

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**

**TEST DIAGNOSTYCZNY**

Symbol arkusza

MFAP-R0-**100**-2412

DATA: **13 grudnia 2024**

GODZINA ROZPOCZĘCIA: **14:00**

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 28 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. 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.

W chwili  $t_0 = 0$  s początkowo nieruchoma, sztywna platforma w kształcie koła o środku  $S$  rozpoczyna obrót dookoła osi prostopadłej do platformy i przechodzącej przez  $S$ . Do chwili  $t_1 = 8$  s platforma obraca się ze stałym przyspieszeniem kątowym  $\epsilon$  i wykonuje w tym czasie dokładnie jeden obrót. W chwili  $t_1$  platforma uzyskała prędkość kątową  $\omega$ . Od chwili  $t_1$  platforma obraca się ze stałą prędkością kątową  $\omega$ . Promień platformy wynosi  $R = 4$  m.

1.1.

0-1-2

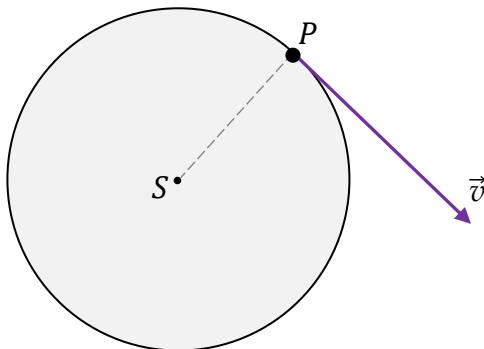
#### Zadanie 1.1. (0-2)

Rysunki 1. i 2. przedstawiają platformę w czasie, gdy jej ruch obrotowy jest jednostajnie przyspieszony. Na rysunku 1. narysowano wektor  $\vec{v}$  prędkości punktu  $P$ , leżącego na brzegu platformy.

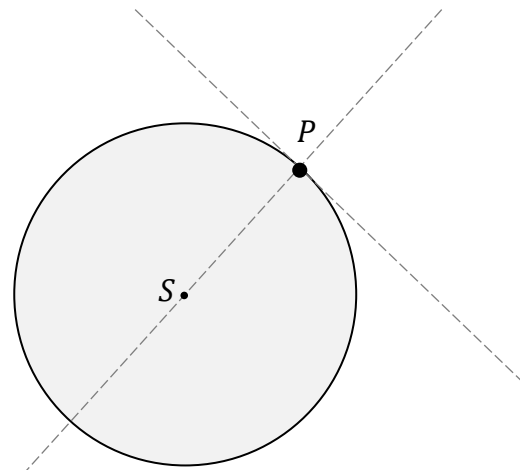
Na rysunku 2. narysuj składową styczną  $\vec{a}_s$  oraz składową dośrodkową  $\vec{a}_r$  wektora przyspieszenia  $\vec{a}$  punktu  $P$ . Następnie wyznacz graficznie i narysuj wektor  $\vec{a}$ . Podpisz wszystkie narysowane wektory.

*Uwaga! Długości składowej stycznej  $\vec{a}_s$  oraz składowej dośrodkowej  $\vec{a}_r$  wektora przyspieszenia  $\vec{a}$  mogą być na rysunku umowne.*

Rysunek 1.



Rysunek 2.



1.2.

0-1-2

#### Zadanie 1.2. (0-2)

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

W chwili czasu  $t = 5$  s

1.	wszystkie punkty platformy różne od punktu $S$ mają takie samo przyspieszenie kątowe.	P	F
2.	największą wartość prędkości liniowej mają punkty leżące na brzegu platformy.	P	F
3.	wszystkie punkty platformy mają tę samą wartość przyspieszenia dośrodkowego.	P	F

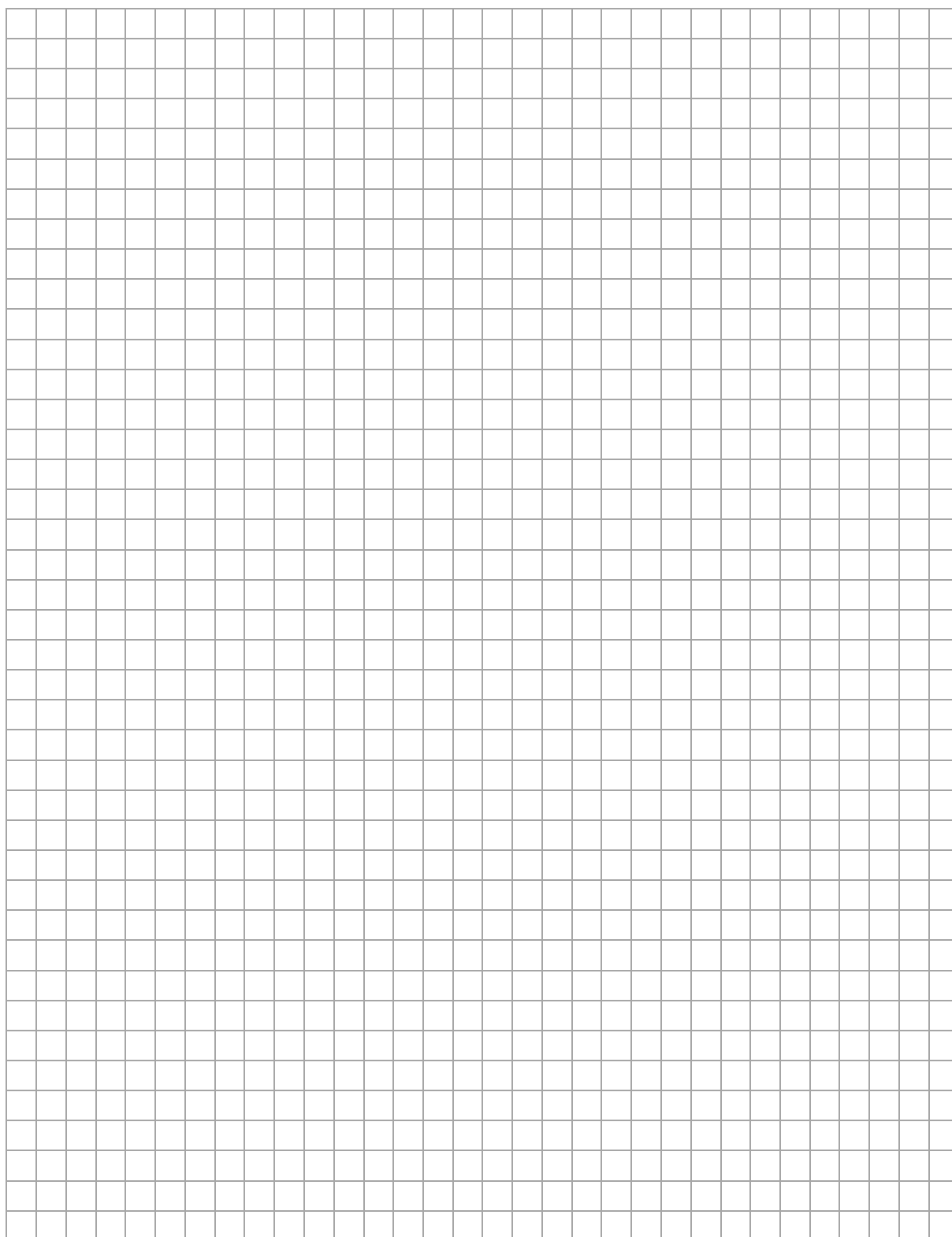


**Zadanie 1.3. (0–3)**

**Oblicz, ile obrotów wykona platforma w czasie  $\Delta t = 60$  s, liczonym od chwili  $t_0 = 0$  s.  
Zapisz obliczenia.**

1.3.

0–1–  
2–3

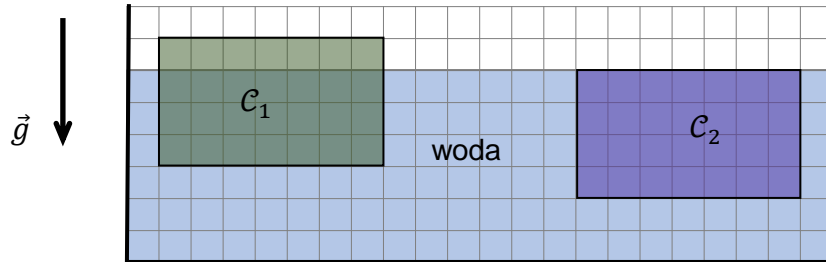


## Zadanie 2.

Ciała  $C_1$  i  $C_2$  mają różne masy i są bryłami w kształcie prostopadłościanów o takich samych wymiarach. Po włożeniu tych ciał do naczynia z wodą zaobserwowano, że:

- ciało  $C_1$  pozostaje nieruchomo, przy czym  $\frac{3}{4}$  objętości tego ciała jest zanurzone w wodzie
- ciało  $C_2$  pozostaje nieruchomo całkowicie zanurzone w wodzie (i nie dotyka dna).

Przyjmij, że obserwację wykonano w układzie inercyjnym, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym. Opisaną sytuację przedstawiono na poniższym rysunku.



## Zadanie 2.1. (0–3)

Punkty  $C_1$  i  $C_2$  na poniższych diagramach 1. i 2. odpowiadają ciałom  $C_1$  i  $C_2$ . Długość boku kratki na każdym diagramie odpowiada umownej jednostce siły.

Na diagramie 1. narysowano siłę wyporu  $\vec{F}_{w1}$ , działającą na ciało  $C_1$ .

2.1.

0–1–

2–3

Na diagramie 1. narysuj i oznacz siłę grawitacji  $\vec{F}_{g1}$ , działającą na  $C_1$ .

Na diagramie 2. narysuj i oznacz siły grawitacji  $\vec{F}_{g2}$  oraz wyporu  $\vec{F}_{w2}$ , działające na  $C_2$ .

Zachowaj odpowiednie kierunki, zwroty oraz dokładne długości wszystkich wektorów, odpowiadające wartościom tych sił.

Diagram 1.

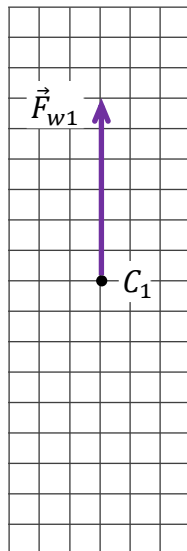
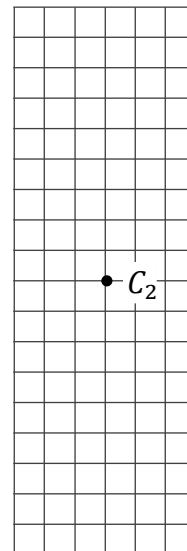


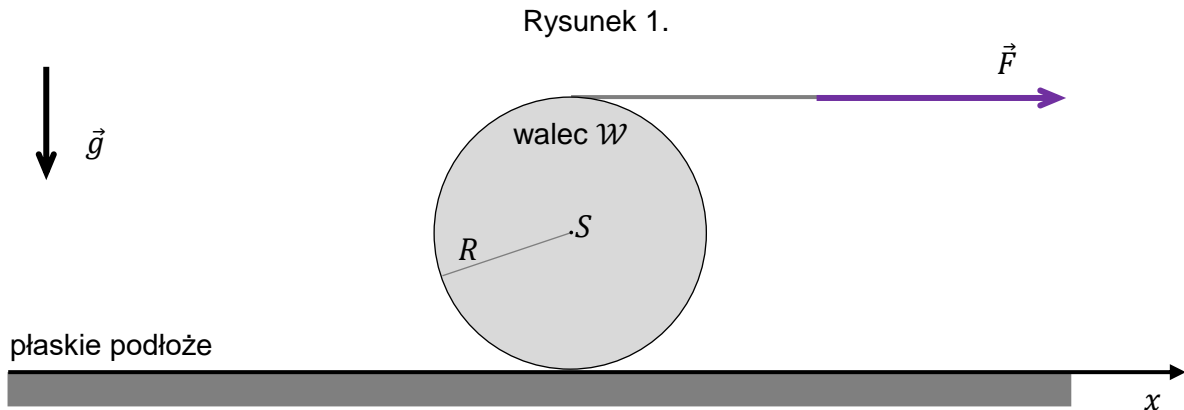
Diagram 2.





### Zadanie 3.

Walec  $\mathcal{W}$  toczy się po poziomym płaskim podłożu wzdłuż osi  $x$ . Walec jest rozpędzany przez cienką linkę nawiniętą na jego powierzchnię boczną, która to linka jest ciągnięta ze stałą poziomą siłą  $\vec{F}$  (zobacz rysunek 1.).



Moment bezwładności walca  $\mathcal{W}$  względem jego osi symetrii przechodzącej przez środek masy  $S$  walca jest równy:

$$I_0 = \frac{1}{2} mR^2$$

gdzie  $m$  jest masą walca,  $R$  jest promieniem walca.

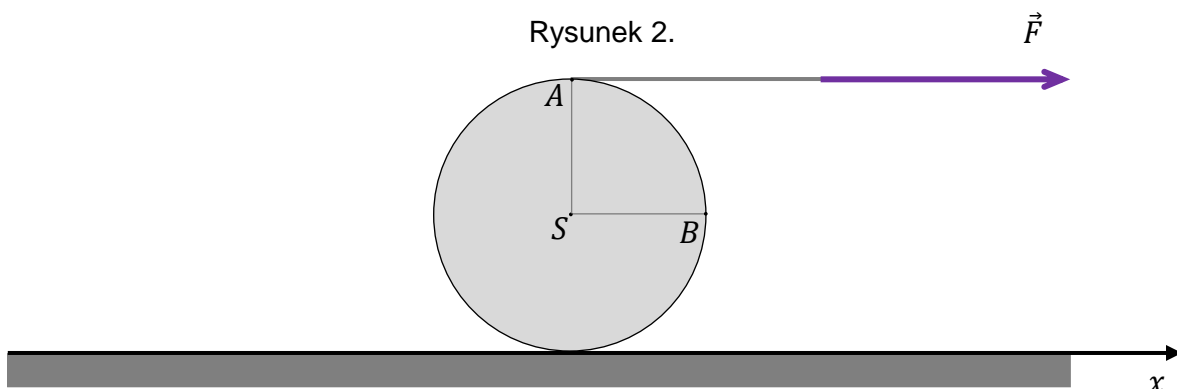
Do analizy zagadnienia przyjmij model zjawiska, w którym:

- walec toczył się bez poślizgu
- w kierunku poziomym na walec działały tylko stała siła tarcia statycznego  $\vec{T}$  oraz siła  $\vec{F}$
- siła tarcia  $\vec{T}$  między walcem a podłożem nie osiągnęła wartości maksymalnej
- pomijamy inne (tzn. oprócz tarcia statycznego) opory ruchu
- ruch walca rozpatrujemy w inercjalnym układzie odniesienia związanym z podłożem, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym
- pomijamy masę linki.

### Zadanie 3.1. (0–2)

W pewnej chwili  $t$  środek masy  $S$  walca  $\mathcal{W}$  osiągnął prędkość o wartości  $v_S = 2,5$  m/s.

Na rysunku 2. oznaczono punkty  $A$  i  $B$  na powierzchni walca w chwili  $t$  (odcinek  $SA$  jest pionowy, a odcinek  $SB$  jest poziomy).





Wpisz w wykropkowane miejsca poniżej wartości prędkości punktu *A* i punktu *B* walca względem podłoża.

$$v_A = \dots\dots\dots \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_B = \dots\dots\dots \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.1.  
0-1-2

Brudnopis																			

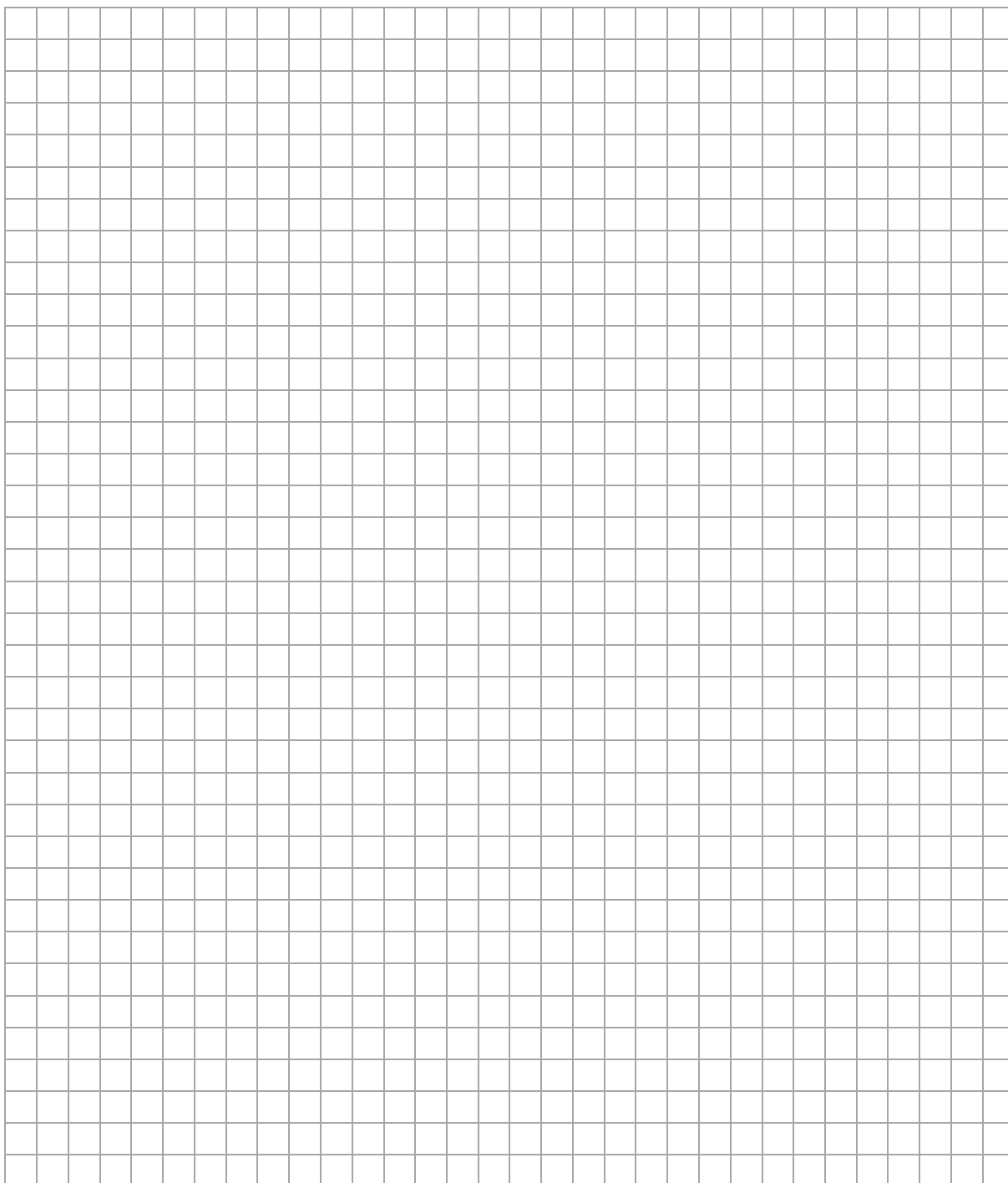
**Zadanie 3.2. (0-4)**

Wyznacz współrzędną  $T_x$  siły tarcia  $\vec{T}$  w zależności tylko od wartości  $F$  siły  $\vec{F}$ .

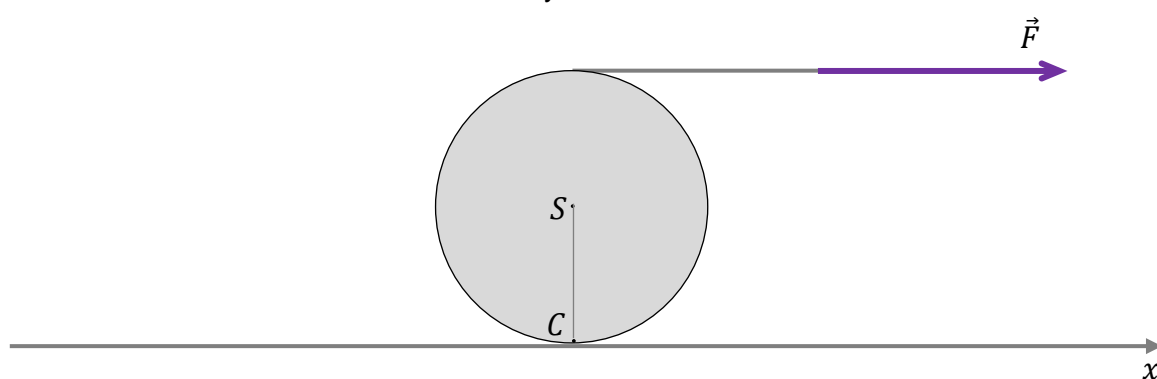
Na podstawie otrzymanego wyniku zweryfikuj, czy zwrot siły tarcia  $\vec{T}$  – przyjęty w rozwiązaniu – jest poprawny. Następnie na rysunku 3. (na stronie 10) narysuj siłę tarcia  $\vec{T}$  przyłożoną w punkcie *C* walca – uwzględnij jej poprawny kierunek i zwrot.

*Wskazówka: Przyjmij, że gdy wektor jest skierowany zgodnie ze zwrotem osi  $x$ , to jego współrzędna jest dodatnia, a gdy wektor jest skierowany przeciwie do zwrotu osi  $x$ , to jego współrzędna jest ujemna.*

3.2.  
0-1-  
2-3-4

Rysunek 3.



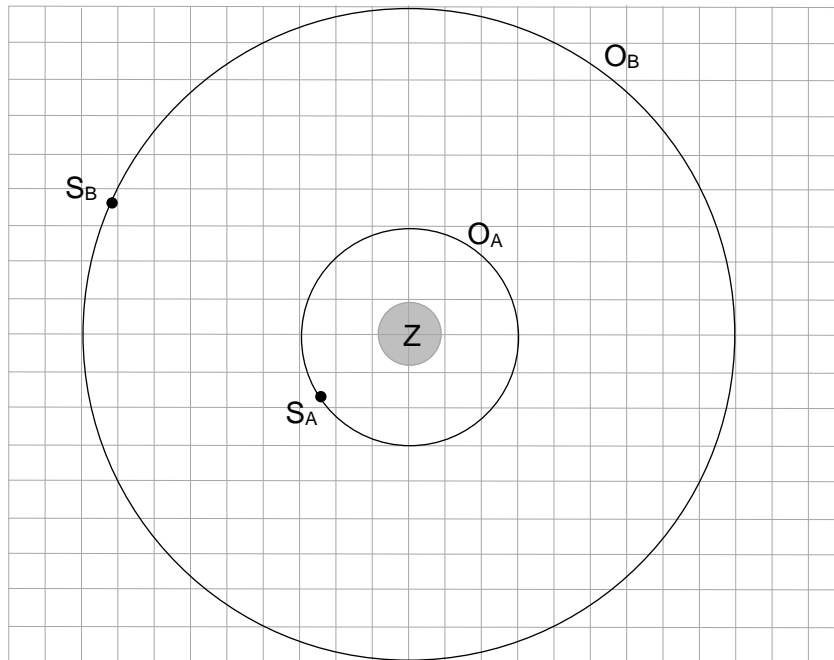
#### Zadanie 4.

Satelity  $S_A$  oraz  $S_B$  poruszają się dookoła Ziemi po orbitach kołowych  $O_A$  i  $O_B$  jedynie pod wpływem siły grawitacji. Orbity tych satelitów leżą w jednej płaszczyźnie, a względne rozmiary obu orbit przedstawiono na rysunku poniżej.

Masy obu satelitów są sobie równe:  $m_A = m_B = m$ .

Promień orbit kołowych  $O_A$  oraz  $O_B$  oznaczymy odpowiednio jako  $r_A$  i  $r_B$ .

Długość boku pojedynczej kratki odpowiada umownej jednostce odległości.



#### Zadanie 4.1. (0–2)

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

1.	Iloraz $T_B/T_A$ okresów obiegu dookoła Ziemi satelity $S_B$ i satelity $S_A$ jest równy $\sqrt{27}$ .	P	F
2.	Przyśpieszenie satelity $S_B$ na orbicie $O_B$ , określone w układzie inercyjnym, jest przyśpieszeniem dośrodkowym.	P	F
3.	Prędkość orbitalna satelity $S_B$ na orbicie $O_B$ zależy od jego masy.	P	F

#### Zadanie 4.2. (0–1)

Wartość siły grawitacji działającej na satelitę  $S_A$  na orbicie  $O_A$  oznaczymy jako  $F_A$ , a wartość siły grawitacji działającej na satelitę  $S_B$  na orbicie  $O_B$  oznaczymy jako  $F_B$ .

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Poprawną zależność między  $F_A$  a  $F_B$  określa równanie

A.  $F_A = F_B$

B.  $F_A = 3F_B$

C.  $F_A = 6F_B$

D.  $F_A = 9F_B$

4.1.

0–1–2

4.2.

0–1

### Zadanie 4.3. (0–4)

Pracę, jaką musi wykonać siła ciągu silników satelity  $S_A$ , aby przenieść go z orbity  $O_A$  na orbitę  $O_B$ , na której będzie poruszał się z wyłączonymi silnikami, oznaczmy jako  $W_{AB}$ .

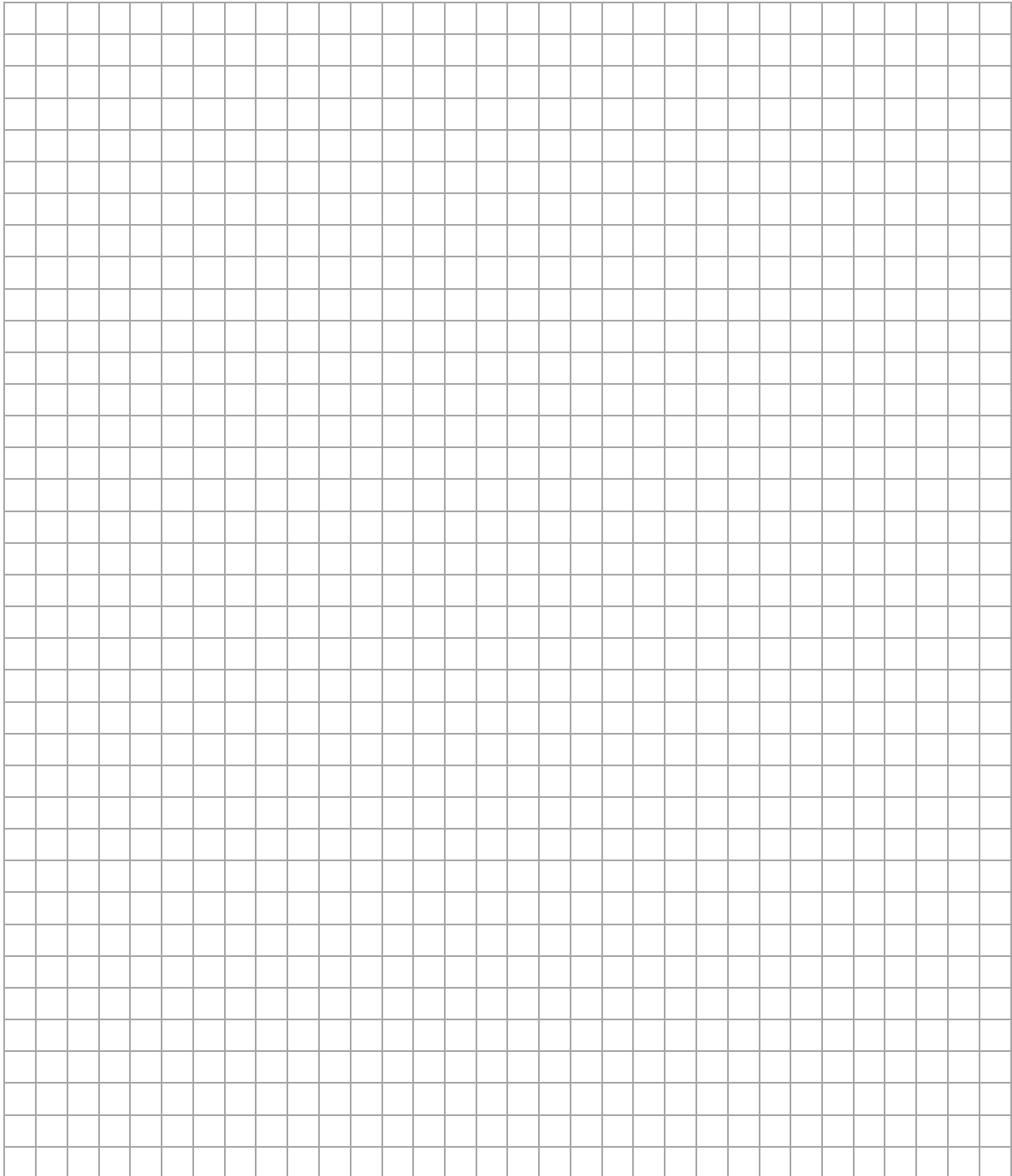
W obliczeniach pomiń zmianę masy satelity podczas działania silników odrzutowych.

4.3.

0–1–  
2–3–4

Wyznacz  $W_{AB}$  w zależności tylko od wielkości: promienia  $r_A$  orbity  $O_A$ , masy  $m$  satelity  $S_A$ , masy  $M_Z$  Ziemi oraz stałej grawitacji  $G$ .

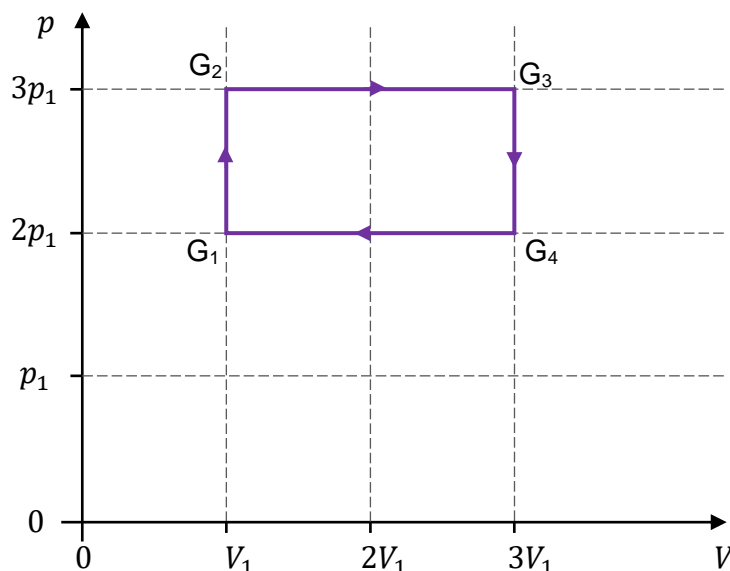
Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać wzoru na  $W_{AB}$ .



### Zadanie 5.

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

Stany gazu w początkowych i końcowych etapach poszczególnych przemian oznaczono symbolami:  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$ .



### Zadanie 5.1. (0–1)

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

1.	Wartość bezwzględna pracy siły parcia gazu w przemianie $G_2 - G_3$ jest 1,5 razy większa od wartości bezwzględnej pracy przeciwko sile parcia gazu w przemianie $G_4 - G_1$ .	P	F
2.	Wartość bezwzględna ciepła wymienionego przez gaz z otoczeniem w przemianie $G_3 - G_4$ jest 3 razy większa od wartości bezwzględnej ciepła wymienionego przez gaz z otoczeniem w przemianie $G_1 - G_2$ .	P	F

5.1.

0–1

### Zadanie 5.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wykropkowane miejsce.

Iloraz temperatur  $\frac{T_2}{T_4}$  gazu w stanach  $G_2$  i  $G_4$ , jest równy .....

Brudnopis																			

5.2.

0–1

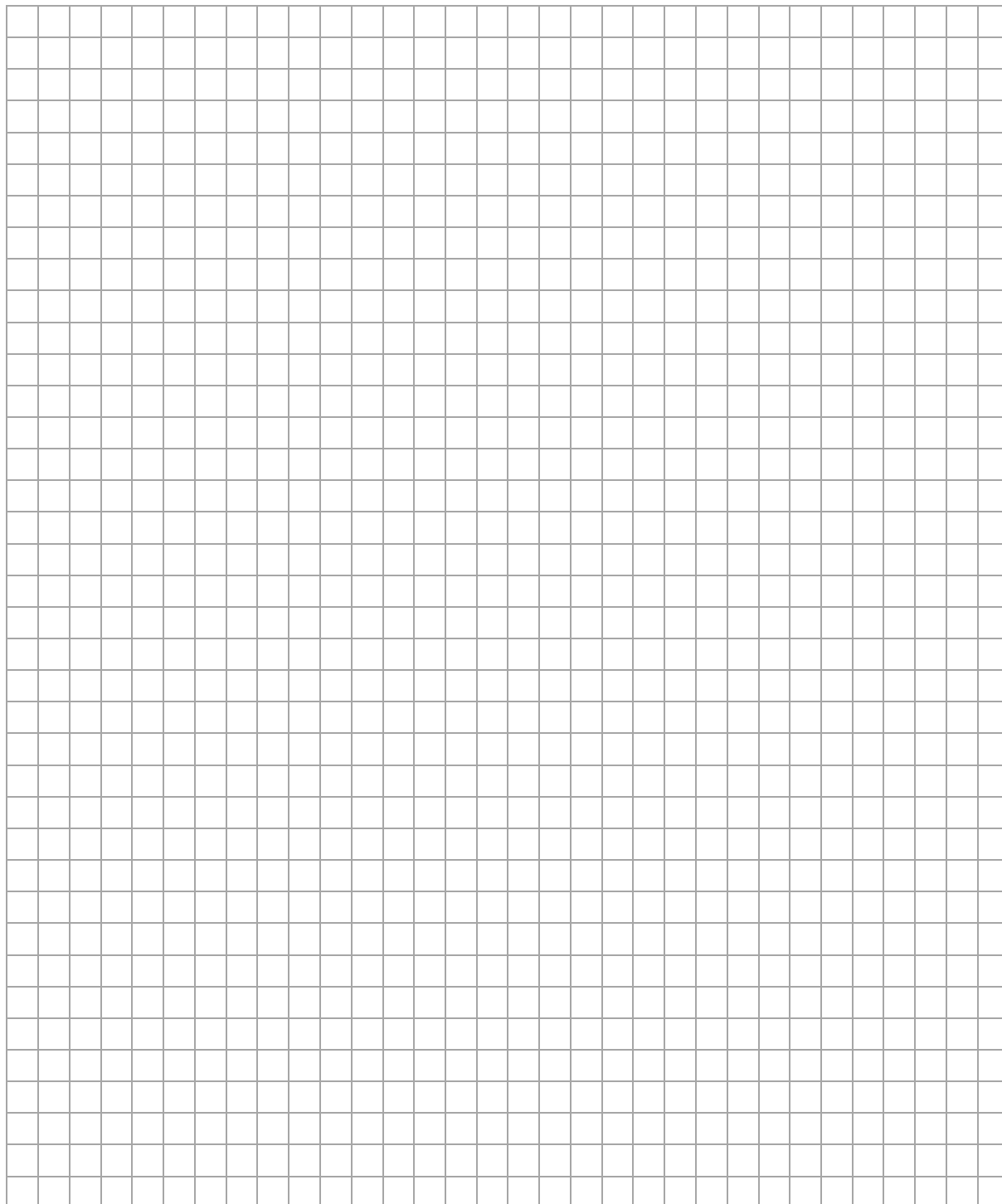
### Zadanie 5.3. (0–4)

Przemiany gazu opisane we wstępie do zadania 5. zachodzą podczas pracy pewnego silnika cieplnego S. Ciepło molowe tego gazu przy stałej objętości wynosi  $C_V = \frac{3}{2}R$ , gdzie  $R$  jest stałą gazową.

5.3.

0–1–  
2–3–4

**Oblicz sprawność silnika cieplnego S. Zapisz obliczenia.**



### Zadanie 6.

Prostokątna ramka ABCD prądnicy obraca się w jednorodnym polu magnetycznym  $\vec{B}$  ze stałą prędkością kątową  $\omega = 100\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ . Na zaciskach X i Y prądnicy jest wytwarzane napięcie przemiennie  $U(t)$ , którego zależność od czasu  $t$  jest sinusoidalna:

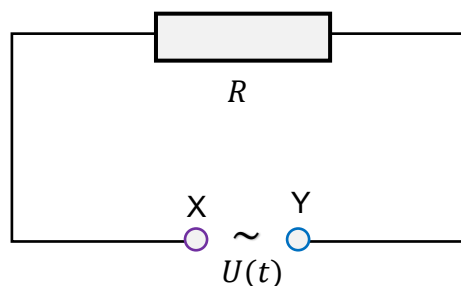
$$U(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \phi_0) \quad \text{gdzie } \phi_0 - \text{faza początkowa}$$

Napięcie skuteczne na zaciskach X, Y prądnicy jest równe  $U_{sk} = 24 \text{ V}$ .

Do zacisków X, Y prądnicy podłączono opornik o oporze elektrycznym  $R = 10 \Omega$ .

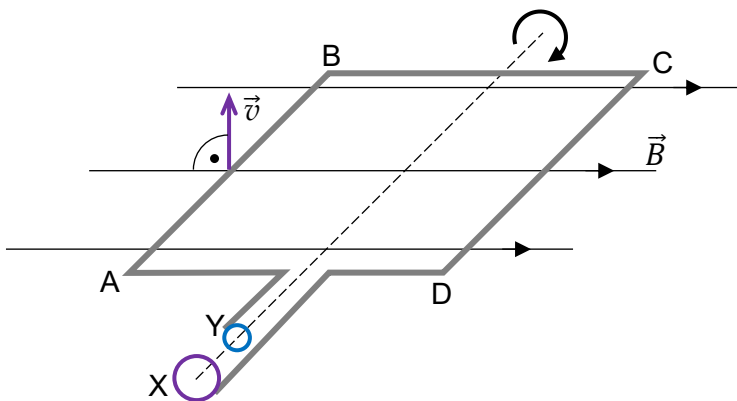
Schemat tego obwodu zewnętrznego przedstawia rysunek 1.

Rysunek 1. (schemat obwodu)

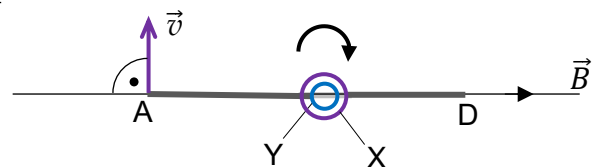


Położenie (względem linii pola magnetycznego) obracającej się ramki ABCD prądnicy oraz prędkość  $\vec{v}$  boku AB tej ramki, w chwili  $t = 0 \text{ s}$ , przedstawiają rysunki 2. i 3.

Rysunek 2. (widok perspektywiczny)



Rysunek 3. (widok od strony boku AD)



W zadaniu pomijamy pole magnetyczne wytwarzane przez prąd płynący w ramce.

### Zadanie 6.1. (0–2)

Na rysunku 2. przy boku AB narysuj strzałkę, która pokazuje, w którą stronę płynie prąd w chwili  $t = 0 \text{ s}$  w prądnicy.

Następnie przy symbolach X, Y zacisków prądnicy na rysunku 1. wpisz odpowiednie znaki (wybrane spośród „+” oraz „-”) oznaczające biegunowość źródła napięcia dla obwodu zewnętrznego, w chwili  $t = 0 \text{ s}$ .

6.1.

0–1–2

**Zadanie 6.2. (0-4)**

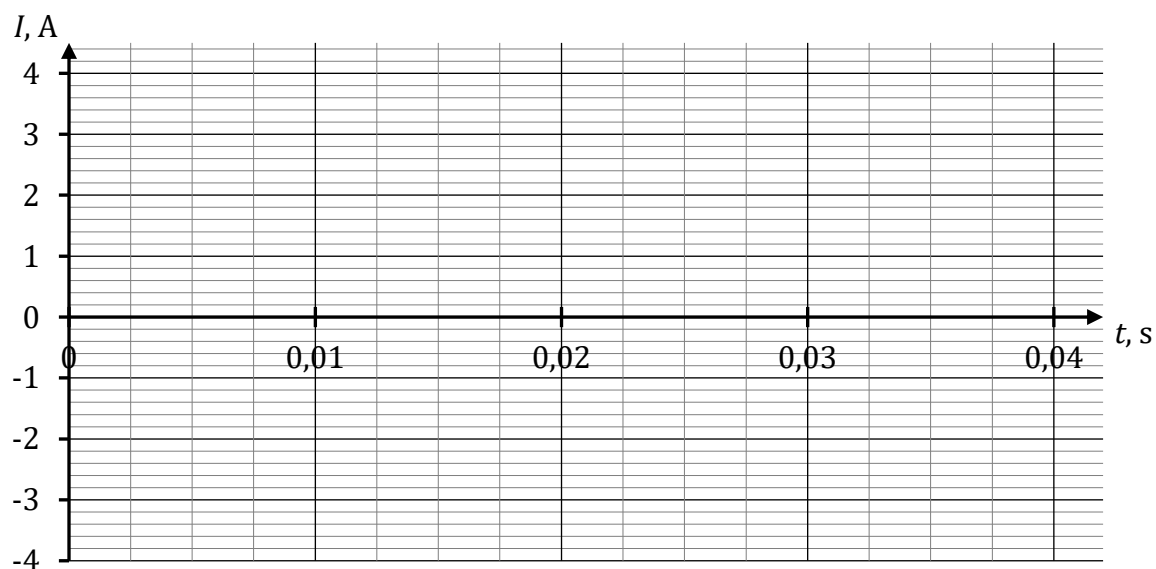
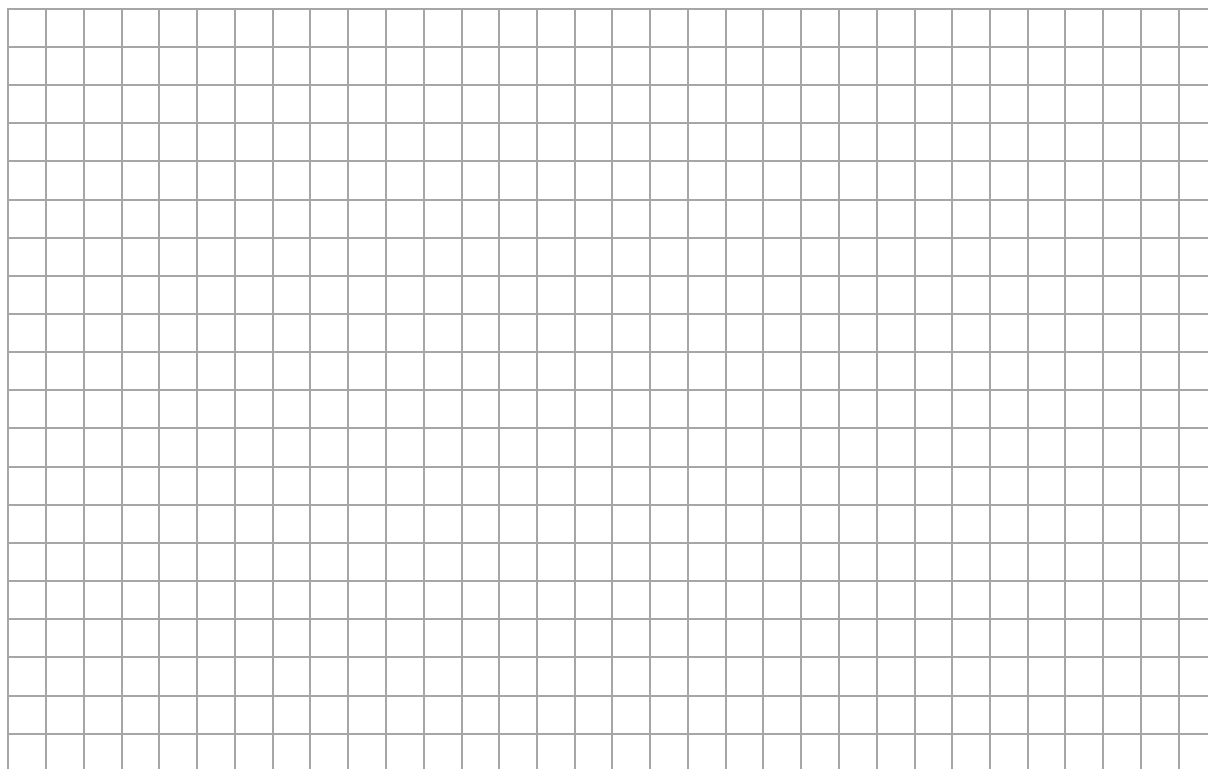
Ustal wielkości dotyczące prądu zmiennego przepływającego przez opornik  $R$ :

- amplitudę  $I_{max}$  natężenia prądu
- okres  $T$  zmian natężenia prądu
- natężenie prądu w chwili  $t = 0$  s (równoważnie – fazę początkową  $\phi_0$ )

Zapisz wartości tych wielkości i niezbędne obliczenia dotyczące  $I_{max}$  oraz  $T$ .

Następnie, w poniższym układzie współrzędnych  $(t, I)$ , w przedziale czasu od  $t_0 = 0$  s do  $t = 0,04$  s, narysuj wykres zależności natężenia  $I$  prądu przepływającego przez opornik  $R$  od czasu  $t$ .

Przyjmij, że w chwili  $t_0 = 0$  s natężenie prądu płynącego przez opornik  $R$  jest dodatnie.





### Zadanie 6.3. (0–2)

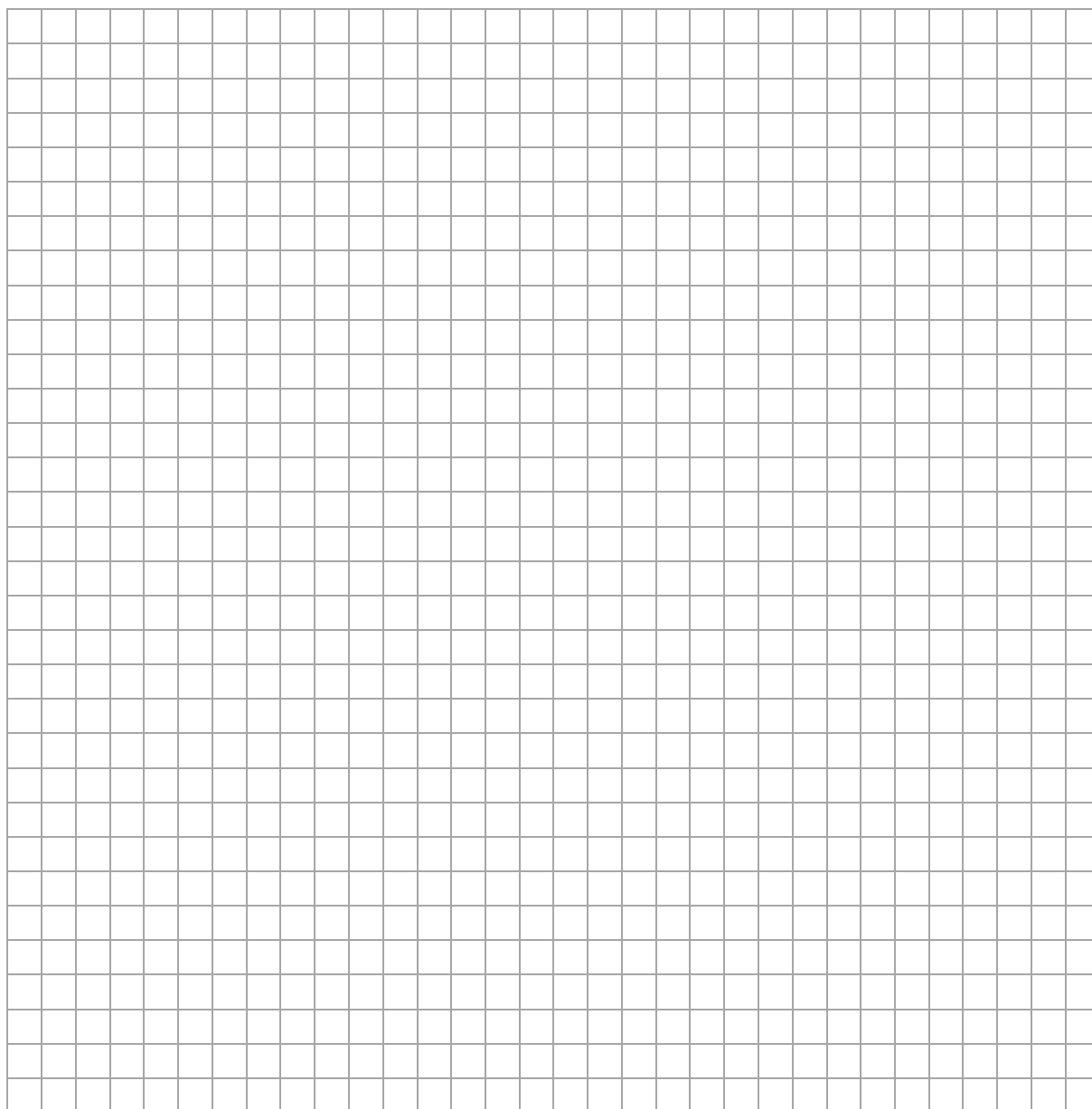
Prędkość kątową ramki prądniczy zwiększono do  $\tilde{\omega} = 120\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ .

Oblicz napięcie skuteczne  $\tilde{U}_{sk}$  na zaciskach X, Y prądniczy po tej zmianie.  
Zapisz obliczenia.

*Wskazówka: Skorzystaj z Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki.*

6.3.

0–1–2



### Zadanie 7. (0–4)

Dwie jednakowe cienkie soczewki skupiające S1 i S2 ustawiono na ławie wzdłuż wspólnej osi optycznej  $O$ . Ogniska soczewki S1 oznaczmy jako  $F_{1L}$  i  $F_{1P}$ , a ogniska soczewki S2 oznaczmy jako  $F_{2L}$  i  $F_{2P}$ .

Na rysunkach 1.–2. przedstawiono różne położenia soczewek S1, S2 na osi optycznej  $O$ . Ponadto na każdym z rysunków przedstawiono fragment promienia P, biegnącego równoległe do osi optycznej  $O$  i padającego na soczewkę S1.

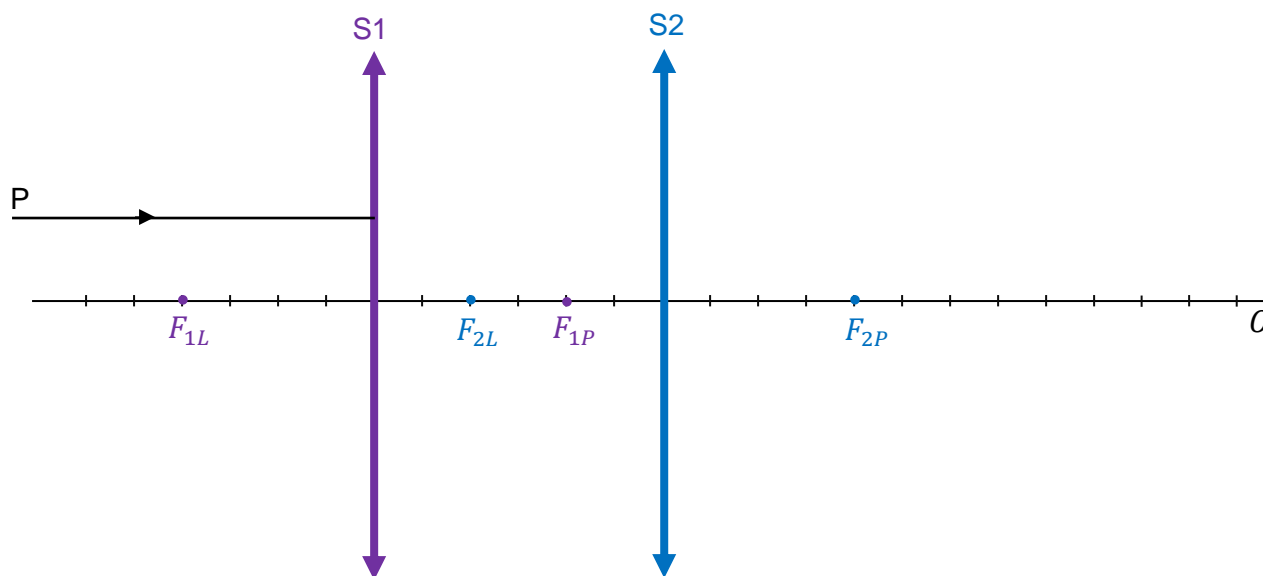
Kolory wykorzystano w celu odróżnienia obu soczewek i ich ognisk (nie ma to związku z długością fali świetlnej promienia).

7.  
0–1–  
2–3–4

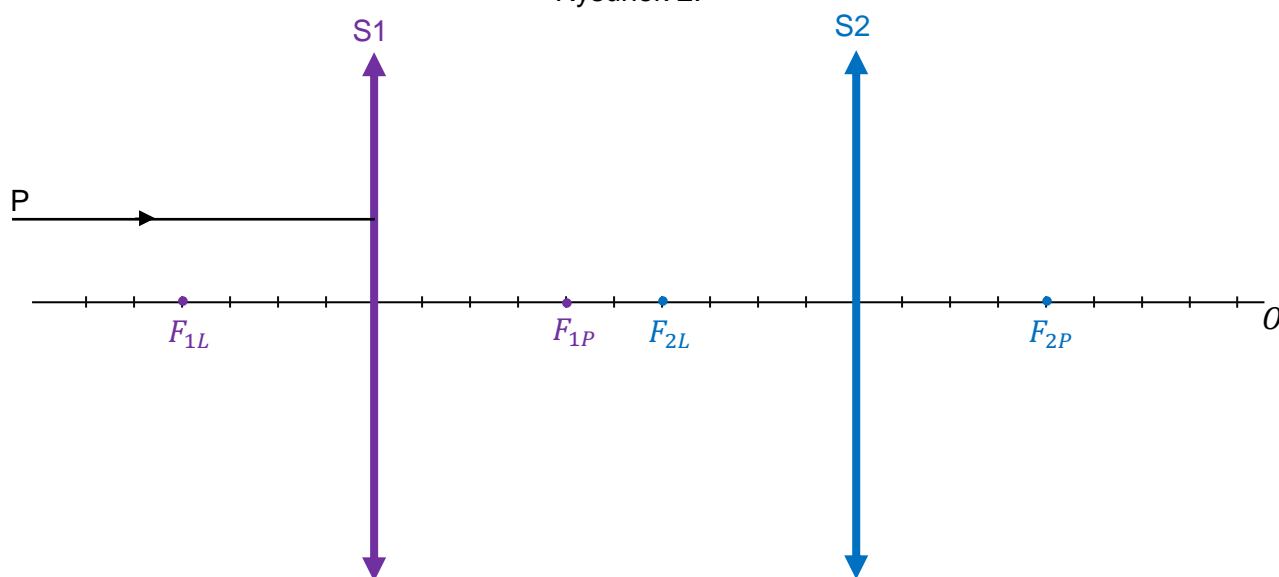
Na każdym z rysunków 1. i 2. dorysuj dalszy bieg promienia P od soczewki S1 do soczewki S2 i dalej – po przejściu przez S2.

Kierunek biegu promienia P za soczewką S2 wyznacz konstrukcyjnie.

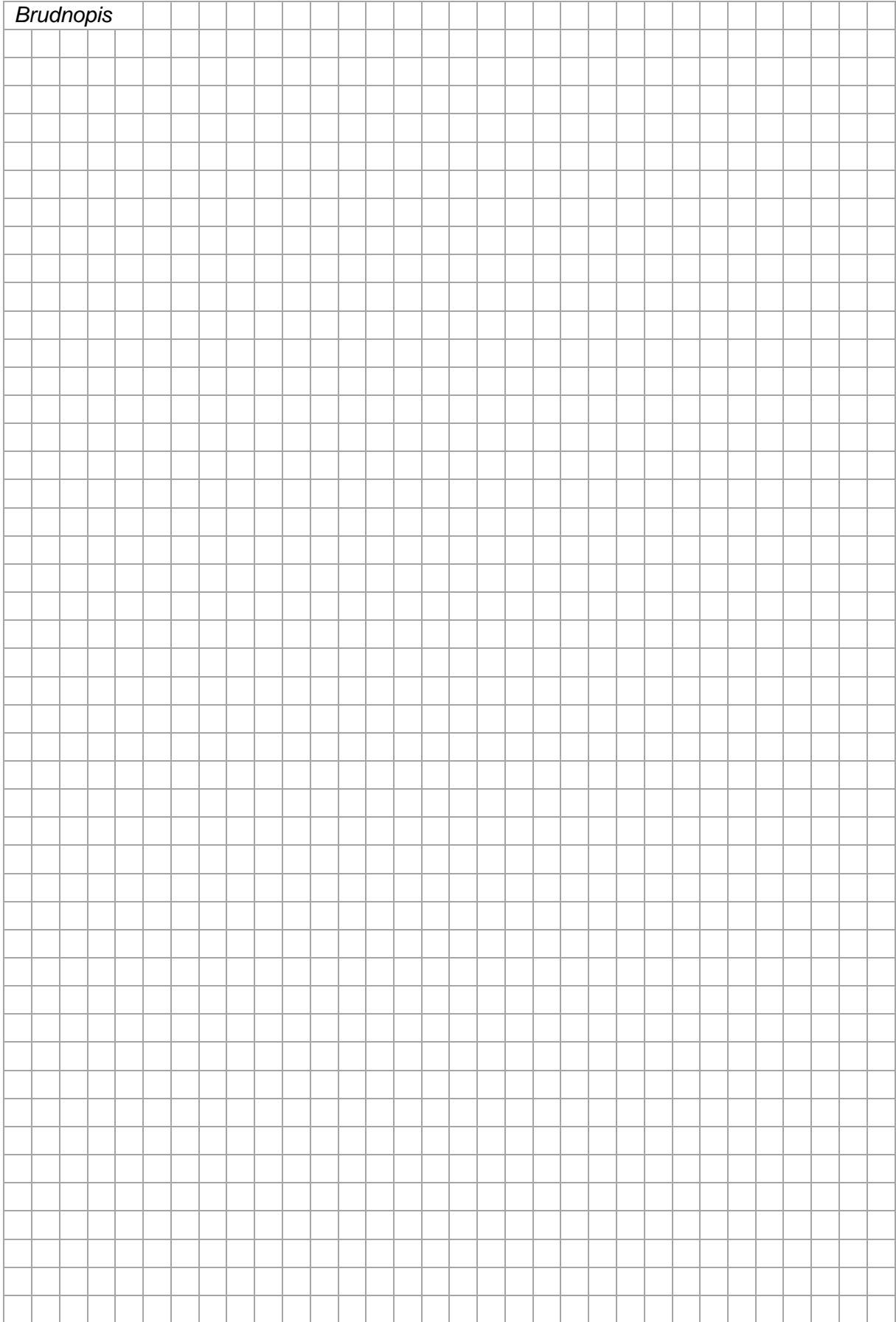
Rysunek 1.



Rysunek 2.



*Brudnopis*



### Zadanie 8.

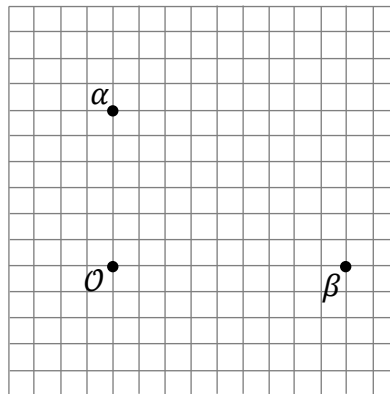
Na diagramie 1. przedstawiono aktualne położenie względne obserwatora  $\mathcal{O}$  i dwóch galaktyk  $\alpha$  oraz  $\beta$ . Odległości między  $\alpha$ ,  $\beta$  oraz  $\mathcal{O}$  są rzędu dziesiątek milionów lat świetlnych.

Na płaszczyźnie diagramu 1. naniesiono siatkę ukazującą stosunki odległości między  $\alpha$ ,  $\beta$  oraz  $\mathcal{O}$ . Długość boku kratki na diagramie 1. odpowiada umownej jednostce odległości.

Przyjmij następujące założenia:

- prędkości oddalania się galaktyk  $\alpha$  oraz  $\beta$  od obserwatora  $\mathcal{O}$  wynikają jedynie z rozszerzania się Wszechświata (pomijamy ruchy lokalne galaktyk)
- Wszechświat rozszerza się tak samo we wszystkich kierunkach
- przestrzeń ma euklidesową geometrię.

Diagram 1.

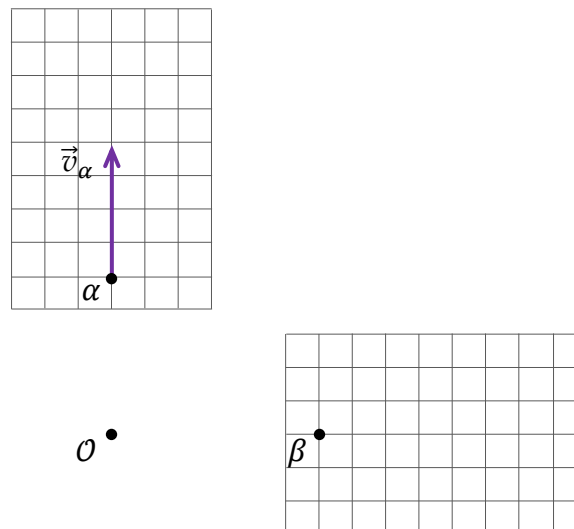


### Zadanie 8.1. (0–2)

Aktualne prędkości galaktyk  $\alpha$  i  $\beta$  względem  $\mathcal{O}$  oznaczmy odpowiednio jako  $\vec{v}_\alpha$  i  $\vec{v}_\beta$ .

Na diagramie 2. narysowano i oznaczono prędkość  $\vec{v}_\alpha$ . Długość boku kratki na diagramie 2. odpowiada umownej jednostce prędkości.

Diagram 2.



8.1.

0–1–2

Na diagramie 2. narysuj wektor aktualnej prędkości  $\vec{v}_\beta$  galaktyki  $\beta$  względem  $\mathcal{O}$ . Zachowaj odpowiedni kierunek, zwrot oraz dokładną długość wektora, odpowiadającą wartości aktualnej prędkości  $\vec{v}_\beta$ .

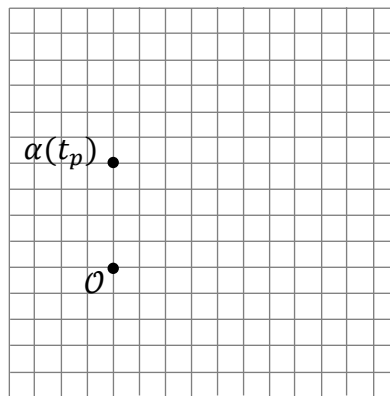


Brudnopis

### Zadanie 8.2. (0–1)

Na diagramie 3. przedstawiono położenie galaktyki  $\alpha$  w pewnej chwili  $t_p$  odległej przeszłości. Położenia galaktyki  $\beta$  w chwili  $t_p$  nie oznaczono. Długość boku kratki odpowiada umownej jednostce odległości – tej samej, co na diagramie 1.

Diagram 3.



Na diagramie 3. oznacz kropką i podpisz jako  $\beta(t_p)$  położenie galaktyki  $\beta$  w chwili  $t_p$ .

*Uwaga! Położenie  $\beta(t_p)$  znajduje się w punkcie kratowym siatki diagramu.*

8.2.

0–1

Brudnopis

### Zadanie 9.

Gdy elektron w atomie przechodzi ze stanu energetycznego o numerze  $n$  i energii  $E_n$  do stanu energetycznego o numerze  $k$  i energii  $E_k$ , gdzie  $E_n > E_k$ , to emituje foton. Takie przejście elektronu między stanami energetycznymi w atomie oznaczmy jako  $n \rightarrow k$ .

Atom wodoru emituje światło widzialne tylko podczas przejść typu  $n \rightarrow 2$ , gdzie  $n \in \{3,4,5,6\}$ .

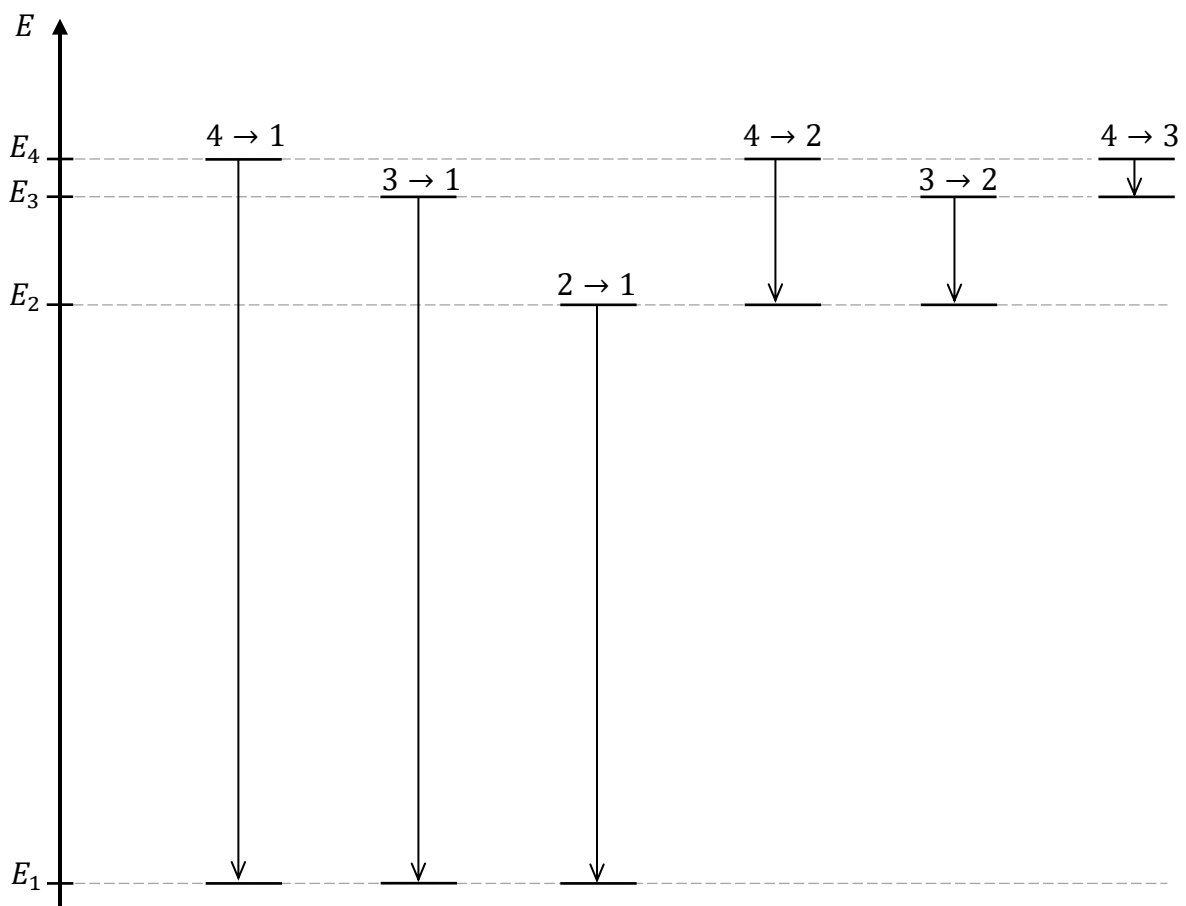
Długości fal światła widzialnego w próżni mieszczą się w zakresie od około 400 nm (fiolet) do około 800 nm (czerwień).

Na diagramie 1. przedstawiono pierwsze cztery poziomy energetyczne w atomie wodoru.

Na osi energii zachowano skalę między długościami odcinków, których końce odpowiadają energiom:  $E_1, E_2, E_3, E_4$ .

Obok osi energii przedstawiono możliwe przejścia  $a \rightarrow b$  elektronu z poziomu energetycznego o numerze  $a \in \{2,3,4\}$  na poziom o numerze  $b \in \{1,2,3\}$  (gdzie  $a > b$ ).

Diagram 1.



### Zadanie 9.1. (0–2)

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

9.1.
0–1–2

1.	Długości fal odpowiadające przejściom $a \rightarrow 1$ są mniejsze od 400 nm.	P	F
2.	Częstotliwość fotonu emitowanego podczas przejścia $3 \rightarrow 1$ jest większa od częstotliwości fotonu emitowanego podczas przejścia $4 \rightarrow 2$ .	P	F
3.	Atom wodoru w stanie podstawowym może zostać zjonizowany w wyniku absorpcji fotonu odpowiadającego światłu fioletowemu.	P	F

*Brudnopis*


### Zadanie 9.2. (0–1)

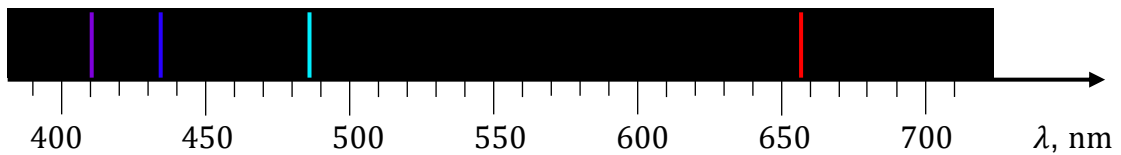
Na diagramie 2. przedstawiono cztery linie widmowe atomu wodoru w zakresie długości fal światła widzialnego. Linie widmowe odpowiadające przejściom  $3 \rightarrow 2$  i  $4 \rightarrow 2$  oznaczymy – odpowiednio – jako L32 i L42.

Na diagramie 2. zidentyfikuj linie widmowe L32 oraz L42.  
Wpisz symbole L32 i L42 nad odpowiednimi liniami widmowymi.

*Wskazówka: W celu rozwiązania zadania nie ma potrzeby obliczania długości fal. Wystarczy analiza diagramu 1. oraz relacji i związków między odpowiednimi wielkościami.*

9.2.
0–1

Diagram 2.



Kolory RGB dla danej długości fali określono w grafice według <https://academo.org/demos/wavelength-to-colour-relationship/>

*Brudnopis*






**Zadanie 10.**

Cykl protonowy to łańcuch reakcji termojądrowych zachodzących w gwiazdach. W wyniku tych reakcji z czterech protonów powstaje stabilne jądro helu. Energia uwalniana podczas tego cyklu jest głównym źródłem energii Słońca.

Pierwszym etapem cyklu protonowego jest fuzja (połączenie) dwóch protonów. W jej wyniku powstają: cząstka  $e^+$  (pozyton, nazywany też antyelektronem), jądro izotopu pewnego pierwiastka, który oznaczmy jako X, oraz tzw. neutrino elektronowe  $\nu_e$ .

Masy jąder i cząstek uczestniczących w opisanej fuzji protonów, wyrażone w jednostkach atomowych, mają następujące wartości:

- $m_p = 1,007276 \text{ u}$           – masa protonu
- $m_X = 2,013553 \text{ u}$         – masa powstałego jądra
- $m_e = 0,000549 \text{ u}$         – masa cząstki  $e^+$

Neutrino ma zerowy ładunek elektryczny, a jego masę możemy pominąć.

**Zadanie 10.1. (0–2)**

Poniżej przedstawiono schemat fuzji dwóch protonów:



gdzie X oznacza jądro izotopu pierwiastka .....

**Uzupełnij powyższy schemat tak, aby powstało równanie fuzji dwóch protonów. Wpisz w wykropkowane miejsca w schemacie właściwe liczby: atomową i masową, a pod schematem – symbol (lub nazwę) izotopu pierwiastka, którego jądro powstaje w tej fuzji.**

10.1.

0–1–2

Brudnopis	
-----------	--

10.2.

0-1

**Zadanie 10.2. (0-1)**

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

1.	Suma energii kinetycznych dwóch protonów jest większa od sumy energii kinetycznych jądra X, cząstki $e^+$ oraz neutrina $\nu_e$ – powstałych w opisanej fuzji.	<b>P</b>	<b>F</b>
2.	Cząstka $e^+$ powstaje podczas opisanej fuzji w wyniku przemiany protonu w neutron.	<b>P</b>	<b>F</b>

*Brudnopis*

10.3.

0-1

**Zadanie 10.3. (0-1)**

Fuzja dwóch protonów jest możliwa, gdy suma energii kinetycznych tych dwóch protonów jest bardzo duża.

**Sformułuj uzasadnienie powyższego faktu. Odwołaj się do konkretnych własności odpowiednich oddziaływań fizycznych.**



**Zadanie 10.4. (0–3)**

Energia  $\Delta E_{kin}$  uwalniana podczas fuzji dwóch protonów jest równa różnicy energii kinetycznych, jakie mają w sumie produkty tuż po fuzji (jądro X, cząstka  $e^+$  i neutrino  $\nu_e$ ), oraz energii kinetycznych, jakie mają w sumie dwa protony przed fuzją.

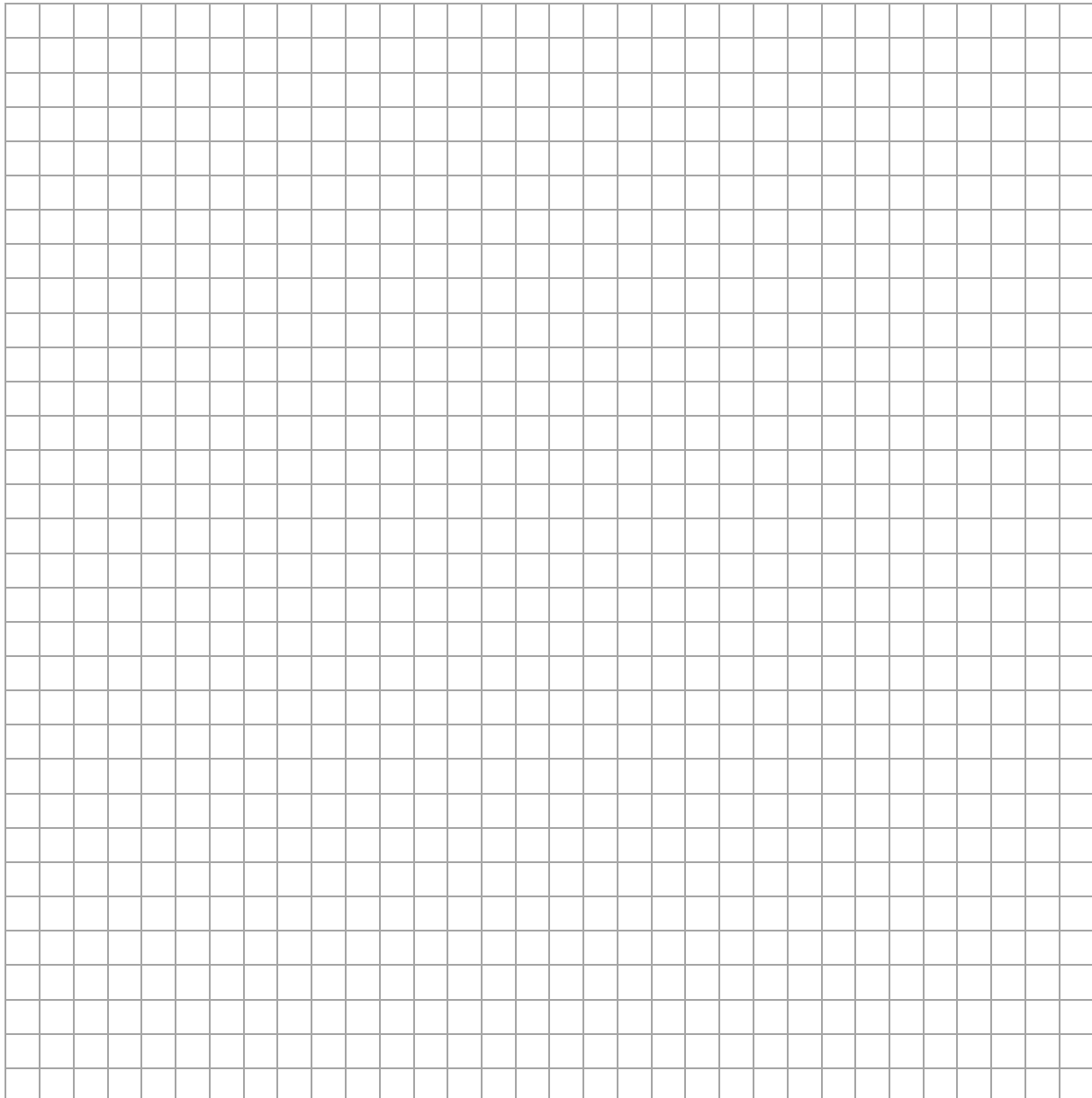
Masy jąder i cząstek uczestniczących w opisanej fuzji protonów podano we wstępie do zadania (na stronie 25). W obliczeniach energii wykorzystaj związek:

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

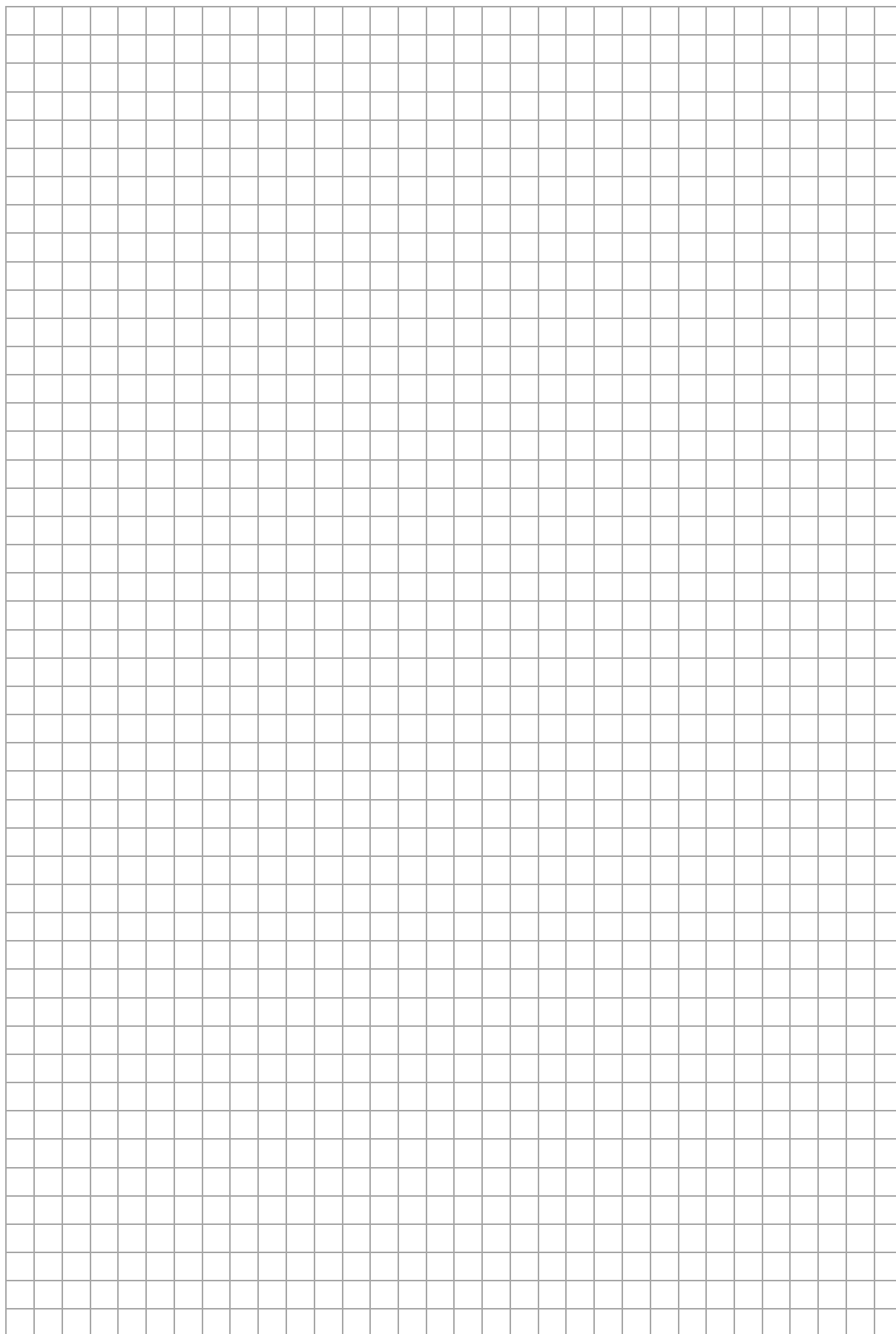
**Oblicz  $\Delta E_{kin}$  – energię uwalnianą podczas fuzji dwóch protonów. Wynik podaj w MeV, zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.**

*Uwaga! W bilansie energii pomijamy energię uzyskaną z anihilacji cząstki  $e^+$  z elektronem napotkanym w otoczeniu (to jest odrębny proces).*

10.4.

0–1–  
2–3

## BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)









# FIZYKA

Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*



# FIZYKA

Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*



# FIZYKA

Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*

