

**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-R0-100-2405**

**DATA: 23 maja 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.



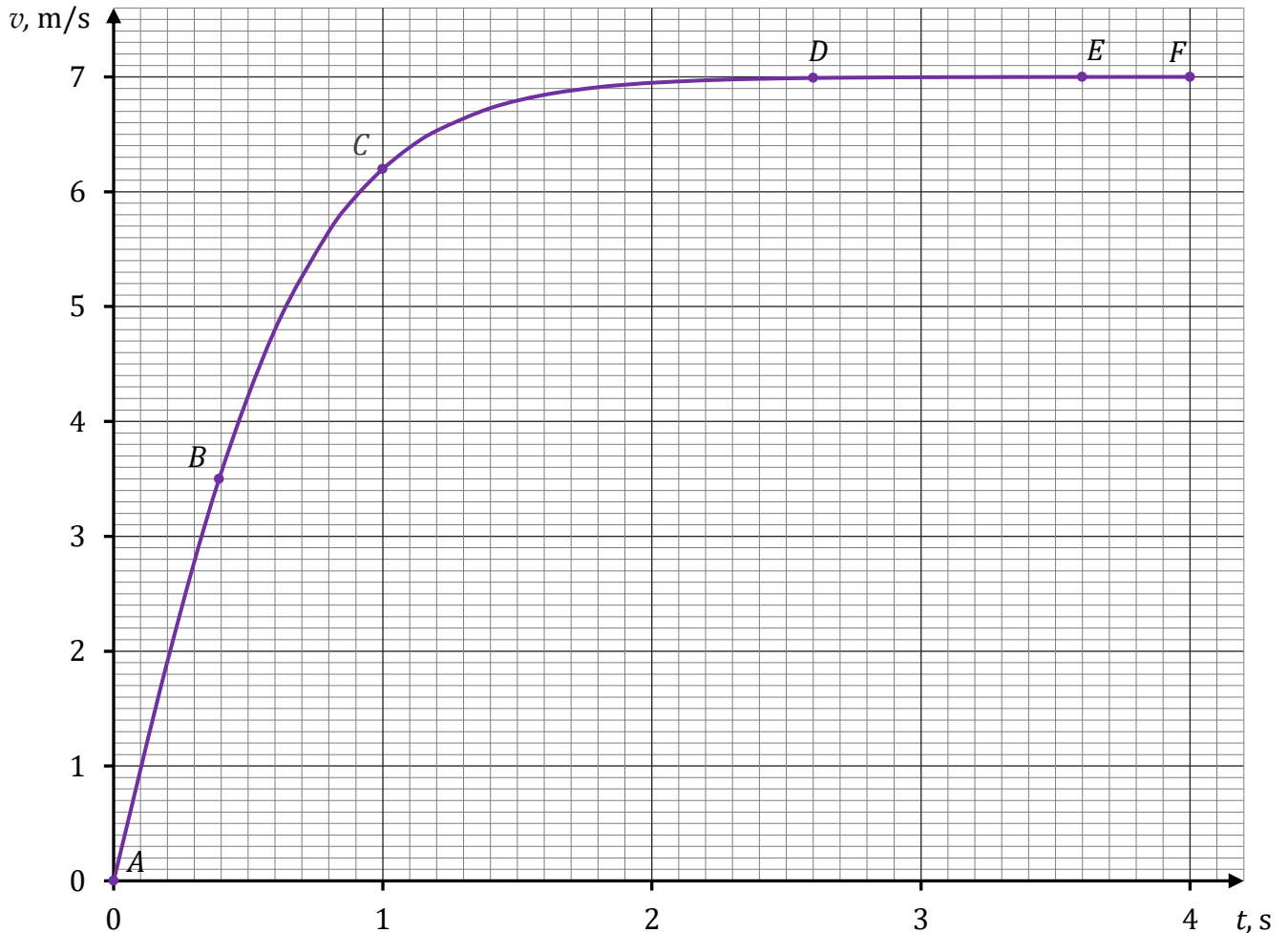


**Zadania egzaminacyjne są wydrukowane  
na następnych stronach.**

### Zadanie 1.

Kropla wody oderwała się od dachu budynku w chwili  $t_A$  i następnie opadała pionowo w powietrzu. Na poniższym wykresie przedstawiono zależność wartości  $v$  prędkości kropli od czasu  $t$  od chwili  $t_A = 0$  s do chwili  $t_F = 4$  s, w której kropla uderzyła o podłoże.

Na wykresie oznaczono wybrane punkty:  $A, B, C, D, E, F$ . Ruch kropli opisujemy w układzie odniesienia związanym z ziemią i zakładamy, że jest to układ inercjalny.



Do analizy zagadnienia przyjmij uproszczony model zjawiska, w którym:

- podczas opadania kropli działają na nią dwie siły: siła oporu powietrza  $\vec{F}_o$  oraz siła grawitacji  $\vec{F}_g$  (pomijamy siłę wyporu aerostatycznego)
- kropla jest kulą o promieniu  $R$ , a jej masa się nie zmienia
- wartość siły oporu działającej na kroplę wyraża się wzorem:

$$F_o = k\rho_p S v^2$$

gdzie  $k$  jest pewnym współczynnikiem,  $\rho_p$  jest gęstością powietrza,  $S$  jest polem przekroju poprzecznego przez środek kropli,  $v$  jest wartością prędkości kropli

- ruch kropli od chwili  $t_D$  traktujemy jako jednostajny prostoliniowy, czyli przyjmij, że część  $DF$  wykresu jest poziomym odcinkiem.

**Zadanie 1.1. (0–1)**

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

Od chwili  $t_A$  do chwili  $t_D$  wartość przyspieszenia kropli

<b>A.</b>	się zwiększa,	ponieważ wartość siły wypadkowej działającej w tym czasie na kroplę	<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 1.2. (0–3)**

Punkt  $K$  na diagramach 1.–2. reprezentuje kroplę. Długość boku kratki na każdym diagramie odpowiada umownej jednostce siły. Na diagramach 1.–2. narysowano siłę grawitacji działającą na kroplę, natomiast nie narysowano siły oporu  $\vec{F}_o$ .

**Na diagramie 1. narysuj i oznacz siłę oporu  $\vec{F}_{oE}$  przyłożoną w punkcie  $K$ , działającą na kroplę w chwili  $t_E = 3,6$  s. Na diagramie 2. narysuj i oznacz siłę oporu  $\vec{F}_{oB}$  przyłożoną w punkcie  $K$ , działającą na kroplę w chwili  $t_B = 0,4$  s.**

**Zachowaj odpowiednie kierunki, zwroty oraz dokładne długości wektorów, odpowiadające wartościom tych sił. Wykorzystaj fakt, że wartość siły oporu jest wprost proporcjonalna do kwadratu wartości prędkości kropli:  $F_o \propto v^2$ .**

Diagram 1. ( $t_E = 3,6$  s)

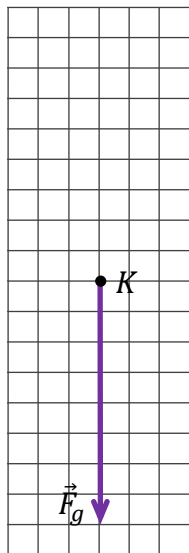
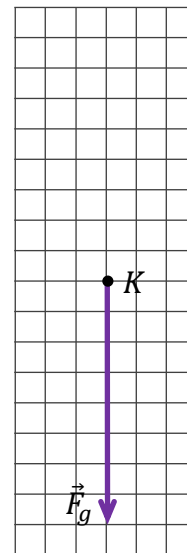
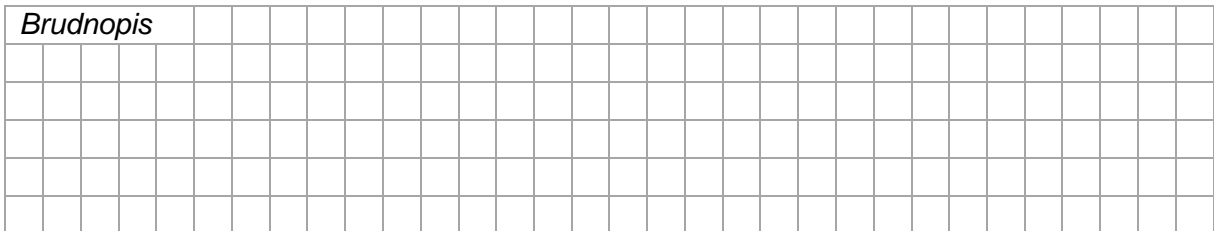


Diagram 2. ( $t_B = 0,4$  s)



*Brudnopis*



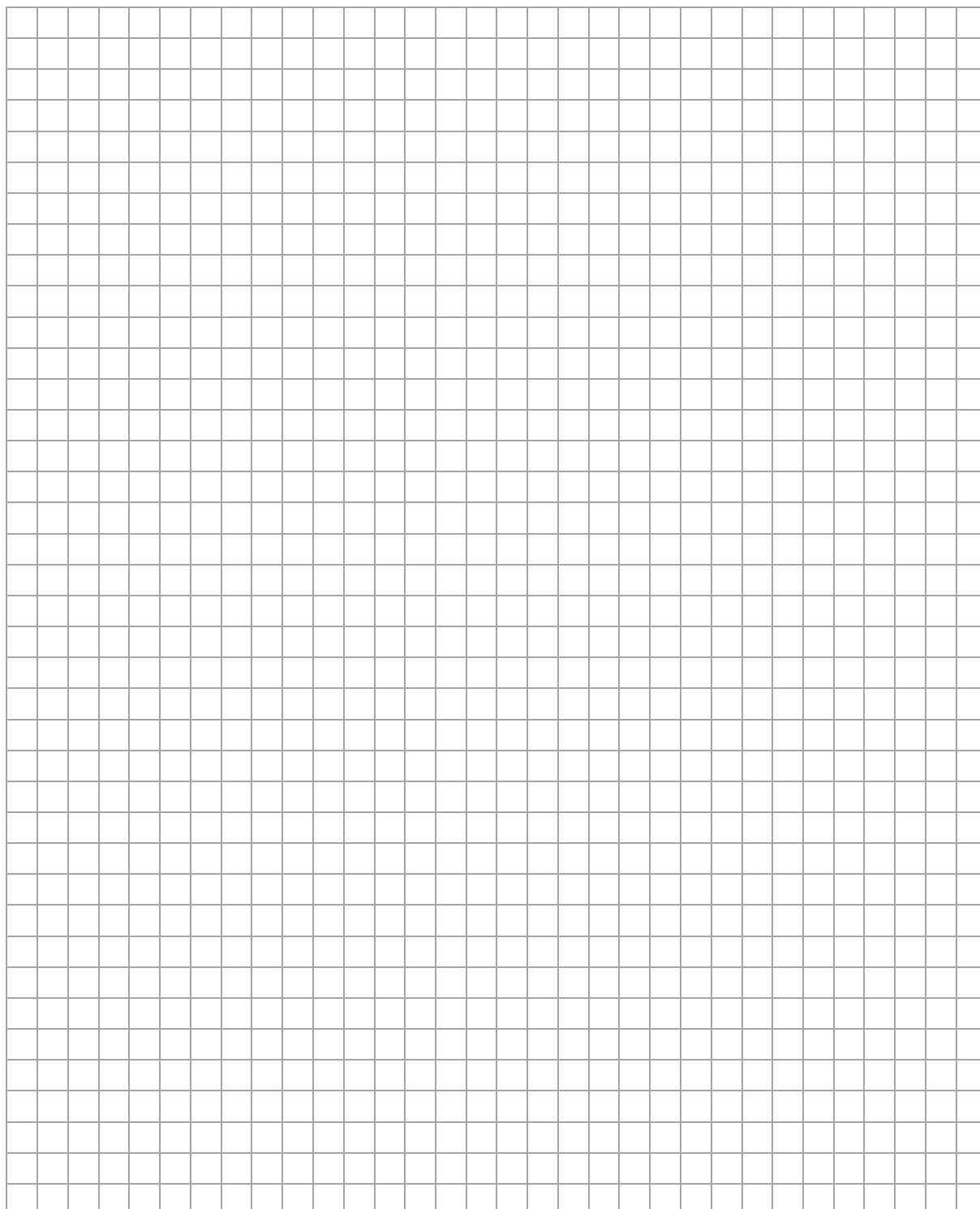
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	1.1.	1.2.
	Maks. liczba pkt	1	3
	Uzyskana liczba pkt		

**Zadanie 1.3. (0–4)**

Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć  $v_E$  – wartość prędkości, z jaką kropla opada w powietrzu ruchem jednostajnym prostoliniowym – w zależności od: promienia kropli  $R$ , gęstości powietrza  $\rho_p$ , gęstości wody  $\rho_w$ , wartości przyspieszenia ziemskiego  $g$  oraz współczynnika  $k$ .

Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać tego wzoru.

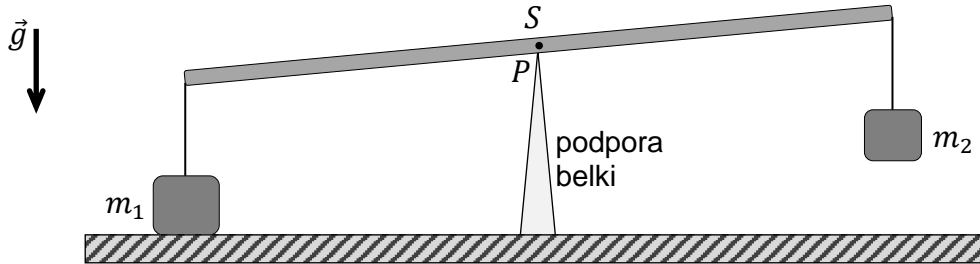
Wskazówka: Objętość kuli o promieniu  $R$  wyraża się wzorem  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .



### Zadanie 2.

Cienka jednorodna belka o masie  $m_b$  została podparta w punkcie  $P$ , pokrywającym się z punktem  $S$  środka masy belki (tzn. początkowo  $P = S$ ). W tej sytuacji belka pozostawała w równowadze, w pozycji poziomej.

Następnie na przeciwnych końcach tej belki zawieszono na cienkich nitkach dwa ciała o różnych masach  $m_1$  i  $m_2$ , takich, że  $m_1 > m_2$ . W tej sytuacji belka się przechyliła (zobacz rysunek poniżej).



W kolejnym kroku doświadczenia przesunięto podporę belki wraz z punktem podparcia belki w taki sposób, że belka została zrównoważona i utrzymywała się nieruchomo w pozycji poziomej. Odległość punktu  $P$  podparcia belki od punktu  $S$  środka masy belki – w sytuacji po zrównoważeniu belki – oznaczmy jako  $x$ , czyli:

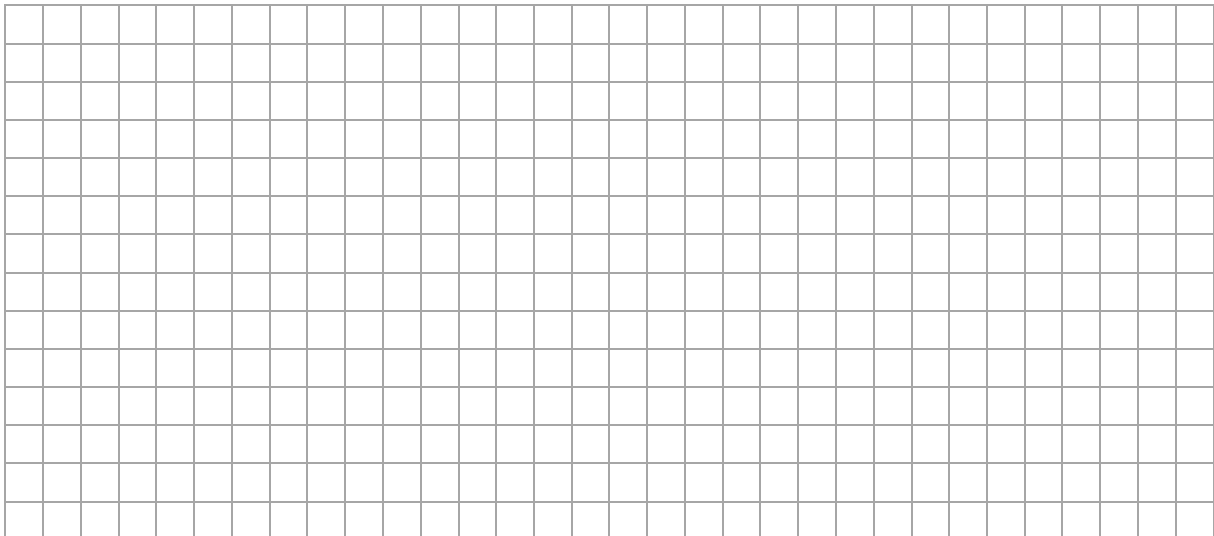
$$x = |SP|$$

### Zadanie 2.1. (0–2)

Ustal i zapisz, w którą stronę – bliżej masy  $m_1$  czy masy  $m_2$  – należy przesunąć podporę wraz z punktem  $P$  podparcia belki, aby można było zrównoważyć belkę w pozycji poziomej.

Uzasadnij swoje stwierdzenie.

W uzasadnieniu powołaj się na warunek statyki bryły sztywnej.



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	1.3.	2.1.
	Maks. liczba pkt	4	2
	Uzyskana liczba pkt		

**Zadanie 2.2. (0–3)**

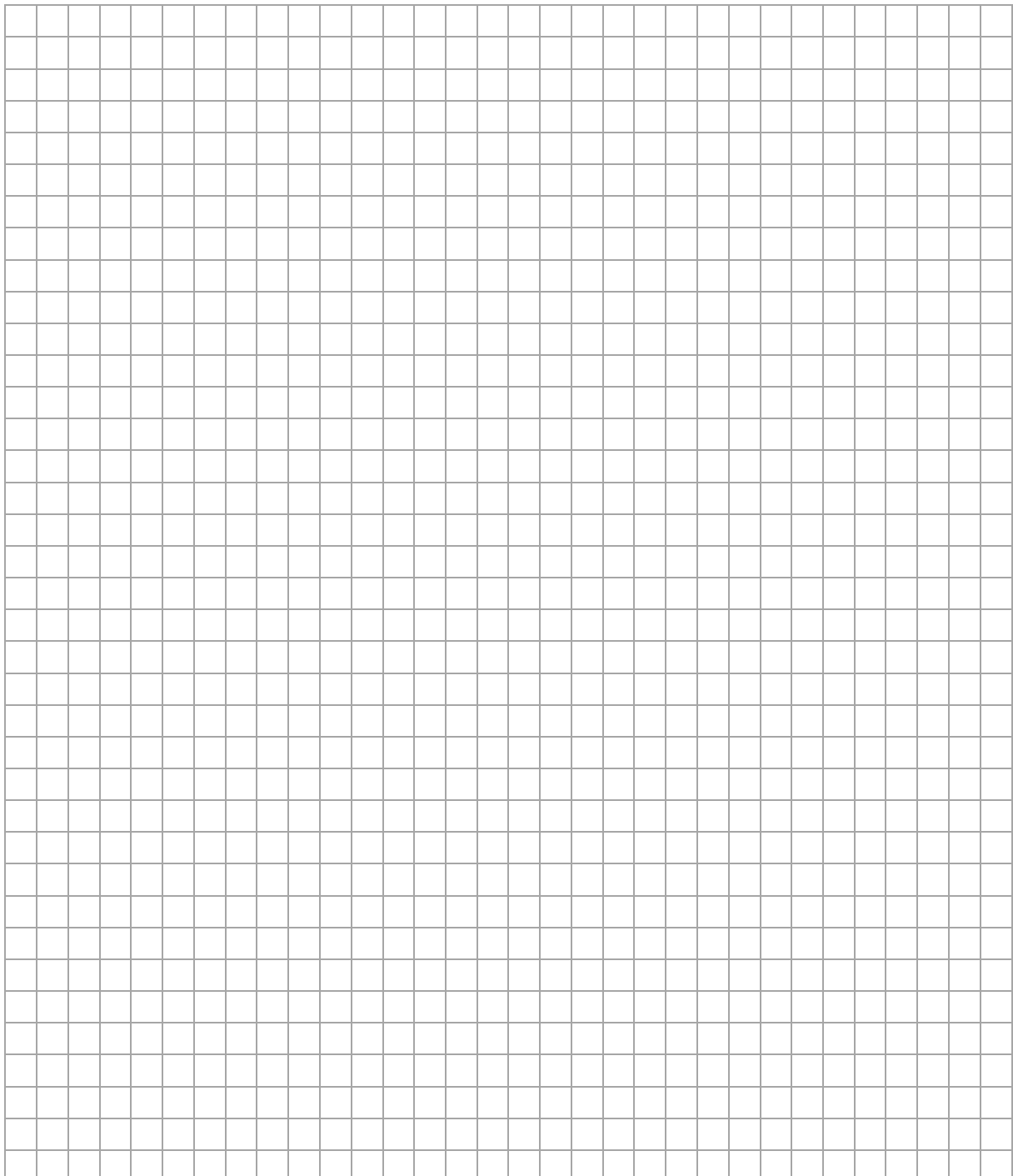
Masy ciał zawieszonych na końcach belki wynoszą odpowiednio:

$$m_1 = 2,00 \text{ kg}, m_2 = 1,50 \text{ kg}.$$

Masa belki jest równa  $m_b = 0,20 \text{ kg}$ .

Długość belki jest równa  $d = 42,0 \text{ cm}$ .

**Oblicz  $x$  – odległość punktu  $P$  podparcia belki od punktu  $S$  środka masy belki, w sytuacji po zrównoważeniu belki. Wynik zapisz zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.**

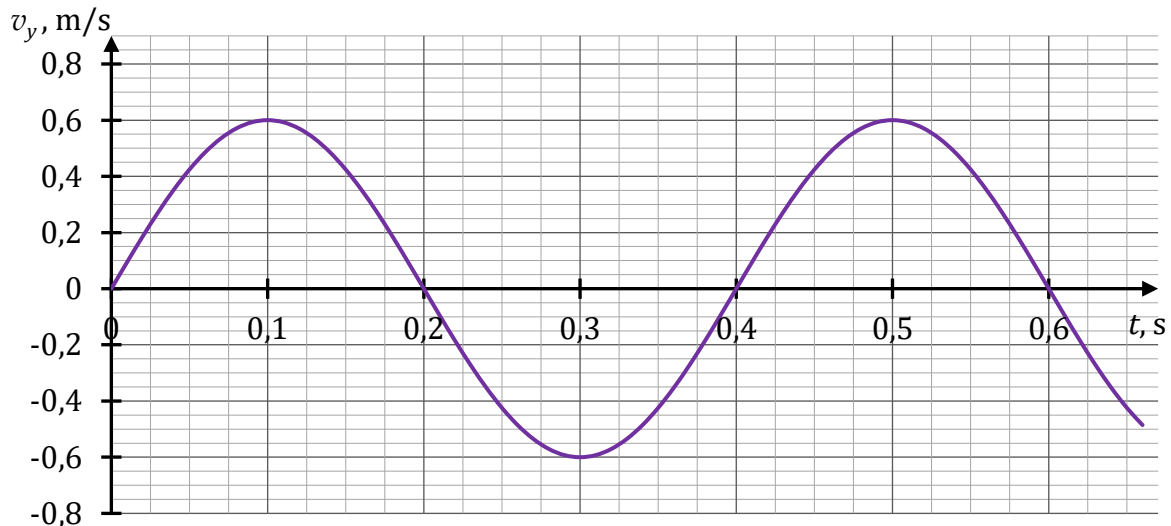




### Zadanie 3.

Ciężarek o masie  $m = 100,0 \text{ g}$  jest zawieszony na sprężynie i wykonuje drgania harmoniczne w kierunku pionowym, w jednorodnym, ziemskim polu grawitacyjnym.

Przyjmujemy, że ciężarek drga wzdłuż osi  $y$  skierowanej pionowo w górę. Na poniższym wykresie przedstawiono zależność współrzędnej prędkości  $v_y$  ciężarka od czasu  $t$ . Dodatnia wartość współrzędnej prędkości  $v_y$  oznacza, że zwrot wektora prędkości ciężarka jest w górę, a ujemna wartość – że zwrot wektora prędkości jest w dół. Prędkość ciężarka określamy w układzie odniesienia związanym z ziemią.



Przyjmij uproszczony model zjawiska, w którym:

- na ciężarek działają tylko siła sprężystości  $\vec{F}_s$  sprężyny i siła grawitacji  $\vec{F}_g$
- wartość siły sprężystości, z jaką sprężyna działa na ciężarek, jest wprost proporcjonalna do wydłużenia sprężyny ponad jej długość swobodną (gdy jest nierozciągnięta)
- układ odniesienia związany z ziemią traktujemy jako układ inercjalny
- pomijamy opory ruchu
- pomijamy masę sprężyny
- przyspieszenie grawitacyjne ziemskie ma wartość  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

### Zadanie 3.1. (0–2)

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

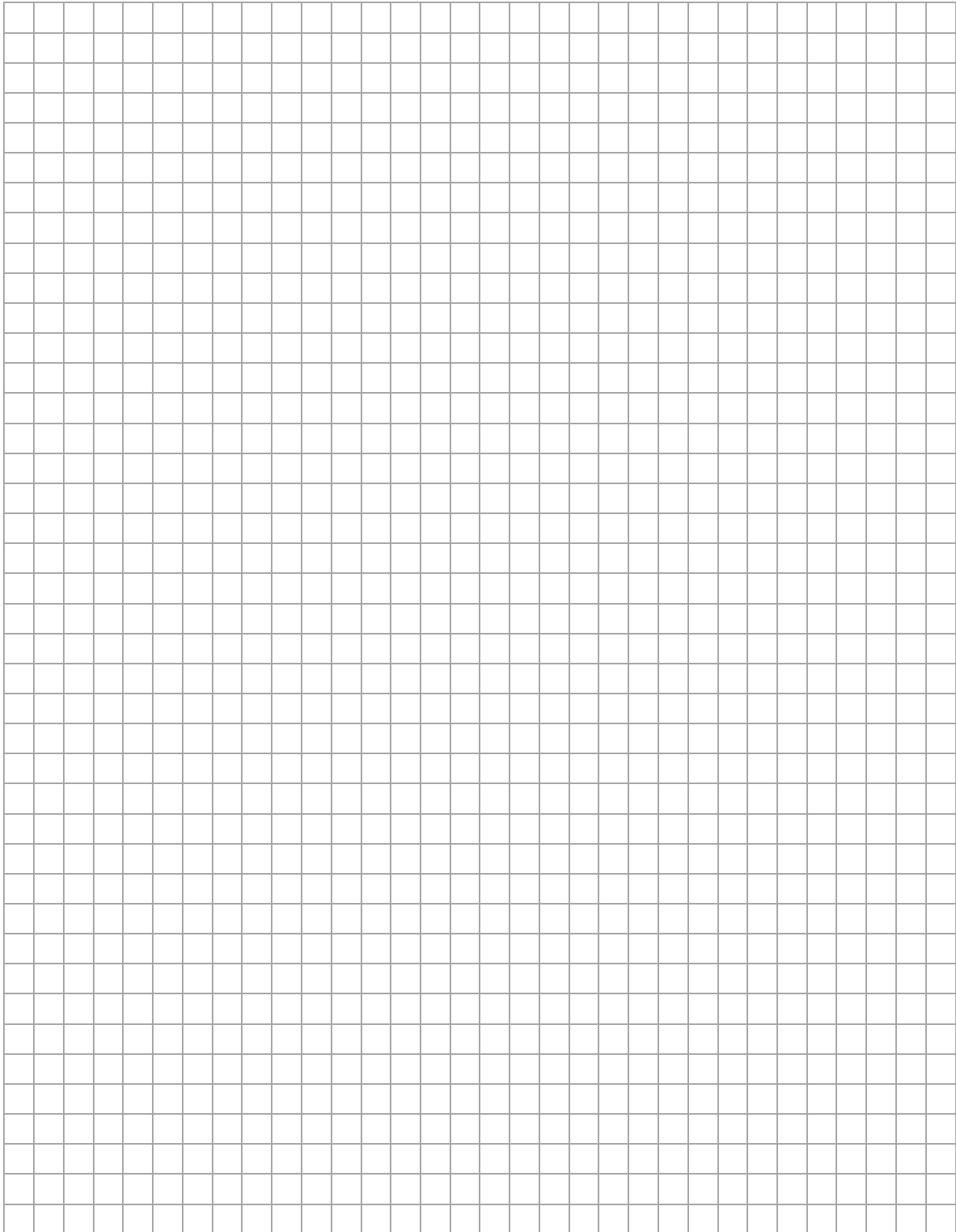
1.	W chwili $t = 0,2 \text{ s}$ siły działające na ciężarek się równoważą.	P	F
2.	Energia kinetyczna ciężarka w chwili $t = 0,1 \text{ s}$ jest równa energii kinetycznej ciężarka w chwili $t = 0,3 \text{ s}$ .	P	F
3.	Wartość przyspieszenia ciężarka w chwili $t = 0,4 \text{ s}$ jest większa od wartości przyspieszenia ciężarka w chwili $t = 0,5 \text{ s}$ .	P	F

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.2.	3.1.
	Maks. liczba pkt	3	2
	Uzyskana liczba pkt		



**Zadanie 3.3. (0–4)**

Oblicz wartość siły sprężystości działającej na ciężarek w chwili, gdy znajduje się on w najniższym położeniu podczas ruchu drgającego. Zapisz obliczenia.



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	3.2.	3.3.
	Maks. liczba pkt	2	4
	Uzyskana liczba pkt		



**Zadanie 4.2. (0–4)**

Przez pewien czas ambulans poruszał się ruchem jednostajnym prostoliniowym pomiędzy obserwatorami  $B$  oraz  $A$ . Wtedy iloraz długości fal dźwięku rejestrowanego przez tych obserwatorów wynosił:

$$\frac{\lambda_B}{\lambda_A} = 1,2$$

Prędkość dźwięku w powietrzu ma wartość  $v_d = 340$  m/s.

**Oblicz  $v$  – wartość prędkości ambulansu. Zapisz obliczenia.**



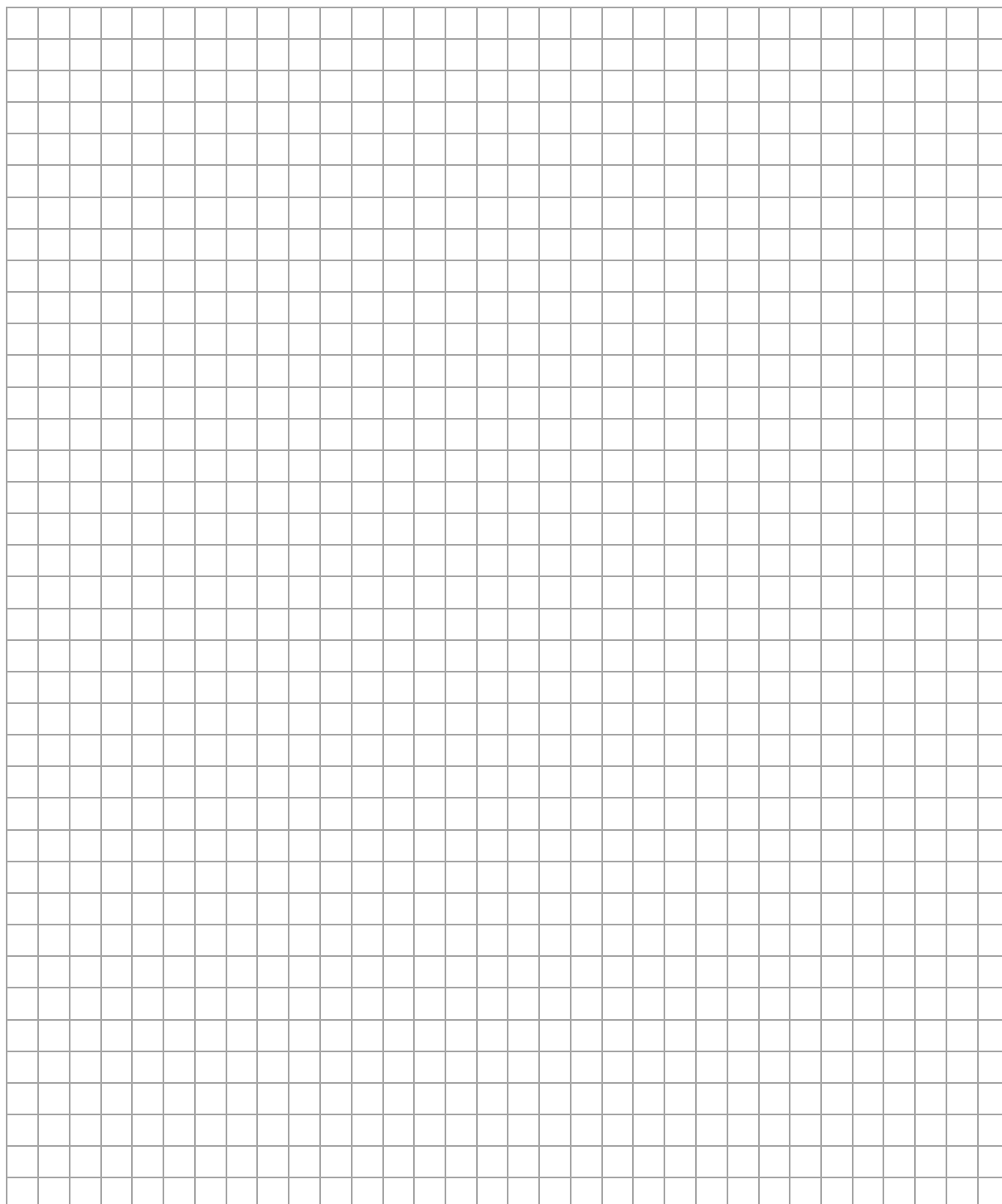
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	4.1.	4.2.
	Maks. liczba pkt	2	4
	Uzyskana liczba pkt		



**Zadanie 5.2. (0–3)**

Na odcinku  $ZK$  – łączącym środek Ziemi ze środkiem Księżyca – znajduje się taki punkt  $P$ , w którym wartość wypadkowej siły grawitacji pochodzącej od Ziemi i od Księżyca, działającej na punkt materialny znajdujący się w punkcie  $P$ , jest równa zero.

**Oblicz odległość punktu  $P$  od środka Ziemi, gdy odległość między środkiem Ziemi a środkiem Księżyca wynosi  $|ZK| = 384\,400$  km. Zapisz obliczenia.**



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	5.1.	5.2.
	Maks. liczba pkt	2	3
	Uzyskana liczba pkt		

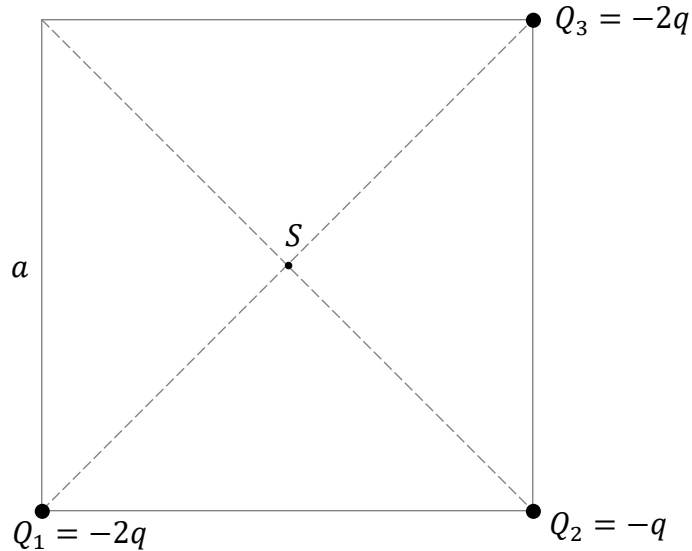
**Zadanie 6. (0–3)**

Trzy punktowe, ujemne ładunki elektryczne:  $Q_1$ ,  $Q_2$  i  $Q_3$  umieszczono nieruchomo w próżni w wierzchołkach kwadratu (zobacz rysunek). Długość boku tego kwadratu jest równa  $a$ .

Wartości ładunków  $Q_1$ ,  $Q_2$  i  $Q_3$  wyrażają się poprzez pewną wartość  $q$  następująco:

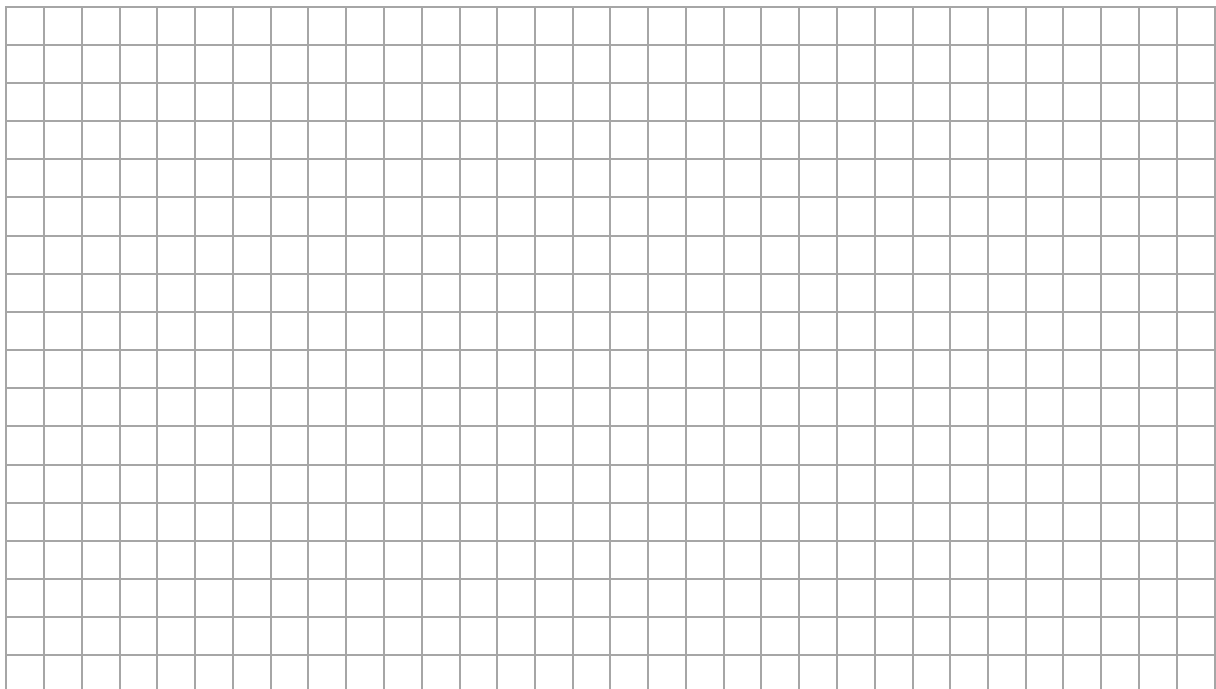
$$Q_1 = -2q \quad Q_2 = -q \quad Q_3 = -2q \quad \text{gdzie} \quad q > 0$$

Punkt przecięcia przekątnych kwadratu oznaczmy jako  $S$ .



Na powyższym rysunku narysuj i podpisz  $\vec{E}_S$  – wektor wypadkowego natężenia pola elektrycznego w punkcie  $S$ . Zachowaj odpowiedni kierunek i zwrot tego wektora.

Zapisz wzór pozwalający wyznaczyć  $E_S$  – wartość tego wektora – w zależności tylko od  $a$ , od  $q$  oraz od odpowiedniej stałej fizycznej.



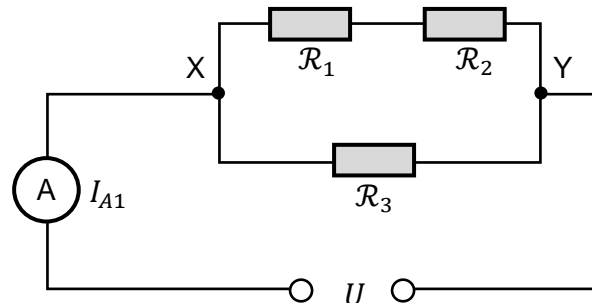


### Zadanie 7.

Do źródła stałego napięcia  $U$  podłączono trzy identyczne oporniki:  $\mathcal{R}_1$ ,  $\mathcal{R}_2$ ,  $\mathcal{R}_3$ , oraz amperomierz A – w taki sposób, jak pokazano na poniższym schemacie obwodu elektrycznego (zobacz rysunek 1.). Opór każdego opornika jest stały i równy  $R$ :

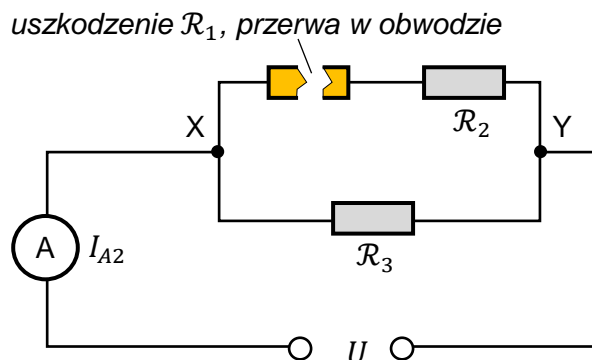
$$R_1 = R_2 = R_3 = R$$

Rysunek 1.



W pewnym momencie opornik  $\mathcal{R}_1$  uległ uszkodzeniu, a obwód w tym miejscu został przerwany (zobacz rysunek 2.).

Rysunek 2.



Napięcie  $U$  zasilające obwód jest takie samo w obu opisanych powyżej sytuacjach. Opór wewnętrzny amperomierza A i źródła napięcia oraz opór przewodów pomijamy.

### Zadanie 7.1. (0–2)

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

W obwodzie elektrycznym zilustrowanym na rysunku 1. (tzn. w sytuacji początkowej)

1.	natężenie prądu płynącego przez opornik $\mathcal{R}_1$ jest równe natężeniu prądu płynącego przez amperomierz A.	P	F
2.	napięcie elektryczne na oporniku $\mathcal{R}_1$ jest równe napięciu elektrycznemu na oporniku $\mathcal{R}_2$ .	P	F
3.	natężenie prądu płynącego przez opornik $\mathcal{R}_1$ jest mniejsze od natężenia prądu płynącego przez opornik $\mathcal{R}_3$ .	P	F

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	6.	7.1.
	Maks. liczba pkt	3	2
	Uzyskana liczba pkt		

**Zadanie 7.2. (0–1)**

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

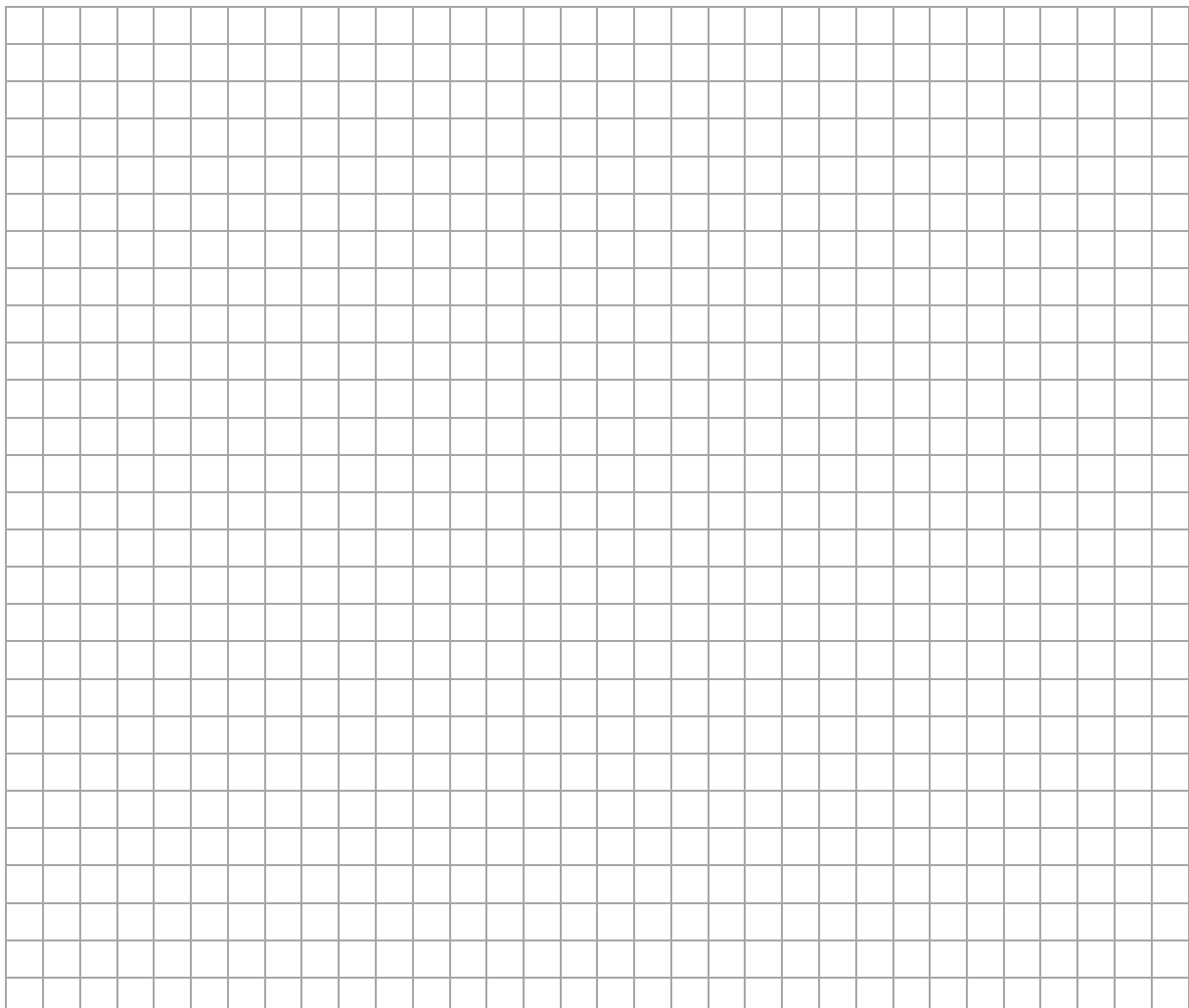
Moc cieplna wydzielana na oporniku  $\mathcal{R}_3$  po przerwaniu obwodu (rysunek 2. na stronie 17), w porównaniu do mocy cieplnej wydzielanej na oporniku  $\mathcal{R}_3$  w sytuacji początkowej (rysunek 1. na stronie 17), była

<b>A.</b>	większa,	ponieważ napięcie między zaciskami X oraz Y	<b>1.</b>	się nie zmieniło.
<b>B.</b>	mniejsza,		<b>2.</b>	wzrosło.
<b>C.</b>	taka sama,		<b>3.</b>	zmałało.

**Zadanie 7.3. (0–3)**

Natężenie prądu, jakie wskazuje amperomierz A przed przerwaniem obwodu (rysunek 1. na stronie 17), oznaczmy jako  $I_{A1}$ . Natężenie prądu, jakie wskazuje amperomierz A po przerwaniu obwodu (rysunek 2. na stronie 17), oznaczmy jako  $I_{A2}$ .

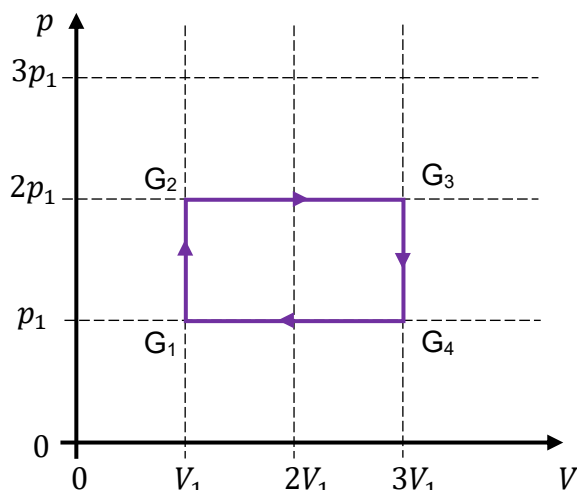
Oblicz iloraz  $\frac{I_{A2}}{I_{A1}}$ . Zapisz obliczenia.



### Zadanie 8.

Na poniższym wykresie przedstawiono zależność ciśnienia  $p$  od objętości  $V$  w cyklu przemian termodynamicznych ustalonej masy gazu doskonałego. Te przemiany gazu zachodzą podczas pracy pewnego silnika cieplnego S. Gaz oddaje ciepło do chłodnicy, a pobiera ciepło z grzejnika.

Stany gazu, w których zmienia się rodzaj przemiany termodynamicznej, oznaczono symbolami:  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$ . Wielkości  $p_1$  i  $V_1$  są – odpowiednio – ciśnieniem i objętością gazu w stanie  $G_1$ . Ciepło molowe tego gazu przy stałej objętości wynosi  $C_V = \frac{3}{2}R$ , gdzie  $R$  jest stałą gazową.



### Zadanie 8.1. (0–1)

W cyklu pracy silnika S gaz oddaje do chłodnicy ciepło równe (co do wartości bezwzględnej):

$$|Q_{odd}| = 9,5 \cdot p_1 V_1$$

**Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.**

Ciepło pobrane z grzejnika przez gaz w cyklu pracy silnika S jest równe

A.  $|Q_{pob}| = 13,5 \cdot p_1 V_1$

B.  $|Q_{pob}| = 11,5 \cdot p_1 V_1$

C.  $|Q_{pob}| = 7,5 \cdot p_1 V_1$

D.  $|Q_{pob}| = 5,5 \cdot p_1 V_1$

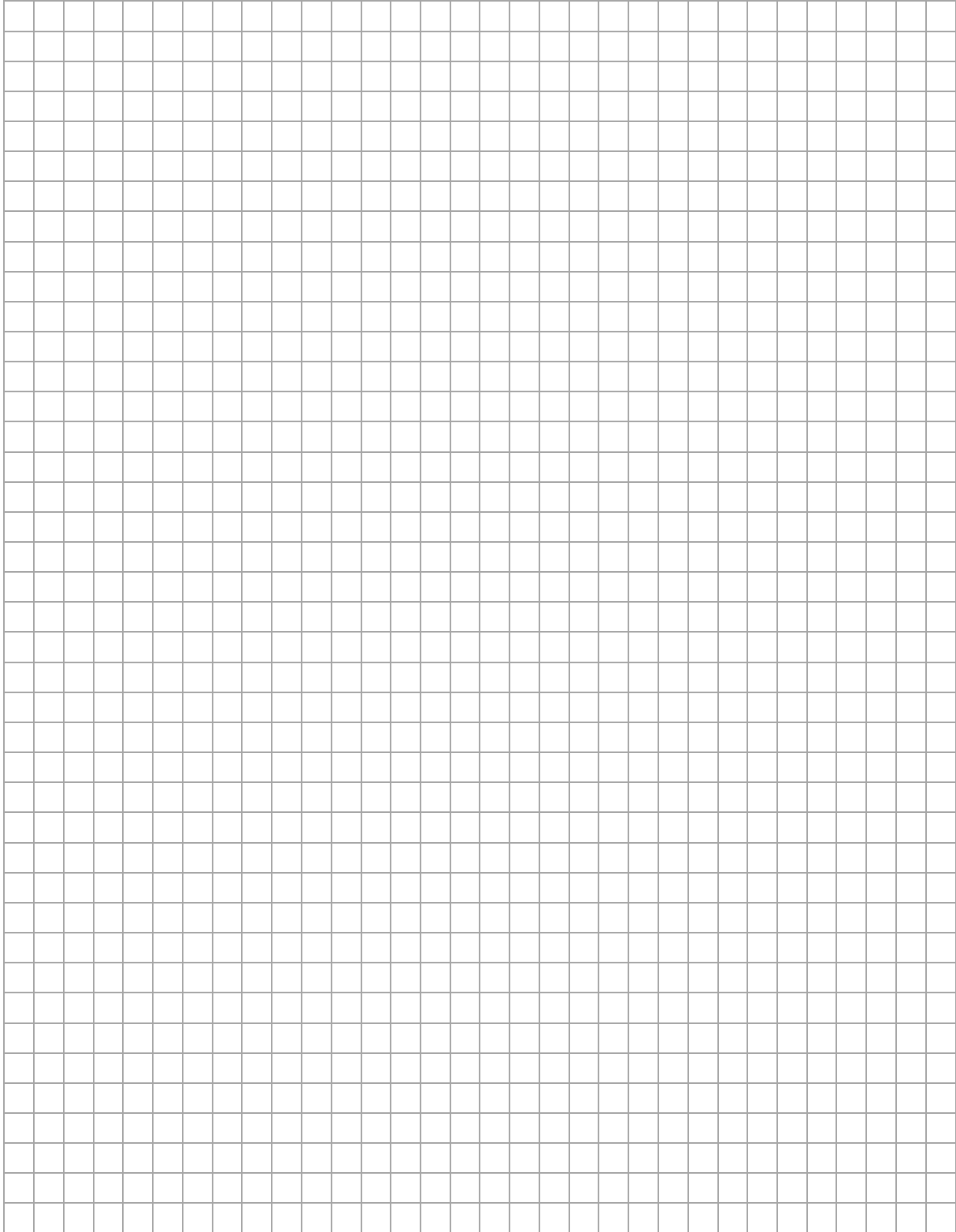
*Wskazówka: Wykorzystaj I zasadę termodynamiki i twierdzenie o obliczaniu pracy z wykresu.*

Brudnopis												

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	7.2.	7.3.	8.1.
	Maks. liczba pkt	1	3	1
	Uzyskana liczba pkt			

**Zadanie 8.2. (0–3)**

Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć  $|\Delta U_{41}|$  – wartość bezwzględną zmiany energii wewnętrznej gazu w przemianie  $G_4 \rightarrow G_1$  – tylko za pomocą wielkości:  $p_1$  i  $V_1$ . Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać tego wzoru.





### Zadanie 10.

Układ dwóch soczewek umieszczonych na wspólnej osi optycznej można wykorzystać do zmiany szerokości (średnicy) wiązki światła, biegnącej równoległe do osi optycznej układu. W zadaniach 10.1. i 10.2. przedstawiono różne przykłady takich układów soczewek.

#### Zadanie 10.1. (0–2)

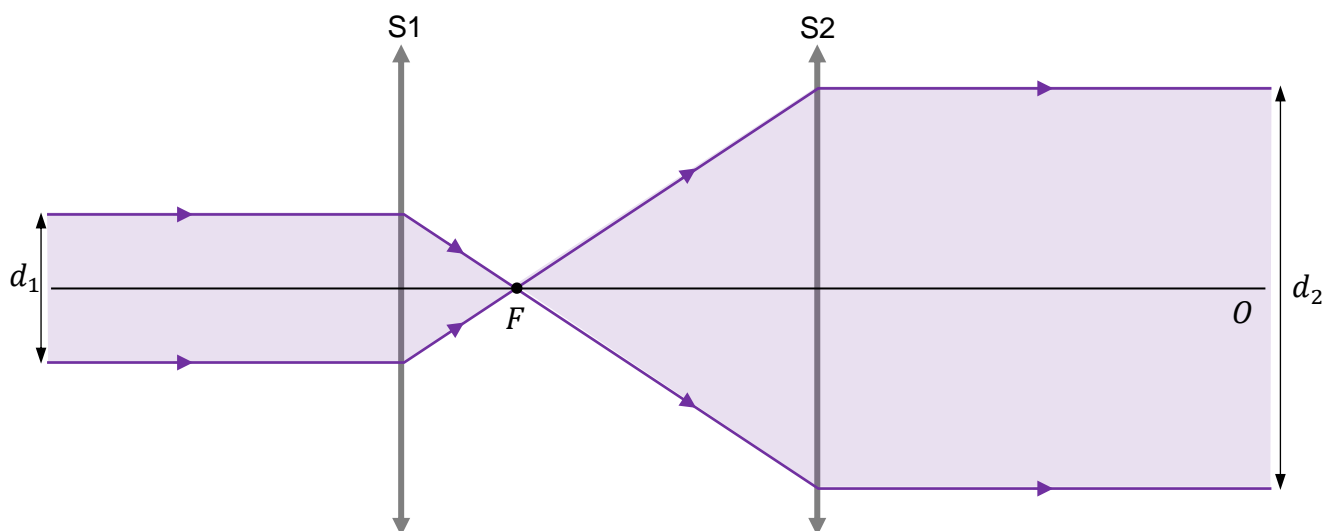
Na rysunku 1. przedstawiono bieg wiązki światła przechodzącej przez układ soczewek.

Ten układ składa się z dwóch soczewek skupiających S1 i S2 o ogniskowych odpowiednio  $f_1 = 15 \text{ cm}$  i  $f_2 = 40 \text{ cm}$ . Soczewki są tak ustawione, że prawe ognisko soczewki S1 i lewe ognisko soczewki S2 znajdują się w tym samym punkcie  $F$  na osi optycznej  $O$ .

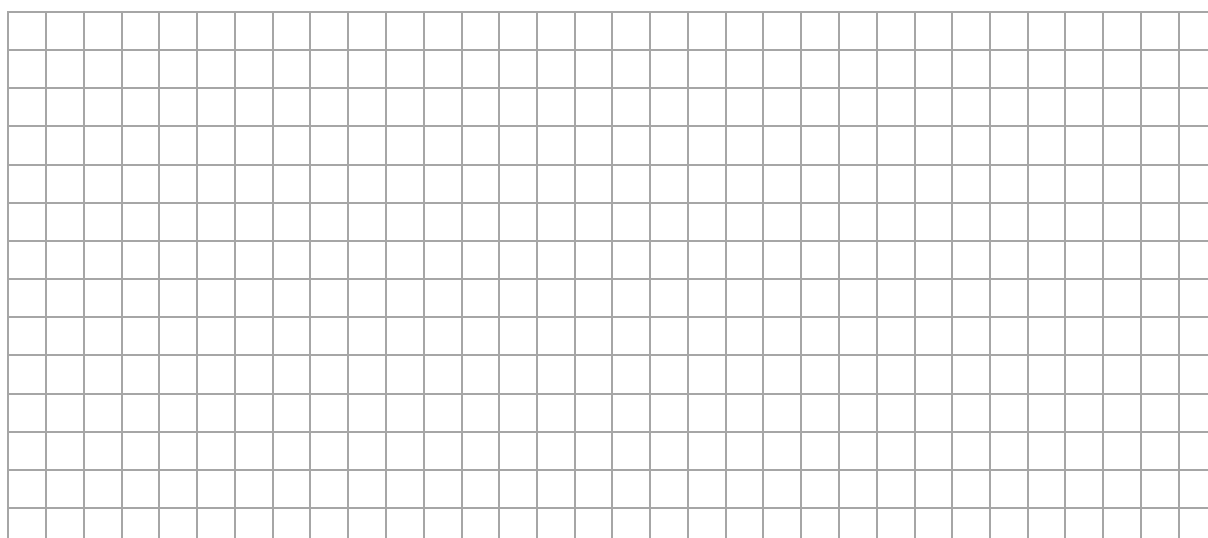
Szerokość wiązki światła, która pada na soczewkę S1, jest równa  $d_1 = 2,25 \text{ mm}$ .

*Uwaga: Wymiary na rysunku 1. są umowne (rysunek jest poglądowy).*

Rysunek 1.



**Oblicz  $d_2$  – szerokość wiązki światła, która wychodzi z soczewki S2. Zapisz obliczenia.**





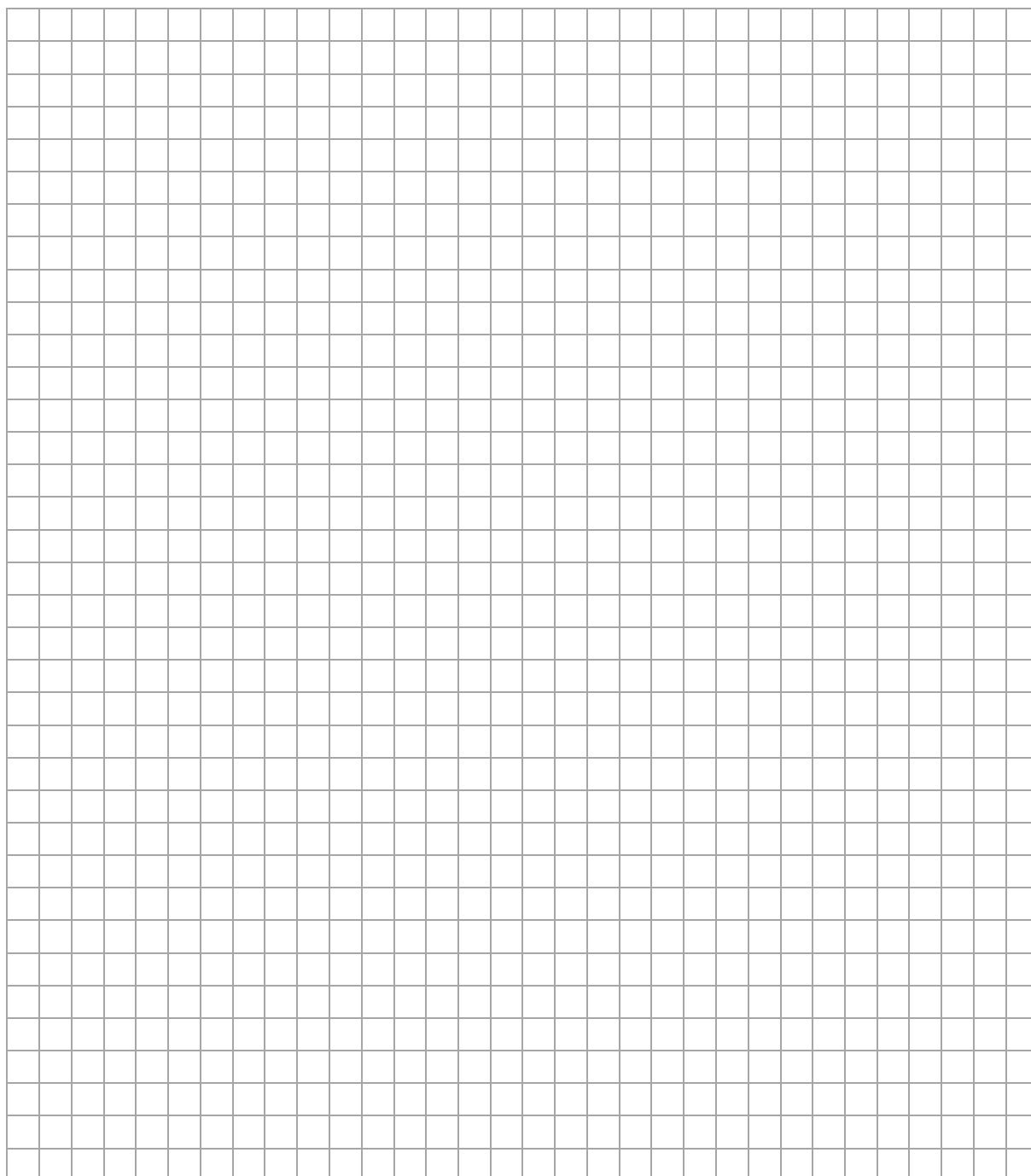
**Zadanie 11. (0–3)**

Elektron został rozpędzony w jednorodnym polu elektrycznym (w próżni) od punktu  $A$  do punktu  $B$ . Wartość prędkości elektronu w punkcie  $A$  była równa zero, a wartość prędkości elektronu w punkcie  $B$  była równa  $v = 2,000 \cdot 10^4$  m/s.

Przyjmij do obliczeń, że:

- masa elektronu jest równa (w zaokrągleniu):  $m_e \approx 9,109 \cdot 10^{-31}$  kg
- wartość bezwzględna ładunku elektrycznego elektronu wynosi:  $|e| \approx 1,602 \cdot 10^{-19}$  C.

**Oblicz napięcie elektryczne  $U_{AB}$  między punktami  $A$  oraz  $B$ . Zapisz obliczenia.**





### Zadanie 12.

Izotop fluoru  $^{18}_9\text{F}$  ulega rozpadowi promieniotwórczemu w wyniku przemiany  $\beta^+$ . Podczas rozpadu jądra tego izotopu fluoru powstają: cząstka  $\beta^+$ , jądro pewnego pierwiastka, który oznaczymy jako X, oraz tzw. neutrino elektronowe  $\nu$ . Neutrino ma zerowy ładunek elektryczny, a jego masę możemy pominąć.

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

$$m_{\text{F}} = 17,99600 \text{ u} \quad - \text{ masa jądra fluoru } ^{18}_9\text{F}$$

$$m_{\text{X}} = 17,99477 \text{ u} \quad - \text{ masa powstałego jądra}$$

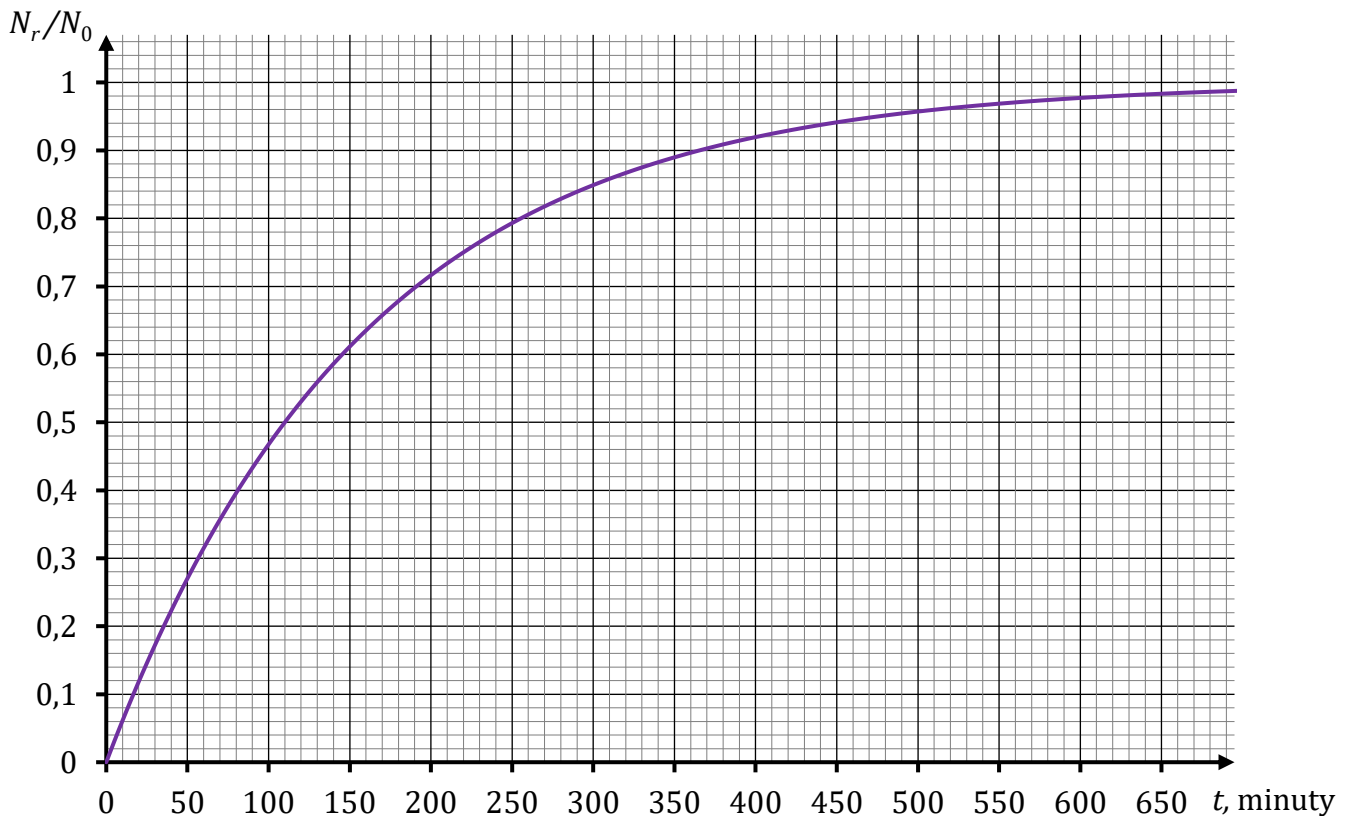
$$m_{\beta} = 0,00055 \text{ u} \quad - \text{ masa cząstki } \beta^+$$

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

### Informacja do zadania 12.1.

Próbka z izotopem  $^{18}_9\text{F}$  jest badana przez licznik promieniowania, który pokazuje całkowitą liczbę rozpadów  $\beta^+$  jąder tego izotopu fluoru po upływie danego czasu (od rozpoczęcia pomiaru). Liczbę jąder izotopu fluoru  $^{18}_9\text{F}$ , znajdujących się w próbce w chwili początkowej, oznaczymy jako  $N_0$ . Łączną liczbę jąder, które uległy temu rozpadowi po upływie czasu  $t$  od chwili początkowej  $t_0 = 0 \text{ min}$ , oznaczymy jako  $N_r$ .

Na wykresie poniżej przedstawiono zależność ilorazu  $\frac{N_r}{N_0}$  od czasu  $t$ .



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	11.
	Maks. liczba pkt	3
	Uzyskana liczba pkt	



**Zadanie 12.3. (0–3)**

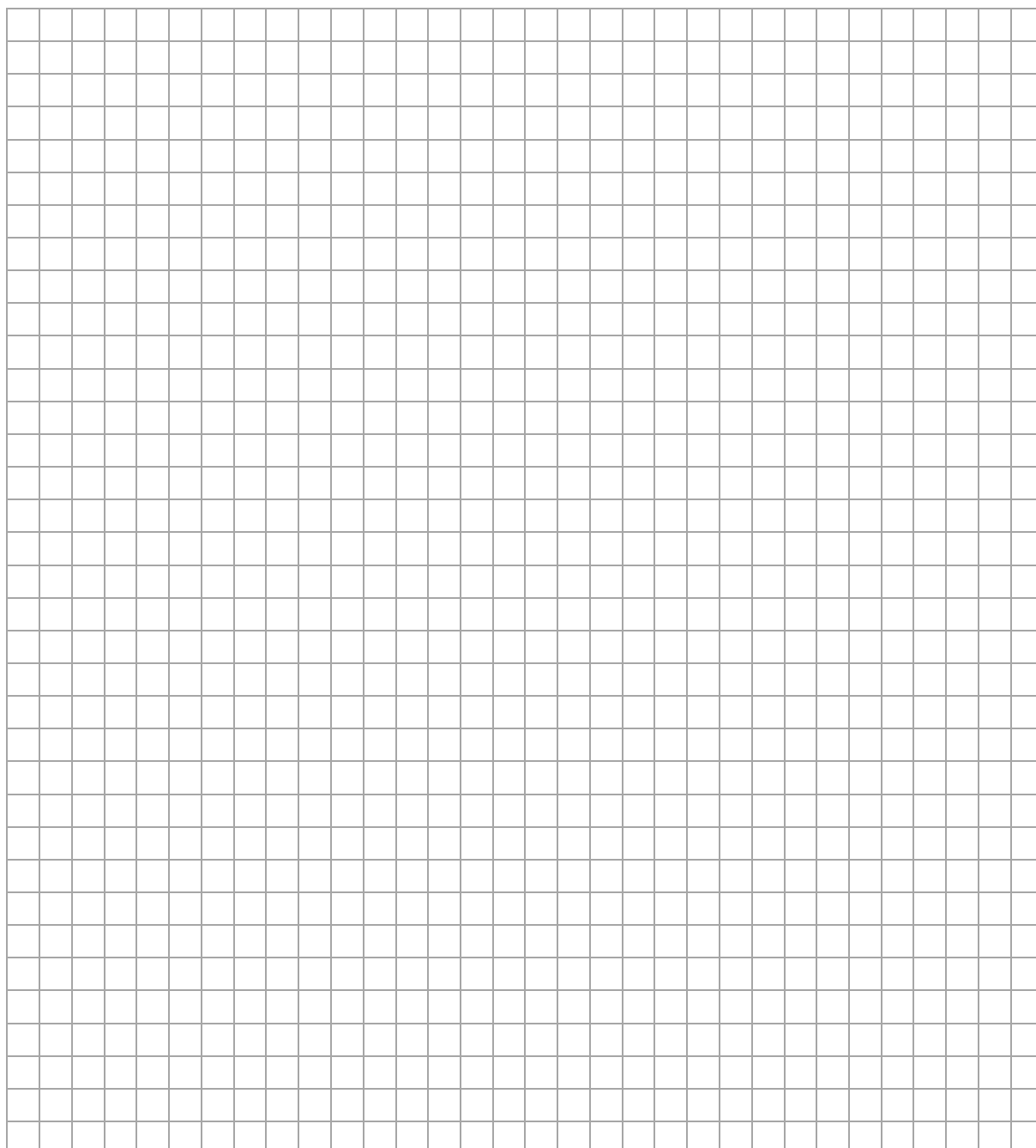
Masy jąder i cząstek uczestniczących w opisanym rozpadzie  $\beta^+$  podano we wstępie do zadania 12.

Przyjmij, że jądro fluoru  $^{18}_9\text{F}$  przed rozpadem  $\beta^+$  spoczywało, oraz wykorzystaj związek:

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

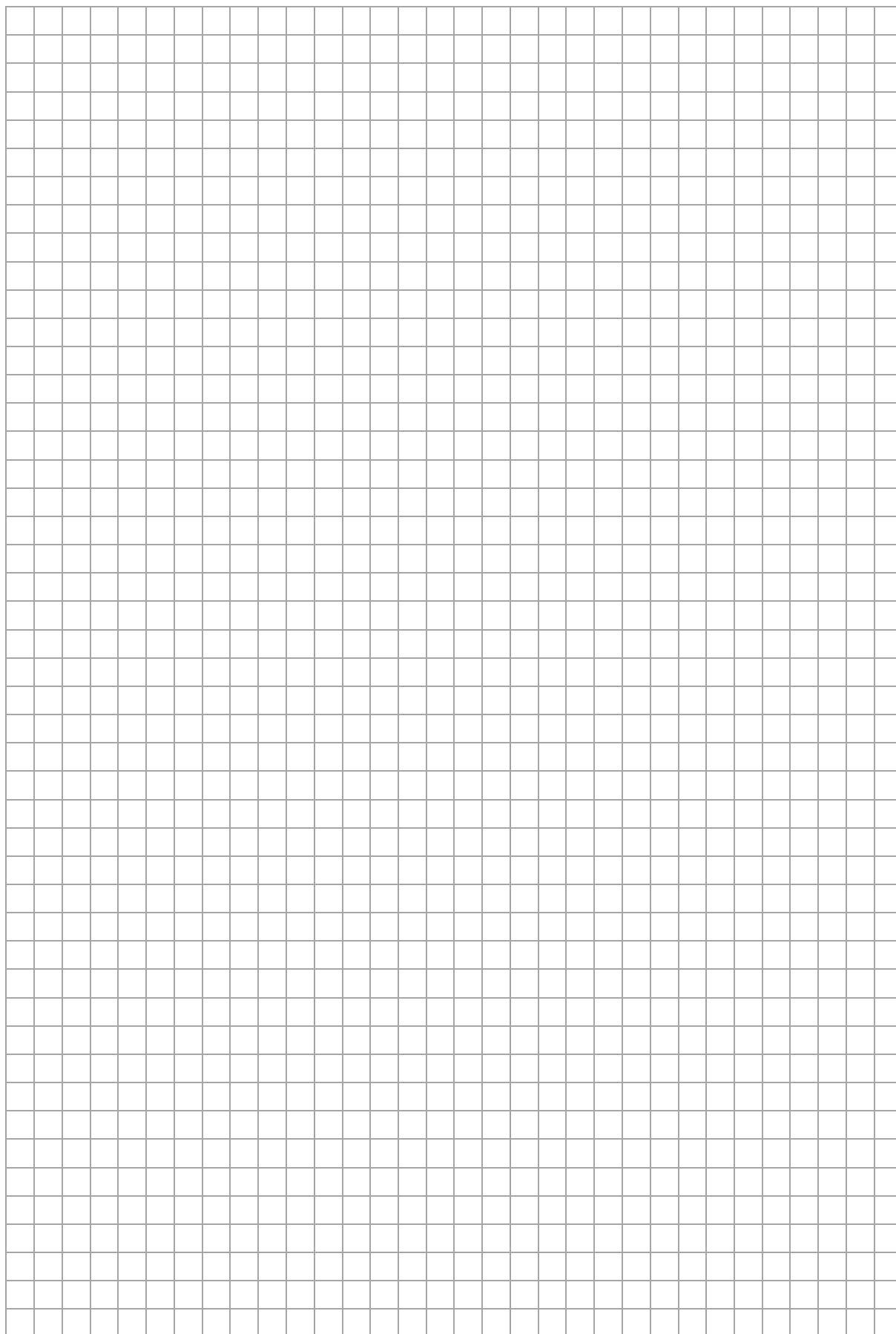
**Oblicz łączną energię kinetyczną produktów rozpadu  $\beta^+$  jądra fluoru  $^{18}_9\text{F}$ .**

**Wynik podaj w MeV, zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.**



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	12.1.	12.2.	12.3.
	Maks. liczba pkt	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt			

**BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)**









**FIZYKA**

**Poziom rozszerzony**

*Formuła 2015*

**FIZYKA**

**Poziom rozszerzony**

*Formuła 2015*

**FIZYKA**

**Poziom rozszerzony**

*Formuła 2015*