

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**-2406

DATA: **13 czerwca 2024 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 27 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.
4. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
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*, linijki oraz 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

$J = m \cdot v \cdot r \cdot \sin \alpha$   
 $n \cdot N \cdot \text{CH}_2 - \text{COOH}$   
 $v = \frac{h \cdot \nu}{m \cdot \lambda}$   
 $v = H \cdot I \cdot \frac{1}{B}$   
 $B = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{H \cdot I}$



KAPITAŁ LUDZKI  
NAKŁADEM PAŃSTWA POLSKIEGO

MINISTERSTWO  
EDUKACJI  
NARODOWEJ

CENTRALNA  
KOMISJA  
EGZAMINACYJNA

UNIA EUROPEJSKA  
Europejski Fundusz Społeczny

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

### Zadanie 1.

Deseczka z wycięciami, w których umieszczono trzy jednakowe monety: M1, M2, M3, obraca się ze stałą prędkością kątową  $\omega$  po poziomej powierzchni blatu stołu wokół osi obrotu, przechodzącej przez punkt  $O$ . W wyniku tego obrotu torami ruchów środków tych monet są okręgi o wspólnym środku  $O$ .

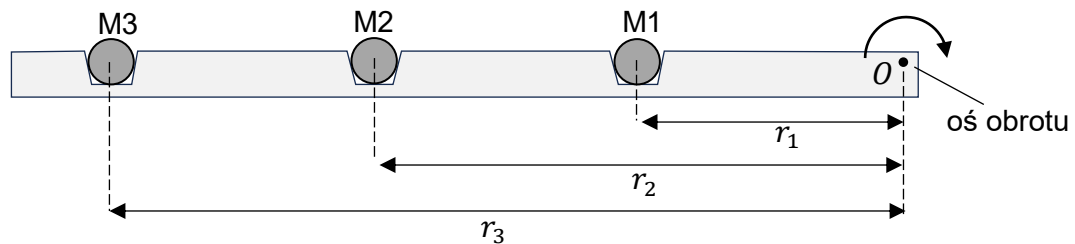
Masy monet są jednakowe i równe  $m$ :

$$m_1 = m_2 = m_3 = m$$

Odległości środków monet M1, M2, M3 od osi obrotu oznaczmy – odpowiednio – jako:  $r_1, r_2, r_3$  (zobacz rysunek). Stosunki tych odległości wynoszą  $r_1:r_2:r_3 = 1:2:3$ , to znaczy:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{2} \quad \text{oraz} \quad \frac{r_1}{r_3} = \frac{1}{3} \quad \text{oraz} \quad \frac{r_2}{r_3} = \frac{2}{3}$$

Rysunek



Ruch deseczki i monet rozpatrujemy w inercyjnym układzie odniesienia związanym z ziemią, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.

### Zadanie 1.1. (0–2)

Rozważamy sytuację, gdy deseczka z monetami obraca się ze stałą prędkością kątową  $\omega$ .

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

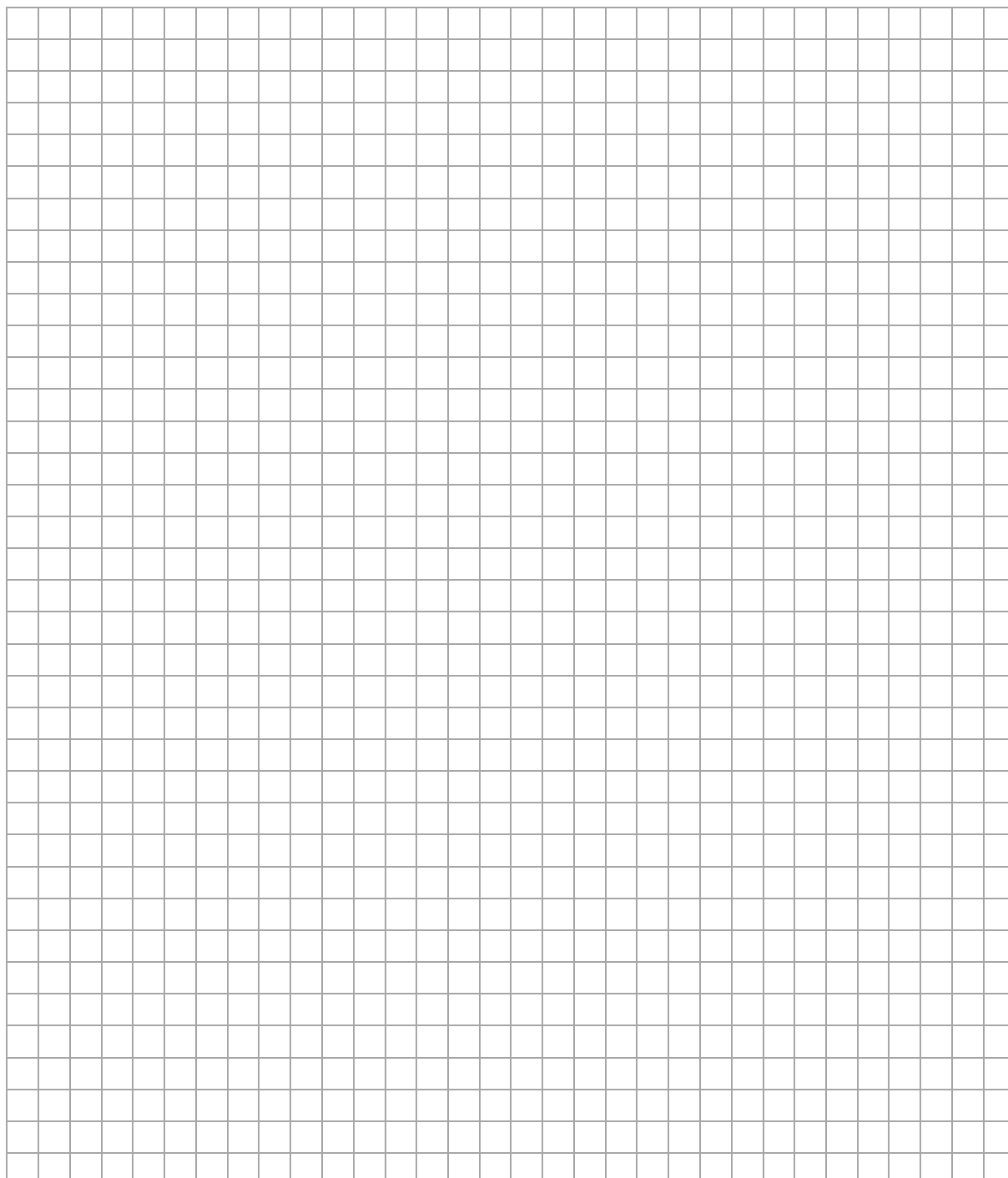
1.	Wektory przyśpieszeń w ruchu postępowym monet są skierowane do osi obrotu $O$ .	P	F
2.	Siła wypadkowa działająca na monetę M3 ma <u>trzy razy większą</u> wartość od wartości siły wypadkowej działającej na monetę M1.	P	F
3.	Prędkości liniowe (prędkości w ruchu postępowym) monet M1, M2 i M3 mają te same wartości.	P	F

**Zadanie 1.2. (0–4)**

Obracająca się deseczka została nagle zatrzymana, wskutek czego monety wypadły z wycięć i poruszały się dalej po stole wzdłuż linii prostych. Rozważamy ruch postępowy monet od chwili zatrzymania się deseczki do chwili zatrzymania się ostatniej monety na stole. W tym czasie monety M1, M2 i M3 przebyły drogi równe odpowiednio:  $s_1$ ,  $s_2$  i  $s_3$ .

Przyjmij, że współczynnik tarcia kinetycznego o stół jest taki sam dla wszystkich monet oraz że monety nie obracały się podczas tego ruchu.

**Oblicz  $s_1 : s_2 : s_3$ . Zapisz obliczenia.**



## Zadanie 2.

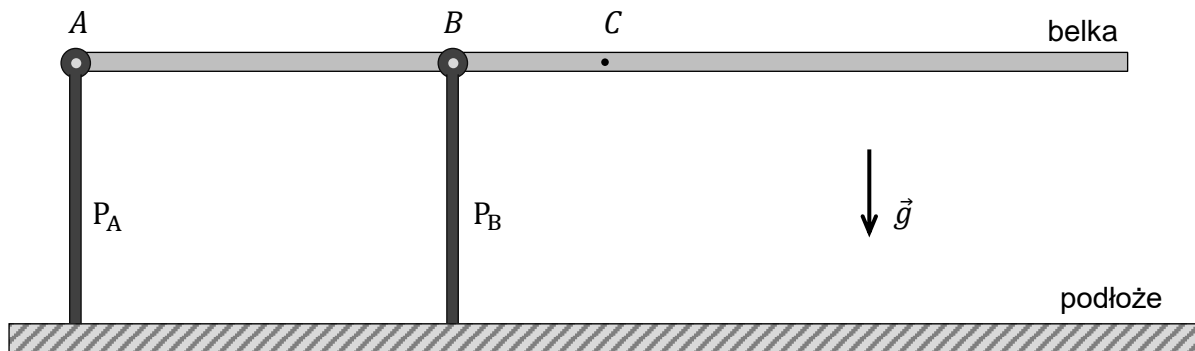
Dana jest jednorodna, sztywna belka o masie  $m = 120 \text{ kg}$  i długości  $l = 2,8 \text{ m}$ . Tę belkę przymocowano do dwóch pionowych podpór:  $P_A$  i  $P_B$ . Podpory  $P_A$  i  $P_B$  łączą się z belką w punktach  $A$  i  $B$ . Obie podpory są na sztywno przytwierdzone do poziomego podłoża.

Mocowanie pojedynczej podpory do belki umożliwia jej obrót bez tarcia w płaszczyźnie pionowej. Gdy belka jest przymocowana do obu podpór, to utrzymuje się nieruchomo w pozycji poziomej (zobacz rysunek 1.).

Odległość między punktami  $A$  i  $B$  wynosi  $|AB| = 1,0 \text{ m}$ . Na rysunku poniżej przedstawiono opisaną sytuację. Punkt środka masy belki oznaczono jako  $C$ . Przyjmij, że belka spoczywa poziomo w inercyjnym układzie odniesienia, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.

Siły, z jakimi podpory  $P_A$  i  $P_B$  działają na belkę w punktach  $A$  i  $B$ , oznaczmy – odpowiednio – jako  $\vec{F}_A$  i  $\vec{F}_B$ . Siłę ciężkości działającą na belkę oznaczmy jako  $\vec{F}_C$ .

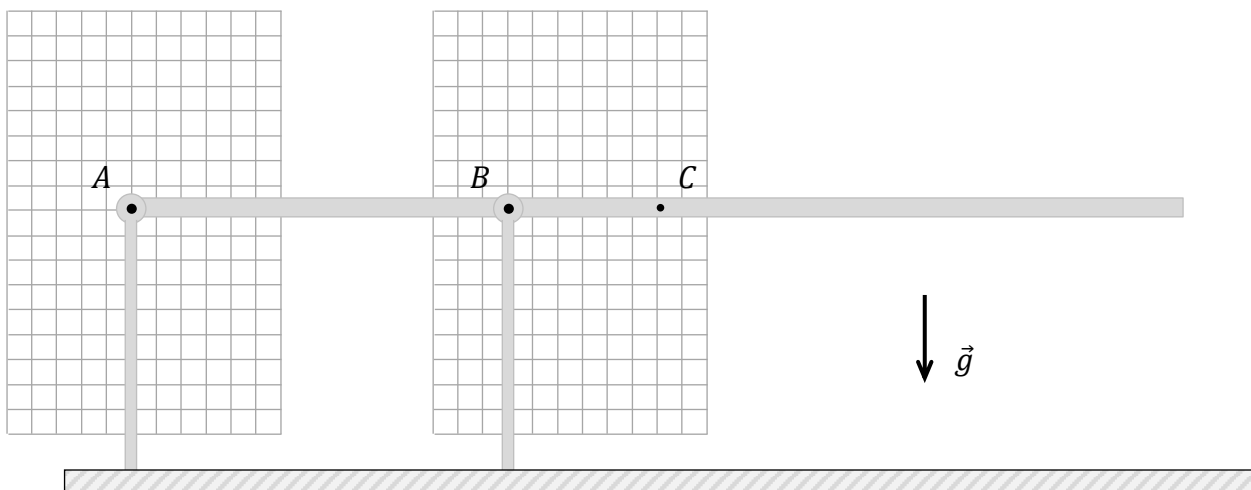
Rysunek 1.



### Zadanie 2.1. (0–2)

Na rysunku 2. narysuj i oznacz wektory sił  $\vec{F}_A$ ,  $\vec{F}_B$  i  $\vec{F}_C$  w opisanej sytuacji. Zachowaj odpowiednie kierunki i zwroty tych sił oraz relacje (większy, równy, mniejszy) między ich wartościami.

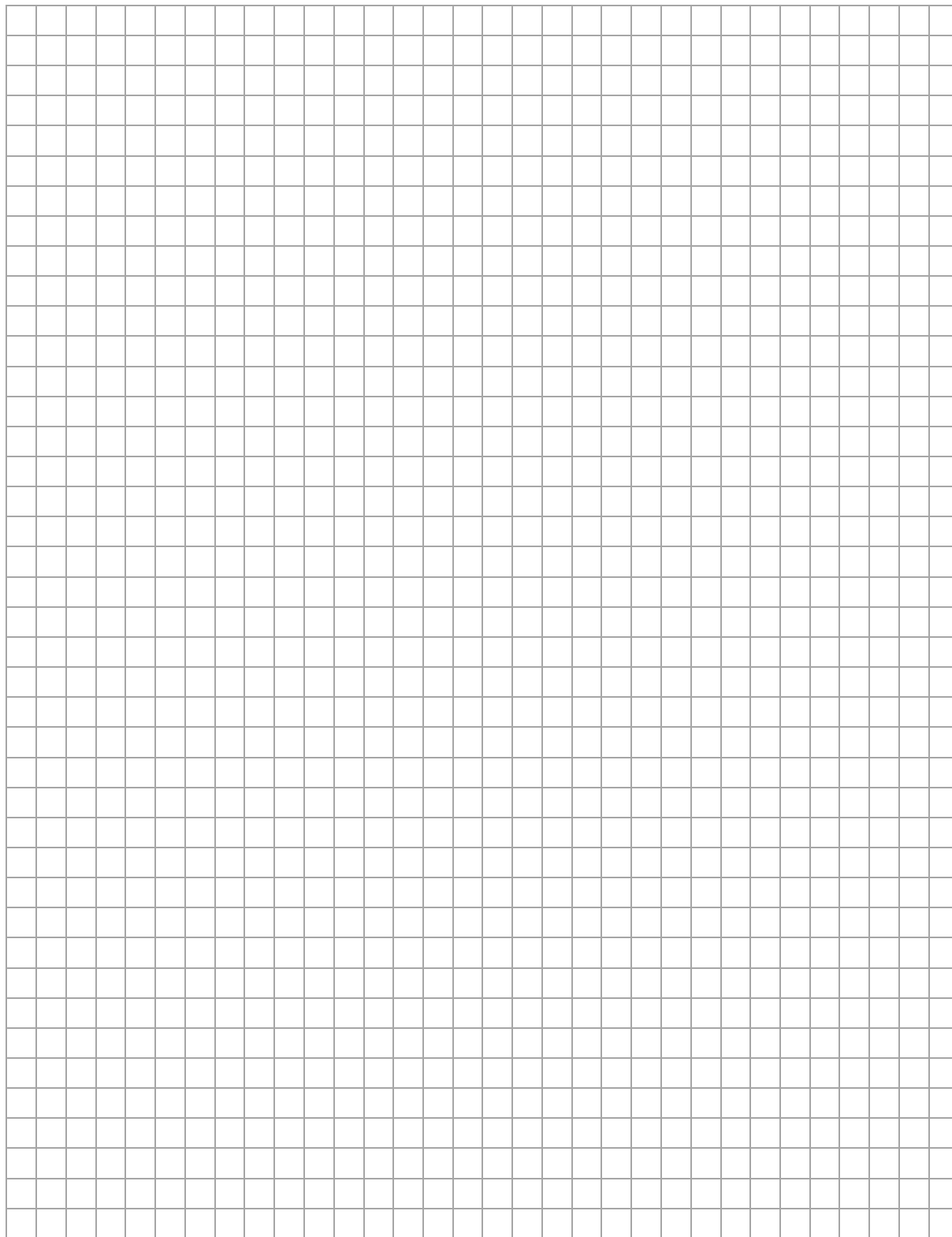
Rysunek 2.



**Zadanie 2.2. (0–3)**

Przyjmij do obliczeń  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

Oblicz  $F_A$  i  $F_B$  – wartości sił  $\vec{F}_A$  i  $\vec{F}_B$ . Zapisz obliczenia.

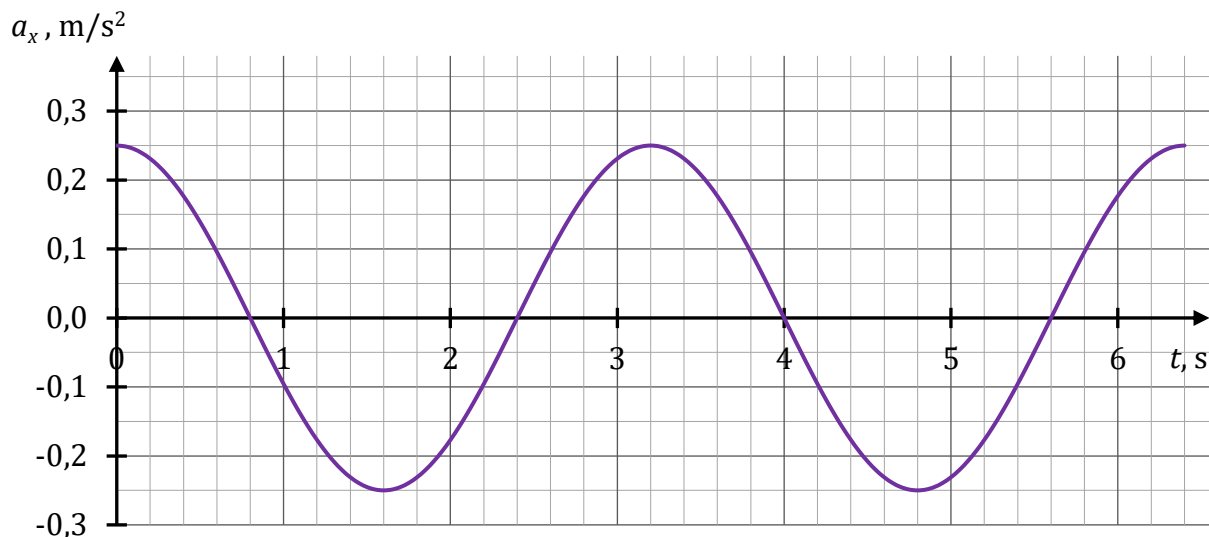


**Zadanie 3.**

Ciało  $C$  porusza się wzdłuż osi  $x$  ruchem drgającym harmonicznym. Na poniższym wykresie przedstawiono zależność współrzędnej przyspieszenia  $a_x$  ciała  $C$  od czasu  $t$ .

Masa ciała jest równa  $m = 0,10$  kg.

Ruch ciała  $C$  opisujemy w układzie inercyjnym.

**Zadanie 3.1. (0–2)**

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

W przedziale czasu od  $t = 2,4$  s do  $t = 3,2$  s

1.	wartość prędkości ciała $C$ rośnie.	P	F
2.	odległość ciała $C$ od położenia równowagi maleje.	P	F
3.	wartość siły wypadkowej działającej na ciało $C$ rośnie.	P	F

**Zadanie 3.2. (0–2)**

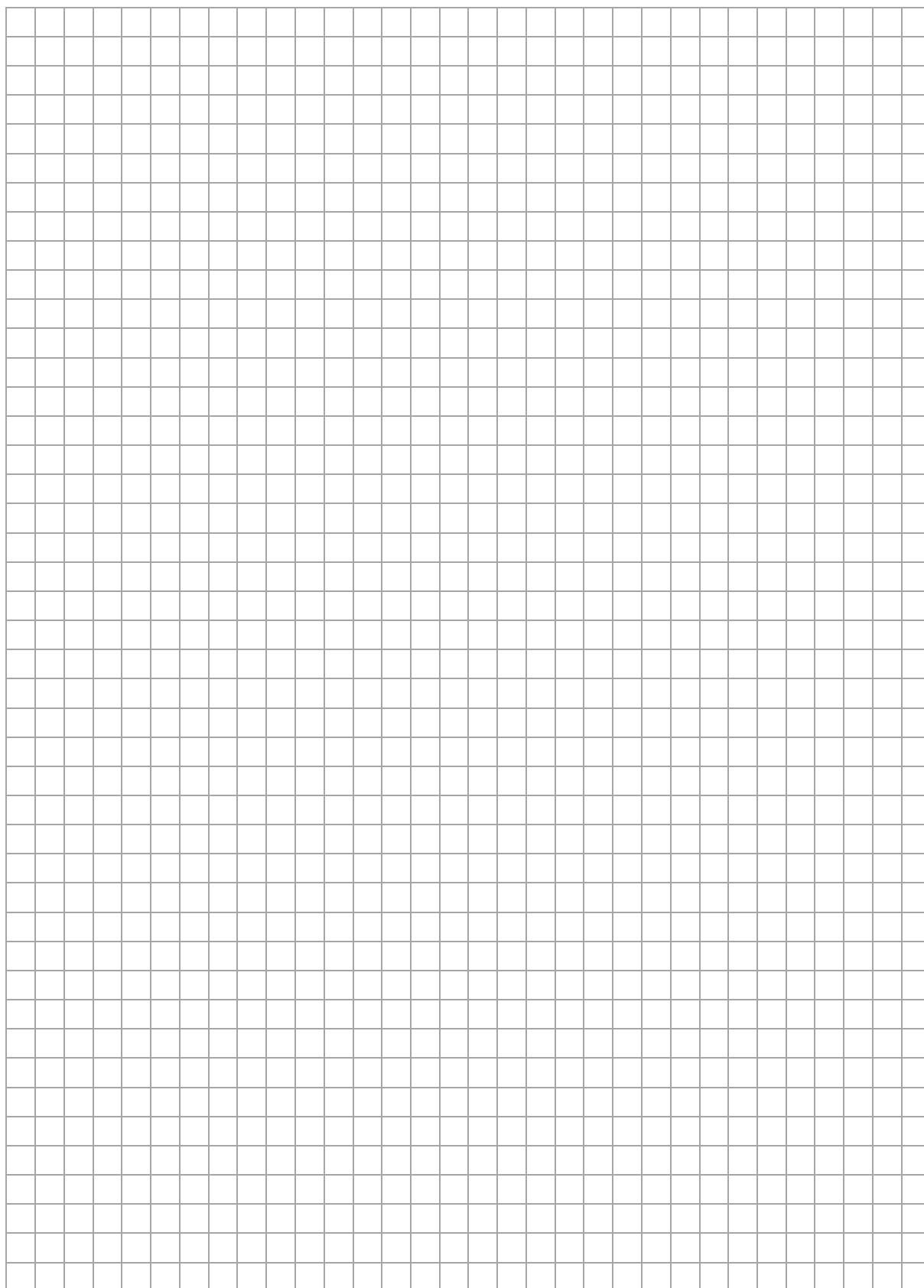
Dokończ zdania. Wpisz właściwe liczby w wykropkowane miejsca.

- Maksymalna wartość siły wypadkowej działającej na ciało  $C$  podczas opisanego ruchu drgającego jest równa ..... N.
- Częstotliwość drgań ciała  $C$  jest równa ..... Hz.

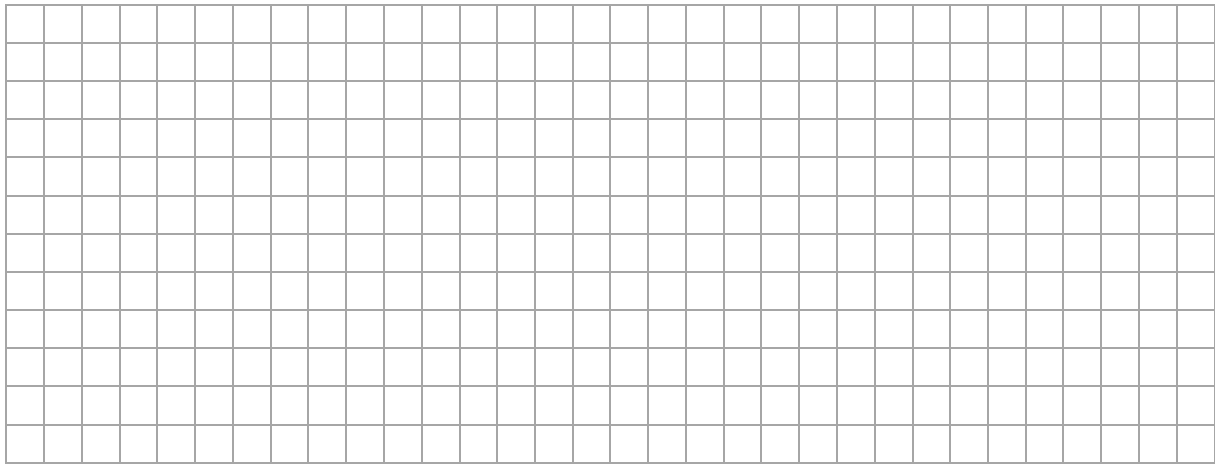


**Zadanie 3.3. (0–3)**

**Oblicz wartość prędkości ciała  $C$  w chwili  $t = 0,8$  s. Zapisz obliczenia.**

A large grid of 20 columns and 30 rows, intended for the student to write their calculations for the problem.



**Zadanie 4.2. (0–2)**

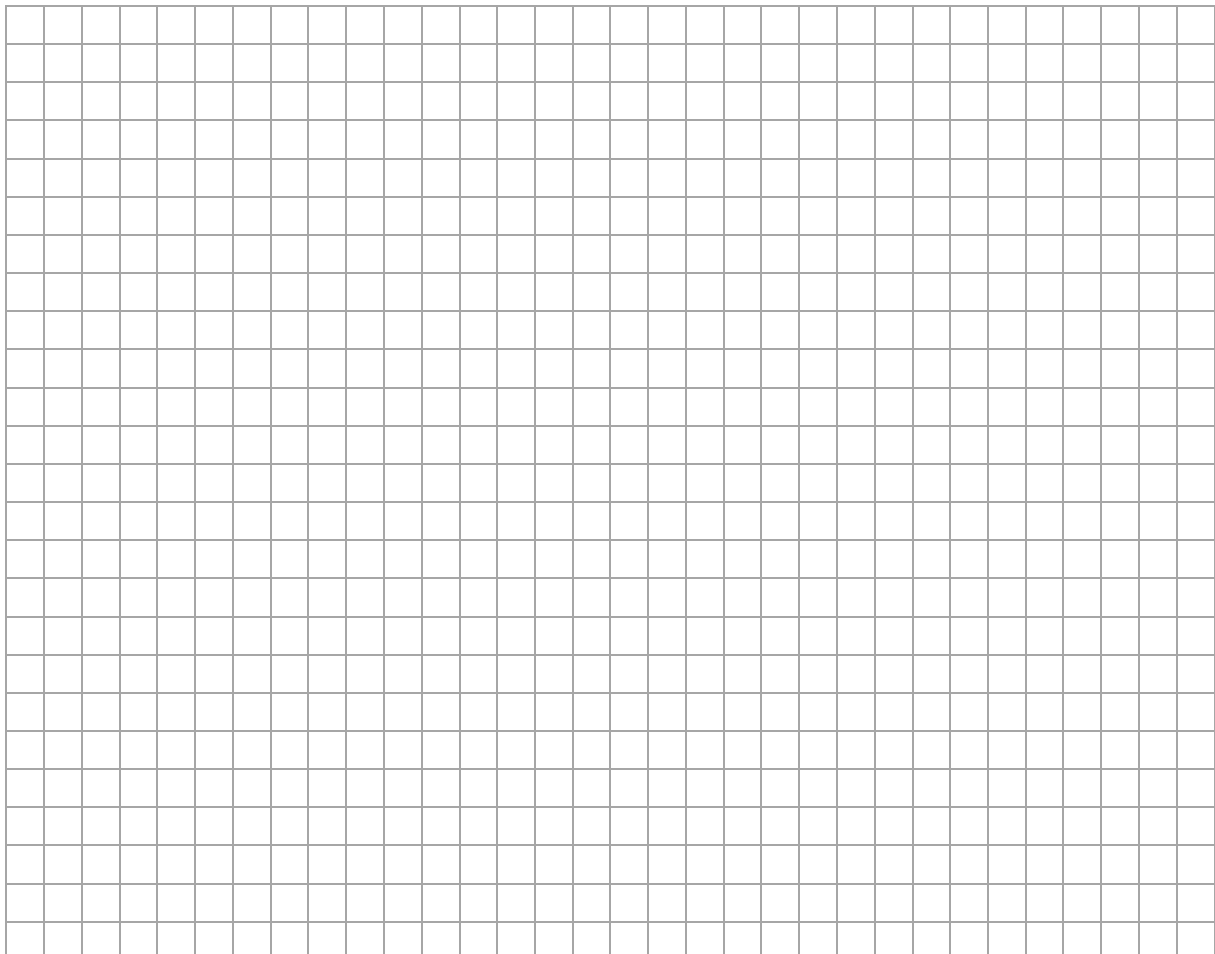
Okres obiegu satelity C dookoła Ziemi oznaczmy jako  $T_C$ .

Okres obiegu satelity D dookoła Ziemi oznaczmy jako  $T_D$ .

Iloraz promieni orbit satelitów C i D wynosi:

$$\frac{r_C}{r_D} = 0,450$$

Oblicz iloraz  $\frac{T_C}{T_D}$ . Wynik podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.



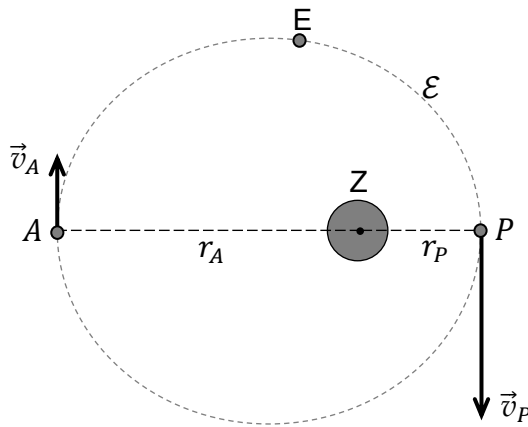
**Informacja do zadania 4.3.**

Satelita E obiega Ziemię po orbicie eliptycznej  $\mathcal{E}$  jedynie pod wpływem siły grawitacji.

Odległość od środka Ziemi do najbliższego punktu  $P$  tej orbity (perygeum) oznaczmy jako  $r_P$ .  
 Odległość od środka Ziemi do najdalszego punktu  $A$  tej orbity (apogeum) oznaczmy jako  $r_A$ .

Wartość prędkości satelity E w punkcie  $P$  oznaczmy jako  $v_P$ , a wartość prędkości satelity E w punkcie  $A$  oznaczmy jako  $v_A$ . Prędkości satelity E w punktach  $P$  i  $A$  są prostopadłe do promienia wodzącego (zobacz rysunek 2.).

Rysunek 2.



**Zadanie 4.3. (0–2)**

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

1.	Najmniejszą energię potencjalną grawitacji podczas ruchu na orbicie $\mathcal{E}$ satelita E osiąga w punkcie $P$ .	P	F
2.	Najmniejszą energię kinetyczną podczas ruchu na orbicie $\mathcal{E}$ satelita E osiąga w punkcie $A$ .	P	F
3.	Największą wartość przyspieszenia podczas ruchu na orbicie $\mathcal{E}$ satelita E osiąga w punkcie $P$ .	P	F

Brdnopis																			

**Zadanie 5. (0–2)**

Do nieruchomego obserwatora  $\mathcal{A}$  zbliża się wzdłuż linii prostej głośnia  $\mathcal{Z}$ . Częstotliwość drgań membrany głośnia jest równa  $f_Z$ . Wartość prędkości  $\mathcal{Z}$  względem  $\mathcal{A}$  się zmniejsza.

Długość fali dźwiękowej, która dociera do obserwatora  $\mathcal{A}$ , oznaczymy jako  $\lambda_A$ .

Częstotliwość fali dźwiękowej, którą odbiera obserwator  $\mathcal{A}$ , oznaczymy jako  $f_A$ .

Obie wielkości  $\lambda_A$  oraz  $f_A$  zmieniają się w czasie, gdy wartość prędkości  $\mathcal{Z}$  względem  $\mathcal{A}$  się zmniejsza.

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

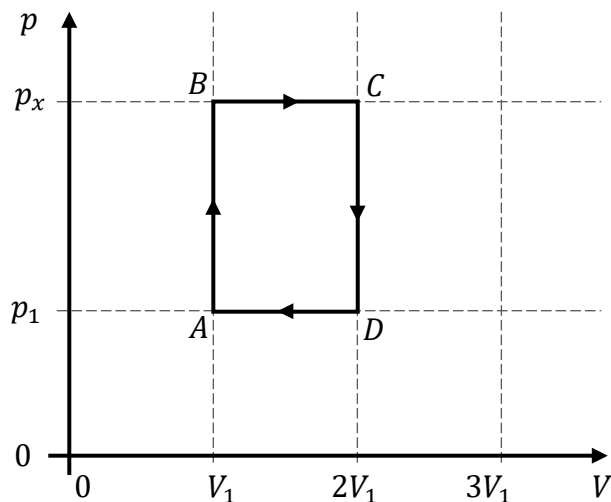
1.	$f_A < f_Z$	P	F
2.	Gdy wartość prędkości $\mathcal{Z}$ względem $\mathcal{A}$ <u>się zmniejsza</u> , to $f_A$ maleje.	P	F
3.	Gdy wartość prędkości $\mathcal{Z}$ względem $\mathcal{A}$ <u>się zmniejsza</u> , to $\lambda_A$ maleje.	P	F

<i>Brudnopis</i>																							

### Zadanie 6.

Na poniższym wykresie przedstawiono zależność ciśnienia  $p$  od objętości  $V$  w cyklu przemian termodynamicznych  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  ustalonej masy gazu doskonałego. Ciepło molowe tego gazu przy stałej objętości wynosi  $C_V = \frac{3}{2}R$ , gdzie  $R$  jest stałą gazową.

Ciśnienie oznaczone na wykresie jako  $p_x$  spełnia warunek  $p_x > p_1$ .



### Zadanie 6.1. (0–3)

Symbolami  $\Delta T_{AB}$ ,  $\Delta U_{AB}$  i  $W_{BC}$  oznaczymy odpowiednio: różnicę temperatur  $T_B - T_A$  w stanach  $B$  i  $A$ , różnicę energii wewnętrznych  $U_B - U_A$  w stanach  $B$  i  $A$  oraz pracę na odcinku  $BC$ . Analogicznie oznaczymy te wielkości na innych odcinkach cyklu.

Ustal relacje między poniższymi wielkościami fizycznymi – lub zmianami wielkości fizycznych – w przemianach cyklu  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ . Wpisz w każde wykropkowane miejsce poniżej odpowiedni znak wybrany spośród:  $>$ ,  $=$ ,  $<$ .

1.  $\Delta T_{AB}$  .....  $\Delta T_{BC}$
2.  $|W_{BC}|$  .....  $|W_{DA}|$
3.  $|\Delta U_{AB}|$  .....  $|\Delta U_{CD}|$

Brudnopis									

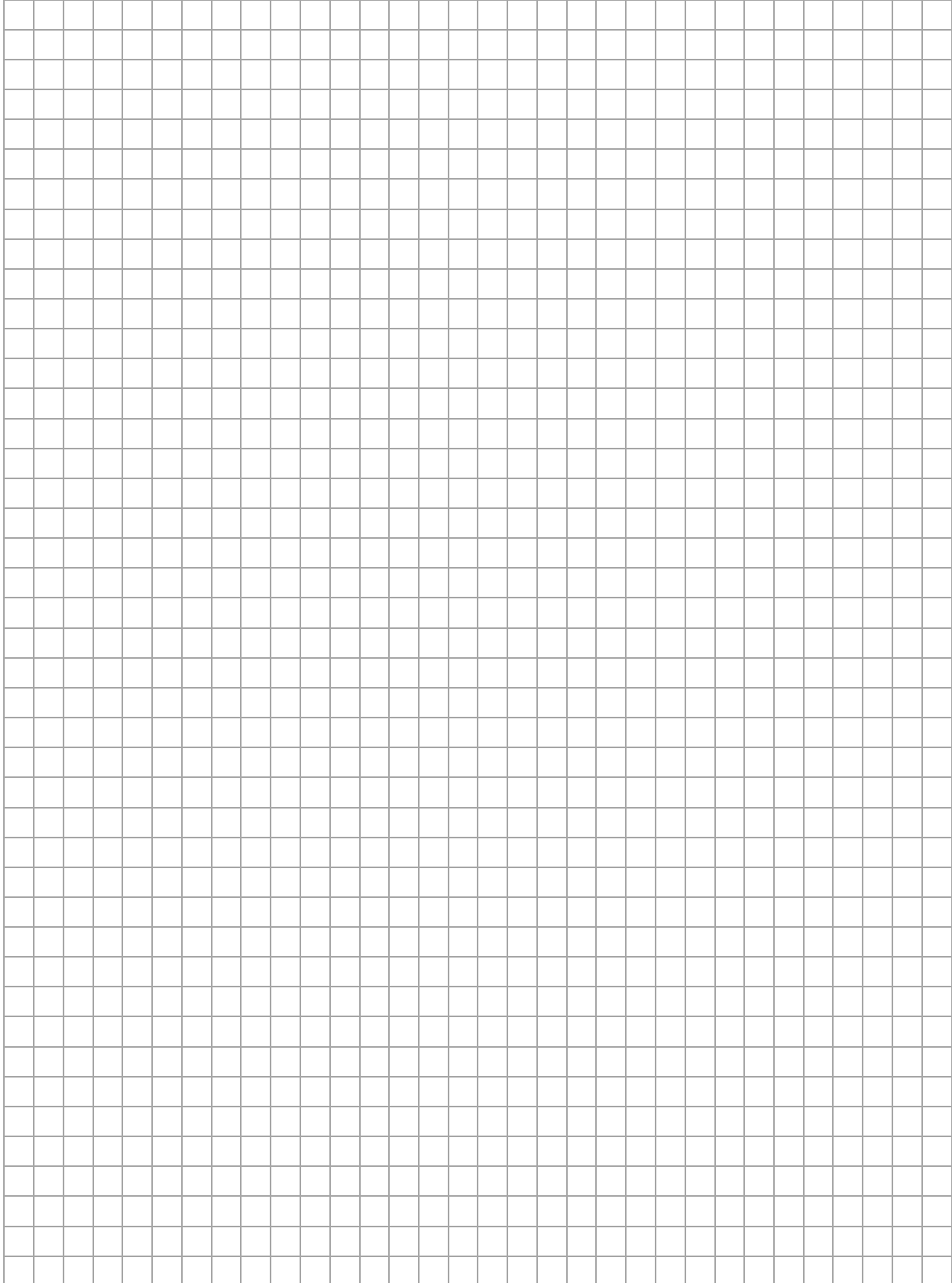
Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: arkusze.pl



**Zadanie 6.3. (0–4)**

Wyprowadź poniższy wzór na sprawność  $\eta$  silnika o cyklu opisanym w zadaniu 6.:

$$\eta = \frac{2p_x - 2p_1}{8p_x - 3p_1}$$

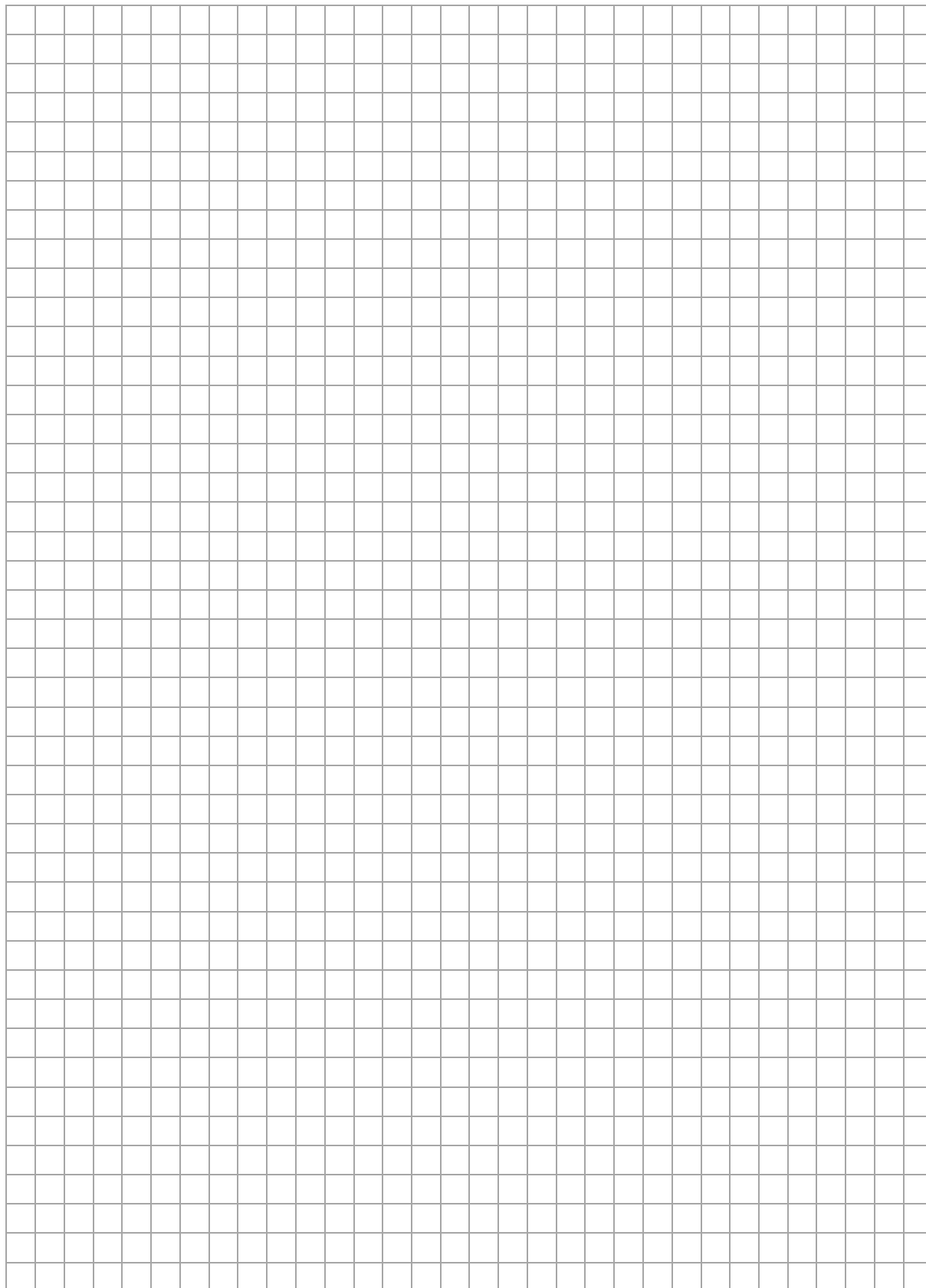






**Zadanie 7.2. (0–4)**

**Oblicz ogniskową  $f$  soczewki S. Zapisz obliczenia.**

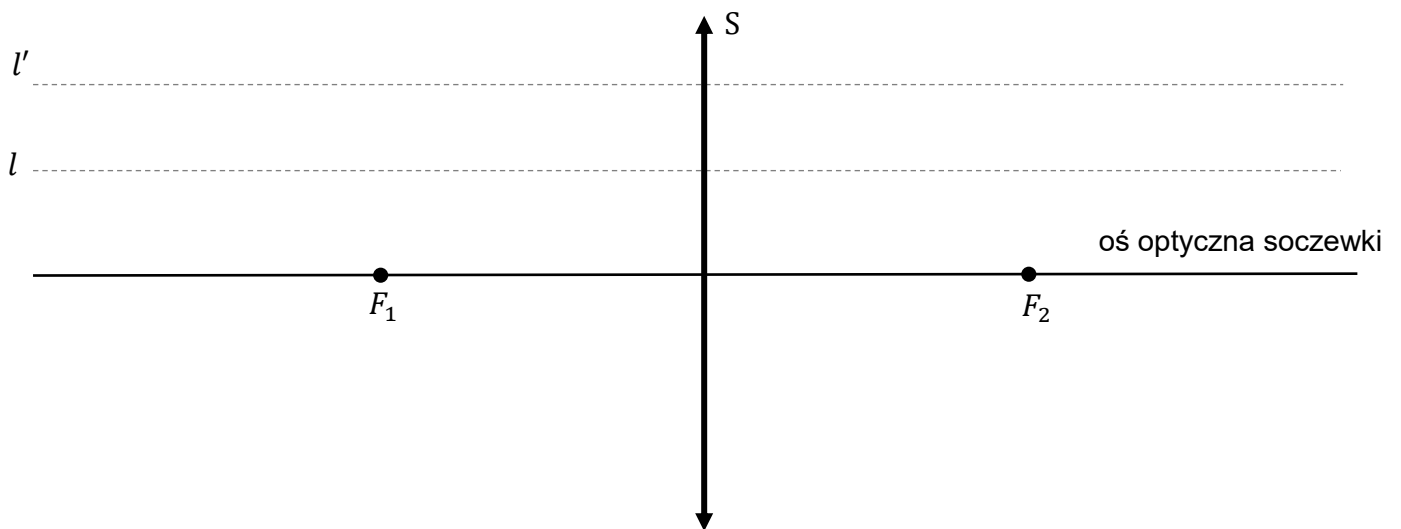


### Zadanie 7.3. (0–2)

Rozważamy pewien obraz pozorny  $O'P'$  strzałki  $OP$ .

Na rysunku poniżej zaznaczono soczewkę  $S$ , oś optyczną tej soczewki, jej dwa ogniska  $F_1$ ,  $F_2$  oraz linię  $l$  na wysokości punktu  $P$  i linię  $l'$  na wysokości punktu  $P'$ .

Rysunek



Na powyższym rysunku wyznacz konstrukcyjnie położenie strzałki  $OP$  oraz położenie jej obrazu  $O'P'$ . Narysuj i podpisz strzałkę  $OP$  oraz jej obraz  $O'P'$ .

**Zadanie 8.**

Na poziomej płycie umieszczono w pewnej odległości od siebie dwie jednakowe małe kulki K1 i K2. Każda z kulek miała masę  $m = 5,0$  g. Jedną z kulek naładowano ładunkiem elektrycznym dodatnim, a drugą kulkę – ładunkiem elektrycznym ujemnym.

Początkowo obie kulki były unieruchomione. W chwili  $t_0 = 0$  kulkę K1 zwolniono z mocującego ją uchwytu i zaczęła się ona zbliżać do nieruchomej kulki K2. Przyjmij, że siła wypadkowa działająca na K1 jest równa sile oddziaływania elektrycznego z kulką K2 (co oznacza m.in. pominięcie siły tarcia oraz oddziaływania elektrycznego z płytą).

**Zadanie 8.1. (0–1)**

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

Od chwili  $t_0$  wartość przyspieszenia kulki K1

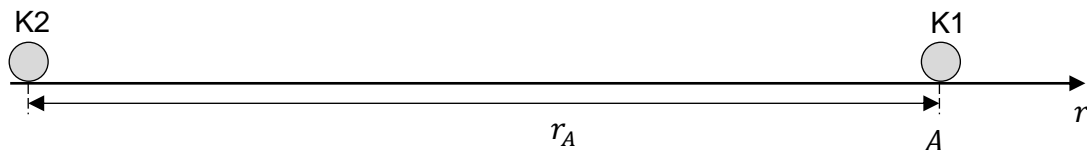
<b>A.</b>	się zwiększa,	ponieważ wartość siły wypadkowej działającej na tę kulkę	<b>1.</b>	się zwiększa.
<b>B.</b>	się zmniejsza,		<b>2.</b>	się zmniejsza.
<b>C.</b>	pozostaje stała,		<b>3.</b>	pozostaje stała.

**Zadanie 8.2. (0–4)**

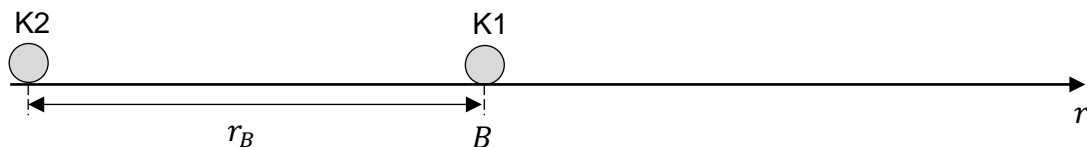
W chwili  $t_0 = 0$  kulka K1 spoczywała i znajdowała się w punkcie A. Odległość K1 od K2 w chwili  $t_0$  była równa  $r_A = 0,10$  m (zobacz rysunek 1.).

W pewnej chwili  $t_B$  podczas ruchu, kulka K1 znalazła się w punkcie B. Odległość K1 od K2 w chwili  $t_B$  była równa  $r_B = 0,05$  m. (zobacz rysunek 2.).

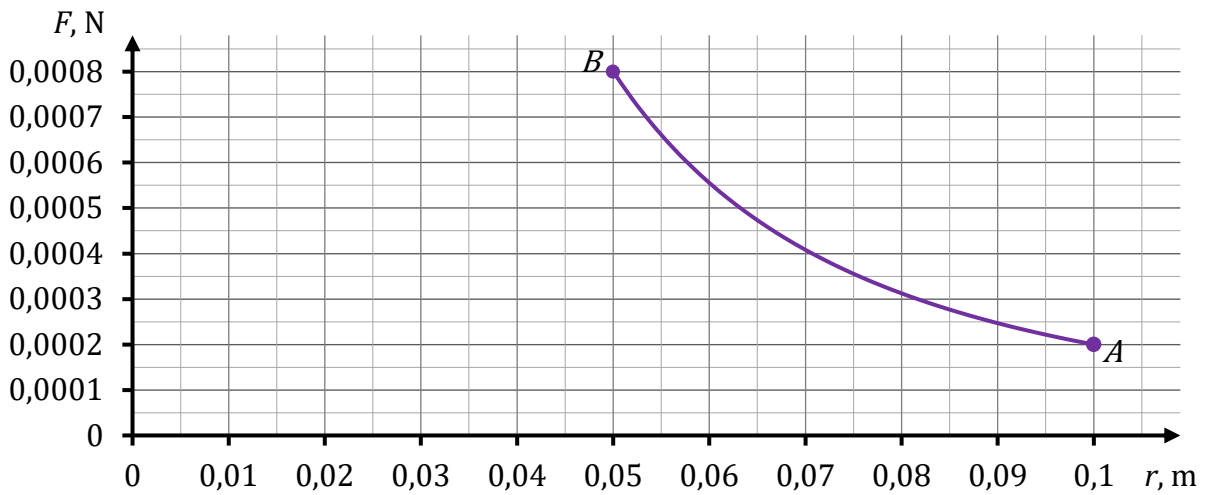
Rysunek 1.



Rysunek 2.

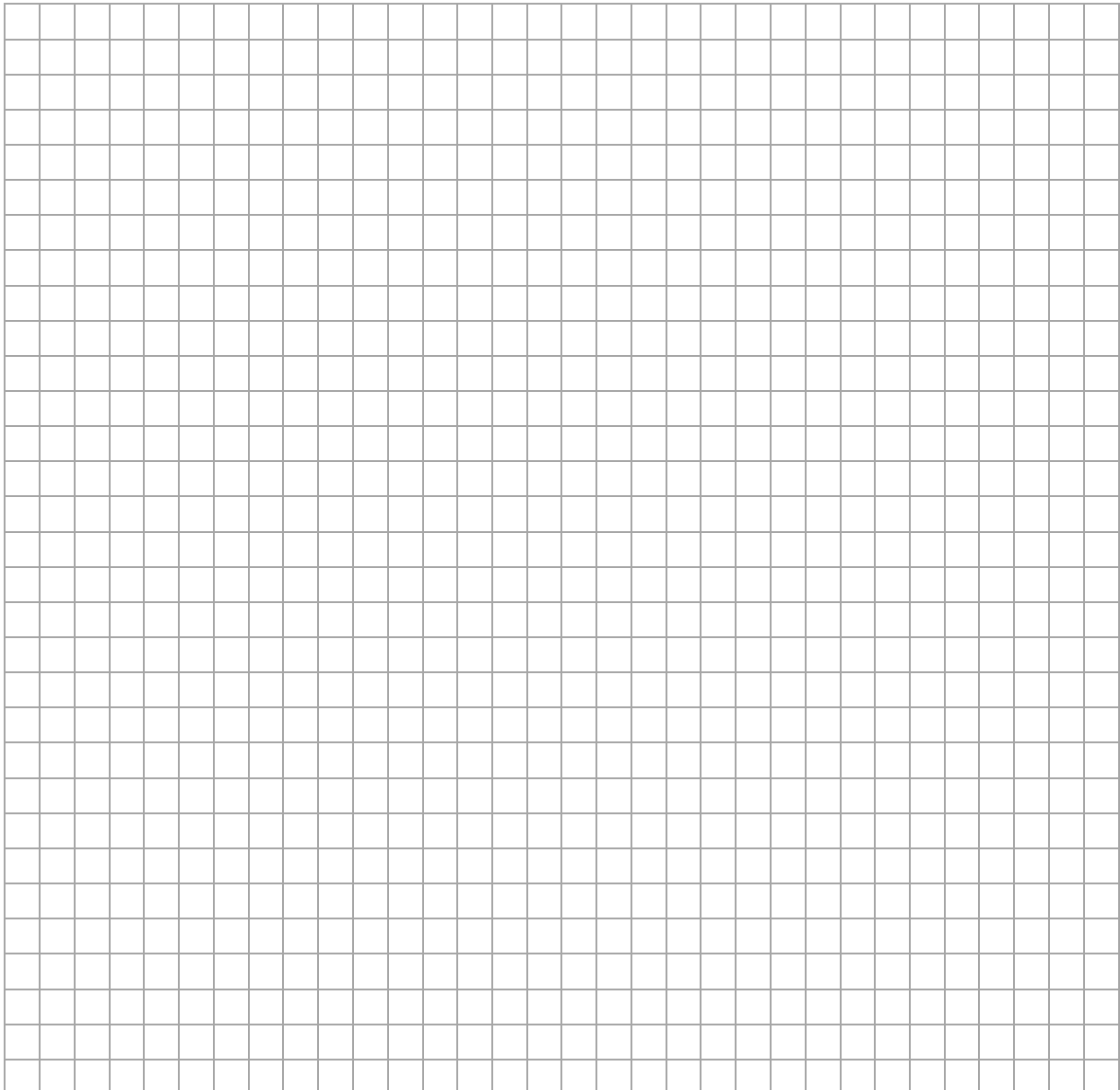


Na wykresie (strona 21) przedstawiono zależność wartości siły wypadkowej działającej na kulkę K1 od odległości do K2 – podczas ruchu kulki od punktu A do punktu B.



**Oblicz wartość prędkości kulki w punkcie  $B$ . Zapisz obliczenia.**

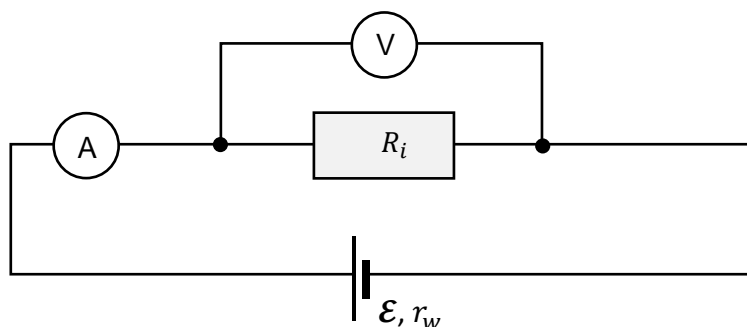
*Wskazówka: Wykorzystaj graficzną metodę wyznaczania pracy, gdy dany jest wykres zależności siły od położenia, albo wykorzystaj zasadę zachowania energii w polu elektrycznym.*



### Zadanie 9.

Uczniowie wykonali doświadczenie, w którym wyznaczali siłę elektromotoryczną  $\mathcal{E}$  baterii oraz jej opór wewnętrzny  $r_w$ . W tym celu do obwodu zasilanego tą baterią podłączali kolejno pięć oporników o różnych oporach elektrycznych:  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  (zobacz rysunek 1.).

Rysunek 1.



Za każdym razem, gdy podłączony był jeden z tych oporników, uczniowie mierzyli natężenie  $I$  prądu płynącego przez  $i$ -ty opornik ( $i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ) oraz napięcie  $U$  na tym oporniku.

Przyjmij, że opór amperomierza jest równy zero, opór woltomierza jest nieskończenie duży, a opór  $r_w$  jest stały.

Niepewność pomiaru napięcia przyjęto równą  $\Delta_U = \pm 0,3$  V, natomiast pomiar natężenia prądu uznano jako dokładny. Uzyskane wyniki uczniowie zapisali w tabeli.

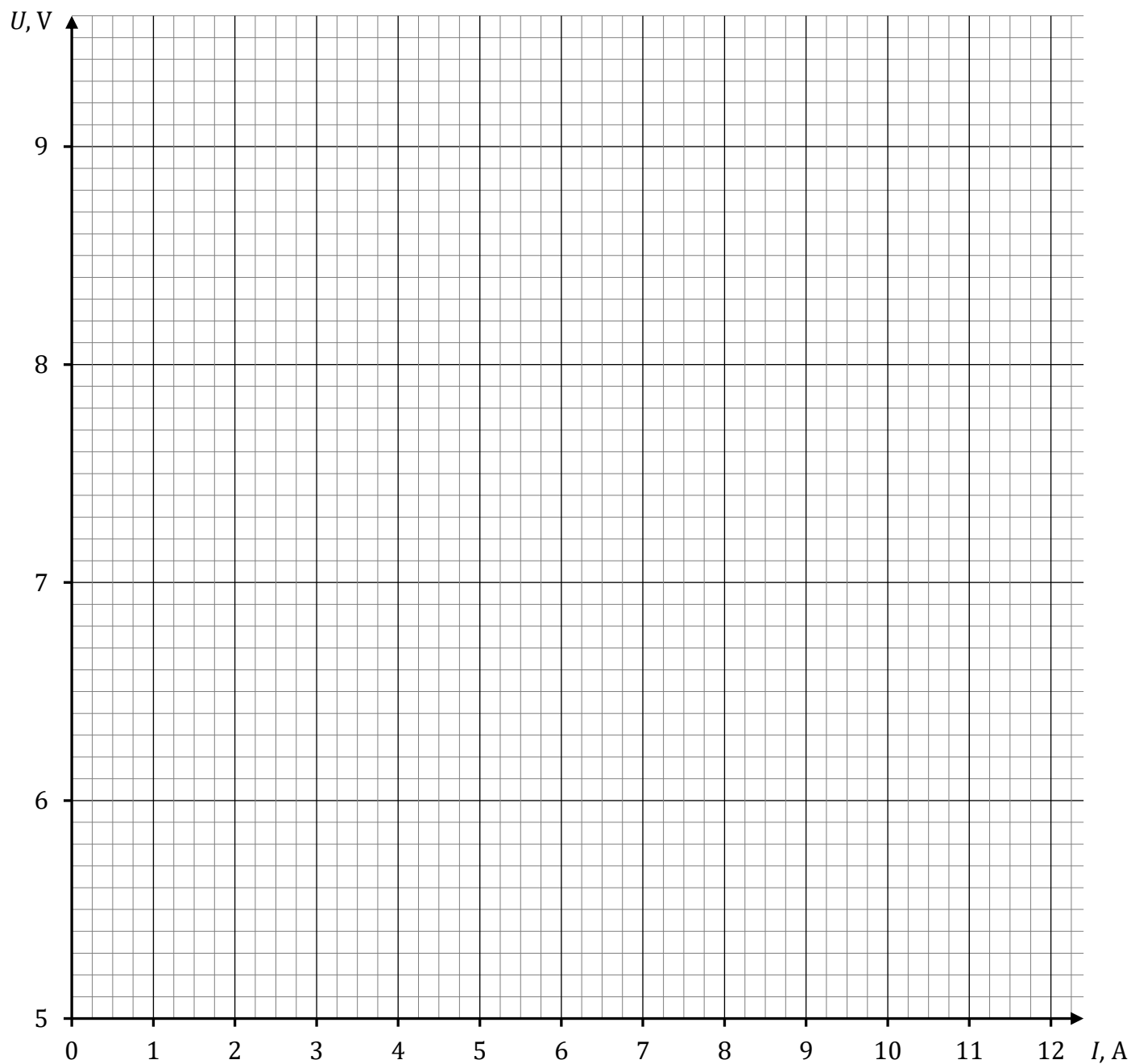
Tabela

Nr pomiaru ( $i$ )	1	2	3	4	5
$U, V$	8,8	7,6	7,3	6,3	5,9
$I, A$	1,5	4,0	6,0	8,5	10,5
$ \Delta_U , V$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

**Zadanie 9.1. (0–2)**

W układzie współrzędnych  $(I, U)$  zaznacz punkty pomiarowe i niepewności pomiaru napięcia  $\Delta U$  oraz narysuj prostą najlepiej dopasowaną do punktów pomiarowych.

Układ współrzędnych  $(I, U)$



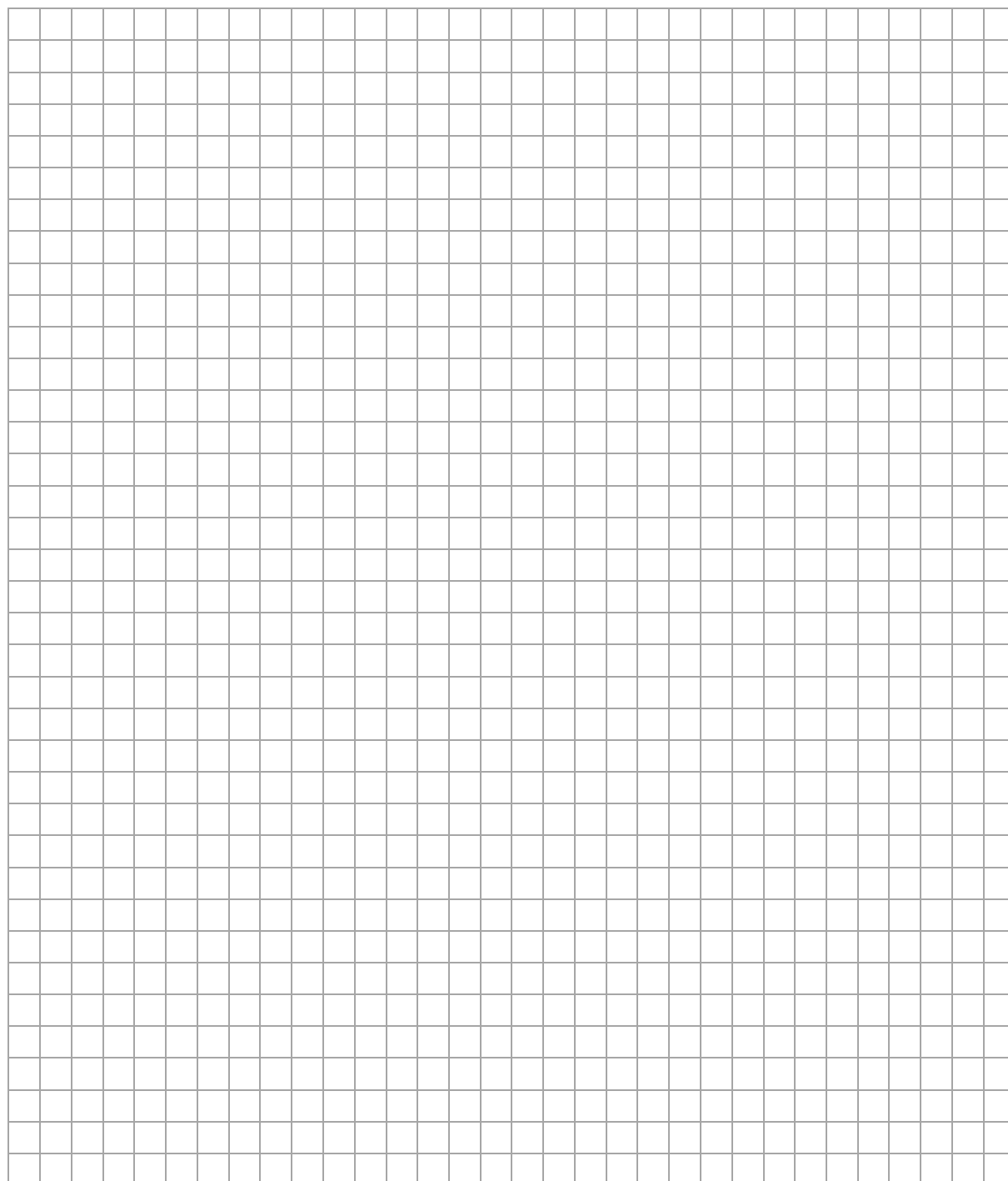
**Zadanie 9.2. (0–4)**

Uczeń X na podstawie danych z tabeli narysował wykres zależności  $U(I)$ .

Ten wykres zawierał punkty  $P_1$  i  $P_2$  o współrzędnych odpowiednio:

$$I_1 = 5,0 \text{ A} ; U_1 = 7,5 \text{ V} \quad \text{oraz} \quad I_2 = 10,0 \text{ A} ; U_2 = 6,0 \text{ V}$$

**Oblicz – na podstawie współrzędnych punktów  $P_1$  i  $P_2$  z wykresu ucznia X – siłę elektromotoryczną  $\mathcal{E}$  baterii oraz jej opór wewnętrzny  $r_w$ . Zapisz obliczenia.**







**Zadanie 10.3. (0–3)**

Masy jąder i cząstek uczestniczących w opisanym rozpadzie  $\beta^-$ , wyrażone w jednostkach atomowych, mają następujące wartości:

$$m_C = 13,99995 \text{ u} \quad - \text{ masa jądra węgla } ^{14}\text{C}$$

$$m_X = 13,99923 \text{ u} \quad - \text{ masa powstałego jądra}$$

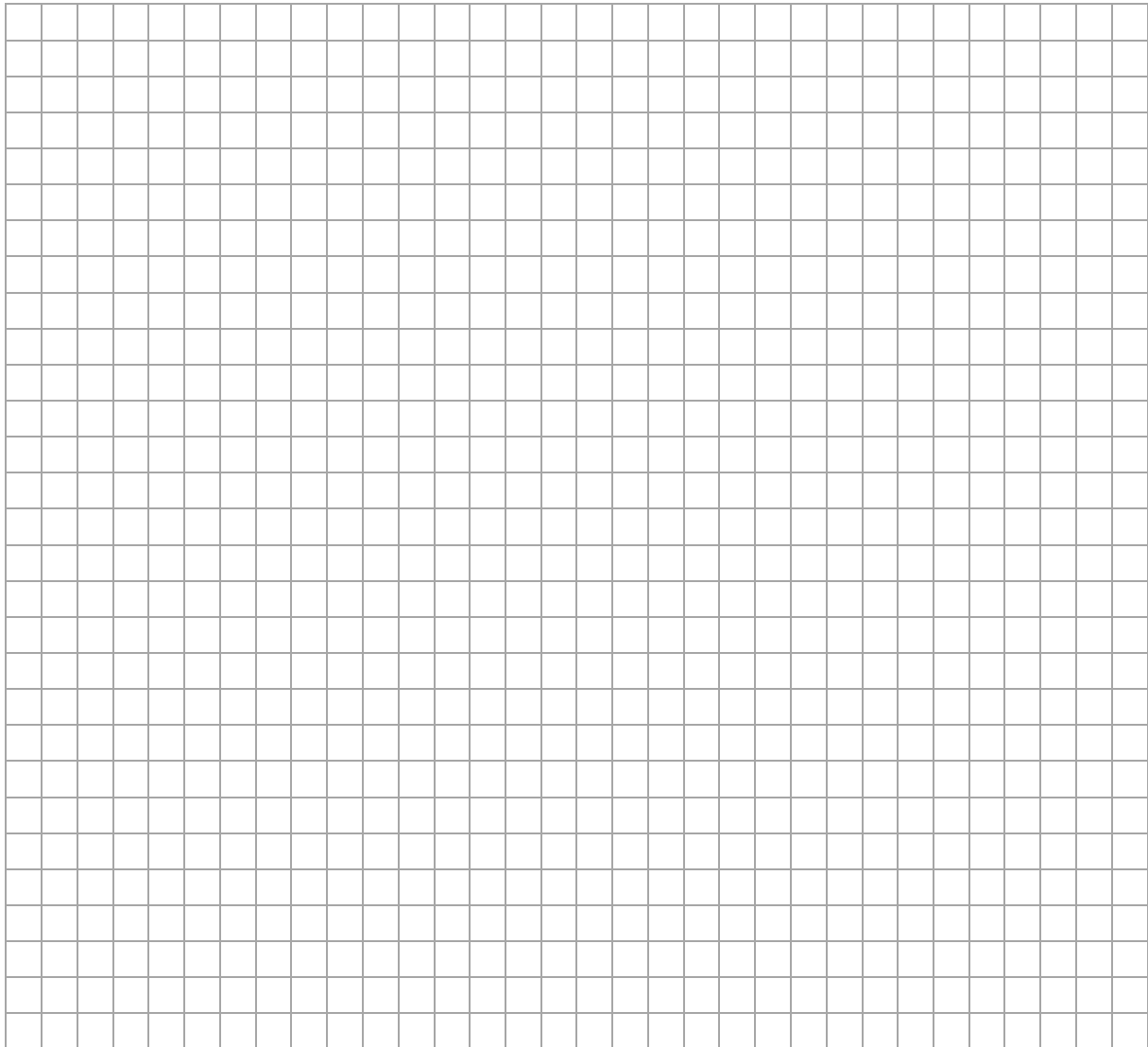
$$m_\beta = 0,00055 \text{ u} \quad - \text{ masa cząstki } \beta^-$$

$$m_{\bar{\nu}} = 0,00000 \text{ u} \quad - \text{ masę antyneutrino pomijamy.}$$

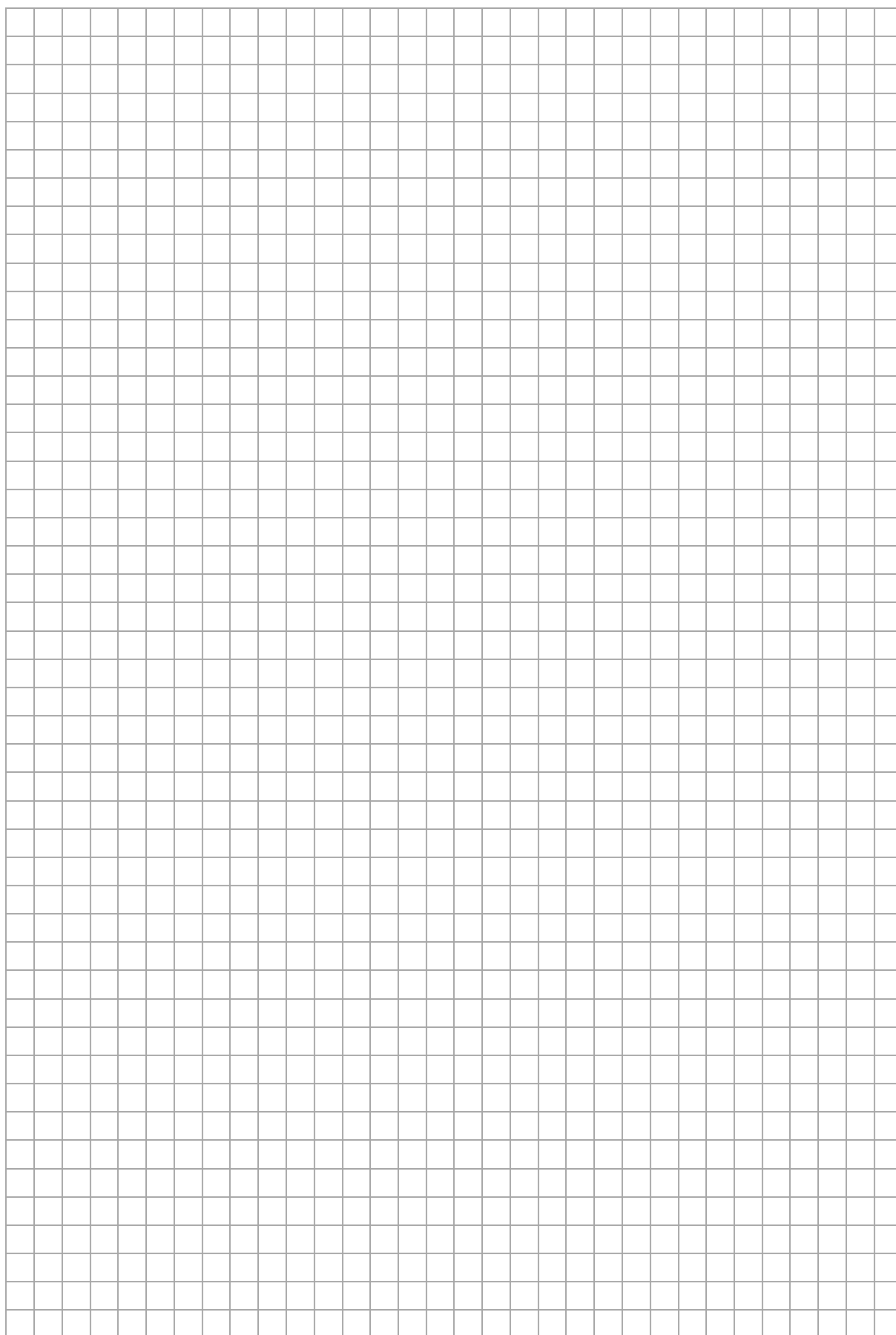
Przyjmij, że jądro węgla  $^{14}\text{C}$  przed rozpadem  $\beta^-$  spoczywało, oraz wykorzystaj związek:

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

**Oblicz łączną energię kinetyczną produktów rozpadu  $\beta^-$  jądra węgla  $^{14}\text{C}$ .  
Wynik podaj w MeV. Zapisz obliczenia.**



## BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)



# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*