

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**-2505

DATA: **20 maja 2025 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 1–12).  
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. Przedstaw obliczenia pośrednie wskazujące na wykorzystanie warunków zadania oraz praw i zależności fizycznych.
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 niezbędne użycie kalkulatora pozwalającego obliczać wartości logarytmów, funkcji trygonometrycznych oraz funkcji wykładniczych.
6. Symbol  zamieszczony w nagłówku zadania zwraca uwagę na to, że do rozwiązania zadania będzie pomocne lub niezbędne użycie linijki.
7. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
8. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w tabelkach przeznaczonych dla egzaminatora. Tabelki umieszczone są na marginesie przy każdym zadaniu.
10. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
11. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, z linijki oraz z kalkulatora naukowego. Upewnij się, czy przekazano Ci broszurę z okładką taką jak widoczna poniżej.



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

### Zadanie 1.

Rozważamy rzuty wykonane w doświadczalnej komorze próżniowej.

Do analizy zadań 1.1. i 1.2. przyjmij model zjawiska, w którym:

- ruchy ciał odbywają się bez działania sił oporu
- ciała poruszają się w inercjalnym układzie odniesienia, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym
- poruszające się ciała traktujemy jako punkty materialne
- podłoże, na które upadają rzucone ciała, jest poziome
- przyspieszenie ziemskie ma wartość  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

#### Zadanie 1.1. (0–2)

W chwili  $t_0$  rzucono kulkę K z pewnej wysokości. Prędkość  $\vec{v}_0$  kulki w chwili  $t_0$  miała kierunek poziomy.

Analizujemy ruch kulki K od chwili  $t_0$  do chwili  $t_k$  – momentu uderzenia kulki K o podłoże.

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

|    |                                                                                                            |   |   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1. | Wartość prędkości kulki K rośnie wprost proporcjonalnie do czasu, mierzonych od chwili $t_0$ .             | P | F |
| 2. | Wektor przyspieszenia kulki K podczas jej ruchu ma stałą wartość.                                          | P | F |
| 3. | Czas ruchu kulki K od chwili $t_0$ do chwili $t_k$ zależy od $v_0$ – wartości prędkości początkowej kulki. | P | F |

#### Zadanie 1.2. (0–3)

Z punktu A w chwili  $t_0 = 0 \text{ s}$  rzucono kulkę  $K_A$ . Prędkość kulki  $K_A$  w chwili  $t_0$  miała kierunek poziomy i wartość równą  $v_{0A} = 8 \text{ m/s}$ .

Z punktu B – w tej samej chwili  $t_0$  – rzucono kulkę  $K_B$ . Prędkość kulki  $K_B$  w chwili  $t_0$  miała kierunek pionowy, zwrot w górę i wartość, którą oznaczymy jako  $v_{0B}$ .

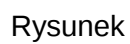
Rzucone kulki  $K_A$  i  $K_B$  zderzyły się w chwili  $t_z$  w punkcie C.

Współrzędne punktów A, B i C wyrażone w metrach, w kartezjańskim układzie współrzędnych, są następujące:

$$A = (0; 12) \quad B = (6; 0) \quad C = (6; y_C)$$

Opisaną sytuację ilustruje rysunek na stronie 5. Przyjmij, że dane w zadaniu są dokładne.





| 1.2.        |
|-------------|
| 0-1-<br>2-3 |
|             |

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 2.

Dany jest jednorodny pełny walec W1 oraz wydrążony częściowo (i osiowośrodkowo) jednorodny walec W2. Walec W1 położono na równi pochyłej i puszczo swobodnie. Następnie na tej samej wysokości na tej równi położono walec W2 i także puszczo swobodnie (zobacz rysunek poniżej). Prędkości początkowe obu walców były równe zero. Walce W1 oraz W2 staczały się z równi bez poślizgu. Kąt nachylenia równi do poziomego podłoża wynosi  $\beta$ .

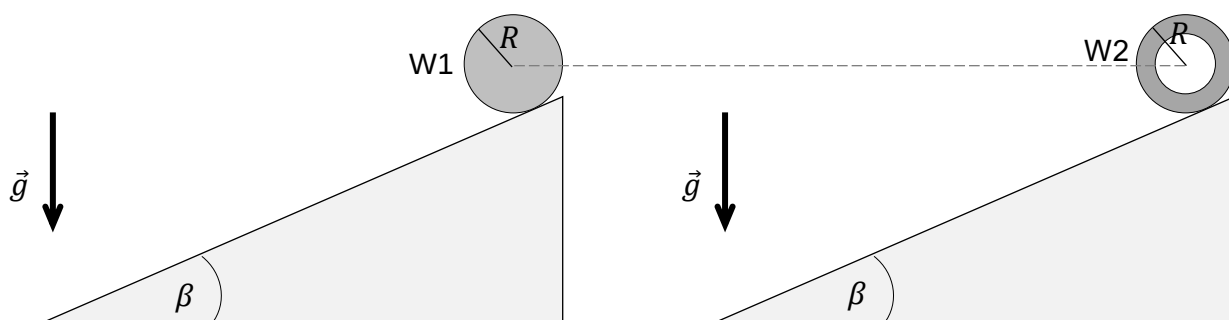
Przyjmij następujące dane:

- promienie walców są sobie równe:  $R_1 = R_2 = R$
- masy walców są sobie równe:  $m_1 = m_2 = m$  (walce wykonano z różnych materiałów)
- momenty bezwładności walców W1 i W2 względem osi każdego z nich wyrażają się – odpowiednio – wzorami:

$$I_1 = k_1 m R^2 \quad \text{oraz} \quad I_2 = k_2 m R^2$$

gdzie  $k_1$  i  $k_2$  są pewnymi współczynnikami oraz  $k_1 \neq k_2$ .

Rysunek (widok z boku)



Uwzględnij następujące założenia i warunki:

- siły tarcia statycznego pomiędzy każdym z walców a powierzchnią równi nie osiągnęły wartości maksymalnych
- pomijamy inne (tzn. oprócz tarcia statycznego) opory ruchu
- ruch walców rozpatrujemy w inercyjnym układzie odniesienia związanym z ziemią, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.

### Zadanie 2.1. (0–2)

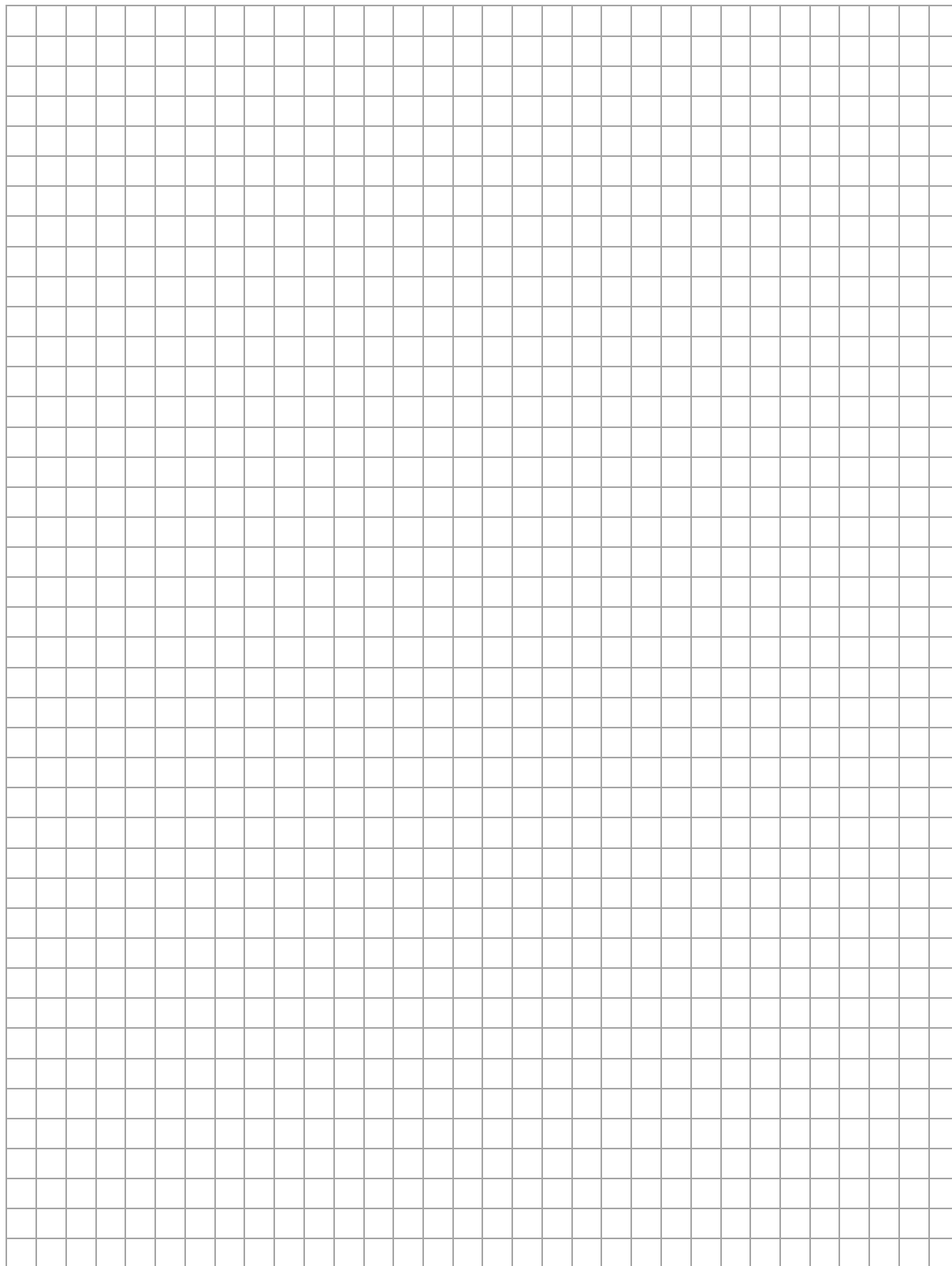
Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

|    |                                                                                                                              |   |   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1. | $k_2 > k_1$                                                                                                                  | P | F |
| 2. | U podnóża równi całkowite energie kinetyczne walców W1 i W2 są sobie równe.                                                  | P | F |
| 3. | U podnóża równi wartość prędkości ruchu postępowego walca W1 jest mniejsza od wartości prędkości ruchu postępowego walca W2. | P | F |

**Zadanie 2.2. (0–4)**

Wyznacz  $a$  – wartość przyspieszenia liniowego walca W2 – w zależności tylko od wartości przyspieszenia ziemskiego  $g$ , od kąta  $\beta$  oraz od współczynnika  $k_2$ .  
Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać wzoru na  $a$ .

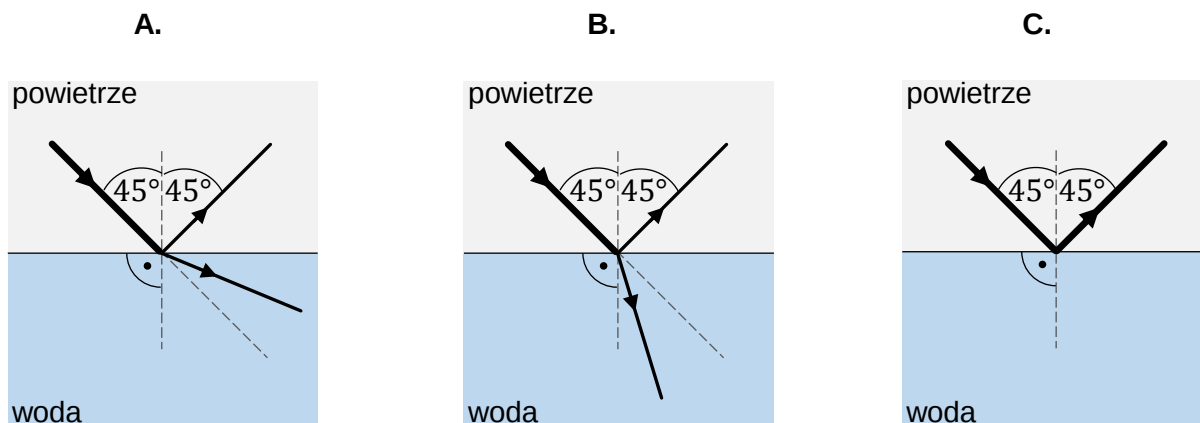
2.2.

0–1–  
2–3–4



### Zadanie 3.2. (0–3)

Rozważamy wiązkę ultradźwięków, która biegnie w powietrzu i pada na taflę wody pod kątem  $\alpha_p = 45^\circ$ . Tylko jeden z rysunków A–C prawidłowo przedstawia dalszy bieg tej wiązki ultradźwięków od granicy powietrze – woda. Kreską przerywaną oznaczono linie pomocnicze.



Ustal dalszy bieg wiązki ultradźwięków od granicy powietrze – woda.

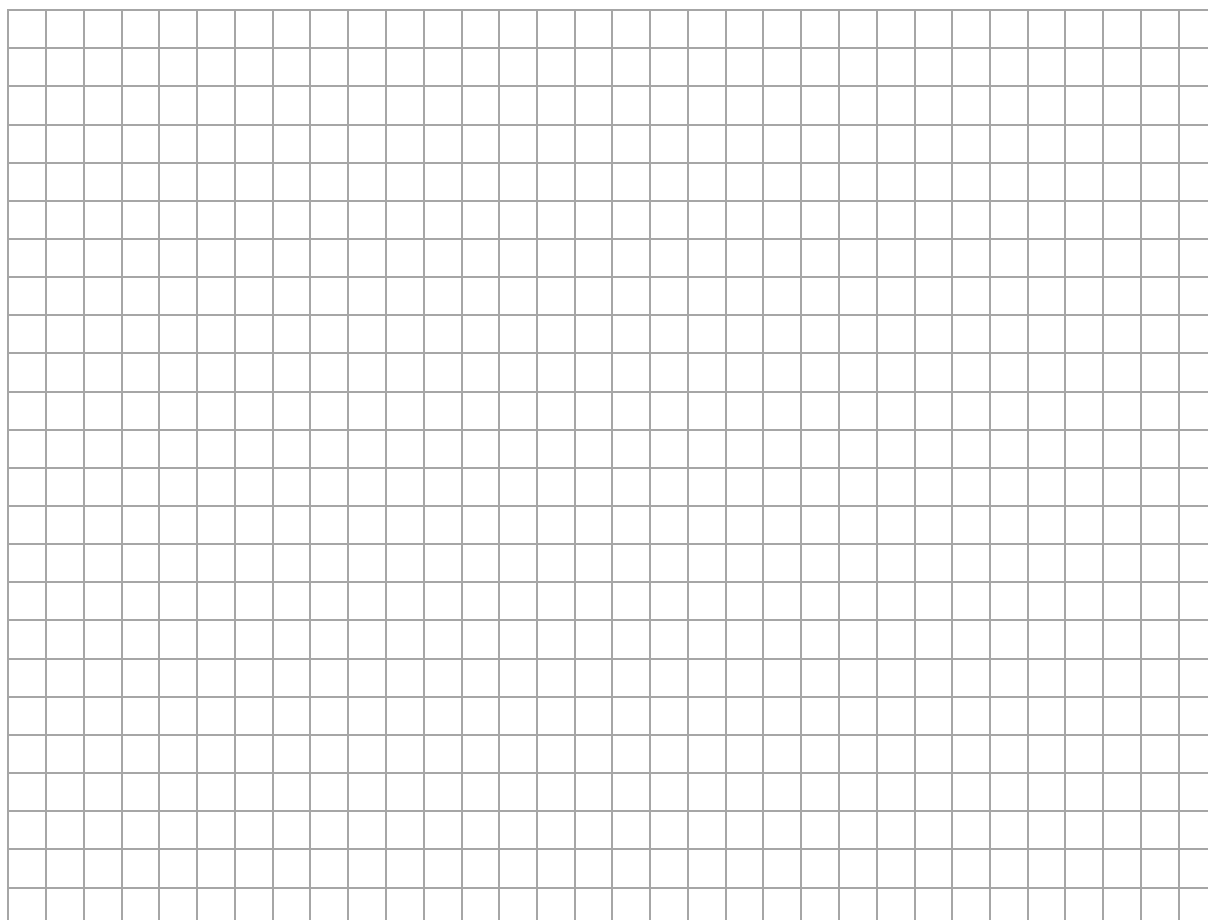
Wykorzystaj odpowiednie prawa / zależności fizyczne i wykonaj niezbędne obliczenia, które doprowadzą do tego ustalenia.

Następnie zaznacz rysunek (spośród A–C), na którym prawidłowo przedstawiono dalszy bieg wiązki ultradźwięków od granicy powietrze – woda.

3.2.

0–1–

2–3



#### Zadanie 4.

Mały głośnik G1 jest źródłem kulistej fali dźwiękowej w powietrzu. Przyjmij, że energia tej fali dźwiękowej rozchodzi się tak samo we wszystkich kierunkach od głośnika G1.

W zadaniach 4.1.–4.2. pomijamy efekty związane z odbiciem fali dźwiękowej od przeszkód w otoczeniu oraz z pochłanianiem tej fali w ośrodku.

#### Zadanie 4.1. (0–2)

Energia kulistej fali dźwiękowej, którą emituje głośnik G1 w ciągu każdej sekundy, jest równa  $E = 40$  mJ. Punkt  $X$  znajduje się w odległości  $r_X = 10$  m od głośnika G1.

4.1.

0–1–2

Oblicz  $I_X$  – natężenie dźwięku w punkcie  $X$ . Zapisz obliczenia.

Wskazówka: Pole powierzchni kuli o promieniu  $r$  jest równe  $S = 4\pi r^2$ .



#### Zadanie 4.2. (0–3)

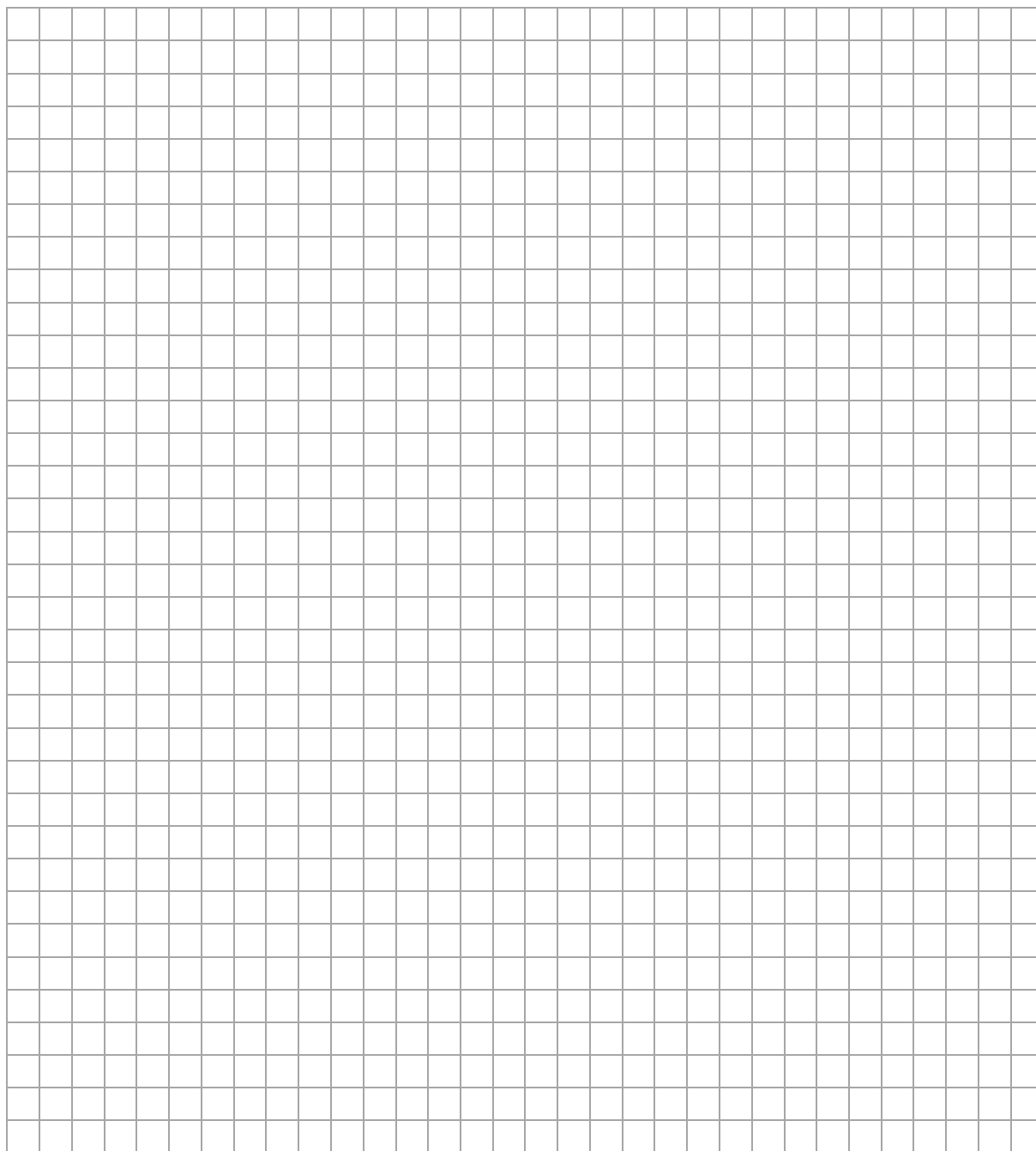
W pewnej odległości od głośnika G1 ustawiono taki sam głośnik G2. Oba głośniki emitują – z tą samą mocą i zgodnie w fazie – fale dźwiękowe o częstotliwości  $f = 850$  Hz.

Punkt  $A$  znajduje się w odległości  $r_1 = 10,5$  m od głośnika G1 oraz w odległości  $r_2 = 11,5$  m od głośnika G2. Wartość prędkości dźwięku w powietrzu jest równa  $v_p = 340$  m/s.

Ustal, czy w punkcie  $A$  nastąpi wzmocnienie interferencyjne, czy – osłabienie interferencyjne. Wykorzystaj odpowiednie zależności fizyczne i warunki zadania oraz wykonaj niezbędne obliczenia, które doprowadzą do tego ustalenia. Następnie zapisz odpowiedź.

4.2.

0–1–  
2–3



**Zadanie 5.**

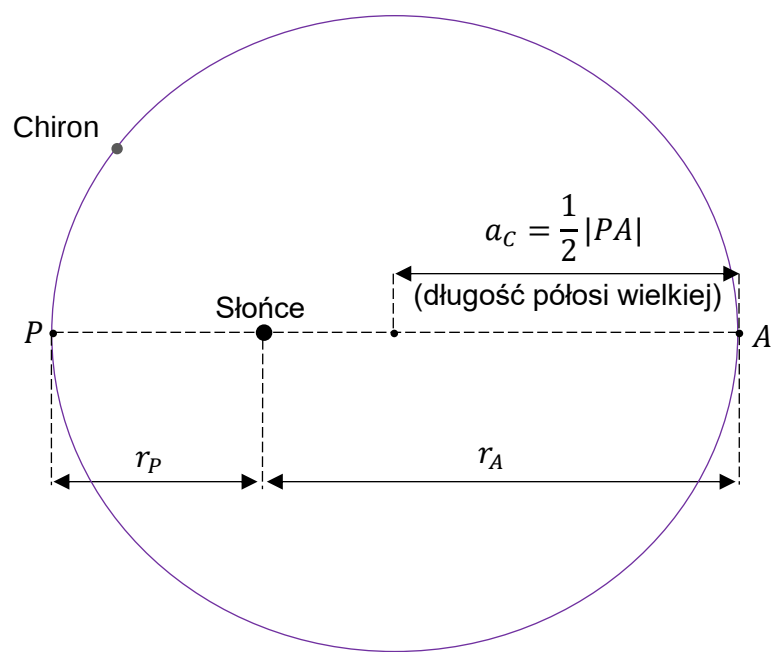
Planetoida Chiron obiega Słońce po orbicie eliptycznej, a Ziemia obiega Słońce po orbicie, którą w przybliżeniu możemy potraktować jako kołową.

Poniżej podano niektóre dane dotyczące ruchu orbitalnego Chirona oraz Ziemi względem Słońca (podane odległości są zaokrąglone do części dziesiętnych jednostki astronomicznej):

- najmniejsza odległość Chirona od środka Słońca jest równa  $r_p = 8,5$  au
- największa odległość Chirona od środka Słońca jest równa  $r_A = 18,9$  au
- odległość Ziemi od środka Słońca jest równa  $a_Z = 1,0$  au
- okres obiegu Ziemi dookoła Słońca wynosi  $T_Z = 1,00$  rok ziemski.

W zadaniu pomijamy wpływ innych ciał (oprócz Słońca) na ruch Chirona oraz na ruch Ziemi. Orbitę Chirona (z zachowaniem skali elipsy) zilustrowano na rysunku poniżej.

Rysunek



**Zadanie 5.1. (0–2)**

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

|    |                                                                                          |   |   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1. | Wektor przyspieszenia Chirona jest zwrócony do środka Słońca.                            | P | F |
| 2. | Orbita Chirona ma punkt wspólny z orbitą Ziemi.                                          | P | F |
| 3. | Okres obiegu Chirona dookoła Słońca jest mniejszy od okresu obiegu Ziemi dookoła Słońca. | P | F |

### Zadanie 5.2. (0–1)

Wartość prędkości liniowej Chirona w położeniu najbliższym Słońca (punkt  $P$  orbity na rysunku) oznaczmy jako  $v_P$ .

Wartość prędkości liniowej Chirona w położeniu najdalszym od Słońca (punkt  $A$  orbity na rysunku) oznaczmy jako  $v_A$ .

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

Prawidłowy związek pomiędzy  $v_P$  a  $v_A$  to

|           |                              |                                                            |           |                     |
|-----------|------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------|---------------------|
| <b>A.</b> | $v_P = \frac{18,9}{8,5} v_A$ | ponieważ w ruchu Chirona wokół Słońca nie zmienia się jego | <b>1.</b> | pęd.                |
| <b>B.</b> | $v_P = v_A$                  |                                                            | <b>2.</b> | moment pędu.        |
| <b>C.</b> | $v_P = \frac{8,5}{18,9} v_A$ |                                                            | <b>3.</b> | energia kinetyczna. |

### Zadanie 5.3. (0–3)

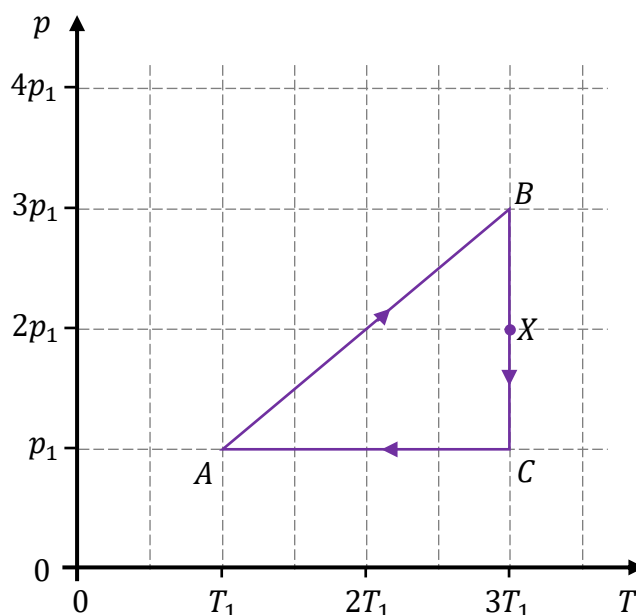
**Oblicz okres obiegu Chirona wokół Słońca. Zapisz obliczenia. Wynik podaj w latach ziemskich.**

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.

Przyjmij, że:

- ciepło molowe tego gazu przy stałej objętości wynosi  $C_V = \frac{3}{2}R$ , gdzie  $R$  jest stałą gazową
- temperatura, ciśnienie i objętość gazu w stanie  $A$  są – odpowiednio – równe  $T_1$ ,  $p_1$  i  $V_1$
- stany gazu:  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $X$ , znajdują się w punktach kratowych siatki wykresu
- liczbę moli gazu oznaczmy jako  $n$ .

Wykres 1.



### Zadanie 6.1. (0–2)

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

|    |                                                                                                                                               |   |   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1. | W przemianie $A \rightarrow B$ energia wewnętrzna gazu wzrosła.                                                                               | P | F |
| 2. | W przemianie $C \rightarrow A$ gaz pobrał ciepło z otoczenia.                                                                                 | P | F |
| 3. | Wartość bezwzględna pracy siły parcia gazu w przemianie $B \rightarrow C$ jest równa wartości bezwzględnej ciepła pobranego w tej przemianie. | P | F |

---

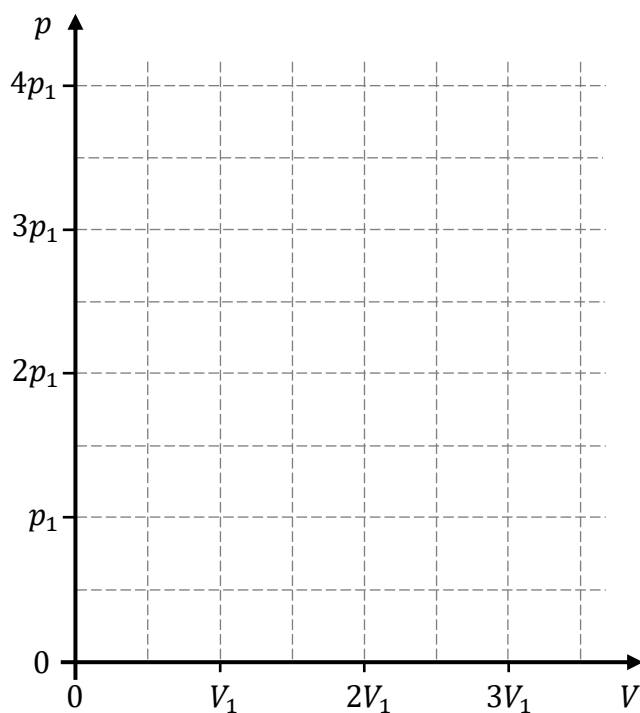
*Brudnopis*

**Zadanie 6.2. (0–4)**

Wyznacz  $V_B$ ,  $V_C$  oraz  $V_X$  – objętości gazu w stanach  $B$ ,  $C$  oraz  $X$  – w zależności tylko od  $V_1$ . Zapisz odpowiednie równania oraz podaj wzory na  $V_B$ ,  $V_C$  i  $V_X$ .

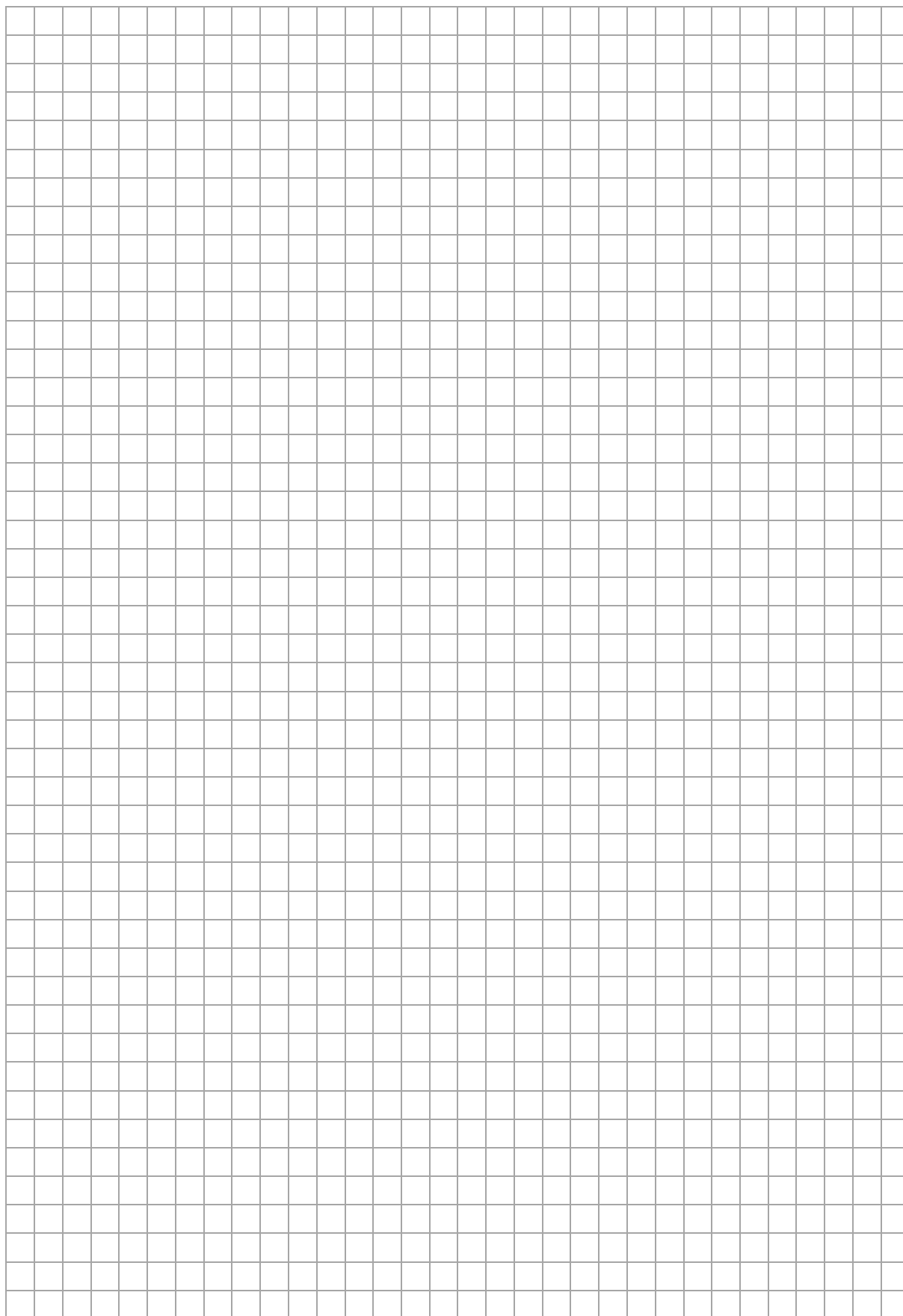
Na wykresie 2. narysuj zależność ciśnienia  $p$  od objętości  $V$  w opisanym cyklu przemian  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ . Oznacz stany gazu  $A$ ,  $B$ ,  $C$  oraz  $X$ .

Wykres 2.



6.2.

0–1–  
2–3–4



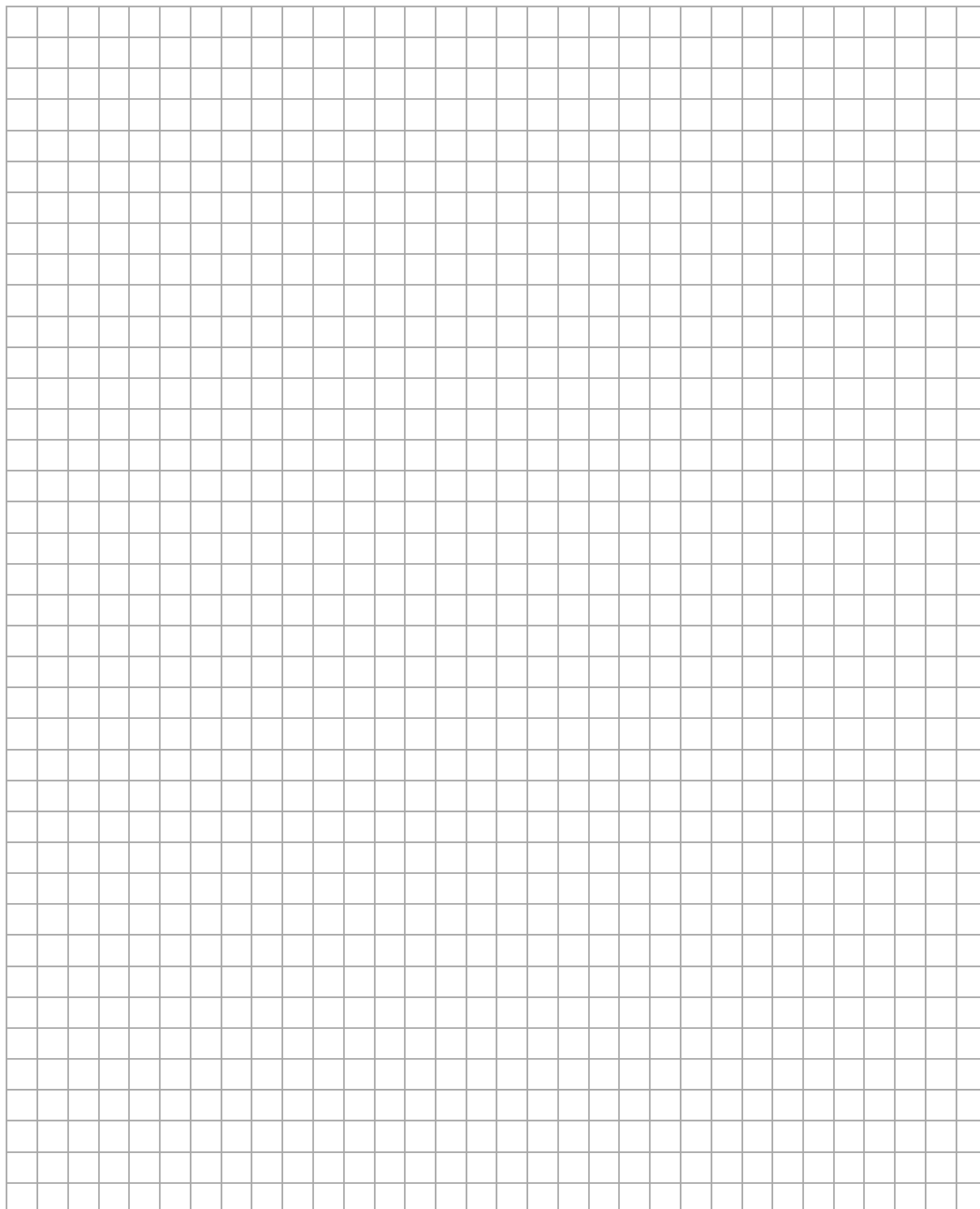
**Zadanie 6.3. (0–2)**

Ciepło oddane przez gaz do chłodnicy w jednym cyklu  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  oznaczmy jako  $Q_{odd}$ .

Wyznacz  $Q_{odd}$  w zależności tylko od  $T_1$  oraz od liczby moli gazu  $n$ , oraz od stałej gazowej  $R$ . Zapisz odpowiednie zależności oraz podaj postać wzoru na  $Q_{odd}$ .

6.3.

0–1–2



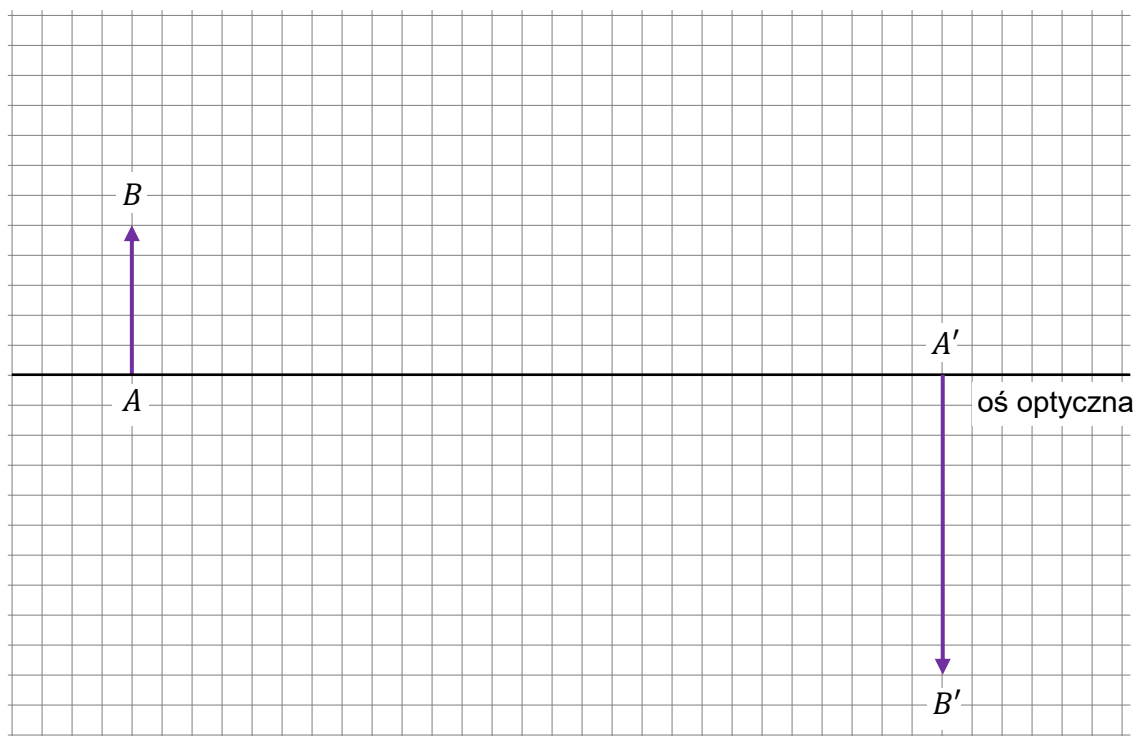
### Zadanie 7.

Za pomocą cienkiej soczewki szklanej  $S$  umieszczonej w powietrzu uzyskano ostry obraz  $A'B'$  przedmiotu  $AB$ .

Na rysunku poniżej przedstawiono położenie przedmiotu  $AB$  oraz położenie jego obrazu  $A'B'$ . Punkty  $A$  i  $A'$  leżą na osi optycznej soczewki  $S$ .

Przyjmij, że długość boku kratki na rysunku odpowiada w rzeczywistości 1 cm.

Rysunek



### Zadanie 7.1. (0–2)

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

|    |                                                                                                 |   |   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1. | Wytworzony przez soczewkę $S$ ostry obraz $A'B'$ przedmiotu $AB$ można zaobserwować na ekranie. | P | F |
| 2. | Soczewka $S$ jest soczewką skupiającą.                                                          | P | F |
| 3. | Odległość przedmiotu $AB$ od soczewki $S$ jest mniejsza od ogniskowej tej soczewki.             | P | F |

**Zadanie 7.2. (0–3)**

7.2.

0–1–  
2–3

Na rysunku zamieszczonym we wstępie do zadania 7. (na stronie 18) wyznacz konstrukcyjnie za pomocą promieni charakterystycznych położenie soczewki S oraz położenie jednego z jej ognisk.

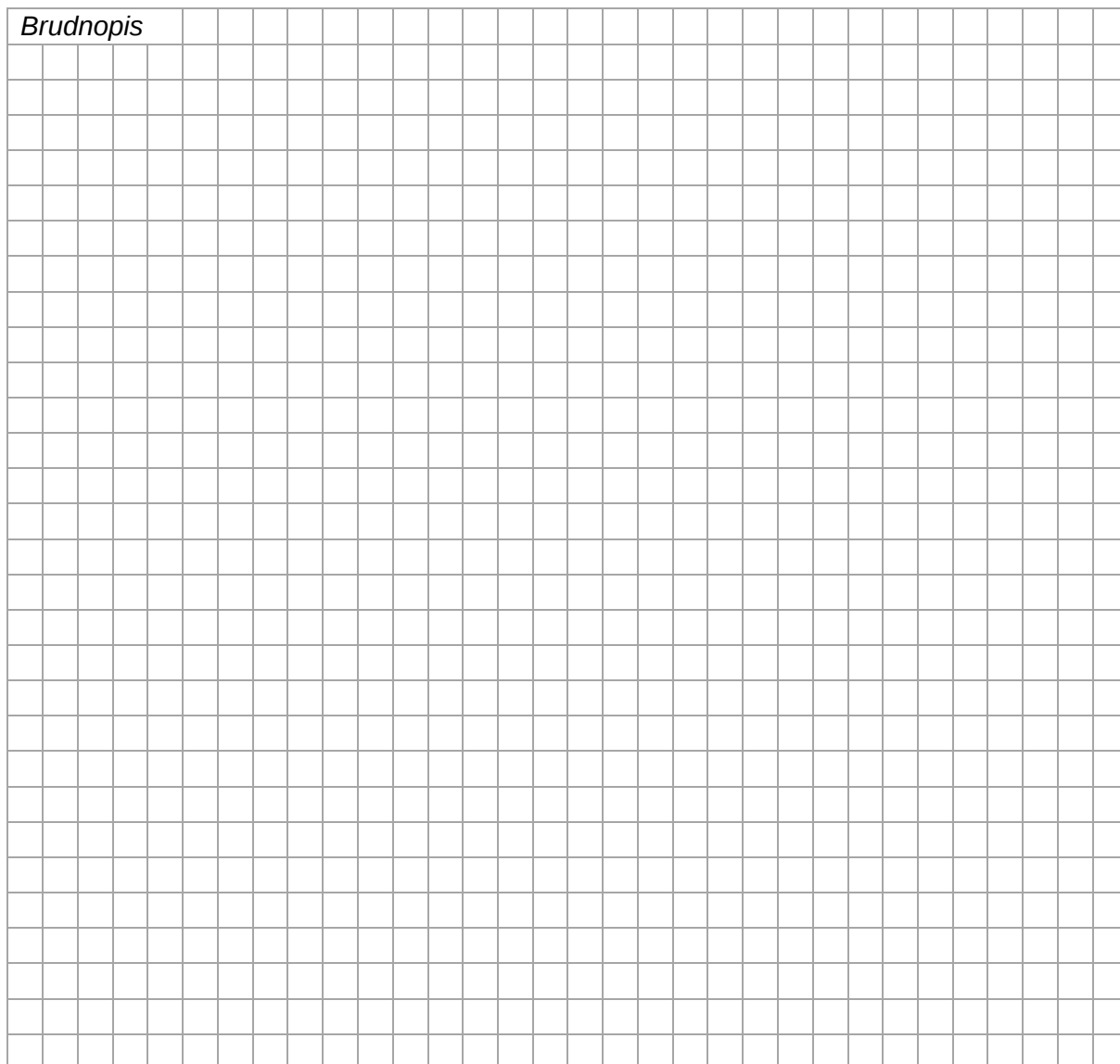
Podpisz położenie soczewki (lub soczewkę) jako S oraz ognisko jako F.

Zapisz w wykropkowanym miejscu poniżej wartość ogniskowej  $f$  soczewki S.

$$f = \dots\dots\dots \text{ cm}$$

*Uwaga! Dokładną wartość ogniskowej można wyznaczyć z położenia ogniska, bez wykonywania obliczeń. W tym przykładzie środek soczewki i ogniska leżą w punktach kratowych.*

Brudnopis



### Zadanie 8. (0–3)

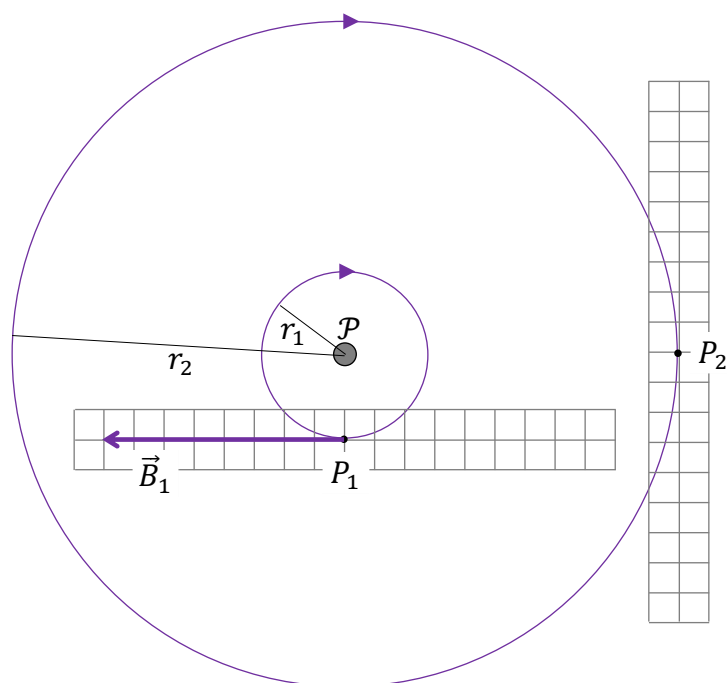
Na rysunku poniżej przedstawiono dwie wybrane linie pola magnetycznego wytwarzanego przez długi, prostoliniowy przewód  $\mathcal{P}$  z prądem umieszczony w próżni.

Na rysunku przedstawiono widok płaszczyzny prostopadłej do przewodnika  $\mathcal{P}$ .

Przyjmij następujące założenia oraz dane:

- linie pola są współśrodkowymi okręgami o promieniach  $r_1$  i  $r_2$ , takich, że  $r_2 = 4r_1$
- przewód  $\mathcal{P}$  jest bardzo długi
- $\vec{B}_1$  jest wektorem indukcji magnetycznej w punkcie  $P_1$
- pomijamy inne źródła pola magnetycznego
- długość boku kratki umieszczonej przy punktach  $P_1$  i  $P_2$  odpowiada umownej jednostce wartości wektora indukcji magnetycznej.

Rysunek



8.

0–1–  
2–3

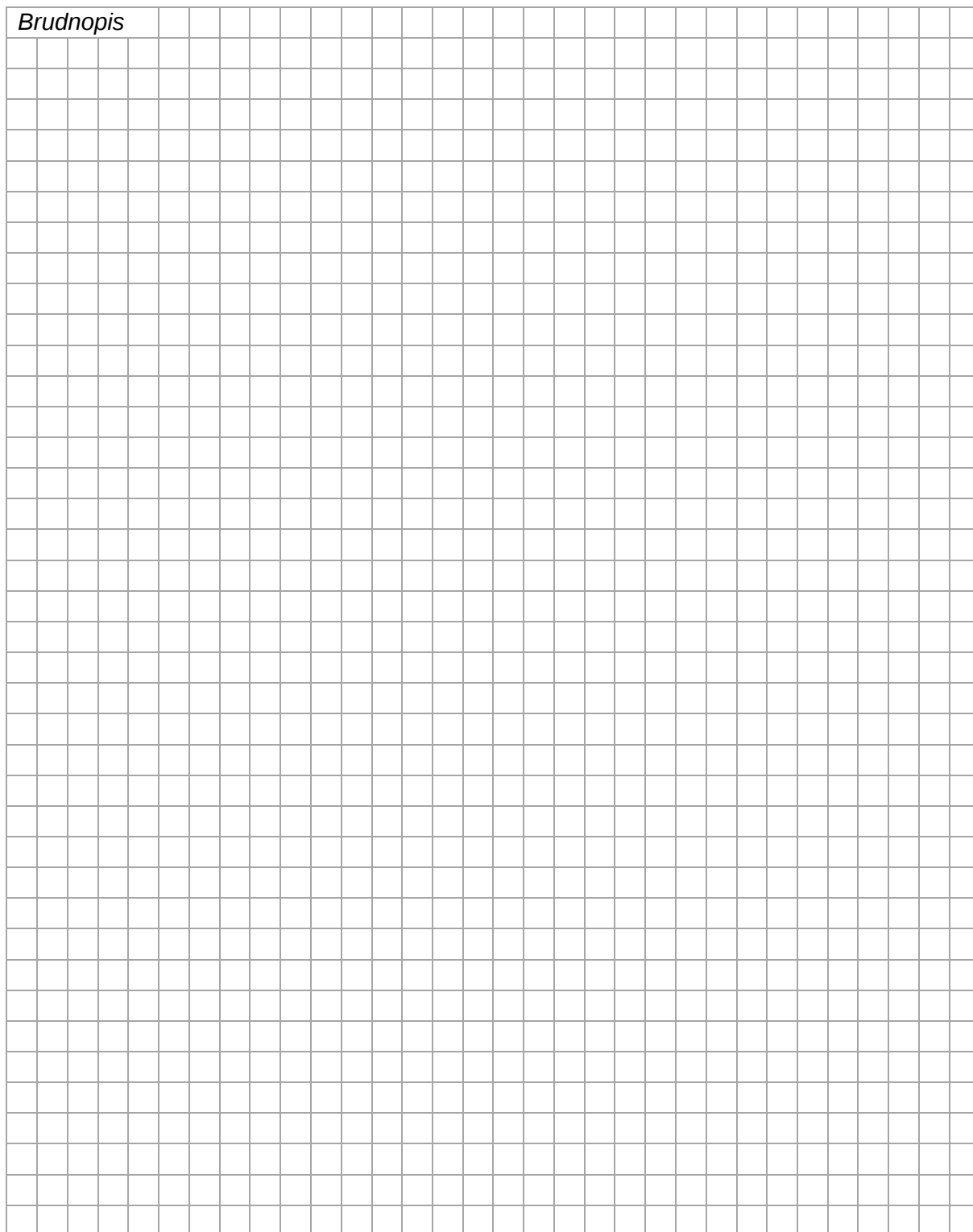
Na rysunku powyżej oznacz, w którą stronę płynie prąd w przewodniku  $\mathcal{P}$ .

Wpisz odpowiedni symbol (  $\odot$  lub  $\otimes$  ) przy literze  $\mathcal{P}$ , gdzie:

- $\odot$  – oznacza, że prąd płynie przed płaszczyznę rysunku (w stronę do patrzącego)
- $\otimes$  – oznacza, że prąd płynie za płaszczyznę rysunku.

Narysuj wektor indukcji magnetycznej  $\vec{B}_2$  w punkcie  $P_2$ . Zachowaj odpowiedni kierunek, właściwy zwrot oraz długość wektora, odpowiadającą jego wartości.

Brudnopis



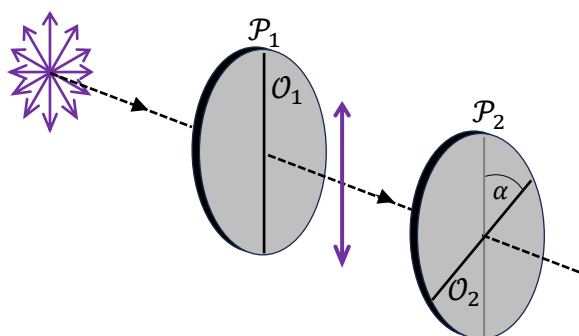
### Zadanie 9.

Wiązka niespolaryzowanego światła o natężeniu  $I$  pada prostopadłe na polaryzator liniowy  $\mathcal{P}_1$ . Światło, które przeszło przez polaryzator  $\mathcal{P}_1$ , dalej pada prostopadłe na polaryzator liniowy  $\mathcal{P}_2$ . Opisaną sytuację przedstawia rysunek 1. Przyjmij następujące warunki i oznaczenia:

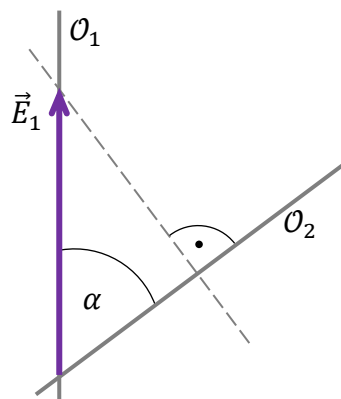
- natężenie światła po przejściu przez  $\mathcal{P}_1$  oznaczmy jako  $I_1$ , przy czym  $I_1 = \frac{1}{2}I$
- natężenie światła po przejściu przez  $\mathcal{P}_2$  oznaczmy jako  $I_2$
- kąt między osiami polaryzacji  $\mathcal{O}_1$  oraz  $\mathcal{O}_2$  polaryzatorów  $\mathcal{P}_1$  oraz  $\mathcal{P}_2$  oznaczmy jako  $\alpha$
- amplitudę fali elektromagnetycznej (amplitudę natężenia poła elektrycznego) po przejściu przez  $\mathcal{P}_1$  oznaczmy jako  $\vec{E}_1$ , a po przejściu przez  $\mathcal{P}_2$  oznaczmy jako  $\vec{E}_2$ . Wartości tych wektorów oznaczmy – odpowiednio – jako  $E_1$  oraz  $E_2$ .

Na rysunku 2. przedstawiono widok w płaszczyźnie równoległej do obu polaryzatorów. Oznaczono na nim osie polaryzacji  $\mathcal{O}_1$  oraz  $\mathcal{O}_2$  obu polaryzatorów oraz wektor  $\vec{E}_1$ .

Rysunek 1.



Rysunek 2.



9.1.

0–1

#### Zadanie 9.1. (0–1)

Na rysunku 2. narysuj wektor  $\vec{E}_2$  – amplitudę natężenia pola elektrycznego po przejściu światła przez polaryzator  $\mathcal{P}_2$ . Zachowaj odpowiedni kierunek, właściwy zwrot oraz długość wektora, odpowiadającą jego wartości.

#### Zadanie 9.2. (0–2)

Polaryzatory ustawiono tak, że ich osie polaryzacji były względem siebie pod kątem  $\alpha = 45^\circ$ .

9.2.

0–1–2

Oceń prawdziwość poniższych zależności. Zaznacz P, jeśli zależność jest prawdziwa, albo F – jeśli jest fałszywa.

|    |                     |   |   |
|----|---------------------|---|---|
| 1. | $E_1 = \sqrt{2}E_2$ | P | F |
| 2. | $I_1 = 2I_2$        | P | F |
| 3. | $I = 4I_2$          | P | F |



**Zadanie 10. (0–3)**

Pewna cząstka porusza się w inercjalnym układzie odniesienia  $\mathcal{U}$  z prędkością o wartości  $v = \frac{1}{2}c$ , gdzie  $c$  jest wartością prędkości światła w próżni.

Energia kinetyczna tej cząstki w układzie odniesienia  $\mathcal{U}$  jest równa  $E_k = 79,05 \text{ keV}$ .

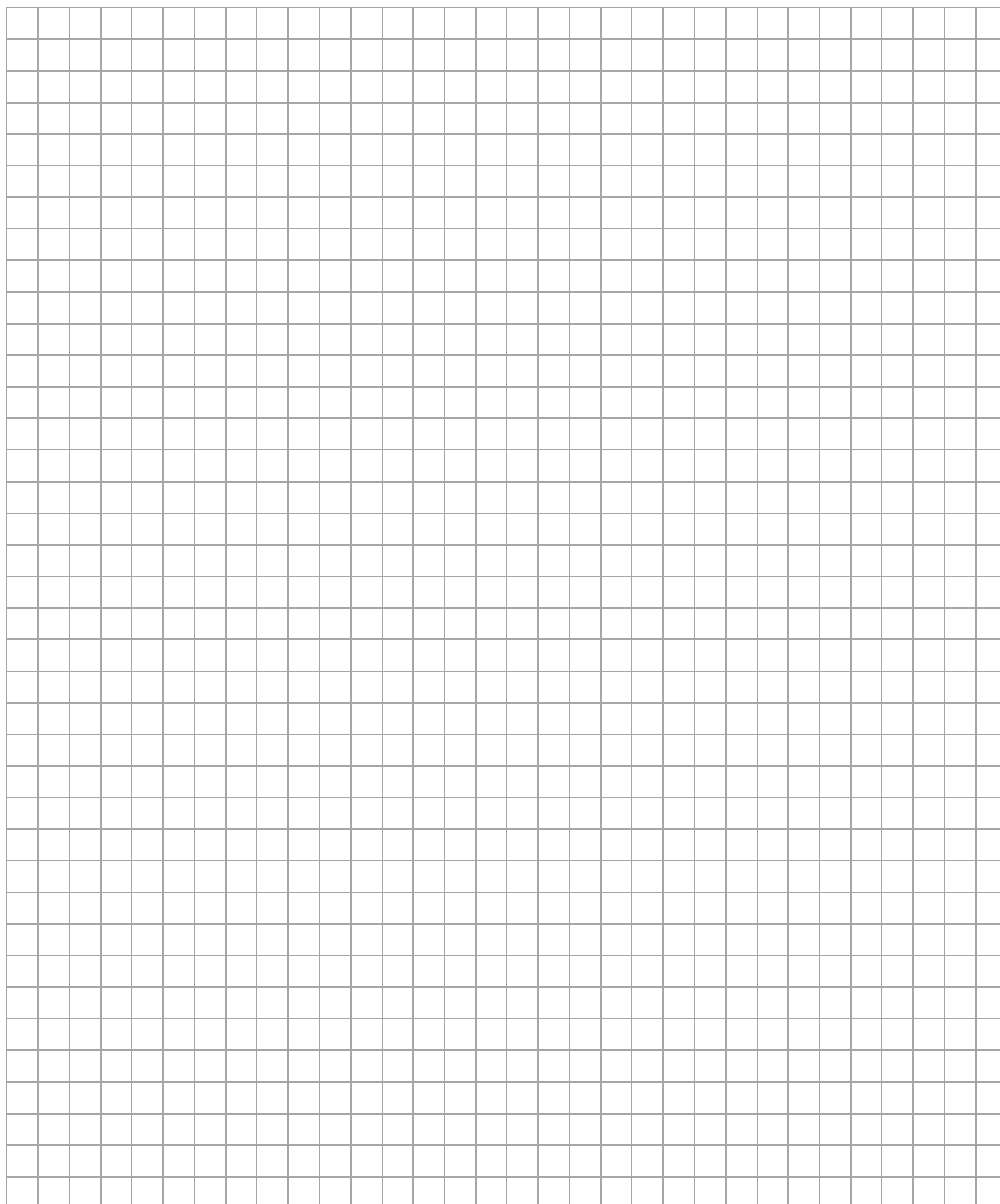
**Oblicz  $E_0$  – energię spoczynkową tej cząstki. Zapisz obliczenia.**

**Wynik podaj w keV, zaokrąglony do trzech cyfr znaczących.**

10.

0–1–

2–3



Rozważamy przejścia elektronu pomiędzy stanami (poziomymi) energetycznymi w atomie wodoru. Przejście elektronu ze stanu energetycznego o numerze  $n$  i energii  $E_n$  do stanu energetycznego o numerze  $k$  i energii  $E_k$  oznaczmy w zadaniu jako  $n \rightarrow k$ .

### Zadanie 11.1. (0–1)

Długość fali oraz energię fotonu emitowanego przez atom wodoru podczas przejścia  $5 \rightarrow 3$  oznaczmy – odpowiednio – jako  $\lambda_{53}$  oraz  $E_{53}$ .

Długość fali oraz energię fotonu emitowanego przez atom wodoru podczas przejścia  $4 \rightarrow 3$  oznaczmy – odpowiednio – jako  $\lambda_{43}$  oraz  $E_{43}$ .

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

Relacje pomiędzy długościami fal i energiami fotonów emitowanych podczas opisanych przejść są następujące:

|           |                               |      |           |                   |
|-----------|-------------------------------|------|-----------|-------------------|
| <b>A.</b> | $\lambda_{53} > \lambda_{43}$ | oraz | <b>1.</b> | $E_{53} > E_{43}$ |
| <b>B.</b> | $\lambda_{53} < \lambda_{43}$ |      | <b>2.</b> | $E_{53} < E_{43}$ |
| <b>C.</b> | $\lambda_{53} = \lambda_{43}$ |      | <b>3.</b> | $E_{53} = E_{43}$ |

---

*Brudnopis*



### Zadanie 12.

Izotop plutonu  $^{238}_{94}\text{Pu}$  ulega rozpadowi promieniotwórczemu w wyniku przemiany  $\alpha$ .

Podczas rozpadu jądra tego izotopu plutonu powstają cząstka  $\alpha$  oraz jądro pewnego pierwiastka, który oznaczmy jako X.

Przyjmij, że w opisanym rozpadzie  $\alpha$ :

- iloraz masy jądra pierwiastka X i masy cząstki  $\alpha$  wynosi w zaokrągleniu

$$\frac{m_X}{m_\alpha} \approx 58,5$$

- w chwili tuż przed opisanym rozpadem jądro plutonu  $^{238}_{94}\text{Pu}$  było nieruchome
- wartości prędkości jądra pierwiastka X i cząstki  $\alpha$  – powstałych po rozpadzie jądra plutonu  $^{238}_{94}\text{Pu}$  – są dużo mniejsze od wartości prędkości światła w próżni.

### Zadanie 12.1. (0–2)

Poniżej przedstawiono schemat rozpadu  $\alpha$  jądra plutonu  $^{238}_{94}\text{Pu}$ .



symbol (lub nazwa) pierwiastka X: .....

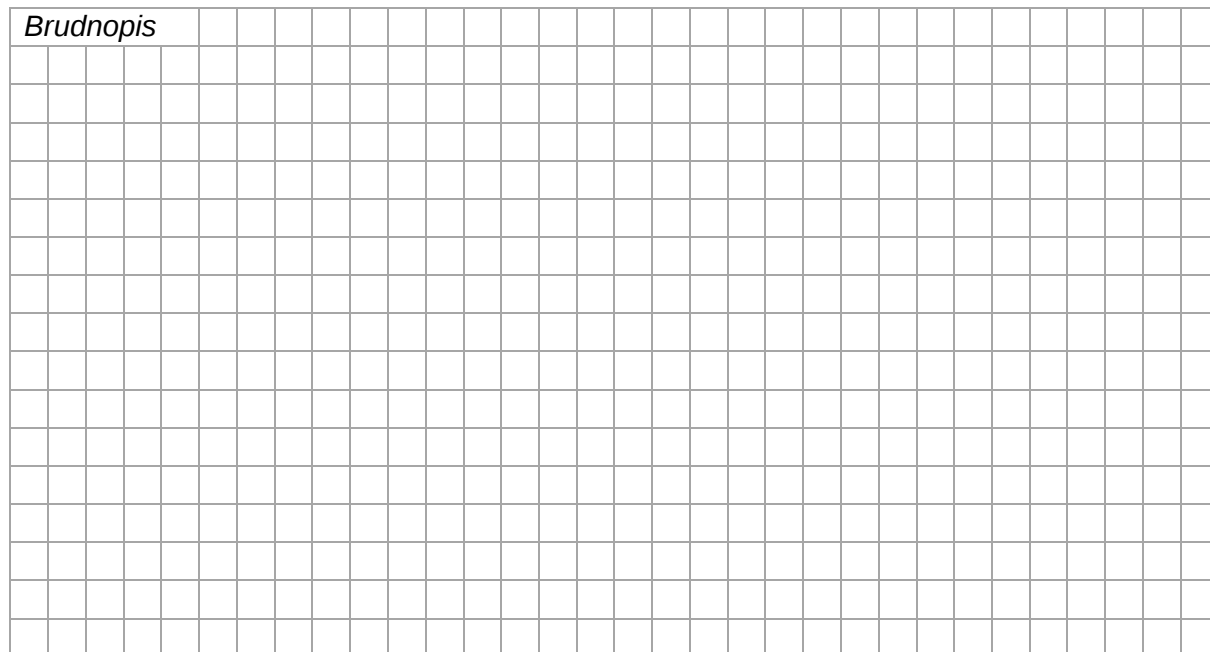
12.1.

0–1–2

**Uzupełnij powyższy schemat tak, aby powstało równanie rozpadu  $\alpha$ .**

**Wpisz w wy kropkowane miejsca w schemacie właściwe liczby: atomową i masową, a pod schematem – symbol (lub nazwę) pierwiastka X, którego jądro powstaje w tym rozpadzie.**

Brudnopis



**Zadanie 12.2. (0–3)**

Energie kinetyczne jądra pierwiastka X i cząstki  $\alpha$ , tuż po rozpadzie jądra  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ , oznaczmy – odpowiednio – jako  $E_{kin X}$  i  $E_{kin \alpha}$ .

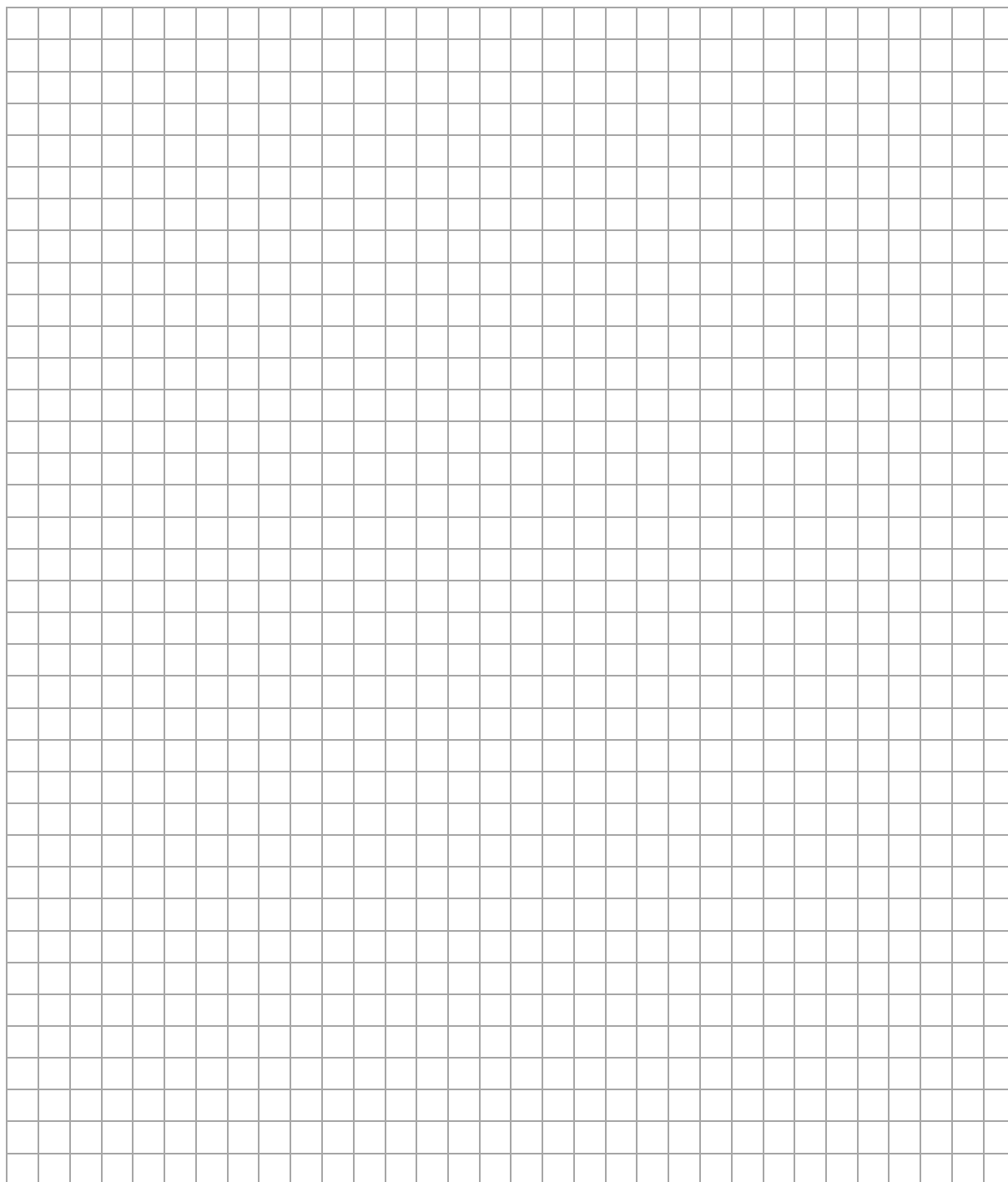
Oblicz iloraz  $\frac{E_{kin X}}{E_{kin \alpha}}$ . Zapisz obliczenia.

*Wskazówka: Skorzystaj z zasady zachowania pędu.*

**12.2.**

0–1–

2–3



### Zadanie 12.3. (0–3)

Próbka  $Z$  zawierająca izotop plutonu  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$  wytwarza energię w postaci ciepła na skutek rozpadu promieniotwórczego tego izotopu plutonu. Moc cieplną generowaną przez tę próbkę oznaczmy jako  $P$ .

Próbka  $Z$  – w pewnej chwili  $t_0$  – wytwarzała moc cieplną równą  $P_0 = 100 \text{ J/s}$ .

Dokładnie po czasie  $t = 5$  lat od chwili  $t_0$  moc cieplna spadła do wartości  $P_t = 96,13 \text{ J/s}$ .

Przyjmij, że moc cieplna wytwarzana przez próbkę  $Z$  jest wprost proporcjonalna do liczby jąder izotopu plutonu  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$  pozostających w próbce  $Z$ .

**Oblicz  $T$  – czas połowicznego rozpadu izotopu plutonu  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ . Zapisz obliczenia. Wynik podaj w latach, zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.**

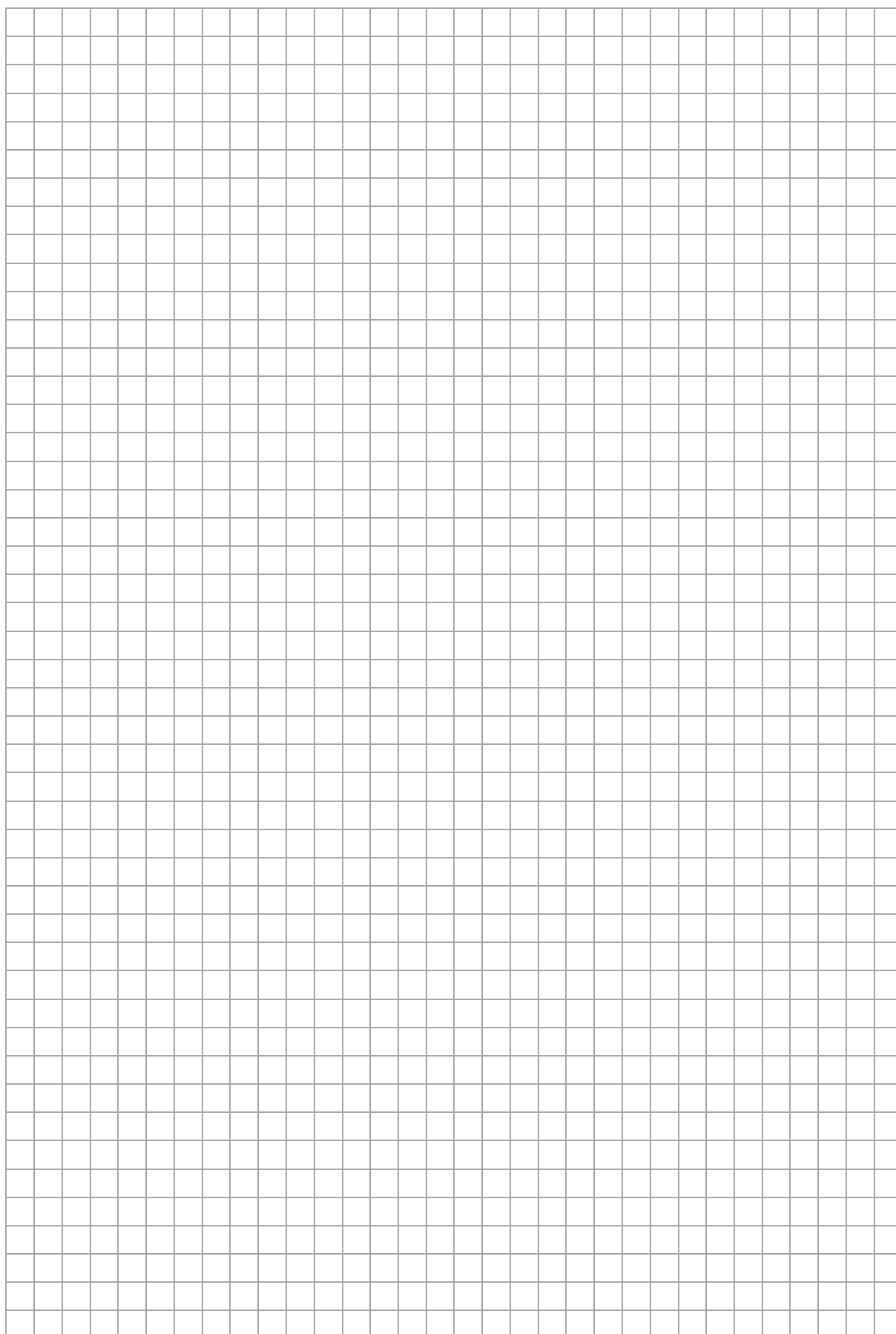
*Wskazówki: 1) Jeśli  $a^c = b$  oraz  $a > 0$ ,  $a \neq 1$ ,  $b > 0$ , to  $c = \log_a b$ .*

*2) Możesz wykorzystać wzór:  $\log_a b = \frac{\log_{10} b}{\log_{10} a}$  dla  $a > 0$ ,  $a \neq 1$ ,  $b > 0$ .*

|       |
|-------|
| 12.3. |
| 0–1–  |
| 2–3   |



## BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)







# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*



# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*



# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*

