

WYPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD

--	--	--

PESEL

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Miejsce na naklejkę.**

Sprawdź, czy kod na naklejce to  
**M-700.**

Jeżeli tak – przyklej naklejkę.  
Jeżeli nie – zgłoś to nauczycielowi.

**Egzamin maturalny**

**Formuła 2023**

**FIZYKA**

**Poziom rozszerzony**

**TEST DIAGNOSTYCZNY**

Symbol arkusza

MFAP-R0-**700**-2412

DATA: **13 grudnia 2024**

GODZINA ROZPOCZĘCIA: **14:00**

CZAS TRWANIA: **do 210 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. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
10. 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  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.

### Zadanie 1.1. (0–2)

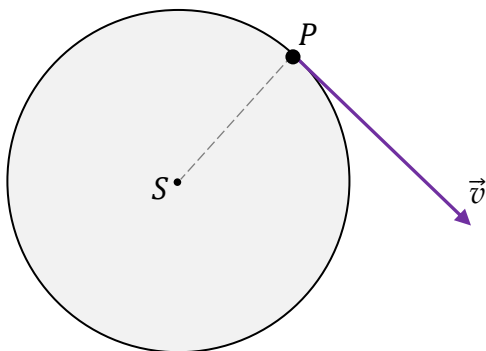
Rysunki 1. i 2. przedstawiają platformę w czasie, gdy jej ruch obrotowy jest jednostajnie przyspieszony. Na rysunku 1. narysowano wektor  $\vec{v}$  prędkości punktu  $P$  na brzegu platformy.

Wektor przyspieszenia punktu  $P$  oznaczmy jako  $\vec{a}$ . Składową styczną wektora  $\vec{a}$  oznaczmy jako  $\vec{a}_s$ , a składową dośrodkową wektora  $\vec{a}$  oznaczmy jako  $\vec{a}_r$ .

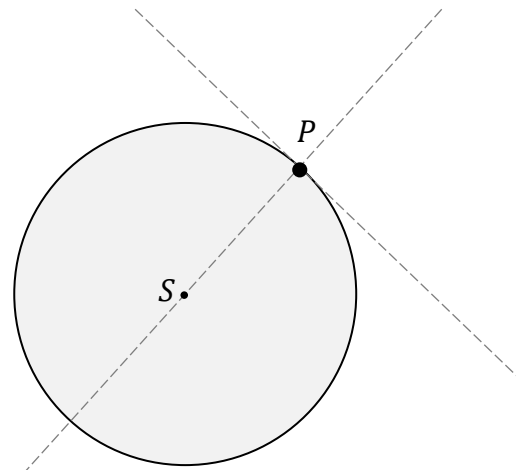
**Na rysunku 2. narysuj wektory  $\vec{a}_s$  oraz  $\vec{a}_r$ . Następnie wyznacz graficznie i narysuj wektor  $\vec{a}$ . Podpisz wszystkie narysowane wektory.**

*Uwaga! Długości wektorów  $\vec{a}_s$  oraz  $\vec{a}_r$  mogą być na rysunku umowne.*

Rysunek 1.



Rysunek 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

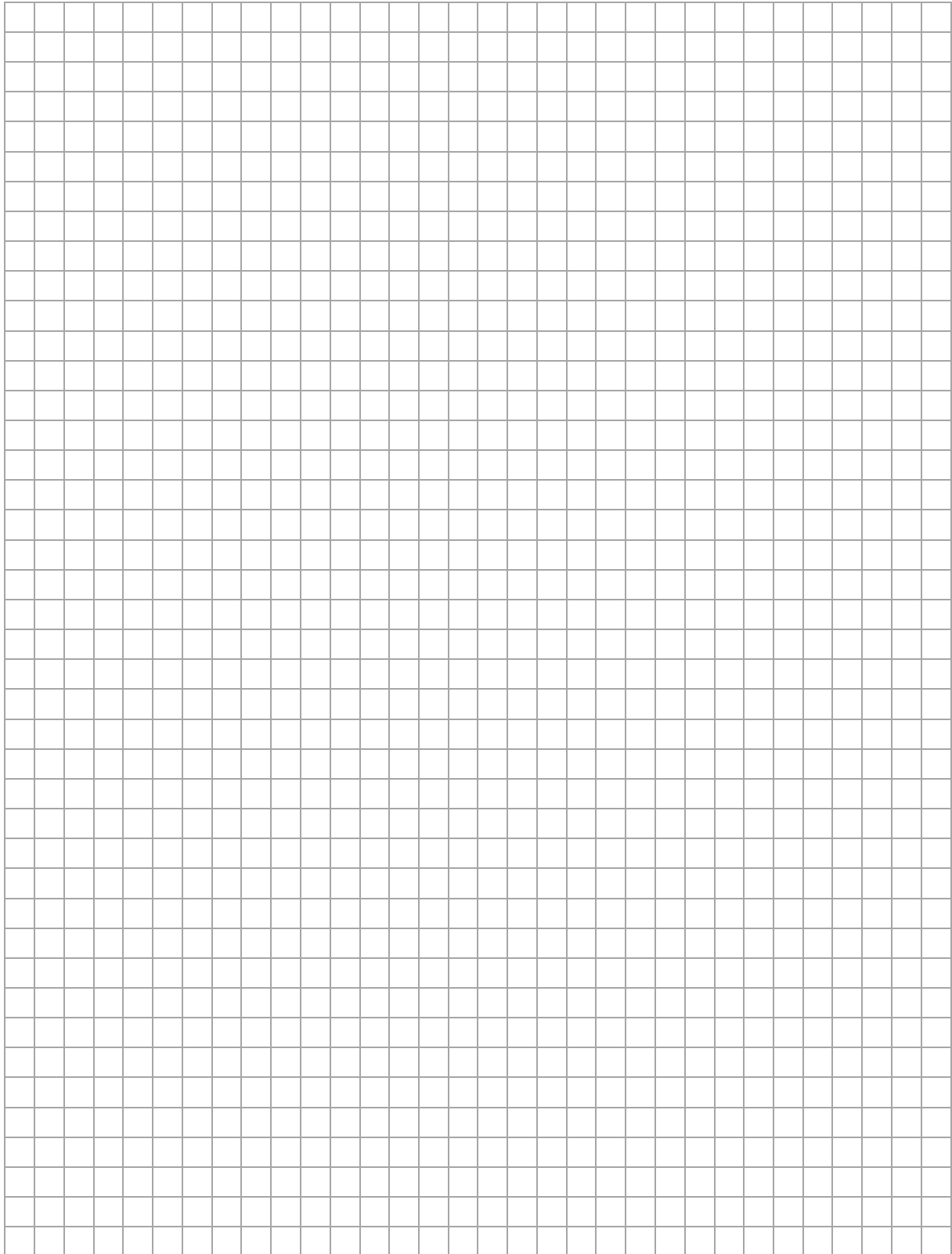
1.	wszystkie punkty platformy różne od punktu $S$ mają takie samo przyspieszenie kątowe.	P	F
2.	największą wartość prędkości liniowej mają punkty, które leżą na brzegu platformy.	P	F
3.	wszystkie punkty platformy mają tę samą wartość przyspieszenia dośrodkowego.	P	F

**Zadanie 1.3. (0–3)**

**Oblicz, ile obrotów wykona platforma w czasie  $\Delta t = 60$  s.**

**Czas liczymy od chwili  $t_0 = 0$  s.**

**Zapisz obliczenia.**

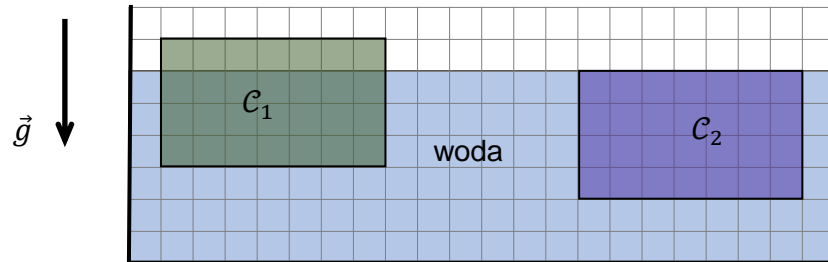
A large grid of graph paper for calculations, consisting of 20 columns and 30 rows of small squares.

## Zadanie 2.

Ciała  $C_1$  i  $C_2$  mają różne masy. Ciała  $C_1$  i  $C_2$  są bryłami w kształcie prostopadłościanów o takich samych wymiarach. Te ciała włożono do naczynia z wodą. Zaobserwowano, że (zobacz rysunek poniżej):

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

Przyjmij, że obserwacja była wykonana w układzie inercyjnym, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.



## Zadanie 2.1. (0–3)

Punkty  $C_1$  i  $C_2$  na 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  $\vec{F}_{w1}$ , która działa na ciało  $C_1$ .

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

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

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

Diagram 1.

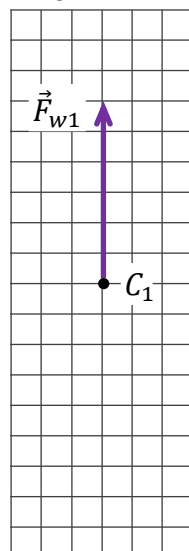
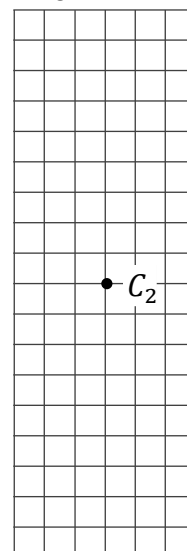


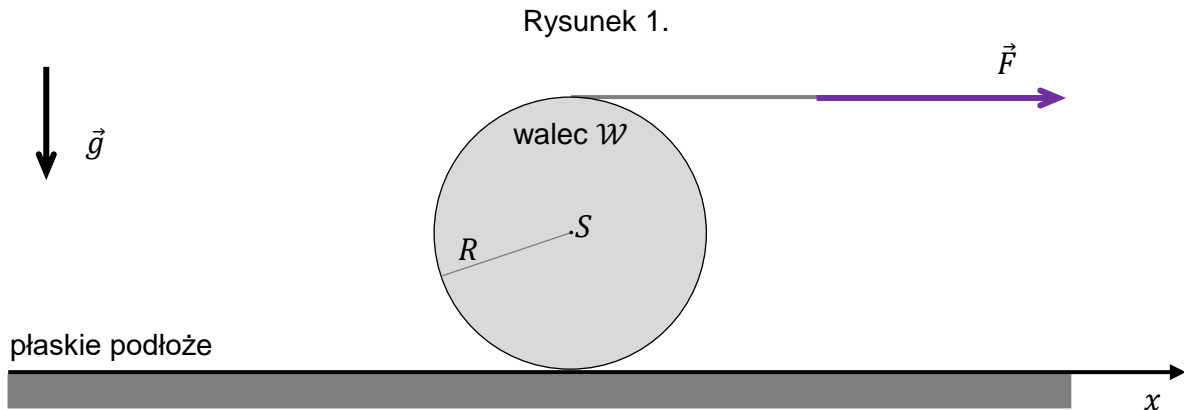
Diagram 2.





### Zadanie 3.

Walec  $\mathcal{W}$  toczy się po poziomym płaskim podłożu wzdłuż osi  $x$ . Na powierzchnię boczną walca jest nawinięta cienka linka. Ta linka rozpydza walec. 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.

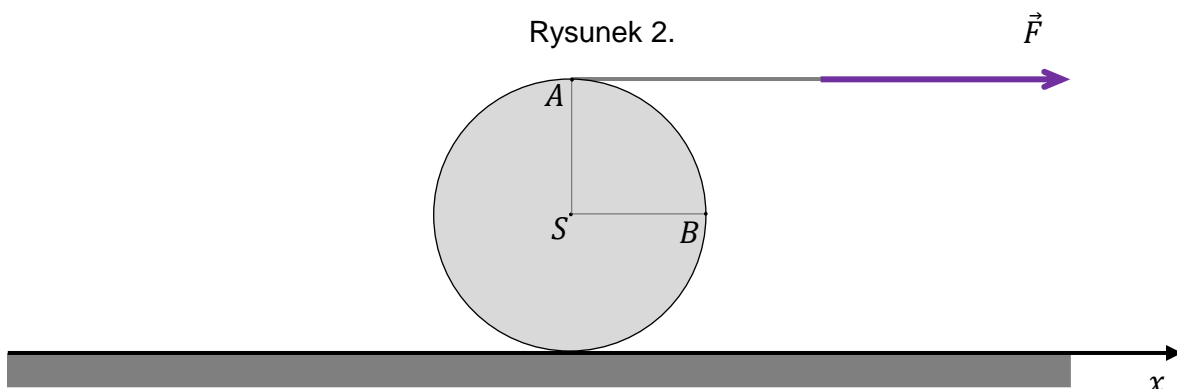
Do analizy zagadnienia przyjmij model zjawiska, w którym:

- 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 analizujemy w inercjalnym układzie odniesienia związanym z podłożem, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym
- pomijamy masę linki.

### Zadanie 3.1. (0–2)

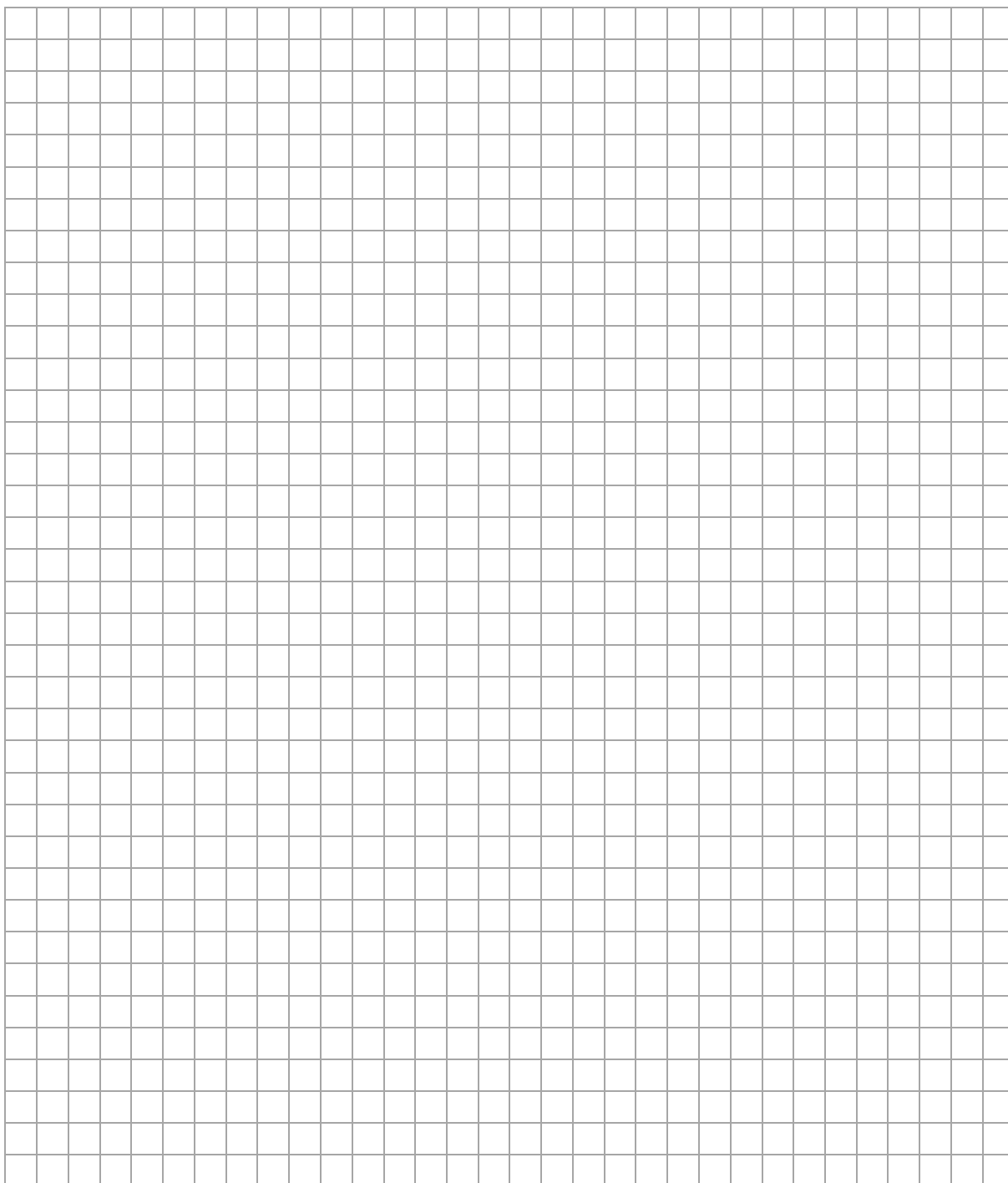
W pewnej chwili  $t$  środek masy  $S$  walca  $\mathcal{W}$  osiągnął prędkość o wartości  $v_S = 2,5$  m/s.

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

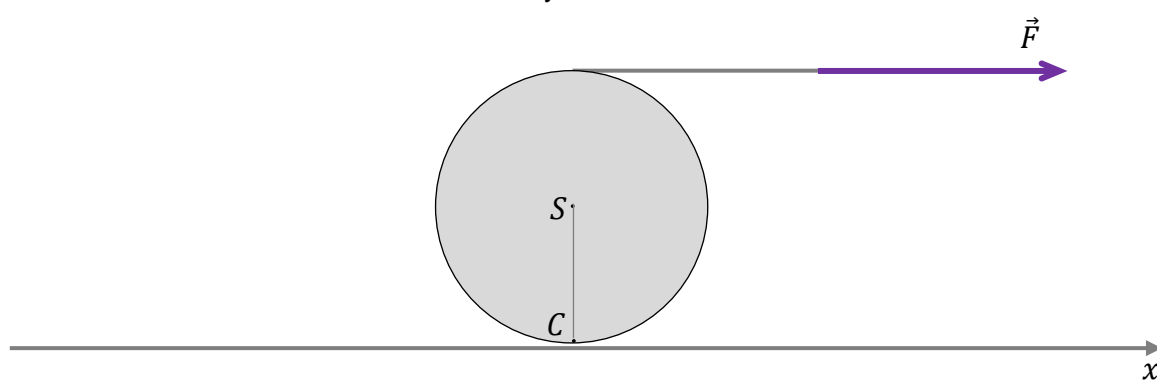








Rysunek 3.



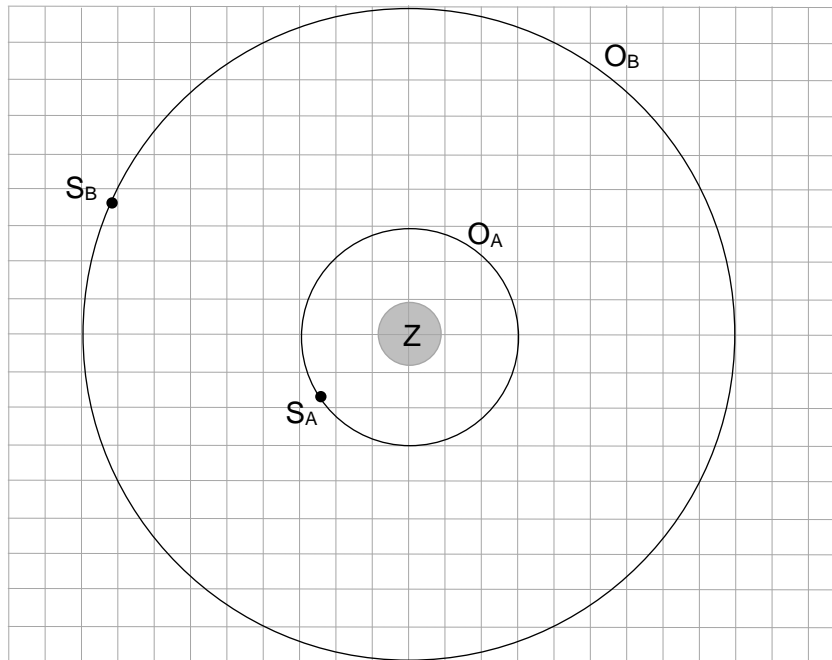
#### Zadanie 4.

Satelity  $S_A$  oraz  $S_B$  poruszają się dookoła Ziemi po orbitach kołowych  $O_A$  i  $O_B$ . Te satelity poruszają się tylko pod wpływem siły grawitacji. Orbity tych satelitów leżą w jednej płaszczyźnie. Względne rozmiary orbit  $O_A$  i  $O_B$  pokazano na rysunku poniżej.

Masy satelitów  $S_A$  i  $S_B$  są sobie równe:  $m_A = m_B = m$ .

Promienie orbit kołowych  $O_A$  oraz  $O_B$  oznaczymy 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, która działa na satelitę  $S_A$  na orbicie  $O_A$  oznaczymy jako  $F_A$ .

Wartość siły grawitacji, która działa na satelitę  $S_B$  na orbicie  $O_B$  oznaczymy jako  $F_B$ .

Dokończ zdanie. Zaznacz dobrą odpowiedź.

Prawidłową zależność między  $F_A$  a  $F_B$  opisuje równanie

A.  $F_A = F_B$

B.  $F_A = 3F_B$

C.  $F_A = 6F_B$

D.  $F_A = 9F_B$

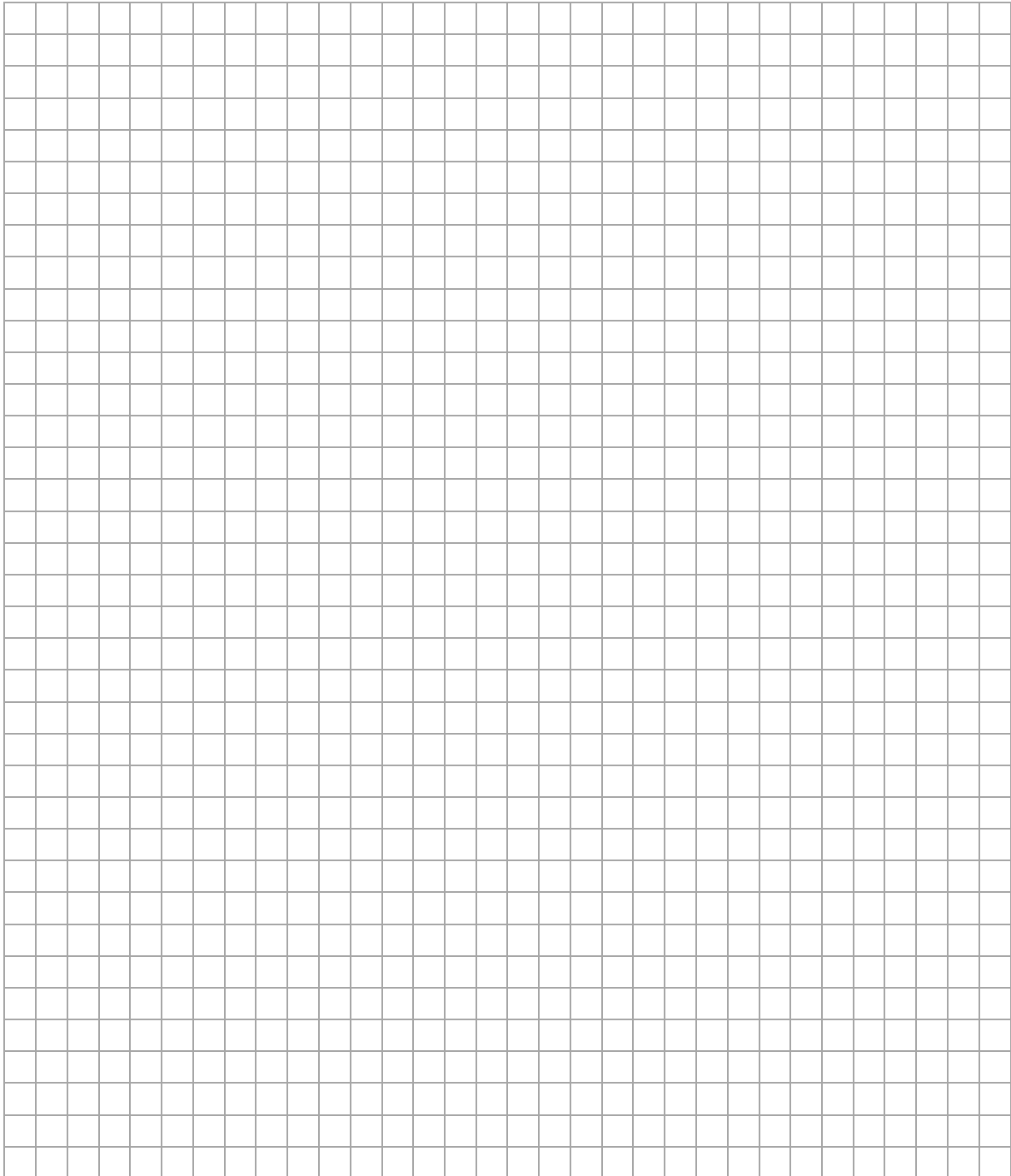
**Zadanie 4.3. (0–4)**

Żeby przenieść satelitę  $S_A$  z orbity  $O_A$  na orbitę  $O_B$ , to siła ciągu silników satelity  $S_A$  musi wykonać pracę  $W_{AB}$ . Na orbicie  $O_B$  satelita  $S_A$  będzie poruszał się z wyłączonymi silnikami.

W obliczeniach pomiń zmianę masy satelity podczas działania silników odrzutowych.

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

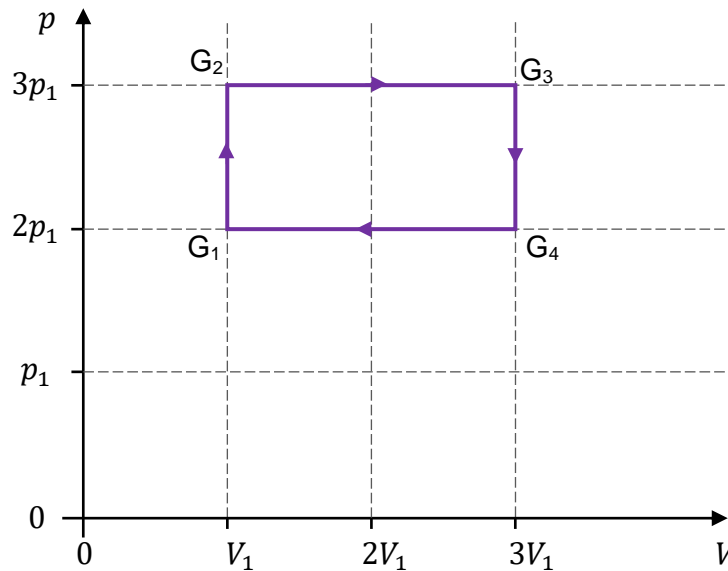
**Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia. Zapisz wzór na  $W_{AB}$ .**



### Zadanie 5.

Na wykresie poniżej pokazano 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

### Zadanie 5.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wykropkowane miejsce.

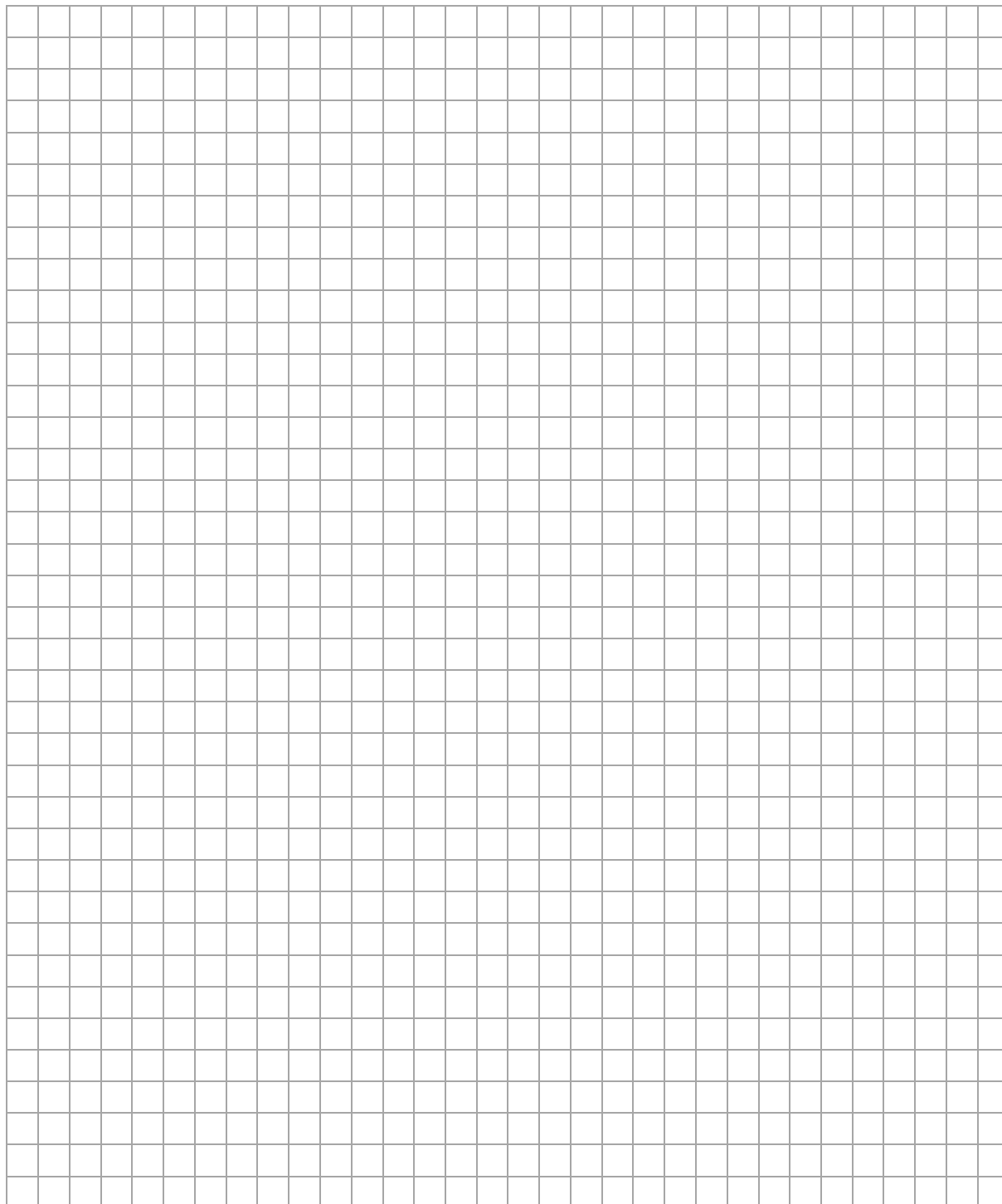
Iloraz temperatur  $\frac{T_2}{T_4}$  gazu w stanach  $G_2$  i  $G_4$ , jest równy .....

Brudnopis																			

**Zadanie 5.3. (0–4)**

Przemiany gazu opisane na początku 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.

**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  $U(t)$ . Zależność tego napięcia od czasu  $t$  jest sinusoidalna:

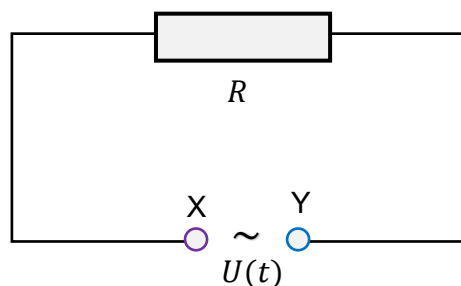
$$U(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \phi_0) \quad \text{gdzie } \phi_0 - \text{faza początkowa}$$

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

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

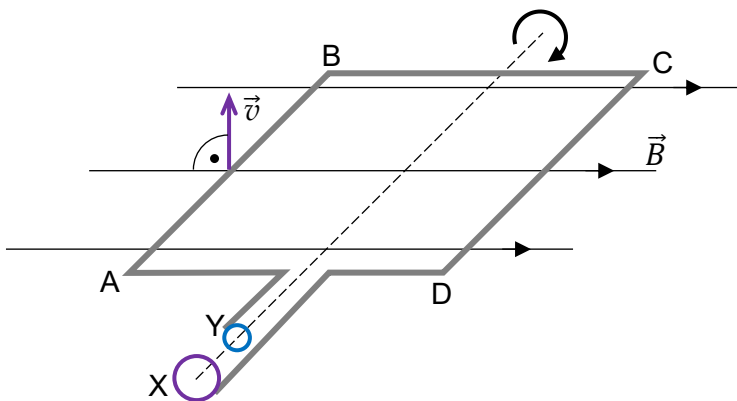
Schemat tego obwodu zewnętrznego pokazuje rysunek 1.

Rysunek 1. (schemat obwodu)

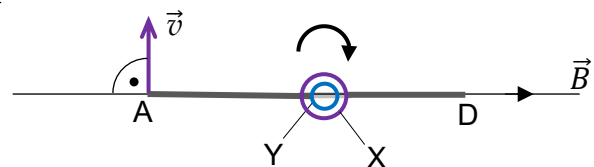


Położenie (względem linii pola magnetycznego) obracającej się ramki ABCD prądnicy oraz prędkość  $\vec{v}$  boku AB tej ramki, w chwili  $t = 0 \text{ s}$ , pokazują rysunki 2. i 3.

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 „-”), które oznaczają biegunowość źródła napięcia dla obwodu zewnętrznego, w chwili  $t = 0 \text{ s}$ .

### Zadanie 6.2. (0–4)

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

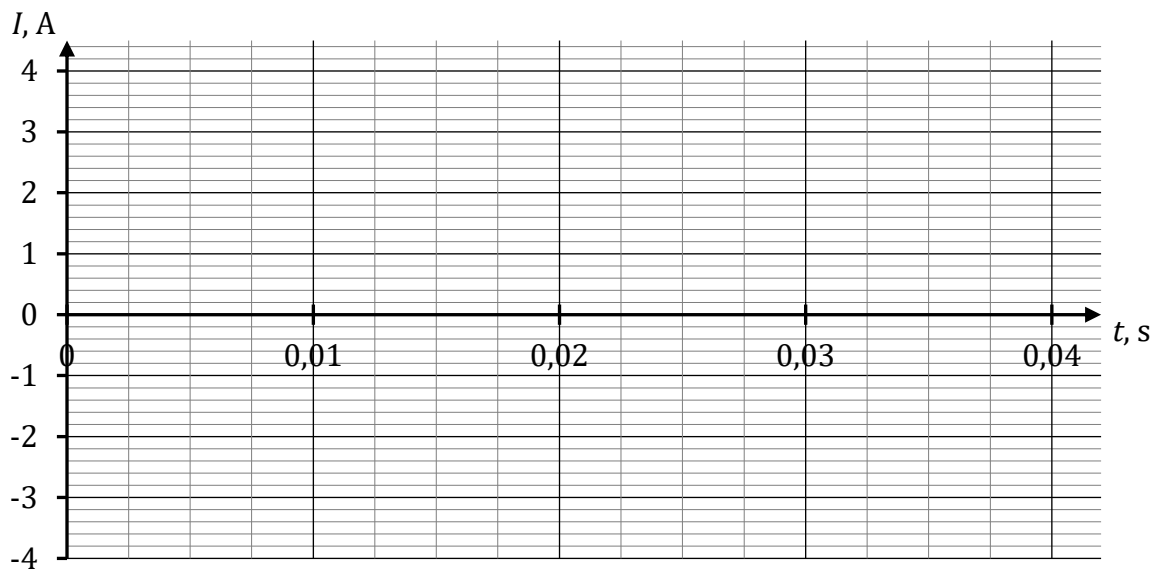
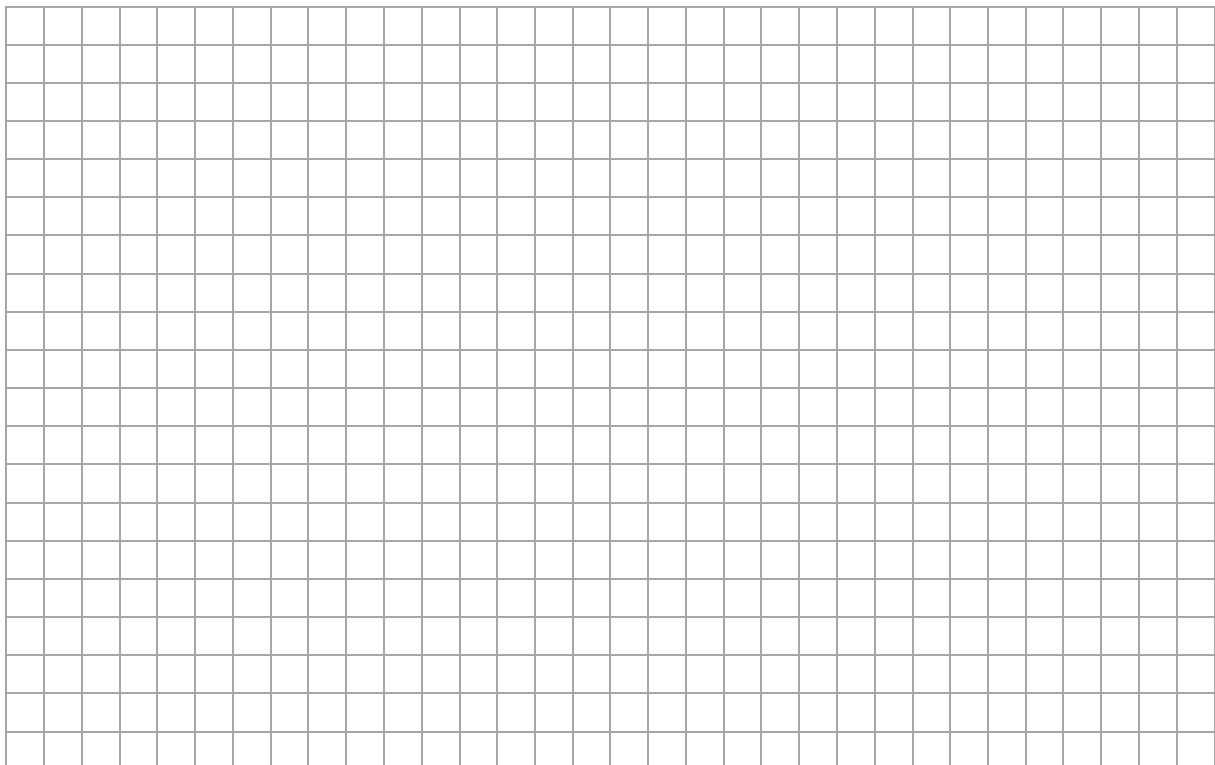
- amplitudę  $I_{max}$  natężenia prądu
- okres  $T$  zmian natężenia prądu
- natężenie prądu w chwili  $t = 0$  s (równoważnie – fazę początkową  $\phi_0$ )

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

Następnie, w układzie współrzędnych  $(t, I)$  poniżej, narysuj wykres zależności natężenia  $I$  prądu przepływającego przez opornik  $R$  od czasu  $t$ .

Wykres narysuj w przedziale czasu od  $t_0 = 0$  s do  $t = 0,04$  s.

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



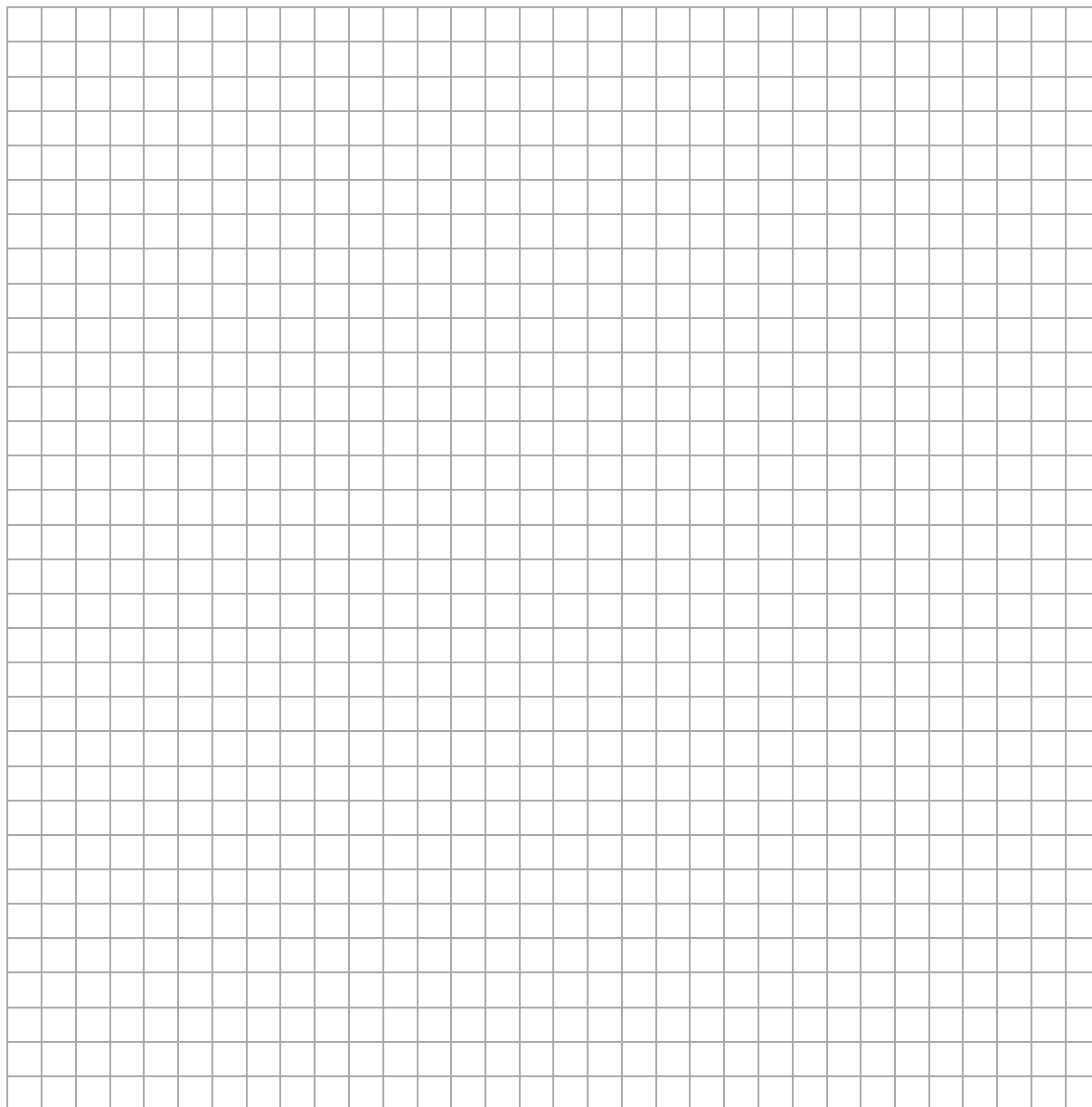


**Zadanie 6.3. (0–2)**

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

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

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



**Zadanie 7. (0–4)**

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

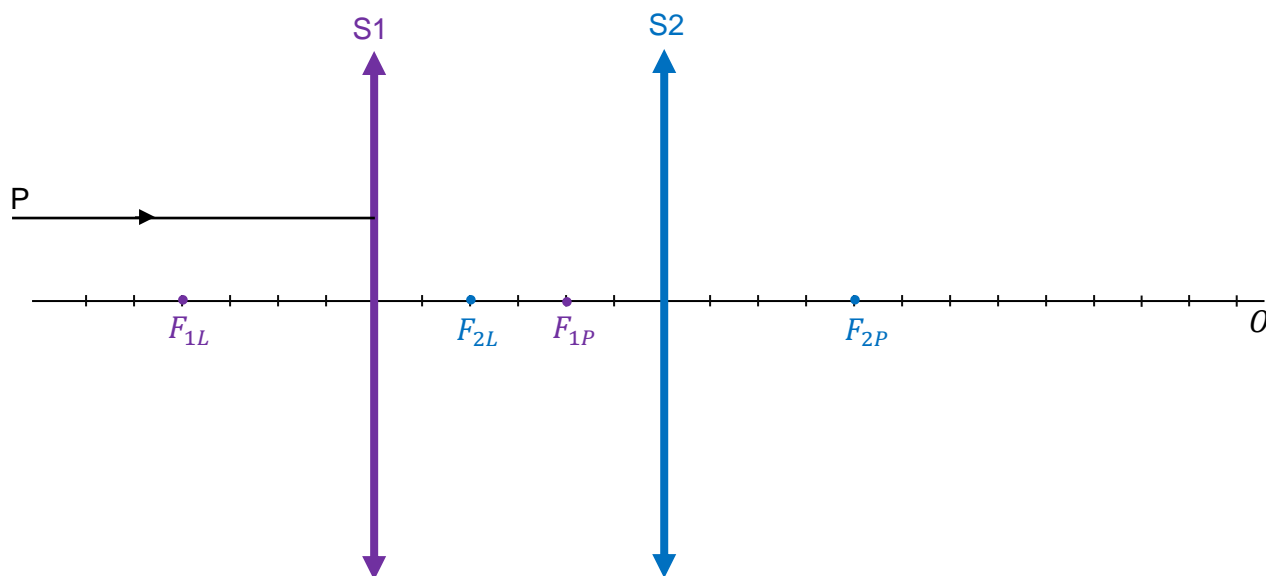
Na rysunkach 1.–2. pokazano różne położenia soczewek S1, S2 na osi optycznej  $O$ . Na każdym z rysunków przedstawiono fragment promienia P. Promień P biegnie równoległe do osi optycznej  $O$  i pada na soczewkę S1.

Soczewki i ich ogniska zaznaczono na rysunku kolorami (nie ma to związku z długością fali świetlnej promienia).

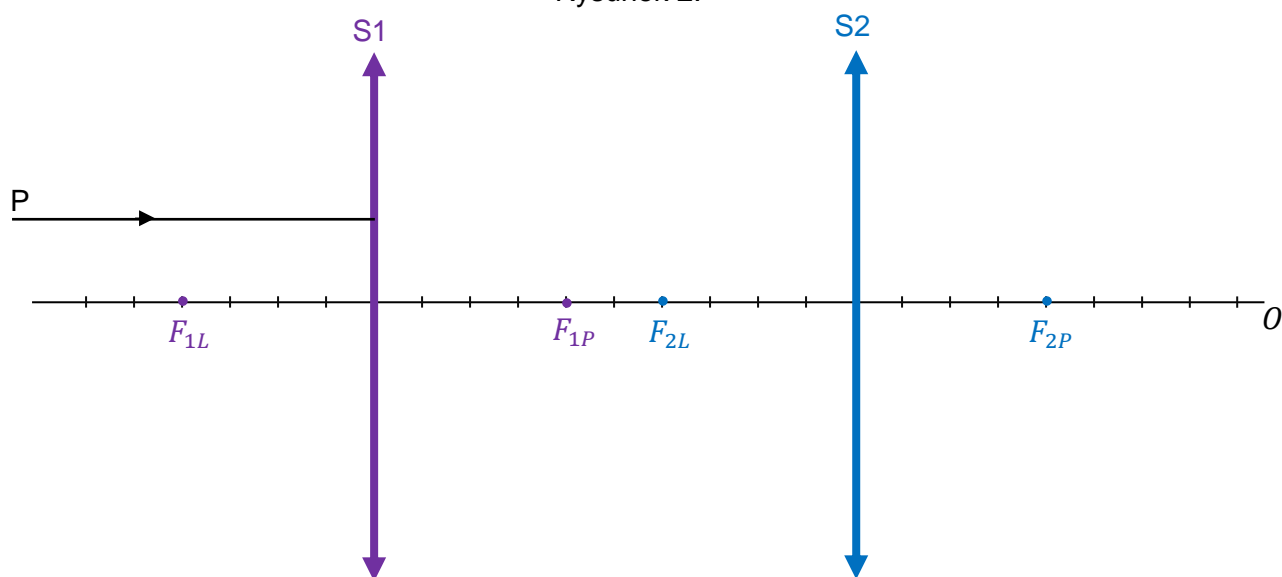
Na rysunkach 1. i 2. dorysuj bieg promienia P od soczewki S1 do soczewki S2 i dalej – po przejściu przez S2.

Kierunek biegu promienia P za soczewką S2 wyznacz konstrukcyjnie.

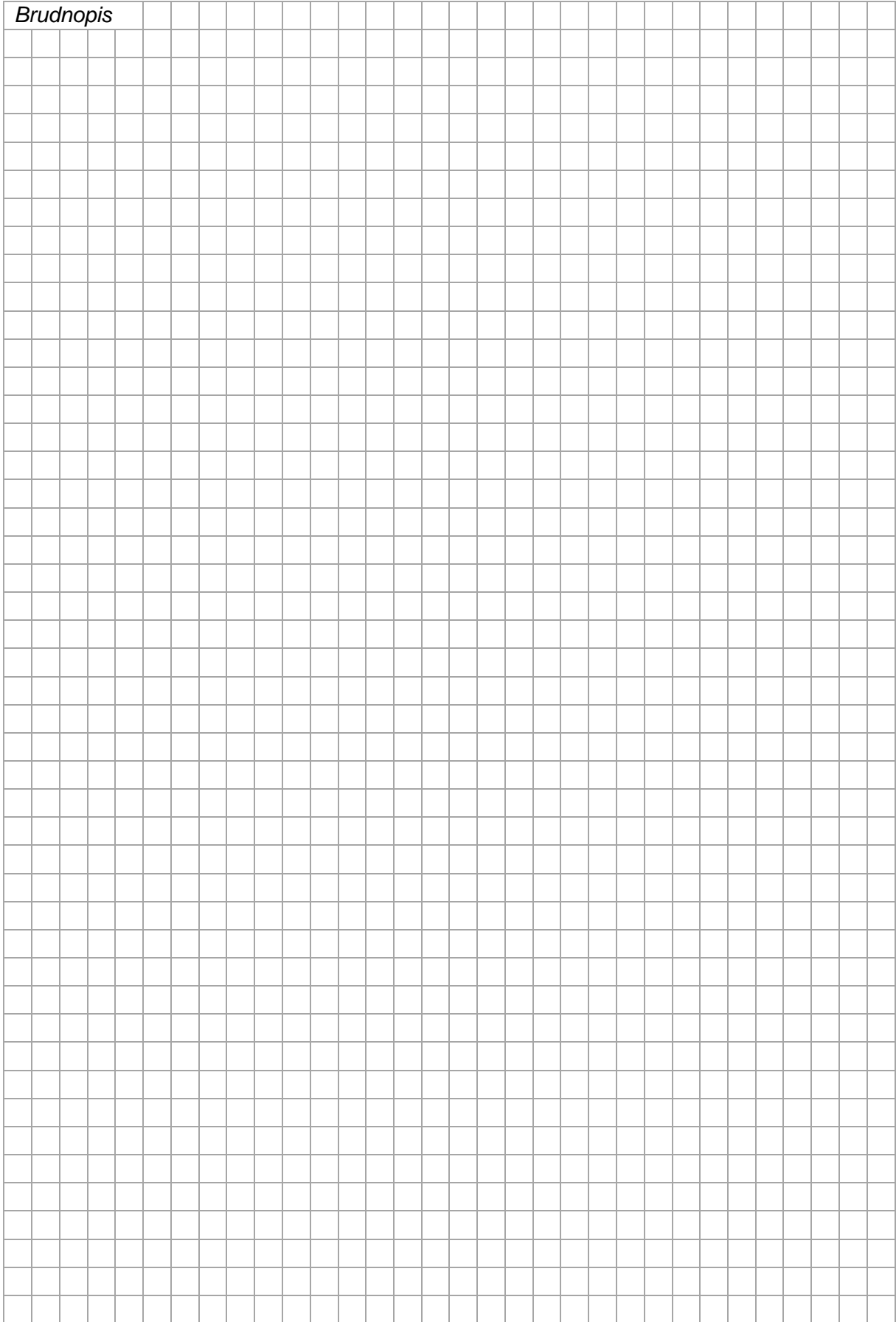
Rysunek 1.



Rysunek 2.



*Brudnopis*



### Zadanie 8.

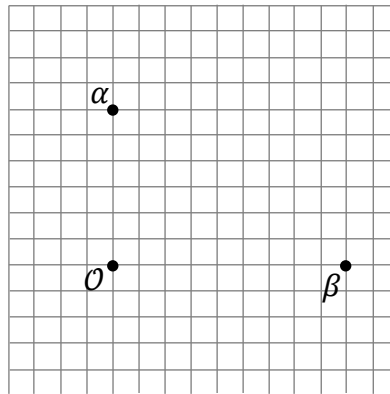
Na diagramie 1. pokazano aktualne położenie względne obserwatora  $\mathcal{O}$  i dwóch galaktyk  $\alpha$  oraz  $\beta$ . Odległości między  $\alpha$ ,  $\beta$  oraz  $\mathcal{O}$  są rzędu dziesiątek milionów lat świetlnych.

Na płaszczyźnie diagramu 1. jest siatka. Na siatce pokazano stosunki odległości między  $\alpha$ ,  $\beta$  oraz  $\mathcal{O}$ . Długość boku kratki na diagramie 1. odpowiada umownej jednostce odległości.

Przyjmij, że:

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

Diagram 1.

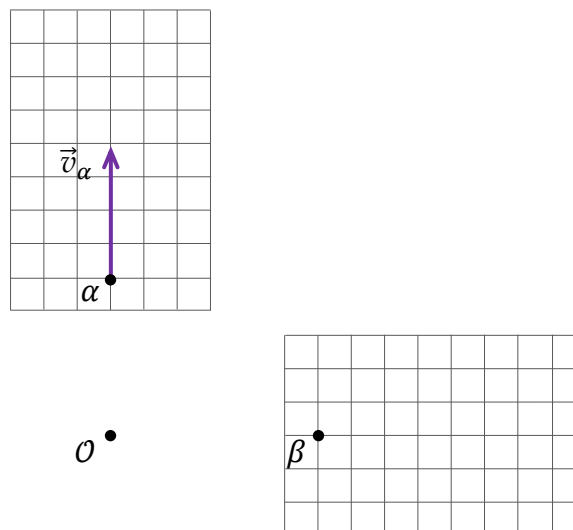


### Zadanie 8.1. (0–2)

Aktualne prędkości galaktyk  $\alpha$  i  $\beta$  względem  $\mathcal{O}$  oznaczmy 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.



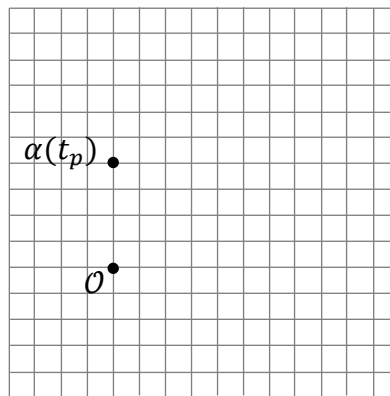
Na diagramie 2. narysuj wektor aktualnej prędkości  $\vec{v}_\beta$  galaktyki  $\beta$  względem  $\mathcal{O}$ . Zachowaj odpowiedni kierunek, zwrot oraz dokładną długość wektora, odpowiadającą wartości aktualnej prędkości  $\vec{v}_\beta$ .

Brudnopis

### Zadanie 8.2. (0–1)

Na diagramie 3. pokazano 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.*

Brudnopis

### Zadanie 9.

Elektron w atomie emituje foton, gdy przechodzi ze stanu energetycznego o numerze  $n$  i energii  $E_n$  do stanu energetycznego o numerze  $k$  i energii  $E_k$ , gdzie  $E_n > E_k$ . 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  $n \in \{3,4,5,6\}$ .

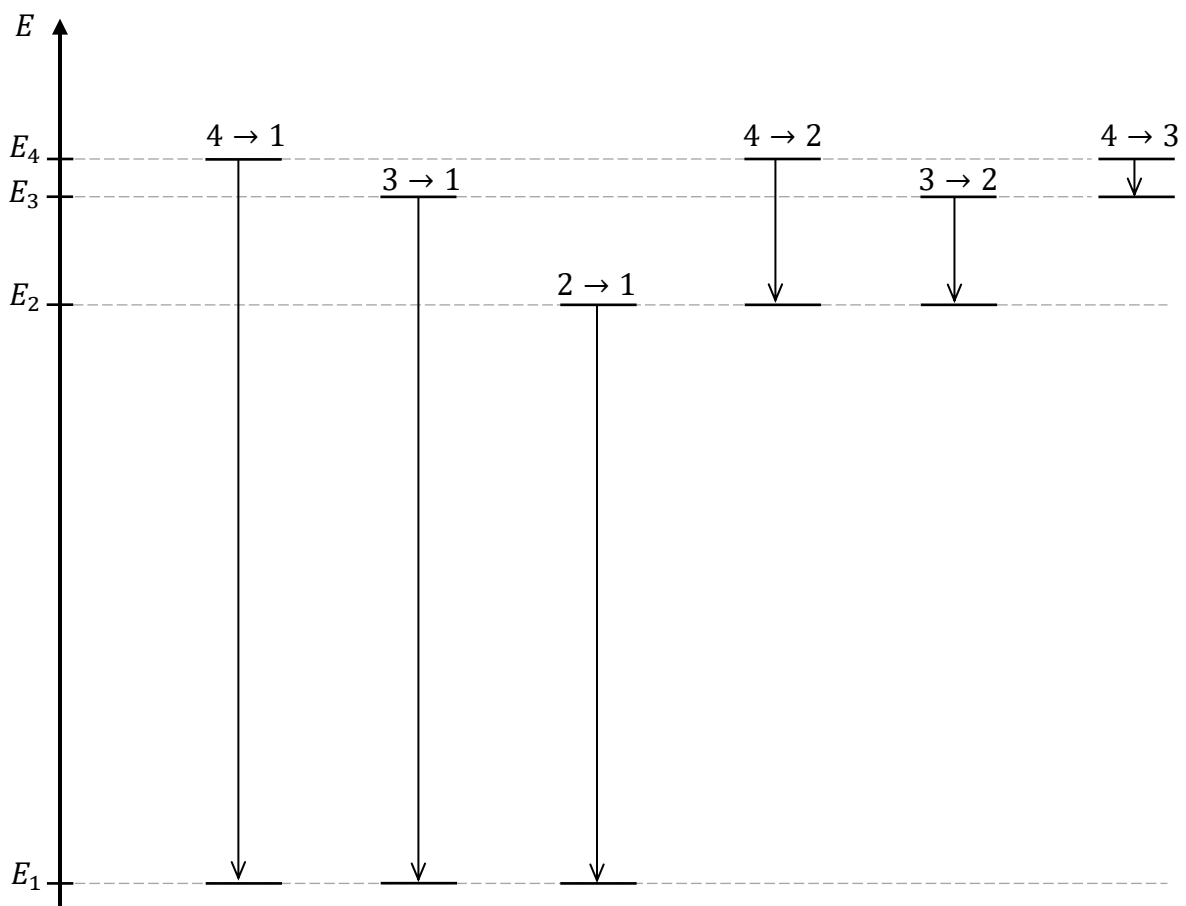
Długości fal światła widzialnego w próżni mieszczą się w zakresie od około 400 nm (fiolet) do około 800 nm (czerwień).

Na diagramie 1. pokazano 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 pokazano 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 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.

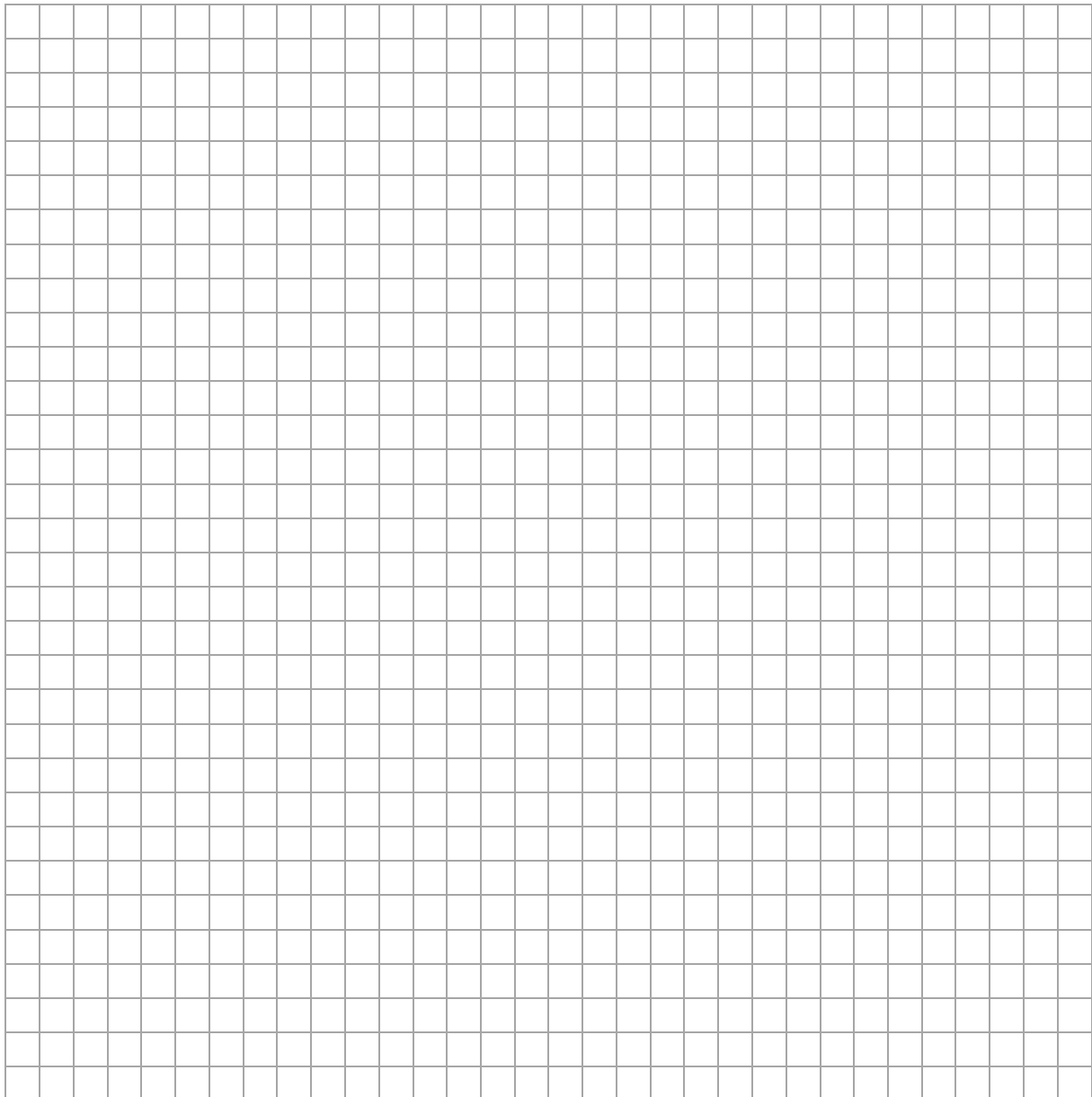
Masy jąder i cząstek, które biorą udział w opisanej fuzji protonów podano we wstępie do zadania (na stronie 25). W obliczeniach energii wykorzystaj związek:

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

**Oblicz  $\Delta E_{kin}$  – energię uwalnianą podczas fuzji dwóch protonów.**

**Wynik zapisz 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).*











# FIZYKA

Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*



# FIZYKA

Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*



# FIZYKA

Poziom rozszerzony

*Formuła 2023*

