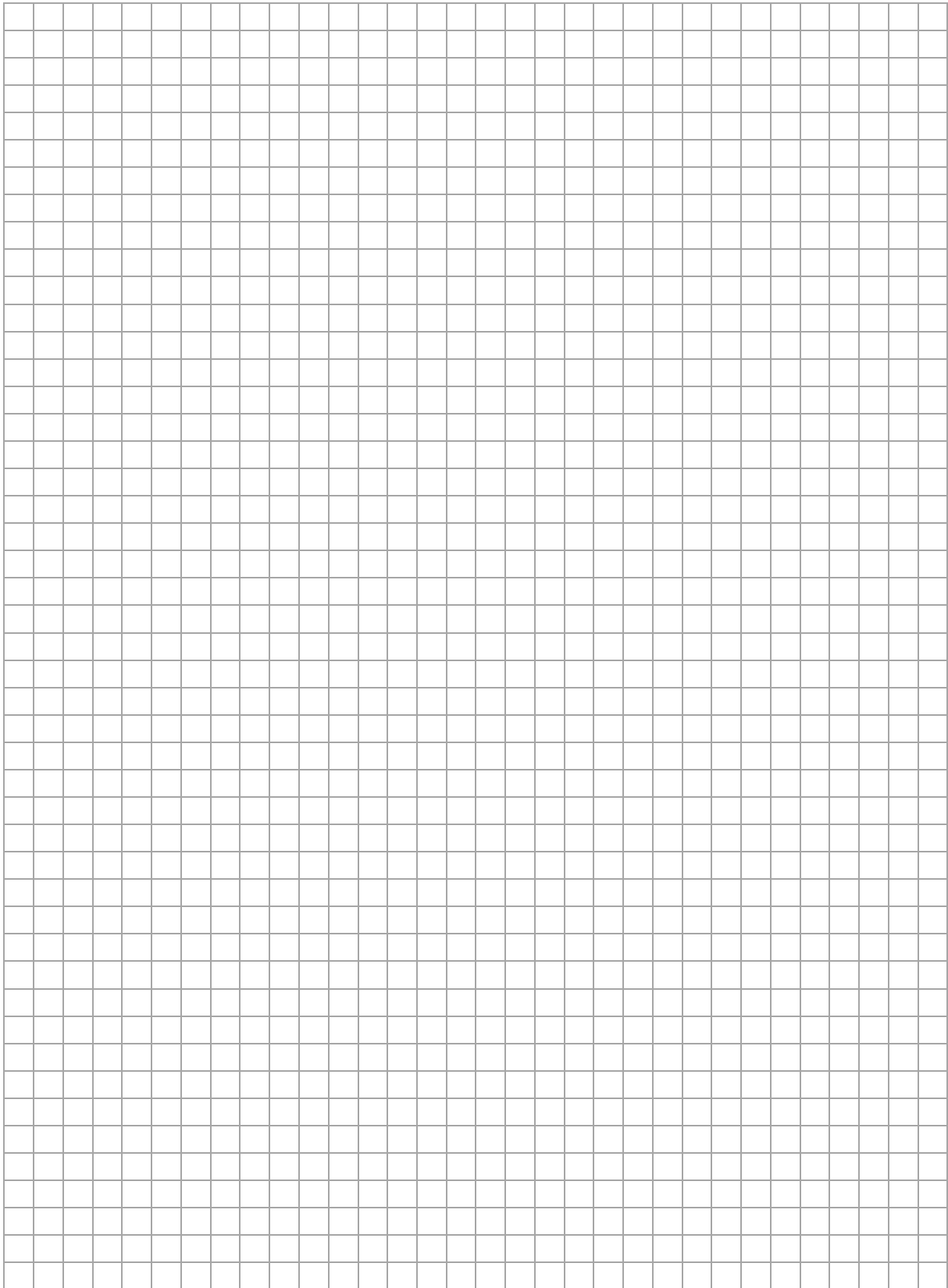
Wyprowadź wzór na moment bezwładności bryły  $\mathcal{B}$  względem osi  $O$  – wzór, który jest podany w tabeli (strona 10).

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.

A large grid for calculations, consisting of 30 columns and 30 rows of small squares.

**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.

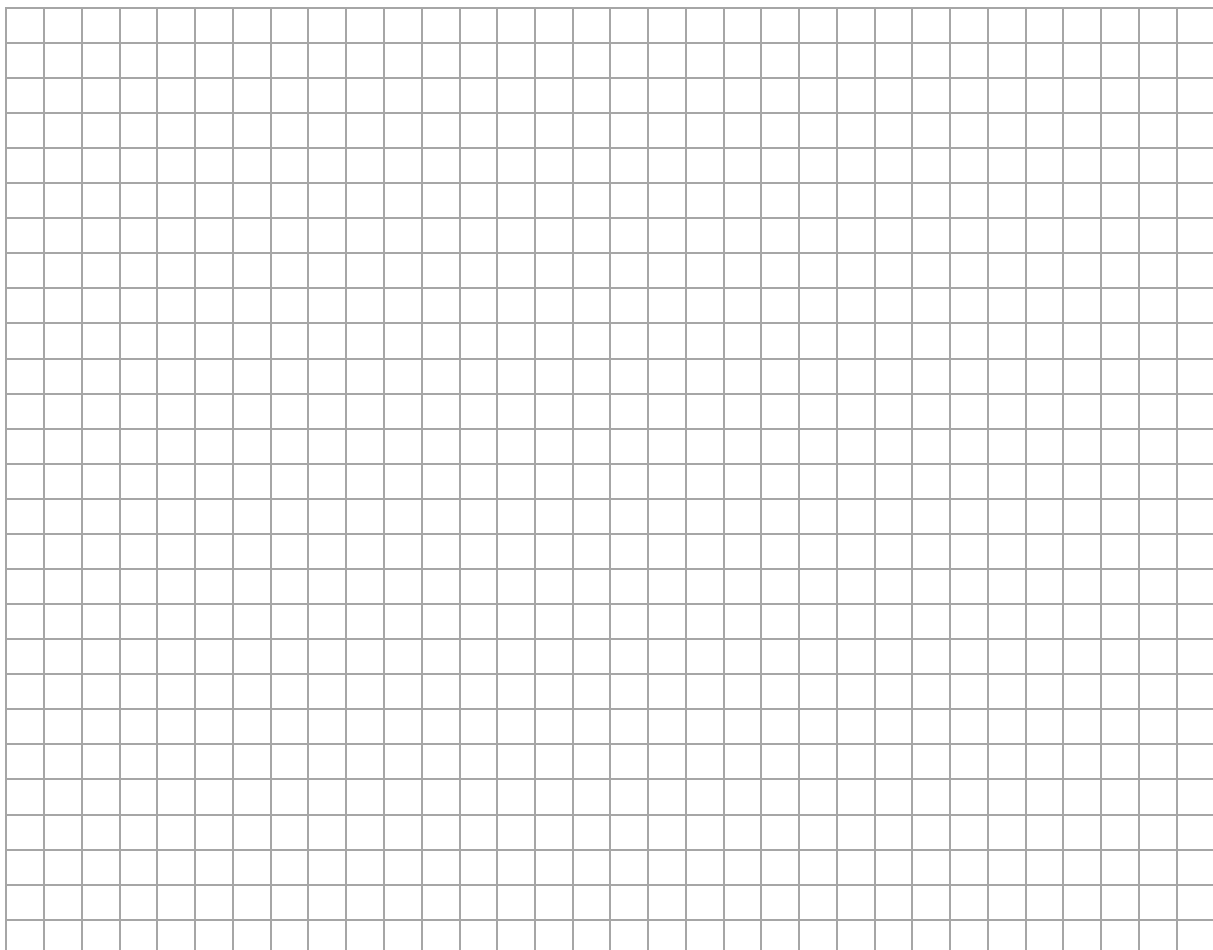
**Zadanie 5.1. (0–3)**

**Wyraż 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)**

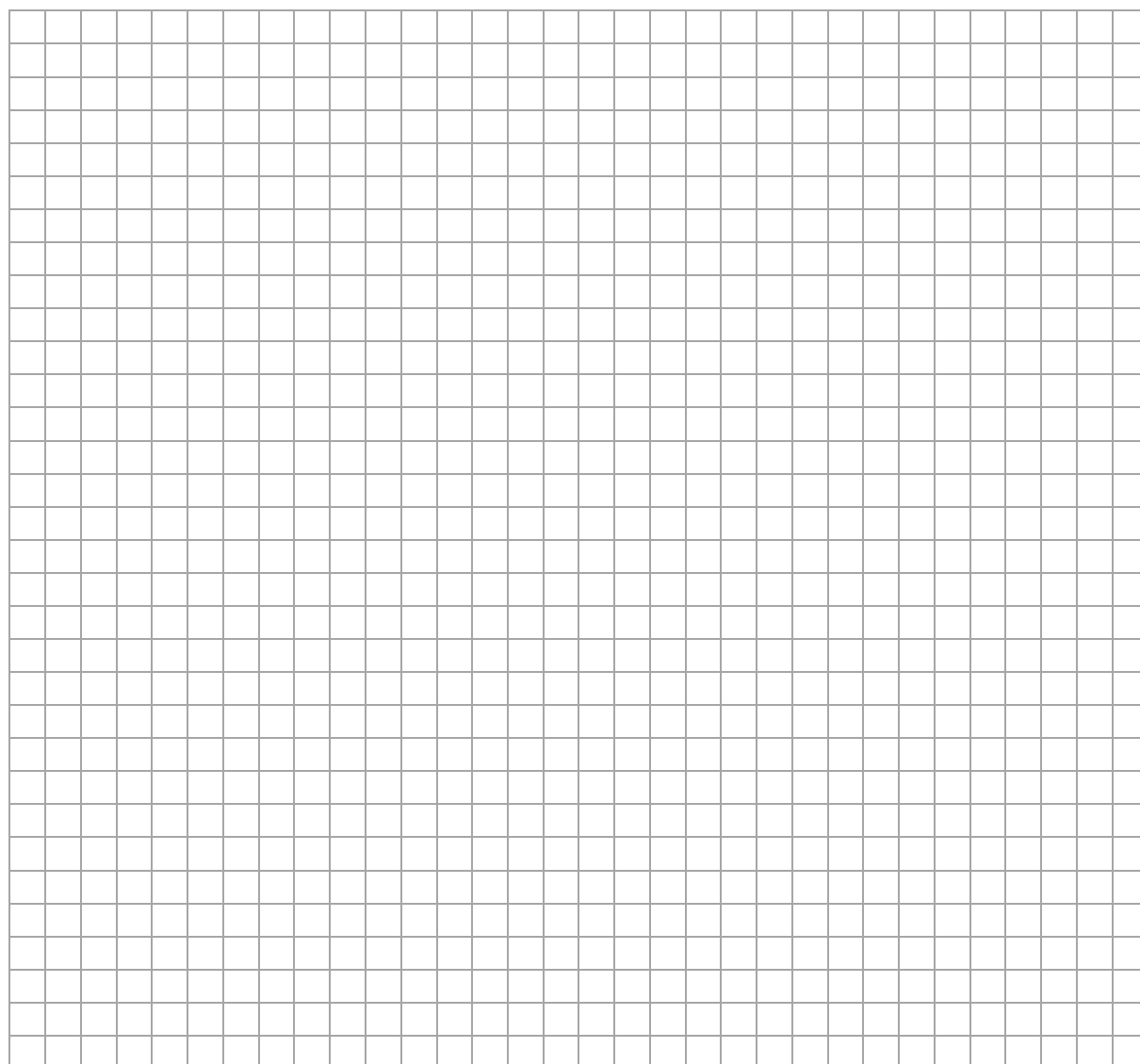
Gęstość powietrza zależy od temperatury, dlatego dźwięk w zimnym powietrzu rozchodzi się wolniej niż w powietrzu gorącym. Zakładamy, że powietrze zachowuje się jak gaz doskonały.

W poniższej tabeli dla wybranych temperatur przedstawiono wybrane dane.

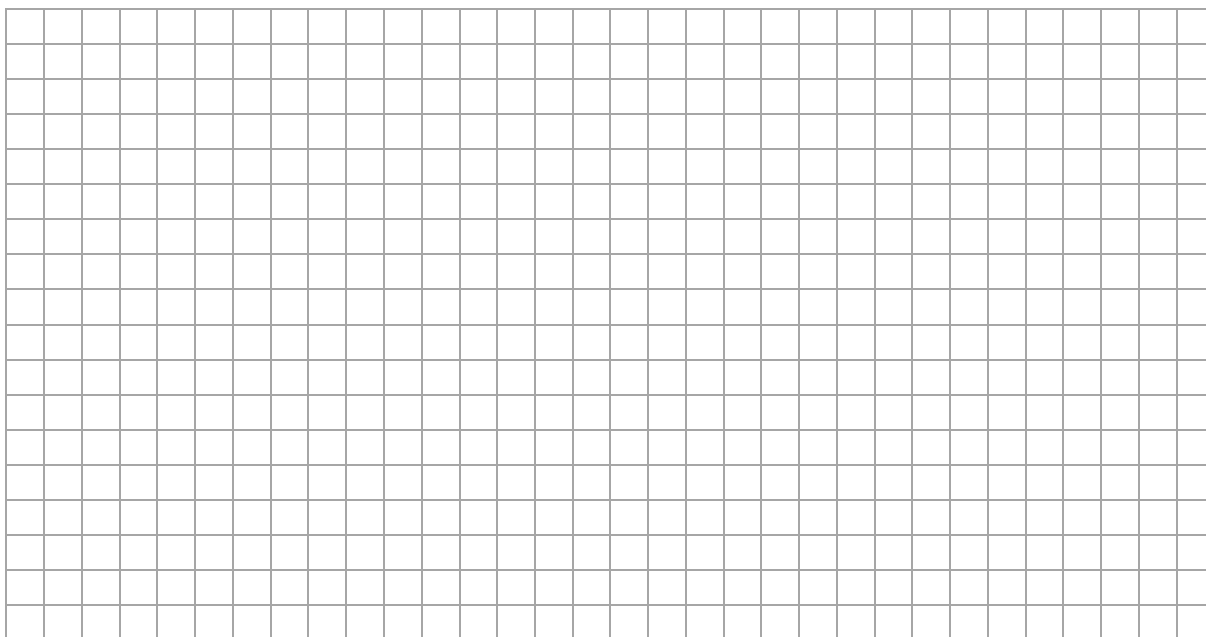
Temperatura	Gęstość powietrza	Prędkość dźwięku
$T_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\rho_1 = 1,29\text{ kg/m}^3$	$v_1 = 331\text{ m/s}$
$T_2 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\rho_2 = 1,16\text{ kg/m}^3$	$v_2 = ?$
Przyjmij, że wielkość $x$ we wzorze w zadaniu 5. jest stała.		

**Oblicz  $v_2$  – wartość prędkości dźwięku w powietrzu o temperaturze  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .**

**Zapisz obliczenia.**

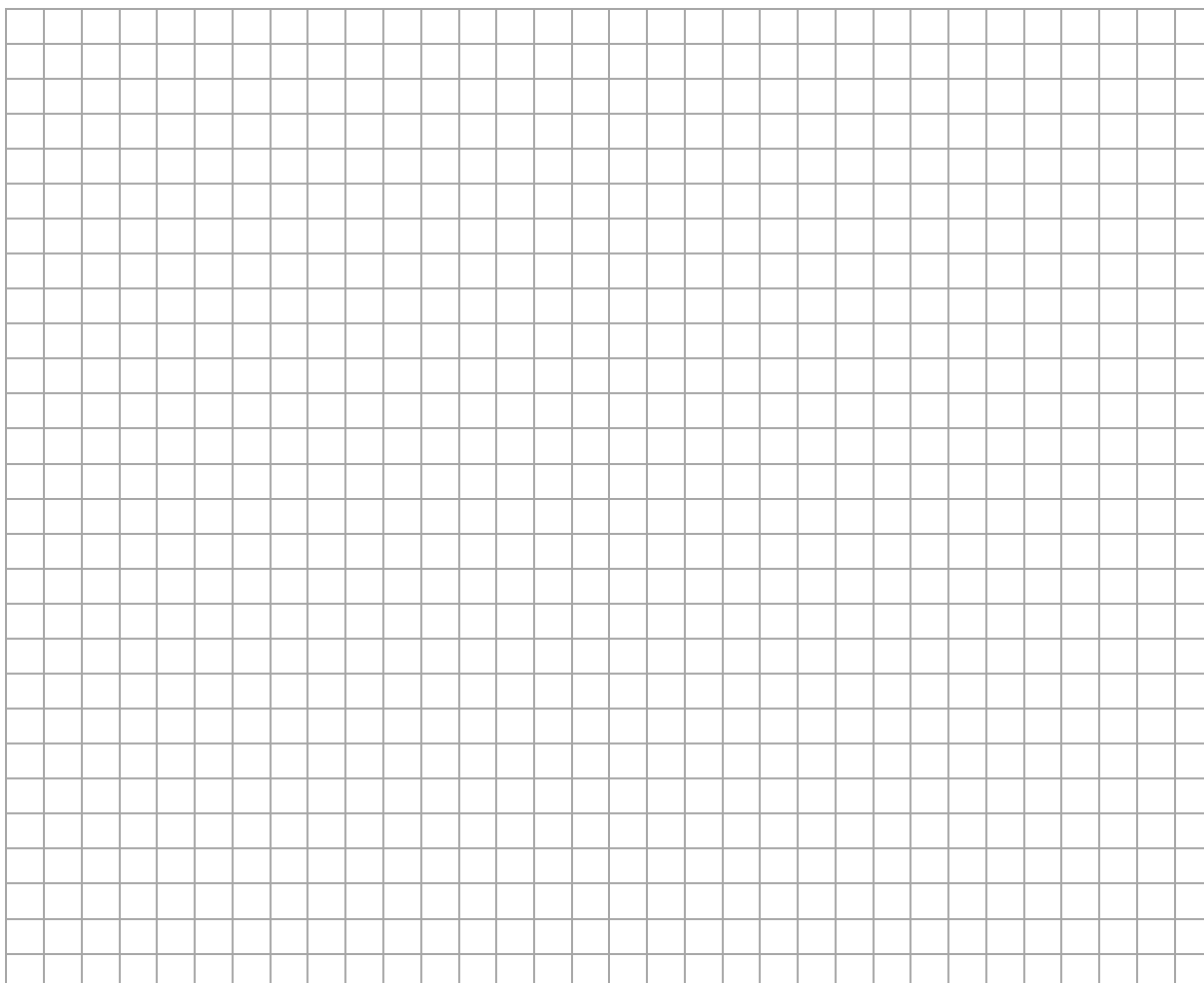






**Zadanie 6.3. (0–2)**

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



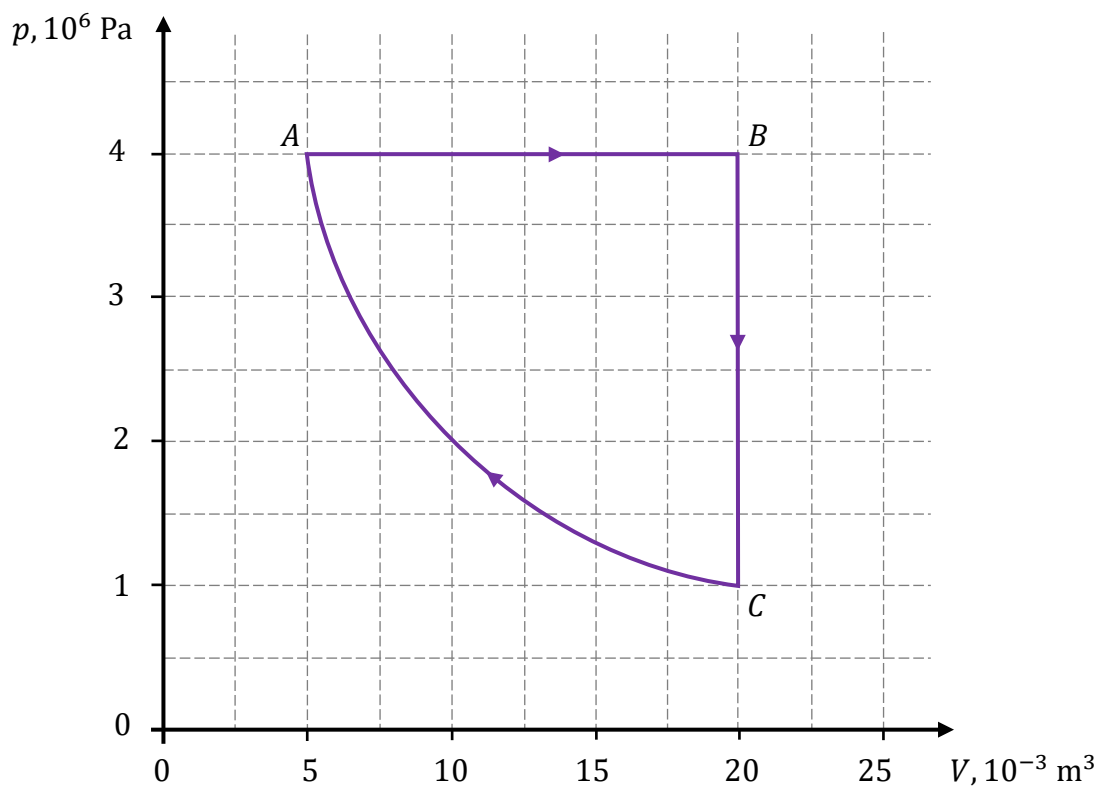
### Zadanie 7.

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  $n = 2$  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



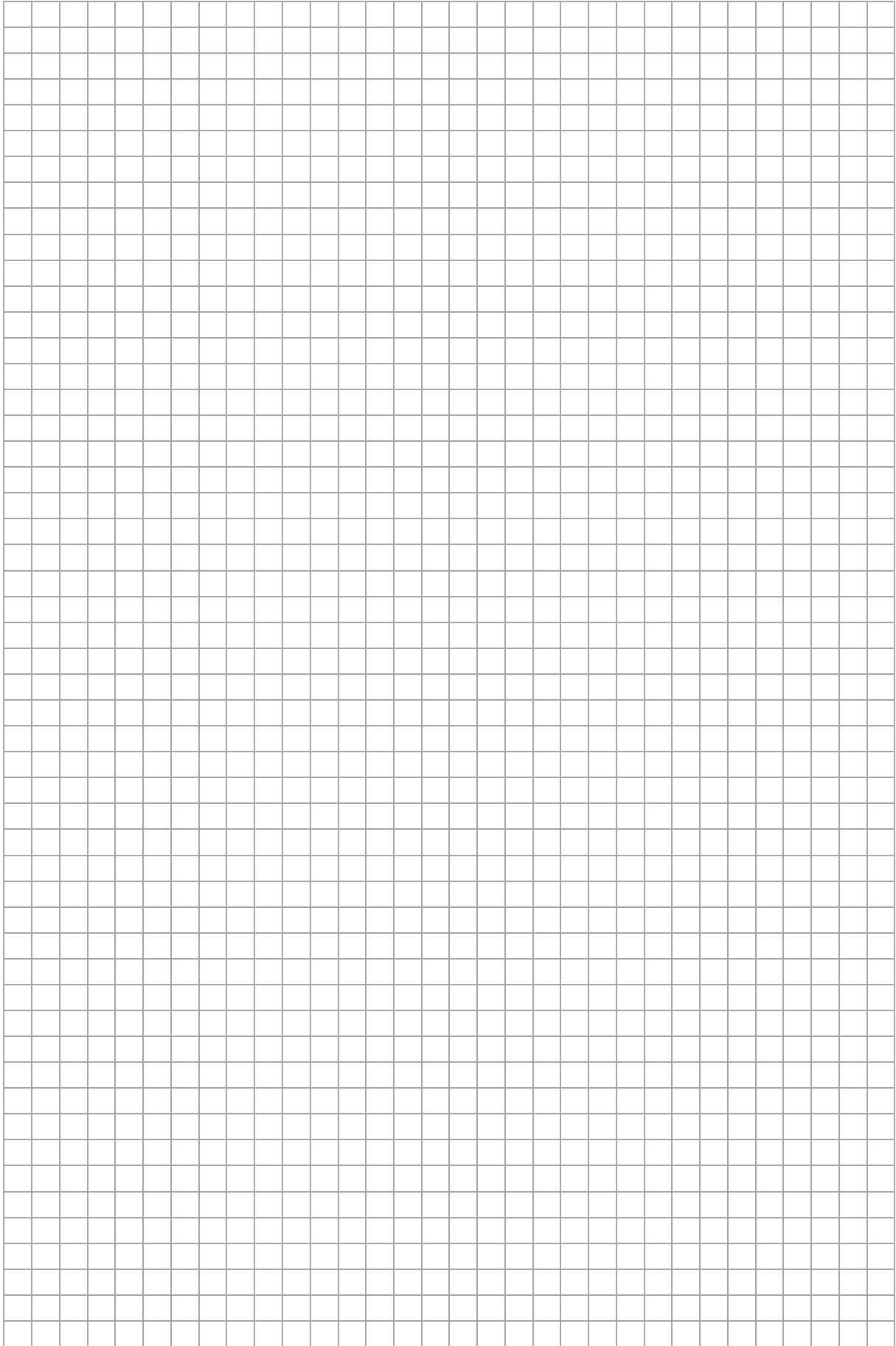
### Zadanie 7.1. (0–1)

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





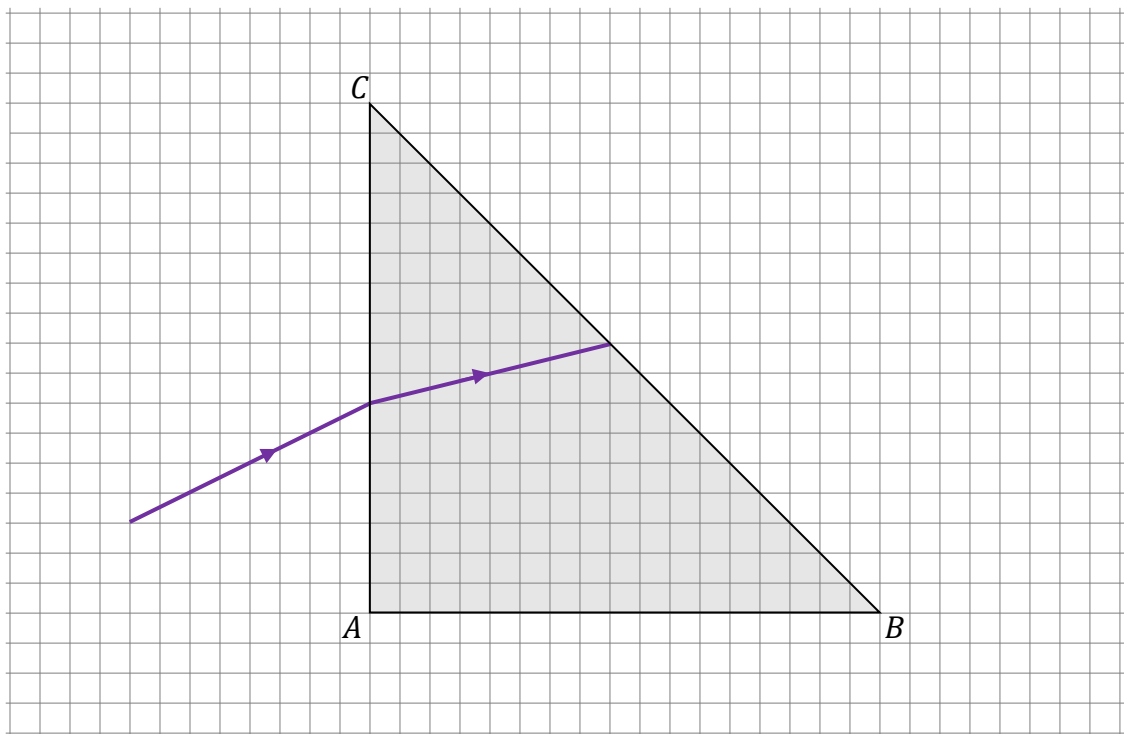


### Zadanie 9. (0–4)

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 szkłe, z którego wykonany jest pryzmat, oznaczmy 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 po wyjściu 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:*

$$\sin 14^\circ \approx 0,242$$

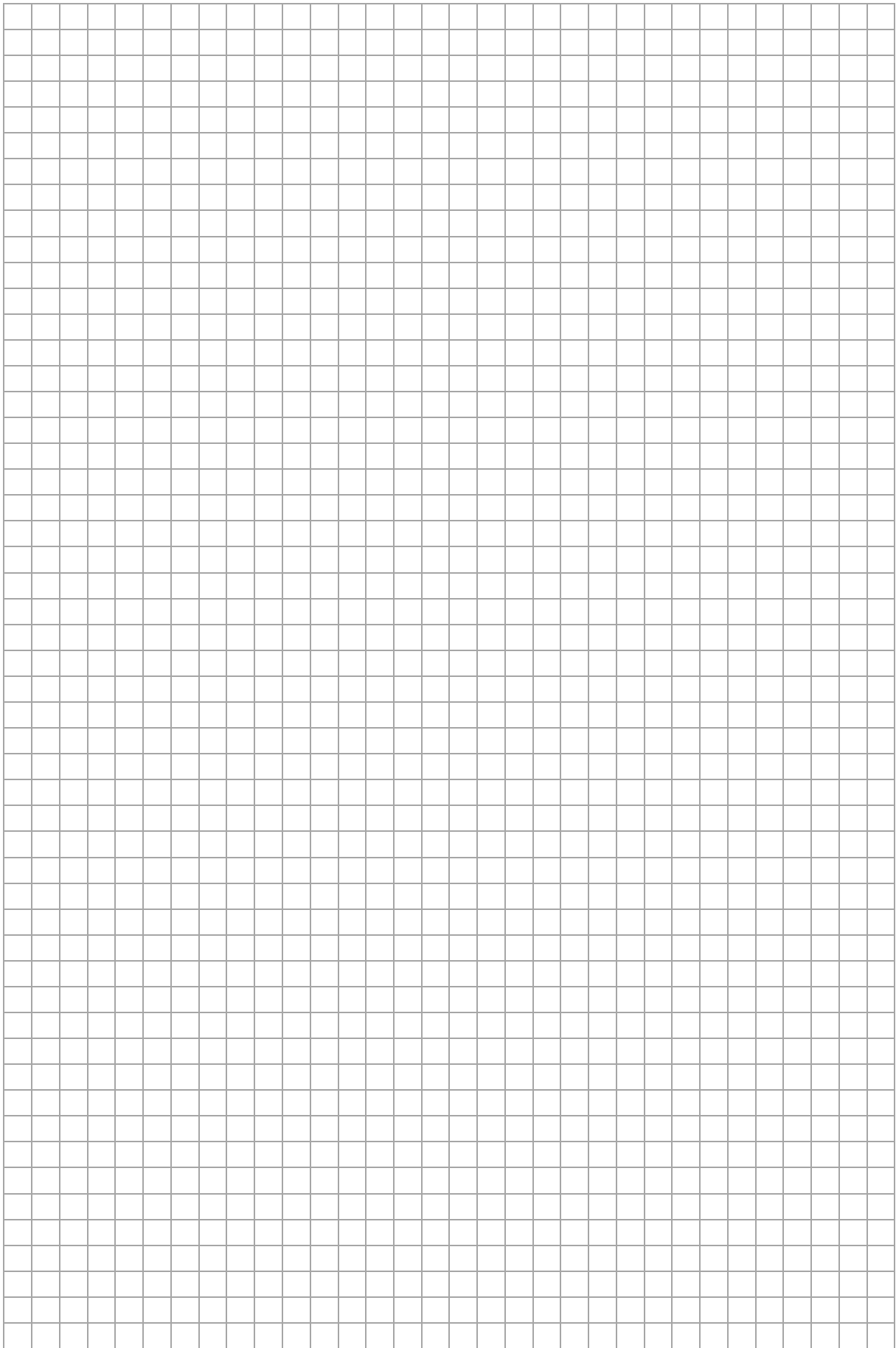
$$\sin 18,4^\circ \approx 0,316$$

$$\sin 31^\circ \approx 0,515$$

$$\sin 59^\circ \approx 0,857$$

$$\sin 71,6^\circ \approx 0,949$$

$$\sin 76^\circ \approx 0,970$$



**Zadanie 10.**

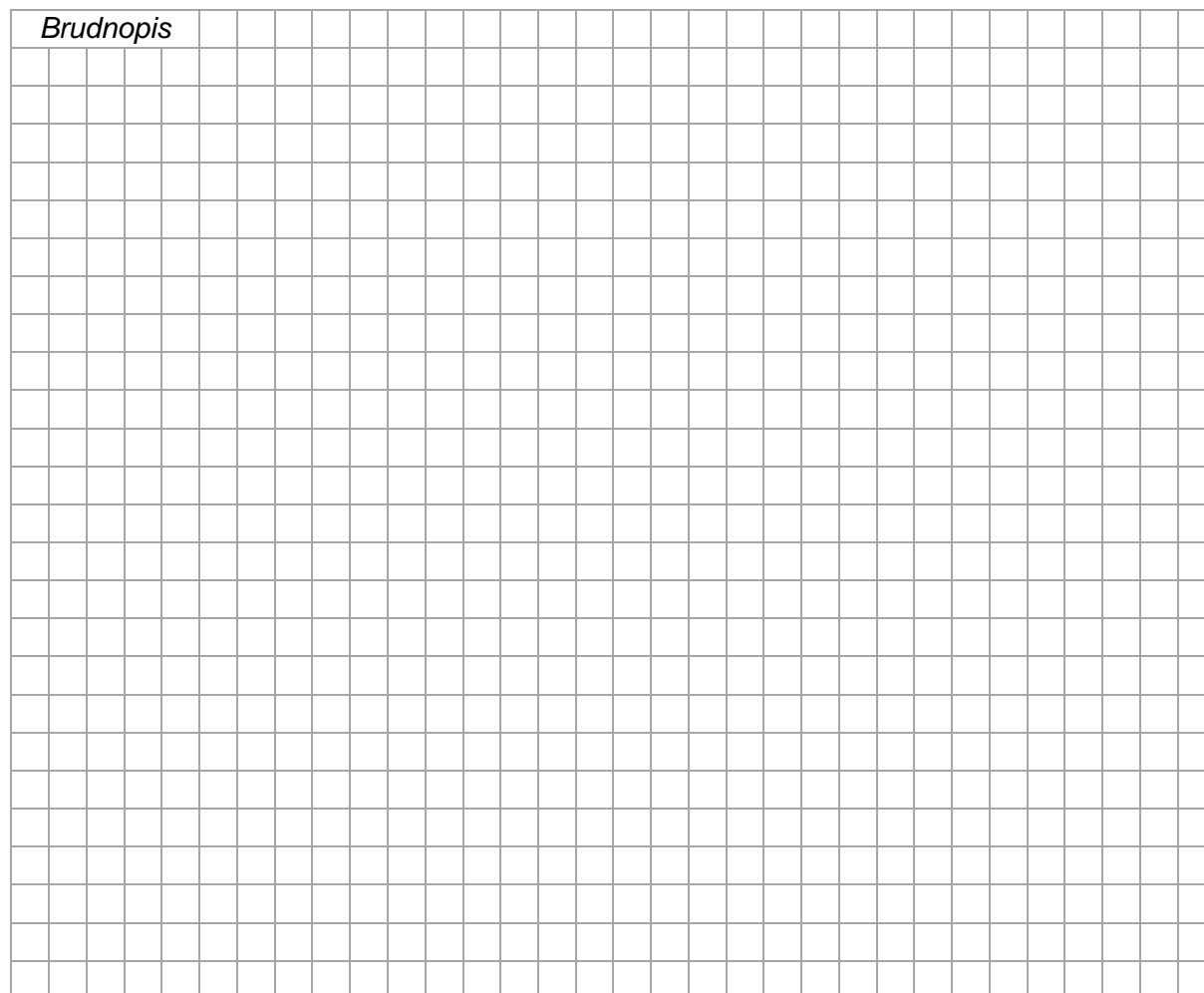
Podczas przejścia elektronu w atomie wodoru ze stanu (poziomu) energetycznego o numerze  $n \in \{3,4,5,6\}$  do stanu energetycznego o numerze  $k = 2$  jest emitowany foton z zakresu światła widzialnego. Takie przejście oznaczmy jako  $n \rightarrow 2$ .

Długość fali, częstotliwość oraz energię fotonu emitowanego przez atom wodoru podczas przejścia  $n \rightarrow 2$  oznaczmy – 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.

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

*Brudnopis*

### Zadanie 10.2. (0–4)

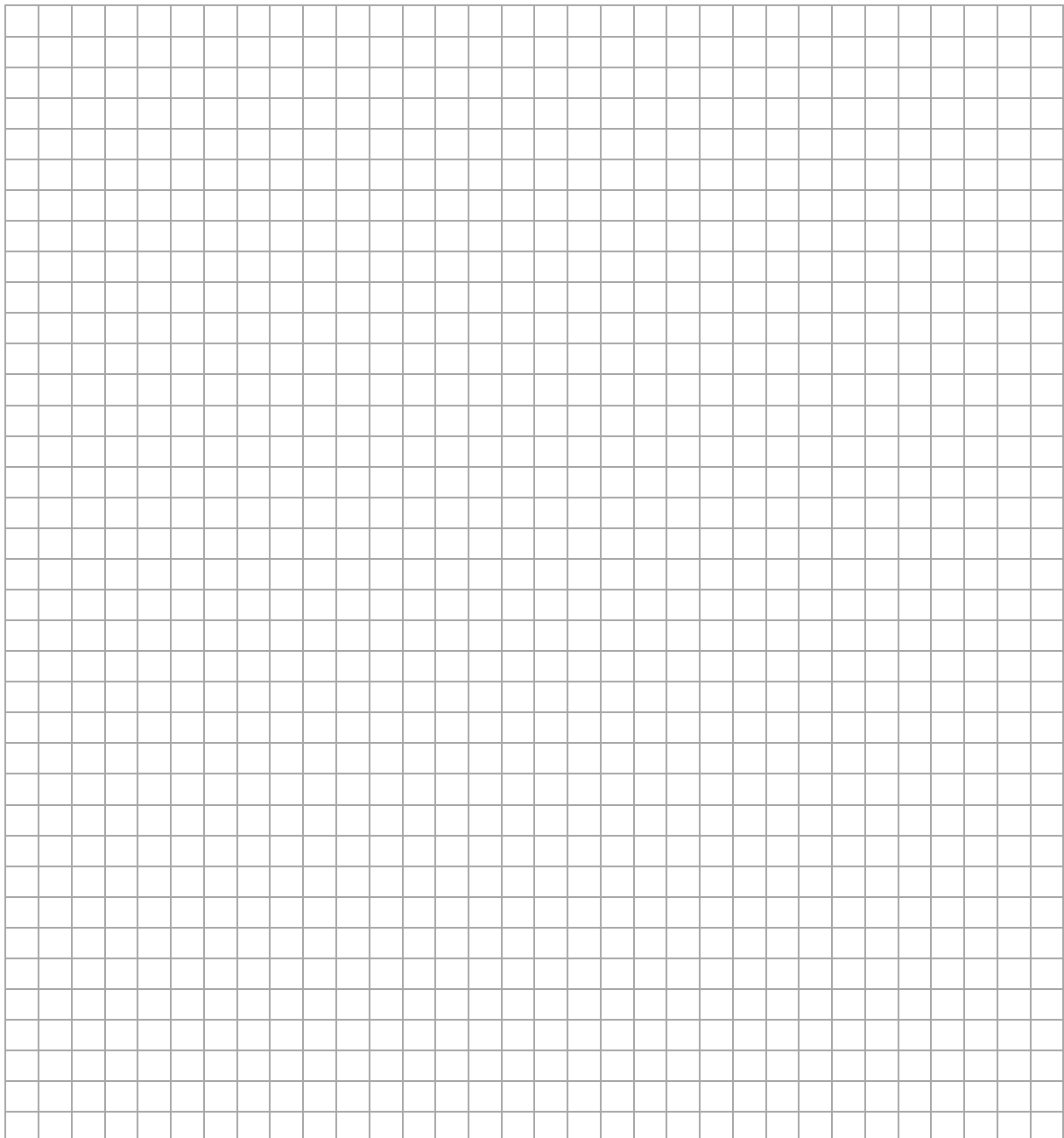
Na skutek emisji fotonu podczas przejścia  $5 \rightarrow 2$  atom wodoru doznaje odrzutu. W wyniku tego atom wodoru uzyskuje prędkość, której wartość oznaczymy jako  $v_{at}$ .

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  $m_{at} = 1,6735 \cdot 10^{-27}$  kg.

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

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



### Zadanie 11.

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

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

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

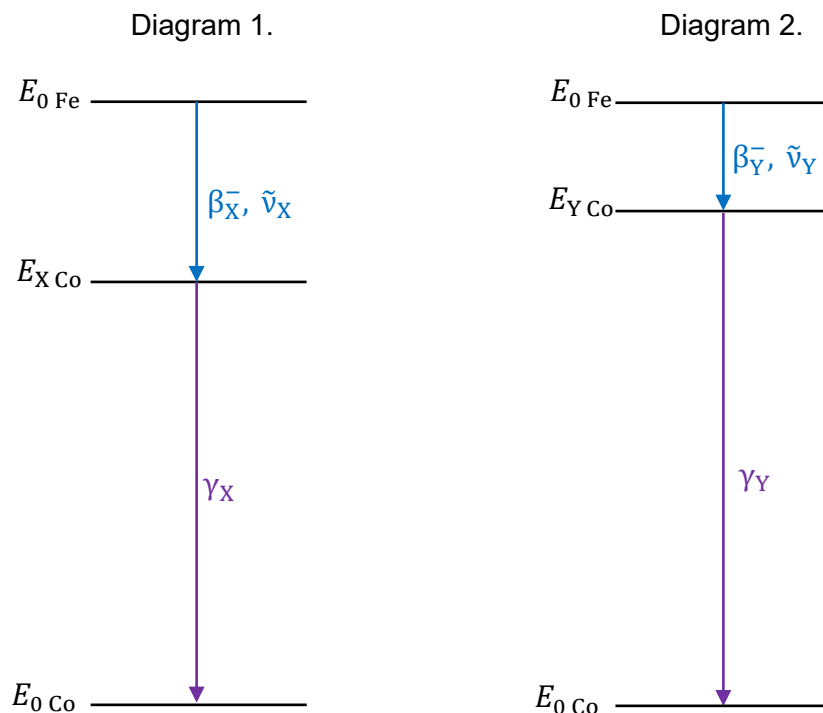
gdzie  $E_{0\text{Co}}$  oznacza energię spoczynkową jądra  $^{59}\text{Co}$  w stanie podstawowym.

Następnie wzbudzone jądro kobaltu  $^{59}\text{Co}$  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 antyneutrino  $\tilde{\nu}$ , oraz energii fotonu  $\gamma$  – w obu przypadkach – wynosi:

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

Pomijamy bardzo małą energię kinetyczną jądra kobaltu.

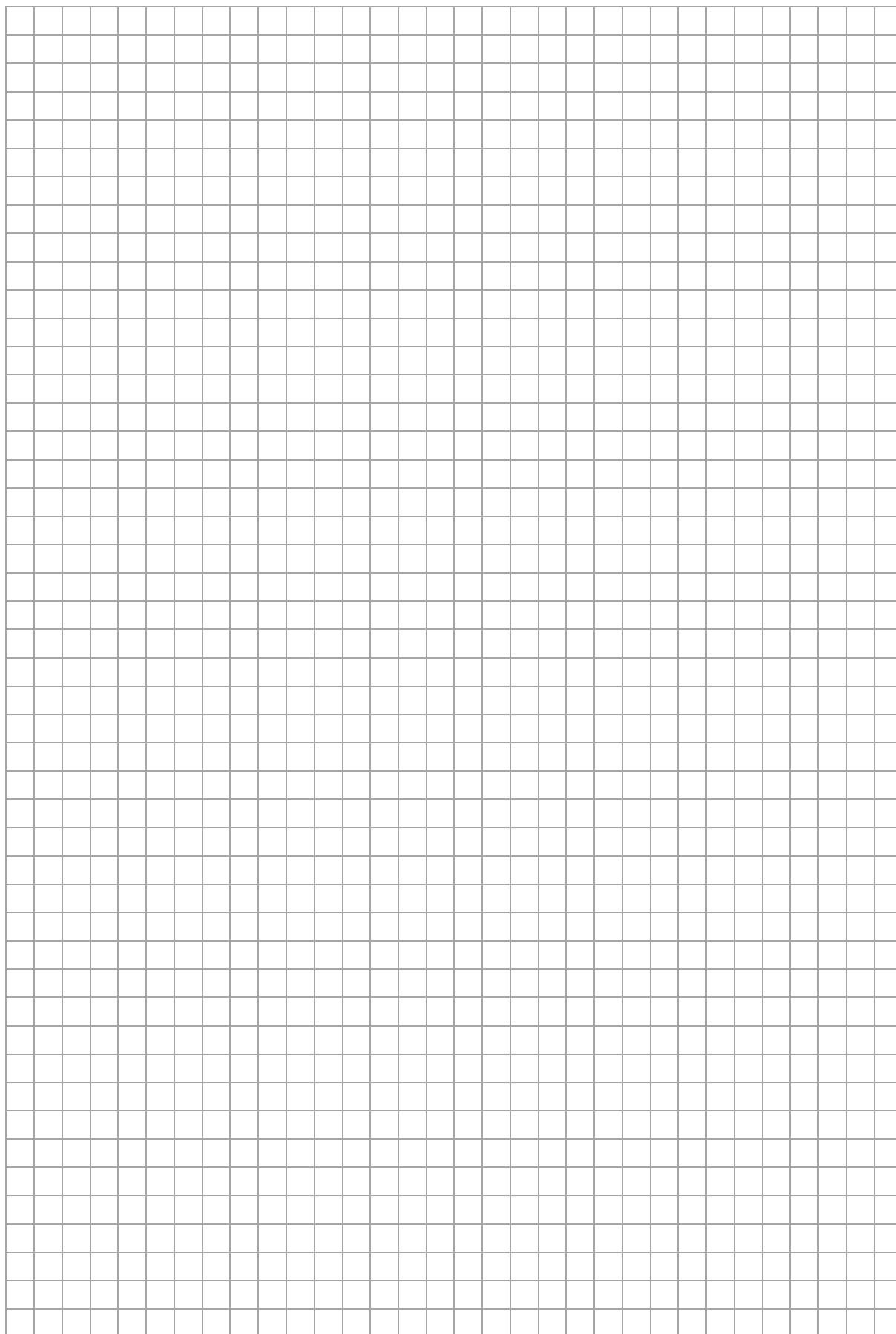


*Uwaga! Kreski poziome na diagramach odpowiadają poszczególnym wartościom energii spoczynkowej jąder uczestniczących w całym procesie. Zachowano skalę – tzn. różnice między wartościami energii spoczynkowej jąder odpowiadają odległościom między kreskami.  $E_{0\text{Fe}}$  oznacza energię spoczynkową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





## BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)



Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: [arkusze.pl](http://arkusze.pl)

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: [arkusze.pl](http://arkusze.pl)

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*