

**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-R0-100-2305**

**DATA: 19 maja 2023 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 28 stron (zadania 1–11).  
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.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: arkusze.pl

**Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki**


**KAPITAŁ LUDZKI**  
INICJATYWA OŚWIATLOWA

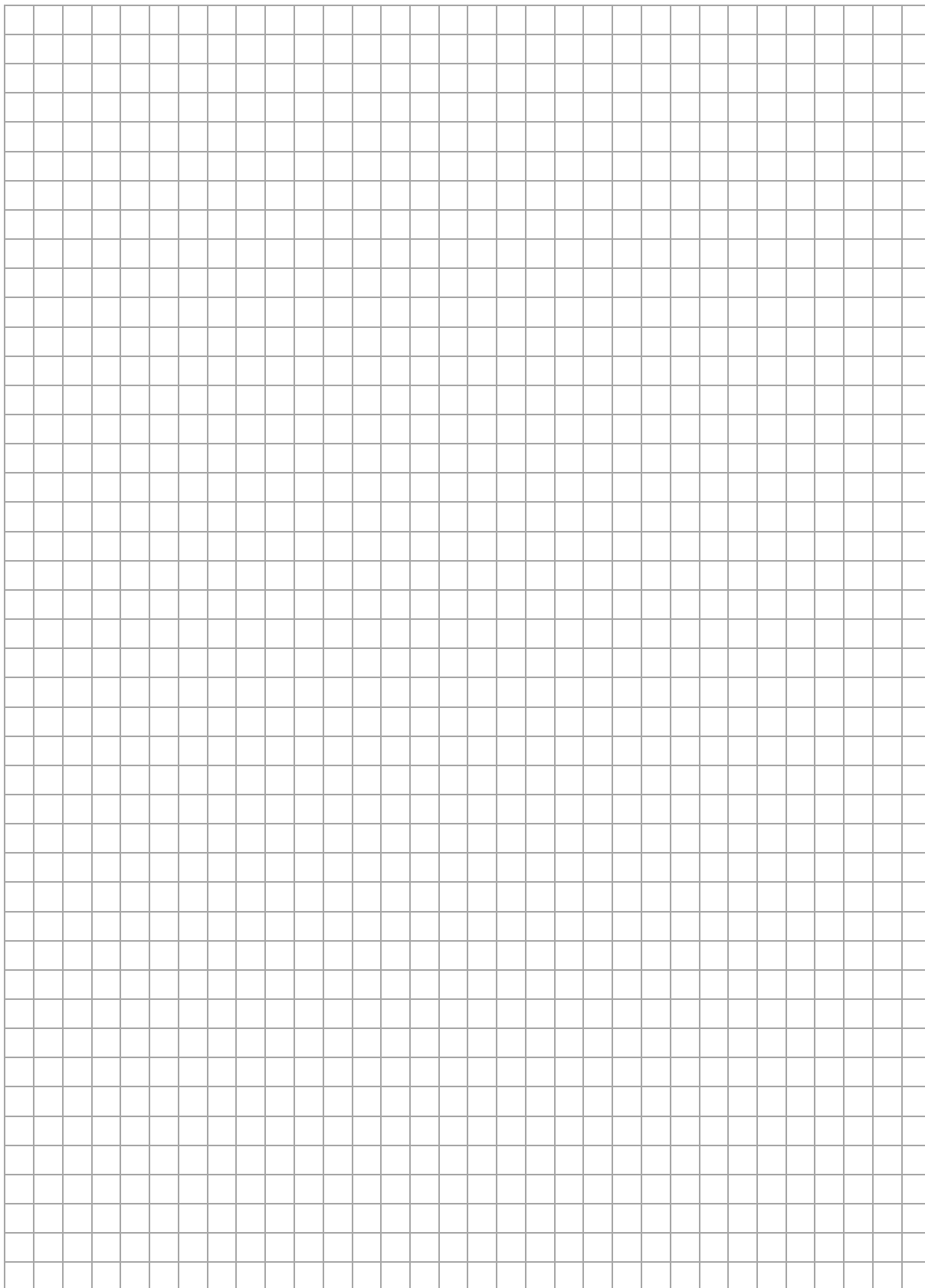

**MINISTERSTWO  
 EDUKACJI  
 NARODOWEJ**


**CENTRALNA  
 KOMISJA  
 EGZAMINACYJNA**


**UNIA EUROPEJSKA**  
ROZWOJ CZŁOWIEKA I  
 WZROSTEK SPOŁECZNY

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





|                                 |                            |           |
|---------------------------------|----------------------------|-----------|
| <b>Wypełnia<br/>egzaminator</b> | <b>Nr zadania</b>          | <b>1.</b> |
|                                 | <b>Maks. liczba pkt</b>    | <b>4</b>  |
|                                 | <b>Uzyskana liczba pkt</b> |           |

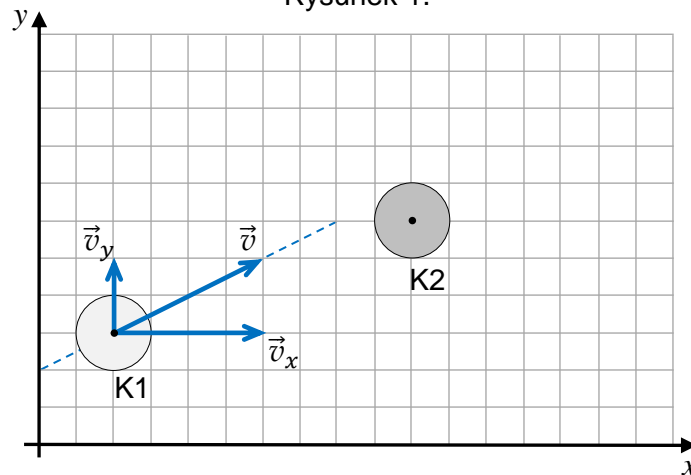
## Zadanie 2.

Krażek K1 porusza się w inercyjnym układzie odniesienia  $\mathcal{U}$  ze stałą prędkością  $\vec{v}$ , a krażek K2 spoczywa. Środek krażka K2 leży poza prostą wyznaczającą kierunek ruchu krażka K1. W pewnej chwili krażek K1 uderza w krażek K2.

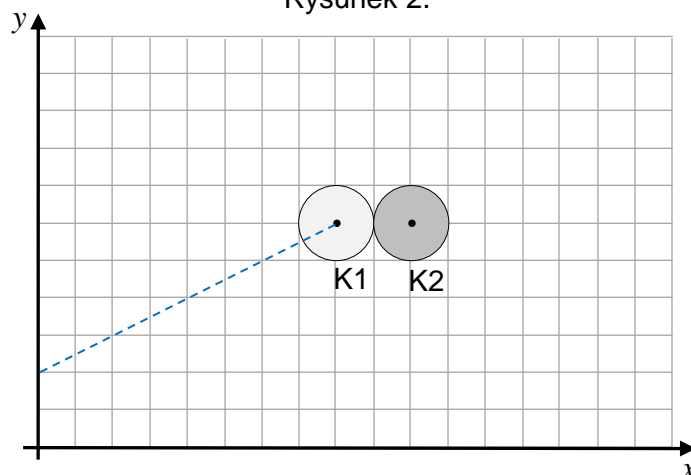
Na rysunku 1. w kartezjańskim układzie współrzędnych  $(x, y)$  przedstawiono poruszający się krażek K1 i spoczywający krażek K2. Oznaczono prędkość  $\vec{v}$  krażka K1 i składowe  $\vec{v}_x, \vec{v}_y$  tej prędkości. Na rysunku 2. przedstawiono moment zderzenia się obu kraźków.

Krażki są jednorodne, a ich masy są sobie równe. Pomijamy tarcie między kraźkami K1 i K2 oraz między kraźkami a podłożem.

Rysunek 1.



Rysunek 2.



### Zadanie 2.1. (0–1)

Na rysunku 2. powyżej narysuj parę sił wzajemnego oddziaływania pomiędzy kraźkami podczas ich zderzenia. Każdą z sił przyłóż – odpowiednio – w punkcie środka masy krażka K1 lub krażka K2. Zachowaj odpowiednie kierunki i zwroty tych sił oraz relację (większy, równy, mniejszy) między ich wartościami.

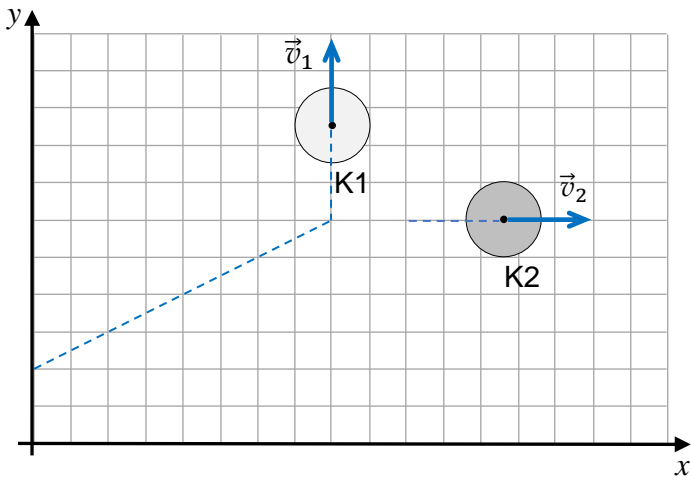
**Zadanie 2.2. (0–1)**

Założmy, że zderzenie krążków K1 i K2 było doskonale sprężyste.

Na którym rysunku (spośród A–D) prawidłowo narysowano i opisano wektory prędkości krążków bezpośrednio po zderzeniu w układzie odniesienia  $\mathcal{U}$ ? Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

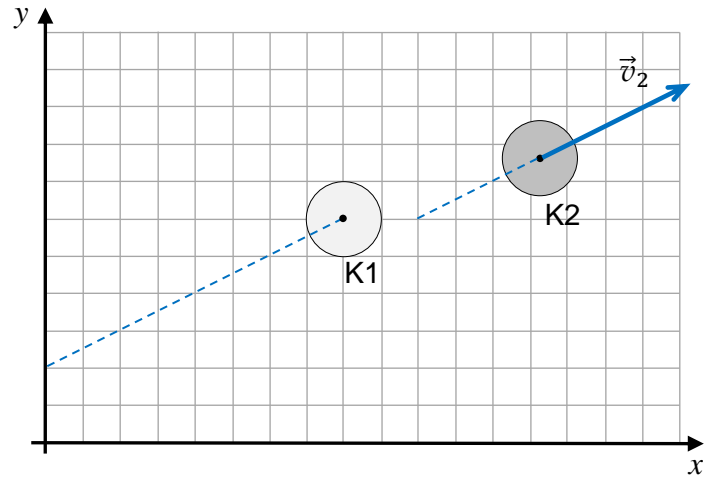
A.

$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = \frac{|\vec{v}|}{2}$$



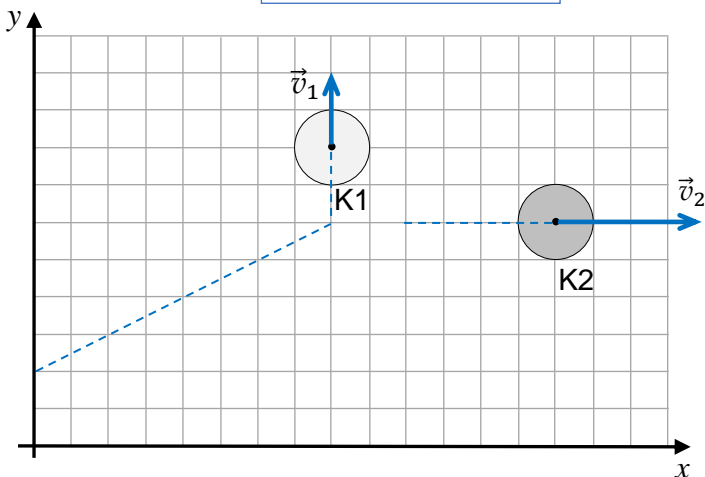
B.

$$\vec{v}_1 = 0 \quad \vec{v}_2 = \vec{v}$$



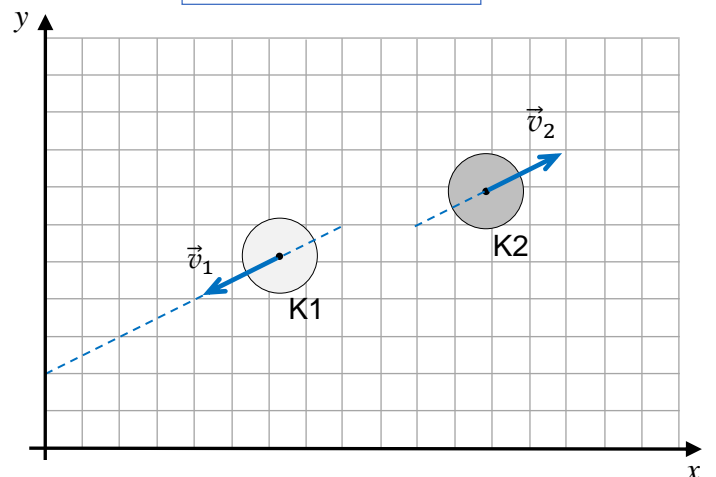
C.

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_y \quad \vec{v}_2 = \vec{v}_x$$



D.

$$\vec{v}_1 = -\frac{\vec{v}}{2} \quad \vec{v}_2 = \frac{\vec{v}}{2}$$



Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: arkusze.pl

| Wypełnia egzaminator | Nr zadania          | 2.1. | 2.2. |
|----------------------|---------------------|------|------|
|                      | Maks. liczba pkt    | 1    | 1    |
|                      | Uzyskana liczba pkt |      |      |

### Zadanie 3.

Klocek o masie  $m$  porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym po powierzchni równi pochyłej z prędkością  $\vec{v}$  pod górę. Ruch klocka opisujemy w układzie inercyjnym, w ziemskim polu grawitacyjnym. Przyjmij, że na ten klocek działają cztery siły:

$\vec{F}_t$  – siła tarcia (pomiędzy klokiem a równią) działająca na klocek,

$\vec{F}_g$  – siła grawitacji działająca na klocek,

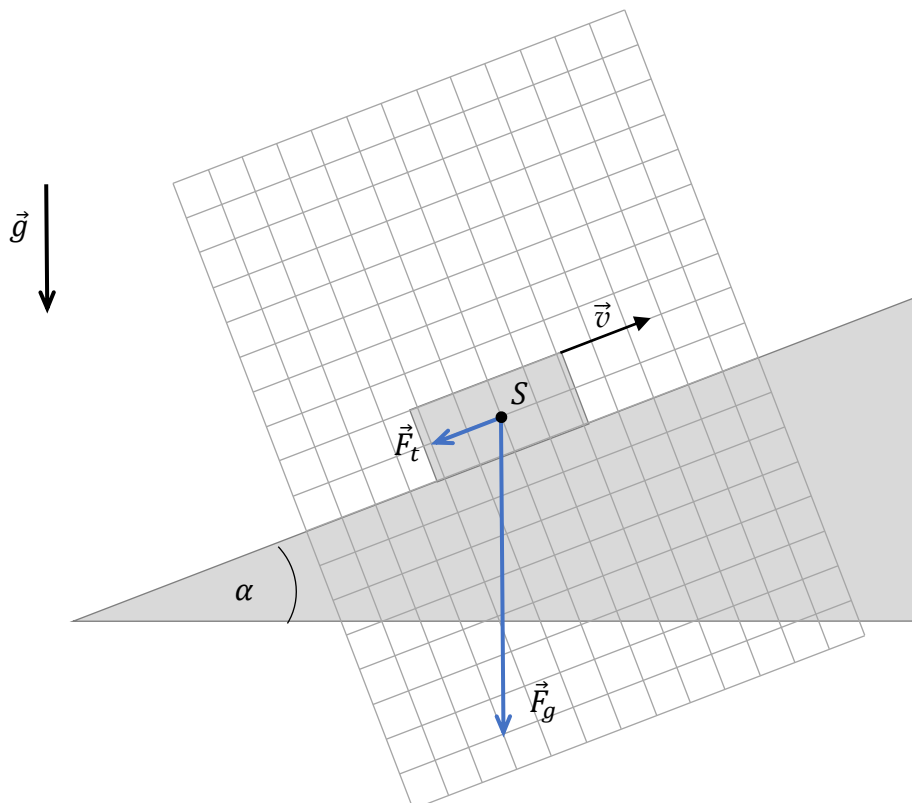
$\vec{F}_r$  – siła reakcji równi działająca na klocek (siła nacisku równi na klocek),

$\vec{F}$  – siła, z jaką klocek jest ciągnięty w górę równi. Kierunek siły  $\vec{F}$  jest wzdłuż powierzchni równi.

Na każdym diagramie 1.–3. (strony 8 i 9) narysowano dwie z czterech wymienionych sił działających na klocek: siłę tarcia  $\vec{F}_t$  oraz siłę grawitacji  $\vec{F}_g$ . Długości wektorów odpowiadają wartościom tych sił, a długość boku kratki odpowiada umownej jednostce siły. Punkt  $S$  na diagramach 1.–3. reprezentuje klocek. Na diagramie 1. pozostawiono widok klocka oraz równi.

Kąt nachylenia równi ma miarę  $\alpha$ . Współczynnik tarcia klocka o równię jest równy  $\mu$ .

Diagram 1.





**Zadanie 3.1. (0–3)**

Na diagramie 2. narysuj i oznacz siłę  $\vec{F}_r$  przyłożoną w punkcie  $S$ , natomiast na diagramie 3. narysuj i oznacz siłę  $\vec{F}$  przyłożoną w punkcie  $S$ . Zachowaj odpowiednie kierunki, zwroty oraz długości wektorów odpowiadające wartościom tych sił.

Diagram 2.

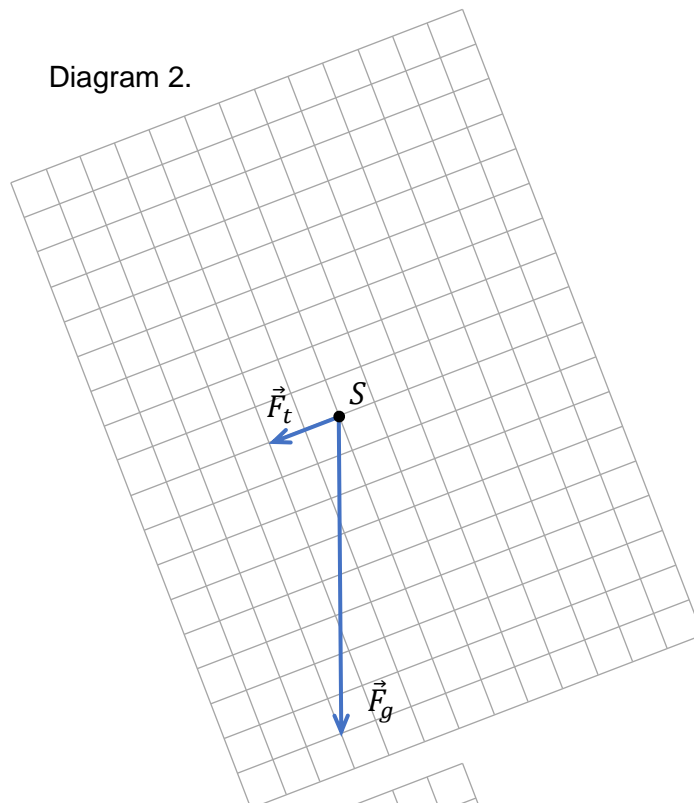
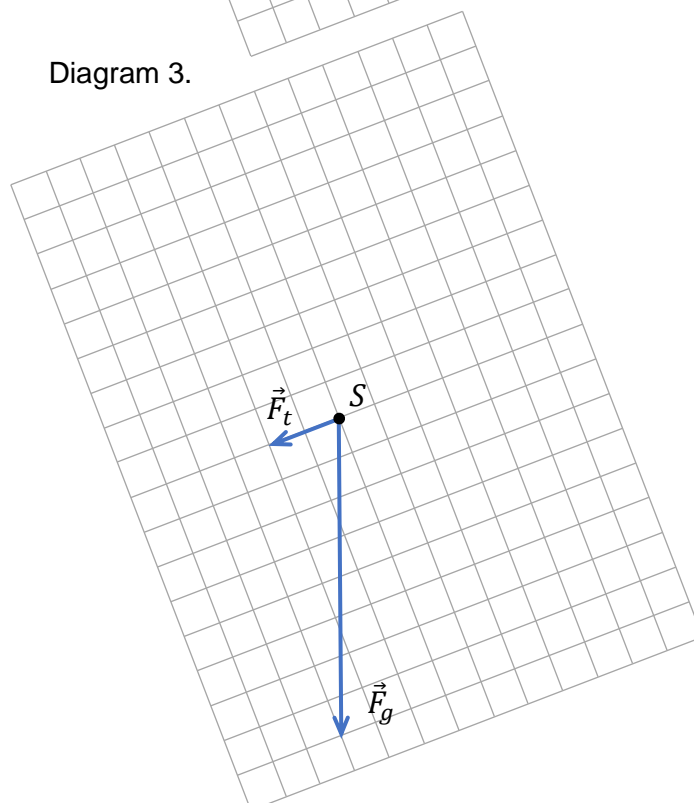


Diagram 3.

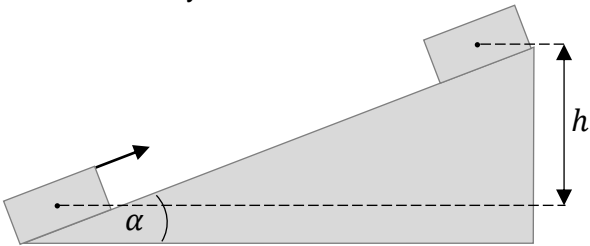


|                         |                     |      |
|-------------------------|---------------------|------|
| Wypełnia<br>egzaminator | Nr zadania          | 3.1. |
|                         | Maks. liczba pkt    | 3    |
|                         | Uzyskana liczba pkt |      |

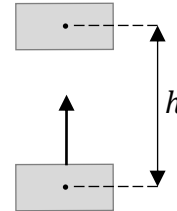
### Zadanie 3.2. (0–3)

Rozważamy wciąganie klocka po równi pochyłej (zobacz rysunek 1.) oraz pionowe podnoszenie klocka w powietrzu (zobacz rysunek 2.). Pracę siły  $\vec{F}$ , wykonaną podczas wciągania klocka po równi na wysokość  $h$  ruchem jednostajnym, oznaczmy jako  $W_1$ . Pracę przeciwko sile grawitacji, wykonaną podczas podnoszenia klocka ruchem jednostajnym pionowo do góry na wysokość  $h$ , oznaczmy jako  $W_2$ .

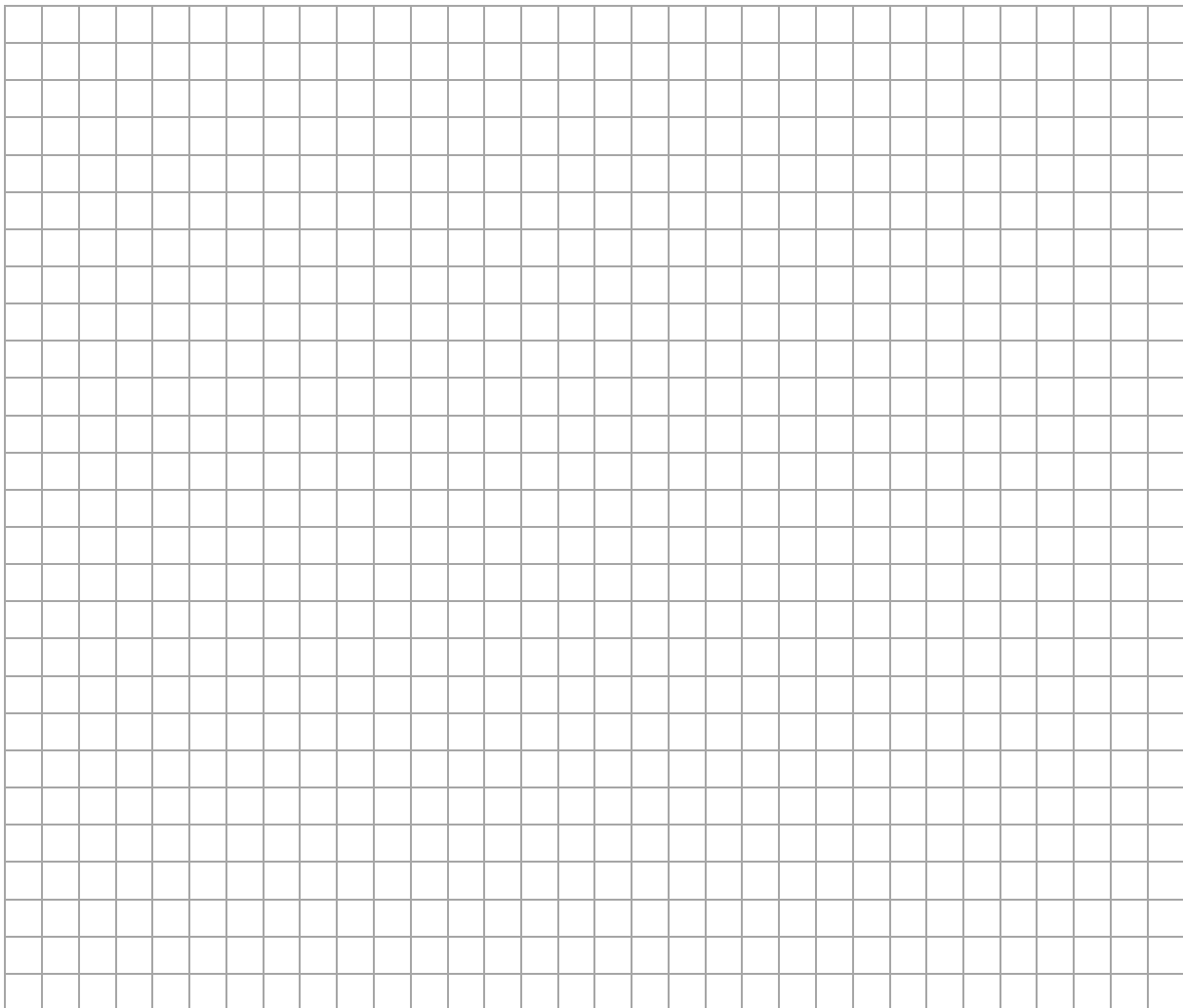
Rysunek 1.



Rysunek 2.



Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć różnicę prac ( $W_1 - W_2$ ) w zależności od wielkości:  $\mu$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $h$ ,  $\alpha$ .



#### Zadanie 4.

Sprężynę o współczynniku sprężystości  $k = 100 \text{ N/m}$  zamocowano jednym końcem do pionowej ściany. Na drugim końcu sprężyny przymocowano klocek o masie  $m_k = 150 \text{ g}$ . Sprężyna początkowo pozostawała nierozciągnięta.

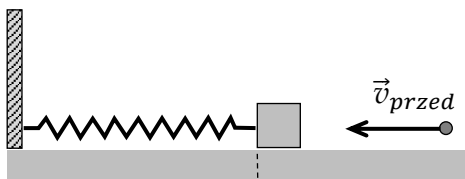
W kierunku klocka wystrzelono poziomo kulkę z plasteliny o masie  $m_p = 50 \text{ g}$  (zobacz rysunek 1.). Wartość prędkości plastelinowej kulki przed uderzeniem w klocek oznaczmy jako  $v_{przed}$ . W wyniku zderzenia plastelina przykleiła się do klocka. Wartość prędkości, jaką uzyskał klocek (z przyklejoną do niego plastelinową kulką) bezpośrednio po zderzeniu, oznaczmy jako  $v_{po}$  (zobacz rysunek 2.).

Wskutek tego zderzenia układ (sprężyna – klocek z przyklejoną kulką) został wprawiony w drgania o amplitudzie  $A$  i częstotliwości  $f$  (zobacz rysunki 3.–4.).

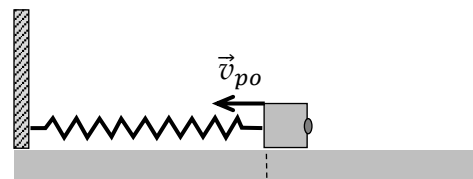
Przyjmij model zjawiska, w którym:

- pomijamy masę sprężyny
- zakładamy, że pomiędzy klockiem a podłożem nie występuje tarcie
- układ wykonuje drgania harmoniczne
- pomijamy czas zderzenia kulki z klockiem.

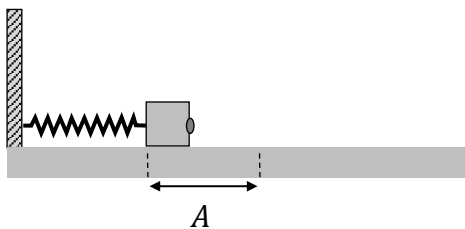
Rysunek 1.



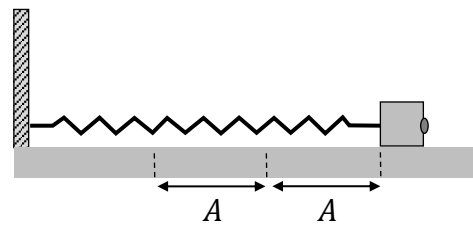
Rysunek 2



Rysunek 3.



Rysunek 4.



#### Zadanie 4.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Częstotliwość drgań układu jest równa wartości wyrażenia

A.  $f = 2\pi \sqrt{\frac{0,15}{100}} \text{ Hz}$     B.  $f = 2\pi \sqrt{\frac{0,2}{100}} \text{ Hz}$     C.  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{100}{0,15}} \text{ Hz}$     D.  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{100}{0,2}} \text{ Hz}$

| Wypełnia egzaminator | Nr zadania          | 3.2. | 4.1. |
|----------------------|---------------------|------|------|
|                      | Maks. liczba pkt    | 3    | 1    |
|                      | Uzyskana liczba pkt |      |      |

**Zadanie 4.2. (0–1)**

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Amplitudę drgań układu można obliczyć ze wzoru

A.  $A = \frac{v_{po}}{f}$

B.  $A = \frac{v_{po}}{2\pi f}$

C.  $A = \frac{v_{przed}}{f}$

D.  $A = \frac{v_{przed}}{2\pi f}$

**Zadanie 4.3. (0–4)**

Energię kinetyczną układu przed zderzeniem oznaczmy jako  $E_{kin\ przed}$ .

Maksymalną energię kinetyczną układu po zderzeniu oznaczmy jako  $E_{kin\ po}$ .

Oblicz wartość liczbowa  $\frac{E_{kin\ po}}{E_{kin\ przed}}$ .



### Zadanie 5.

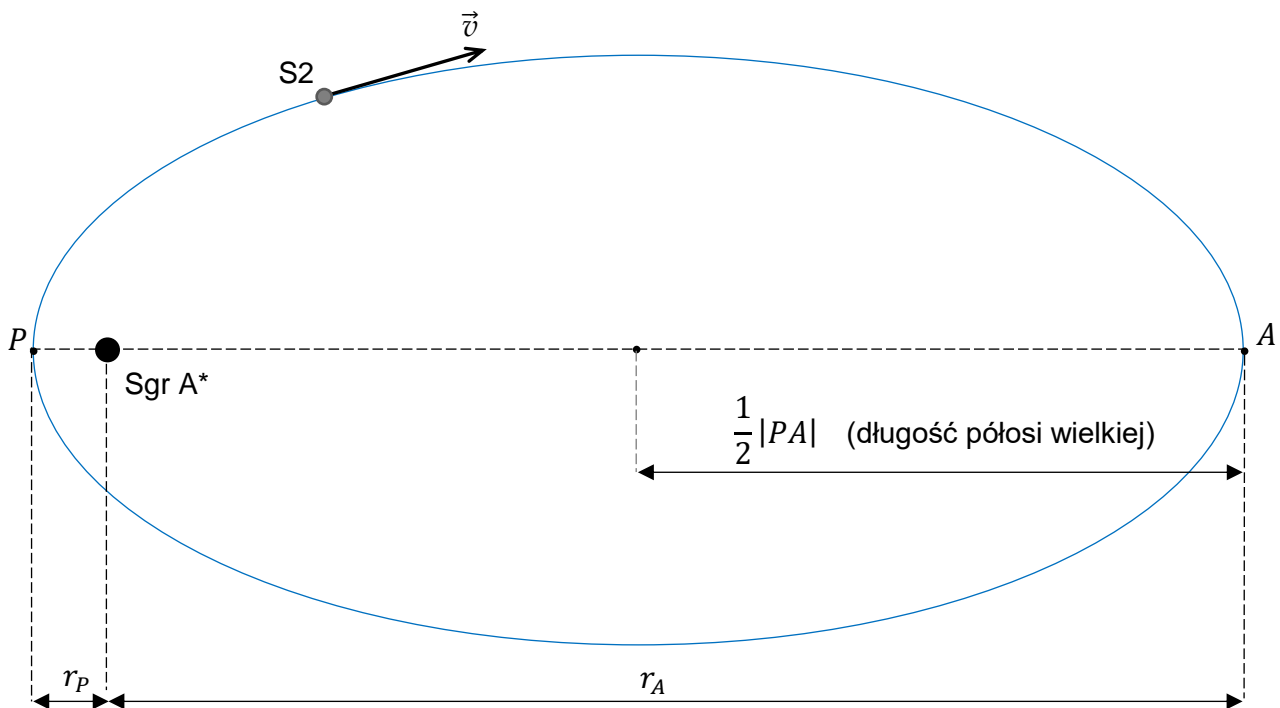
Sagittarius A\* (Sgr A\*) to bardzo masywny obiekt znajdujący się w centrum naszej galaktyki. Gwiazda znana jako S2 obiega obiekt Sgr A\* po wydłużonej orbicie eliptycznej. Parametry tego ruchu orbitalnego są następujące:

- okres obiegu S2 dookoła Sgr A\* wynosi  $T_{S2} = 16$  lat ziemskich
- najmniejsza odległość środka S2 od centrum Sgr A\* jest równa  $r_p = 120$  au
- największa odległość środka S2 od centrum Sgr A\* jest równa  $r_A = 1820$  au.

Przyjmij, że Sgr A\* się nie porusza, oraz pomiń wpływ innych ciał na ruch S2.

Opisaną sytuację przedstawiono na rysunku 1. Ponadto oznaczono wektor  $\vec{v}$  prędkości środka S2 w przedstawionym położeniu na orbicie.

Rysunek 1.

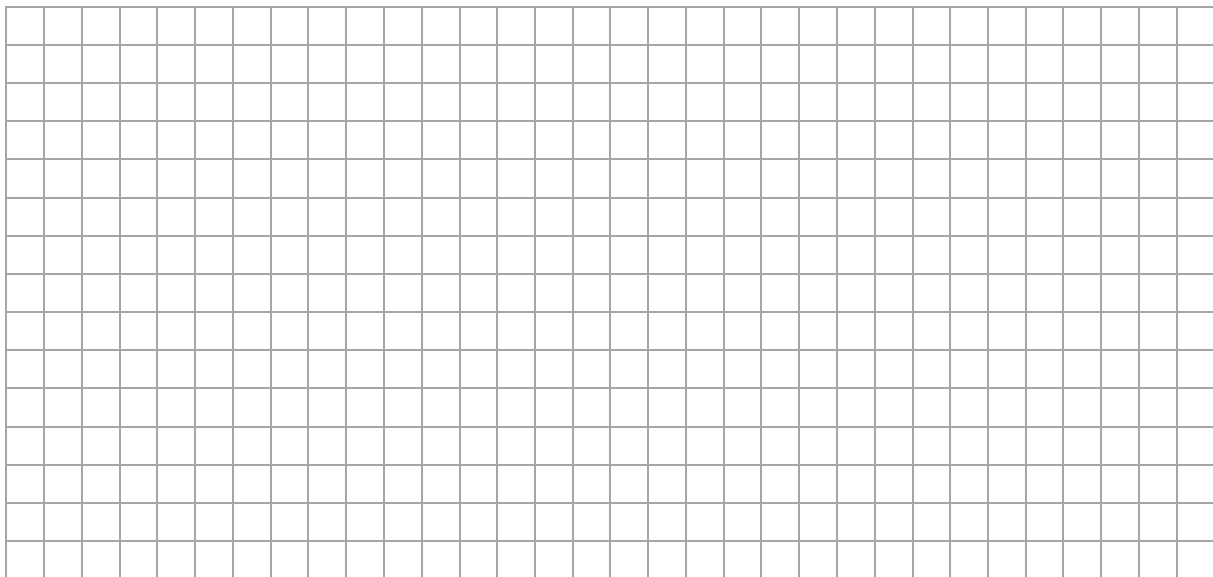


### Zadanie 5.1. (0–1)

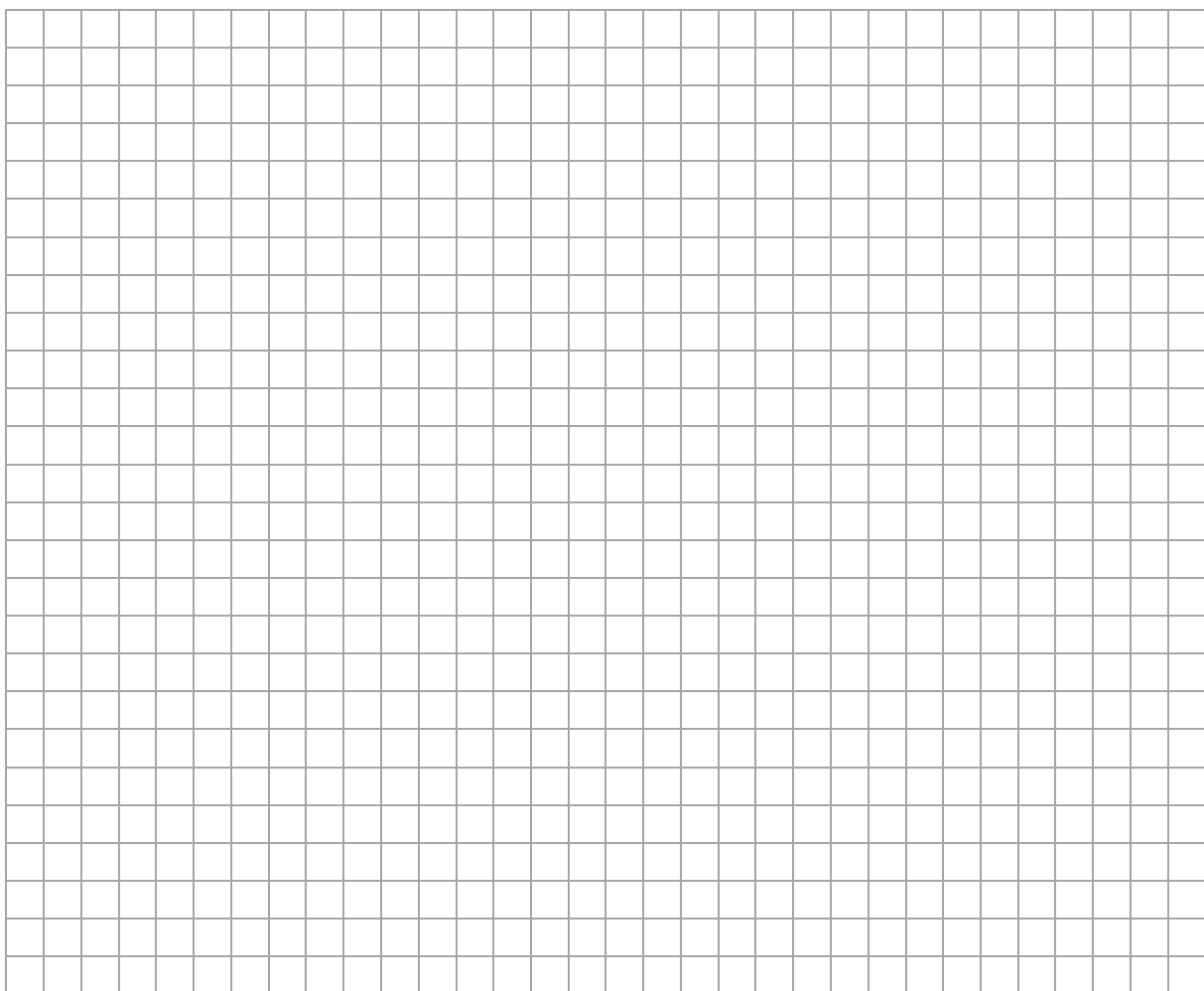
Na rysunku 2. (strona 14) narysuj wektor przyspieszenia  $\vec{a}$  środka gwiazdy S2 w oznaczonym położeniu na orbicie. Zachowaj odpowiedni kierunek i zwrot tego wektora (długość może być dowolna).

| Wypełnia egzaminator | Nr zadania       | 4.2. | 4.3. | 5.1. |
|----------------------|------------------|------|------|------|
|                      | Maks. liczba pkt | 1    | 4    | 1    |
| Uzyskana liczba pkt  |                  |      |      |      |



**Zadanie 5.3. (0–3)**

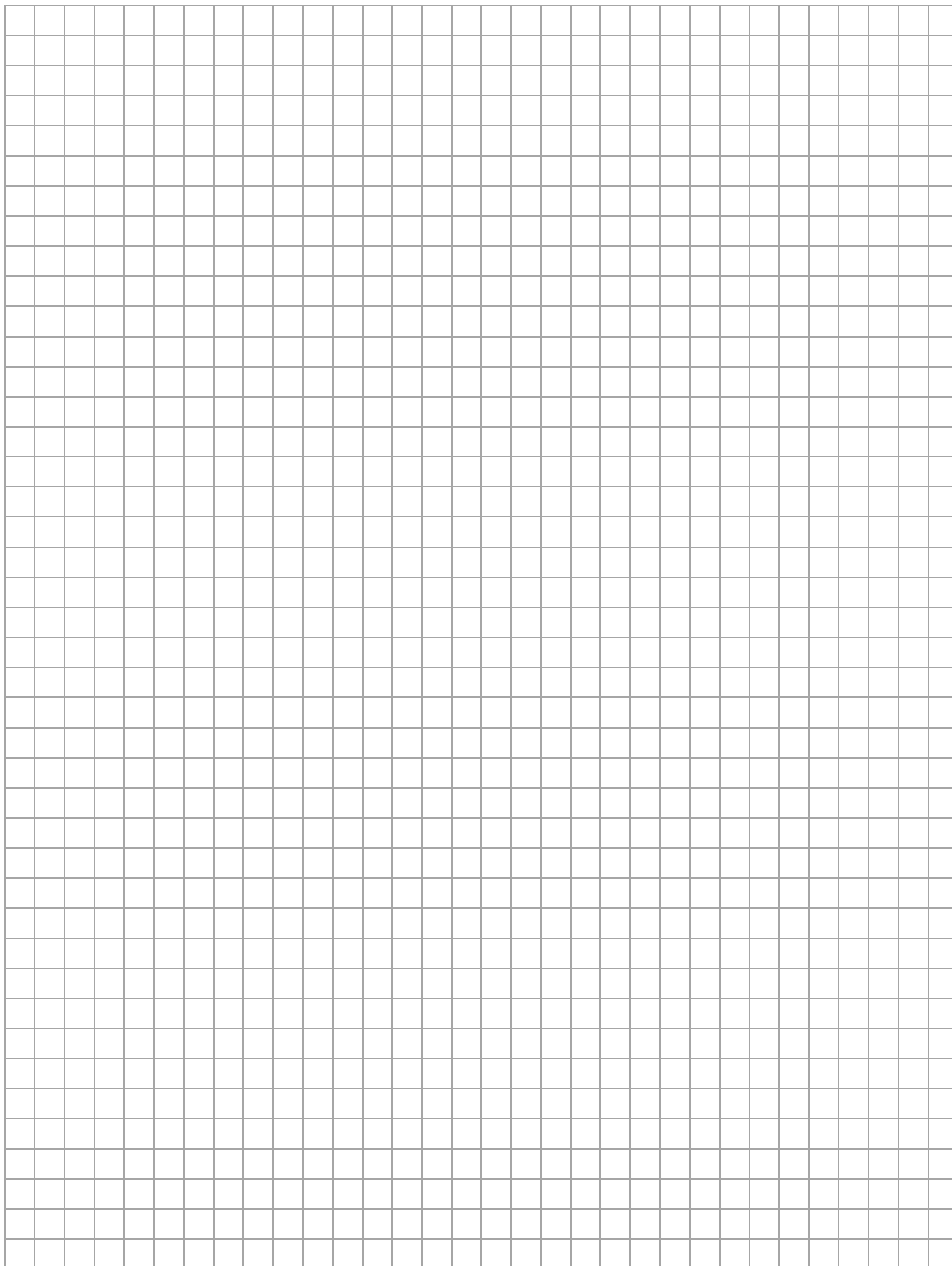
Wyprowadź wzór podany w informacji do zadań 5.2.–5.3. w przypadku, gdy orbity  $\mathcal{O}_1$  i  $\mathcal{O}_2$  są kołowe.



|                         |                     |      |      |
|-------------------------|---------------------|------|------|
| Wypełnia<br>egzaminator | Nr zadania          | 5.2. | 5.3. |
|                         | Maks. liczba pkt    | 2    | 3    |
|                         | Uzyskana liczba pkt |      |      |







|                                 |                            |             |             |             |
|---------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Wypełnia<br/>egzaminator</b> | <b>Nr zadania</b>          | <b>6.1.</b> | <b>6.2.</b> | <b>6.3.</b> |
|                                 | <b>Maks. liczba pkt</b>    | <b>1</b>    | <b>1</b>    | <b>3</b>    |
|                                 | <b>Uzyskana liczba pkt</b> |             |             |             |

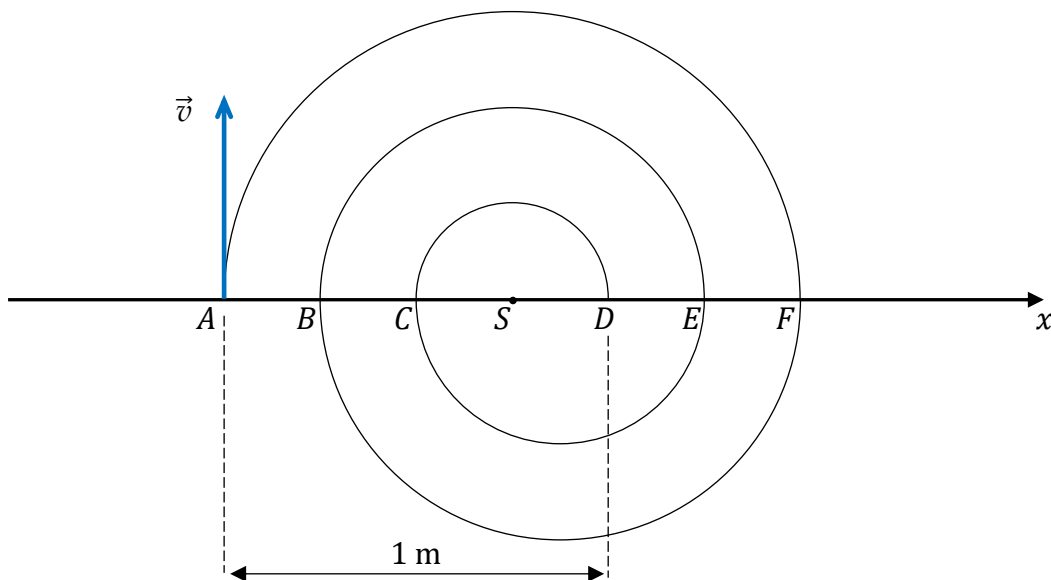
### Zadanie 7.

Proton poruszał się w próżni, w polu magnetycznym po torze, który składał się z półokręgów  $AF$ ,  $FB$ ,  $BE$ ,  $EC$ ,  $CD$  (zobacz rysunek). Na każdym z tych półokręgów wektor indukcji magnetycznej był prostopadły do płaszczyzny ruchu protonu i miał stałą wartość, ale dla różnych półokręgów wartości te były różne i wynosiły – odpowiednio –  $B_{AF}$ ,  $B_{FB}$ ,  $B_{BE}$ ,  $B_{EC}$ ,  $B_{CD}$ .

W chwili początkowej  $t_A = 0$  proton znajdował się w punkcie  $A$  i miał prędkość  $\vec{v}$  (prostopadłą do wektora indukcji magnetycznej). Dalej proton poruszał się po opisanym torze i po pewnym czasie uderzył w tarczę znajdującą się w punkcie  $D$ . Wartość wektora indukcji magnetycznej na półokręgu  $AF$  wynosiła  $B_{AF} = 0,2$  T. Długości odcinków na poniższym rysunku spełniają równości:

$$|AB| = |BC| = |CS| = |SD| = |DE| = |EF| \quad \text{oraz} \quad |AD| = 1 \text{ m}$$

Rysunek



W zadaniach 7.1.–7.3. pomijamy siłę grawitacji działającą na proton.

### Zadanie 7.1. (0–2)

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

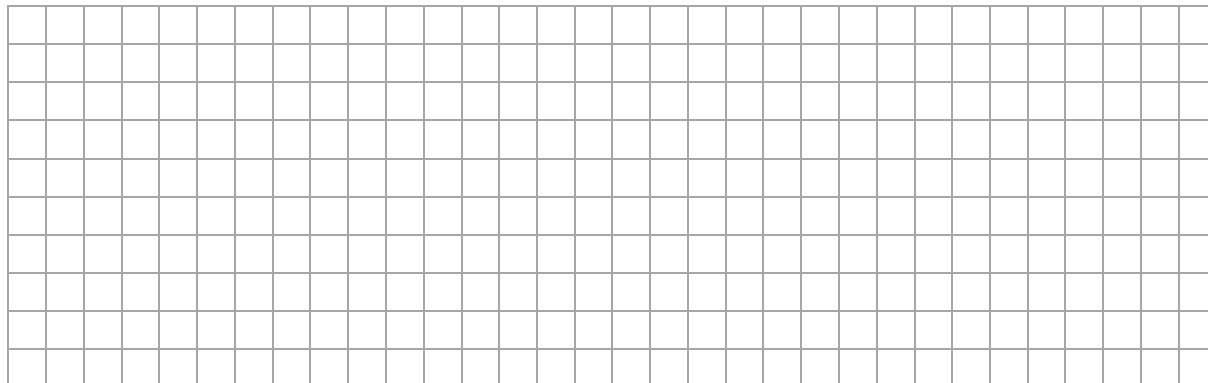
|    |  |   |   |
|----|--|---|---|
| 1. | Wektor indukcji pola magnetycznego wzdłuż całego toru ruchu protonu ma zwrot przed płaszczyznę rysunku (tzn. w stronę patrzącego). | P | F |
| 2. | Wartość siły magnetycznej Lorentza działającej na proton jest stała na całej długości toru od punktu $A$ do punktu $D$ .           | P | F |
| 3. | Czas ruchu protonu po każdym z półokręgów $AF$ , $FB$ , $BE$ , $EC$ , $CD$ jest taki sam.  | P | F |

**Zadanie 7.2. (0–2)**

Wykaż, że wartość prędkości protonu w ruchu po każdym z półokręgów jest stała.

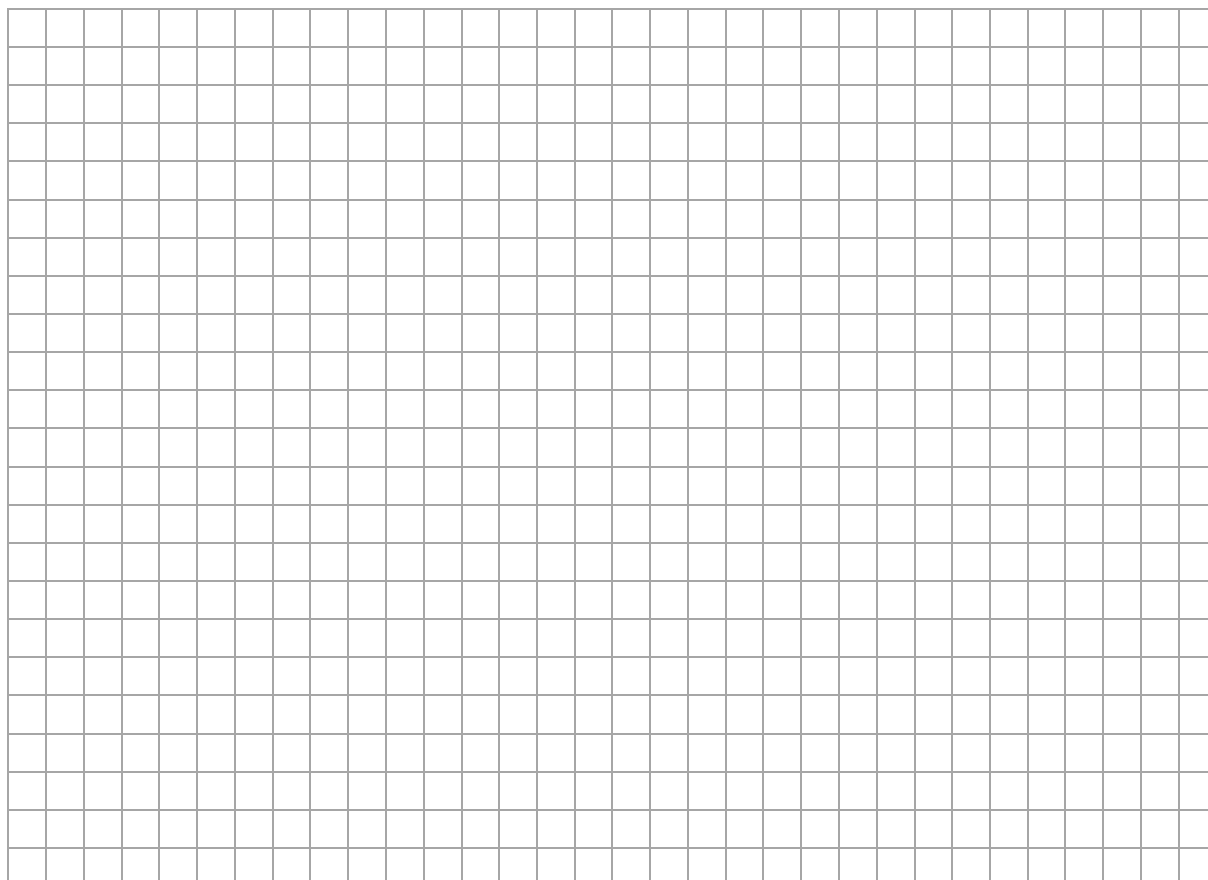
Powołaj się na:

- odpowiednie własności siły działającej na proton oraz
- zasady dynamiki albo odpowiednie twierdzenie o energii kinetycznej.

**Zadanie 7.3. (0–3)**

Oblicz wartość  $B_{CD}$  wektora indukcji pola magnetycznego działającego na proton, gdy poruszał się on po półokręgu  $CD$ . Zapisz obliczenia.

*Wskazówka: Wartość prędkości protonu poruszającego się po torze  $AFBECD$  była stała.*



| Wypełnia<br>egzaminator | Nr zadania          | 7.1. | 7.2. | 7.3. |
|-------------------------|---------------------|------|------|------|
|                         | Maks. liczba pkt    | 2    | 2    | 3    |
|                         | Uzyskana liczba pkt |      |      |      |

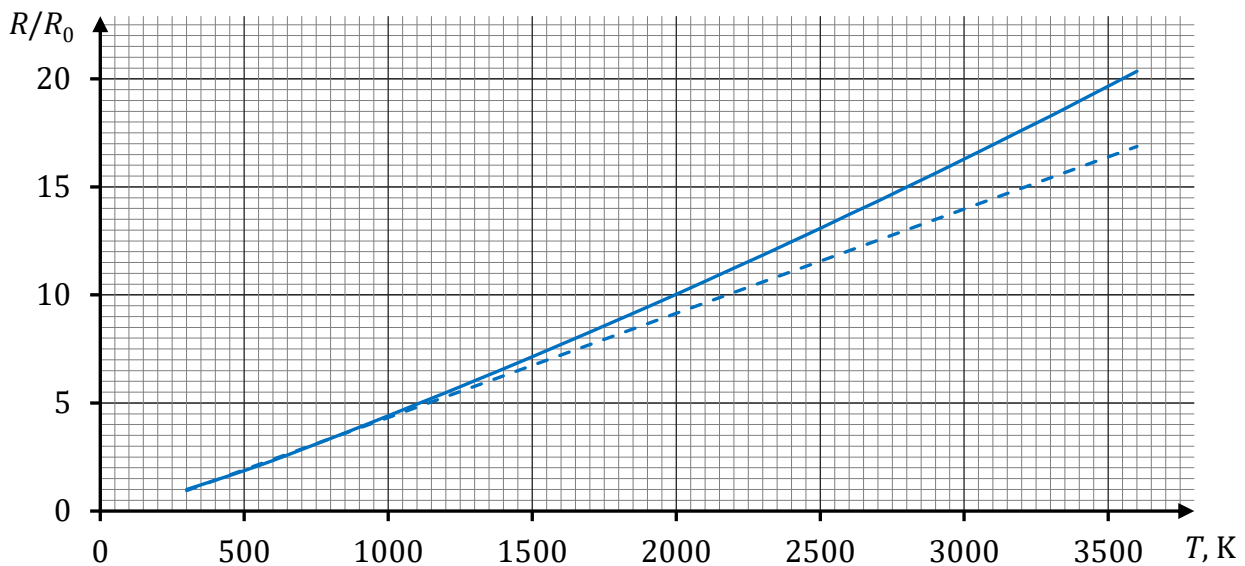
### Zadanie 8.

Do produkcji włókien tradycyjnych żarówek wykorzystywano bardzo cienkie druty wolframowe. Gdy przez włókno wolframowe pewnej żarówki płynął prąd o niewielkim natężeniu, to włókno utrzymywało temperaturę  $T_0 = 300$  K, a jego opór wynosił  $R_0 \approx 65 \Omega$ . Po podłączeniu tej żarówki do sieci o napięciu 230 V pobierała ona moc (znamionową) 60 W. Wówczas włókno rozgrzewało się do wysokiej temperatury, a jego opór był wielokrotnie większy od  $R_0$ .

Na poniższym wykresie linią ciągłą przedstawiono zależność  $R/R_0$  od temperatury  $T$ , gdzie  $R$  oznacza opór włókna wolframowego o temperaturze  $T$ . W zakresie temperatur od 300 K do 1000 K ta zależność ma w przybliżeniu charakter liniowy (wykres pokrywa się częściowo z linią prostą narysowaną przerywaną kreską) i można ją opisać wzorem:

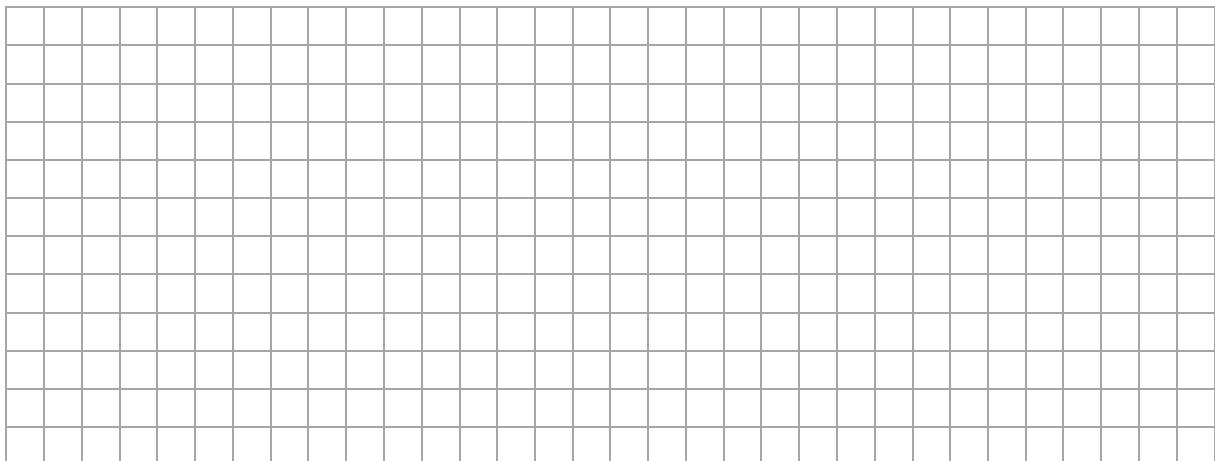
$$\frac{R(T)}{R_0} \approx 1 + \alpha \Delta T \quad \text{gdzie} \quad \Delta T = T - 300 \text{ K}$$

$\alpha$  – temperaturowy współczynnik oporu dla wolframu.



### Zadanie 8.1. (0–2)

Oblicz  $\alpha$  – wartość temperaturowego współczynnika oporu wolframu – dla przedziału temperatur  $300 \text{ K} < T < 1000 \text{ K}$ . Zapisz obliczenia.



**Zadanie 8.2. (0–3)**

Wyznacz temperaturę włókna wolframowego żarówki (opisanej w zadaniu 8.) o mocy znamionowej  $P_z = 60 \text{ W}$ , zasilanej napięciem  $U_z = 230 \text{ V}$ . Zapisz obliczenia.

**Zadanie 8.3. (0–2)**

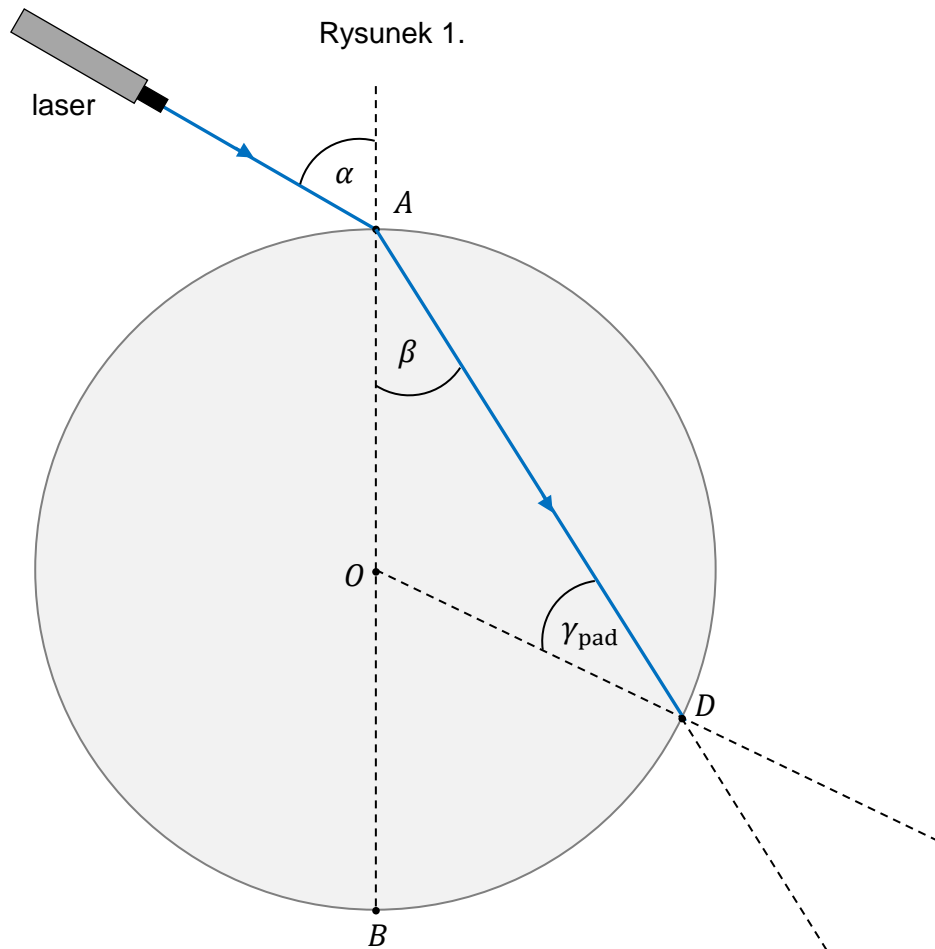
Średnica drutu wolframowego, z którego wykonano włókno żarówki, jest równa  $d = 30 \mu\text{m}$ . Opór właściwy wolframu w temperaturze  $T_0 = 300 \text{ K}$  jest równy  $\rho_0 = 5,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .

Oblicz długość drutu wolframowego, z którego wykonano włókno tej żarówki.  
Zapisz obliczenia.

| Wypełnia<br>egzaminator | Nr zadania          | 8.1. | 8.2. | 8.3. |
|-------------------------|---------------------|------|------|------|
|                         | Maks. liczba pkt    | 2    | 3    | 2    |
|                         | Uzyskana liczba pkt |      |      |      |

### Zadanie 9.

Promień światła monochromatycznego biegnie w powietrzu i pada na brzeg szklanego krążka w punkcie  $A$ . Kąt padania w punkcie  $A$  jest równy  $\alpha$ , a kąt załamania tego promienia jest równy  $\beta$ . Część promienia, która wniknęła do szkła w punkcie  $A$ , pada dalej na brzeg krążka w punkcie  $D$ . Na rysunku 1. (poniżej) oraz na rysunku 2. (na stronie 23) przedstawiono bieg promienia tylko do punktu  $D$ , przy czym pominięto część promienia odbitą w punkcie  $A$ . Kreskami przerywanymi oznaczono odcinki pomocnicze. Punkt  $O$  jest środkiem krążka.



### Zadanie 9.1. (0–3)

Część promienia  $AD$ , która pada na brzeg krążka od strony szkła w punkcie  $D$ , odbija się z powrotem do szkła, a część tego promienia załamuje się i biegnie dalej w powietrzu. Kąty: padania, załamania i odbicia promienia  $AD$  w punkcie  $D$ , oznaczymy – odpowiednio – jako:  $\gamma_{\text{pad}}$ ,  $\gamma_{\text{zał}}$ ,  $\gamma_{\text{odb}}$ .

**Narysuj** na rysunku 1. dalszy bieg promienia załamane i odbitego w punkcie  $D$ . **Oznacz** łukami i **podpisz** w odpowiednich miejscach kąty:  $\gamma_{\text{zał}}$ ,  $\gamma_{\text{odb}}$ , a następnie **określ** relacje między miarami odpowiednich kątów – **wpisz** w każde wykropkowane miejsce odpowiedni znak wybrany spośród:  $>$ ,  $=$ ,  $<$ .

$$\gamma_{\text{pad}} \dots\dots \gamma_{\text{odb}}$$

$$\gamma_{\text{pad}} \dots\dots \gamma_{\text{zał}}$$

$$\gamma_{\text{zał}} \dots\dots \alpha$$

**Zadanie 9.2. (0–3)**

Na rysunku 2. odcinek  $AC$  jest geometrycznym przedłużeniem promienia padającego na krążek. Długości odcinków oznaczonych na rysunku 2. wynoszą (w zaokrągleniu):

$$|AB| \approx 9,0 \text{ cm} \quad |AC| \approx 4,5 \text{ cm} \quad |AD| \approx 7,7 \text{ cm} \quad |BC| \approx 7,8 \text{ cm} \quad |BD| \approx 4,8 \text{ cm}$$

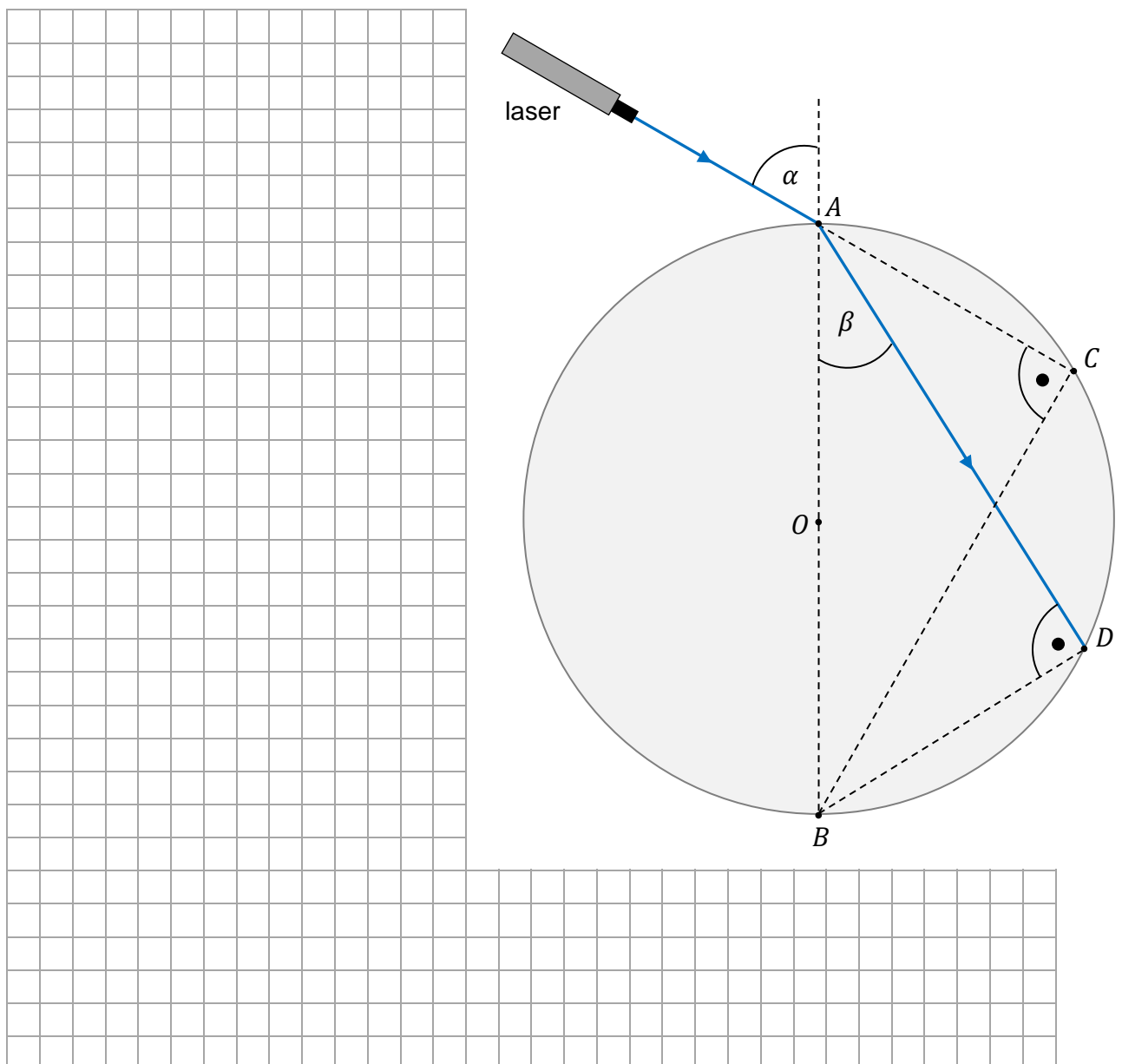
Przyjmij, że wartość prędkości światła w powietrzu jest równa wartości prędkości światła w próżni.

**Oblicz wartość prędkości światła w szkłe, z którego jest wykonany krążek.**

**Zapisz obliczenia. Wykorzystaj niektóre z podanych długości odcinków.**

**Wynik podaj zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.**

Rysunek 2.



| Wypełnia egzaminator | Nr zadania          | 9.1. | 9.2. |
|----------------------|---------------------|------|------|
|                      | Maks. liczba pkt    | 3    | 3    |
|                      | Uzyskana liczba pkt |      |      |

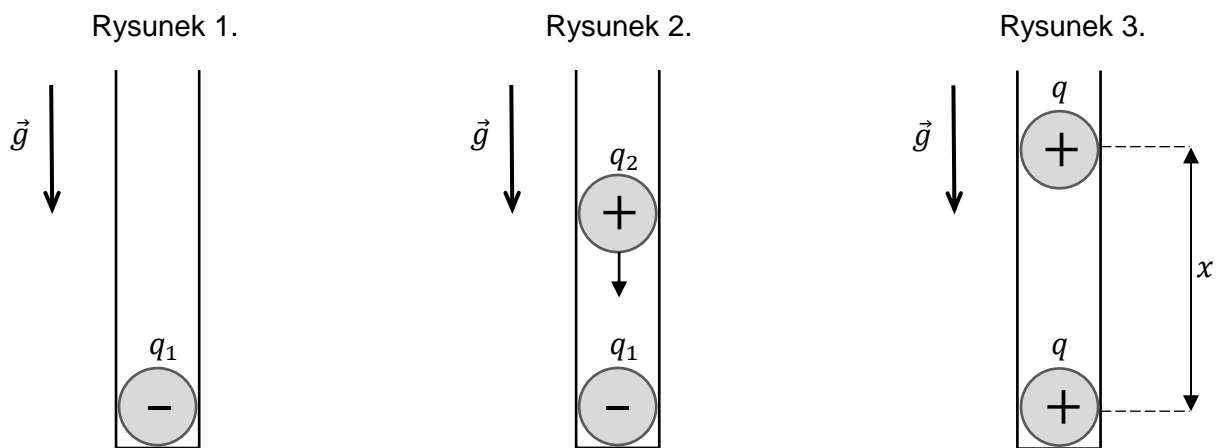
**Zadanie 10.**

Cylindryczną nieprzewodzącą rurkę ustawiono pionowo. Na dnie tej rurki umieszczono piłeczkę pingpongową, która była pokryta farbą przewodzącą ładunki elektryczne (zobacz rysunek 1.). Masa piłeczki była równa  $m = 3$  g. Piłeczka była naładowana ujemnym ładunkiem elektrycznym  $q_1 = -50$  nC.

Do rurki wrzucono drugą podobną piłeczkę o identycznych rozmiarach i masie, naładowaną dodatnim ładunkiem elektrycznym (zobacz rysunek 2.). Po zetknięciu się piłeczek i wymianie ładunku każda z piłeczek miała taki sam dodatni ładunek elektryczny  $q = 200$  nC. Druga piłeczka po zetknięciu z pierwszą ustabilizowała po pewnym czasie swoje położenie i utrzymywała się nieruchomo ponad pierwszą piłeczką (zobacz rysunek 3.).

Pomiń tarcie piłeczek o ścianki rurki.

Przyjmij wartość przyspieszenia ziemskiego  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>.

**Zadanie 10.1. (0–1)**

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

Ładunek elektryczny  $q_2$  drugiej piłeczki, przed zetknięciem z pierwszą piłeczką, był równy

- A.  $q_2 = 300$  nC      B.  $q_2 = 350$  nC      C.  $q_2 = 400$  nC      D.  $q_2 = 450$  nC

**Zadanie 10.2. (0–1)**

**Dokończ zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wy kropkowanym miejscu.**

Gdy druga piłeczka utrzymywała się w ustabilizowanej pozycji nad pierwszą piłeczką, to wartość siły nacisku pierwszej piłeczki na dno rurki, w zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących, była równa ..... N.

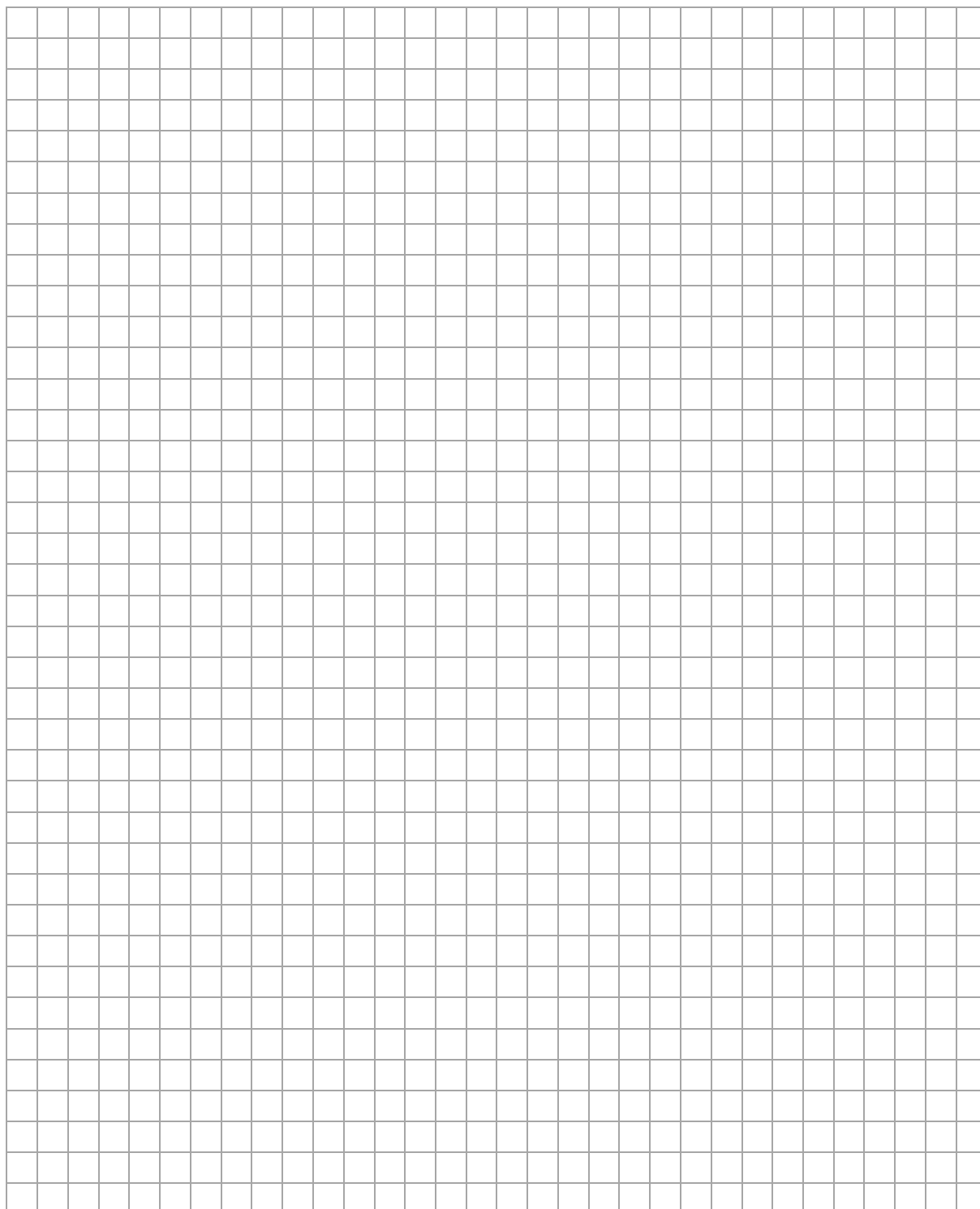
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Brudnopis |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



**Zadanie 10.3. (0–3)**

Przyjmij, że gdy piłeczki znajdują się w ustabilizowanej pozycji, to oddziałują ze sobą jak ładunki punktowe  $q = 200 \text{ nC}$  umieszczone w środku każdej z piłeczek.

**Oblicz odległość  $x$  pomiędzy środkami piłeczek w ustabilizowanej pozycji.**



|                         |                     |       |       |       |
|-------------------------|---------------------|-------|-------|-------|
| Wypełnia<br>egzaminator | Nr zadania          | 10.1. | 10.2. | 10.3. |
|                         | Maks. liczba pkt    | 1     | 1     | 3     |
|                         | Uzyskana liczba pkt |       |       |       |



**Zadanie 11.3. (0–3)**

Masy jądra izotopu  $^{277}\text{Cn}$ , protonu oraz neutronu są – odpowiednio – równe:

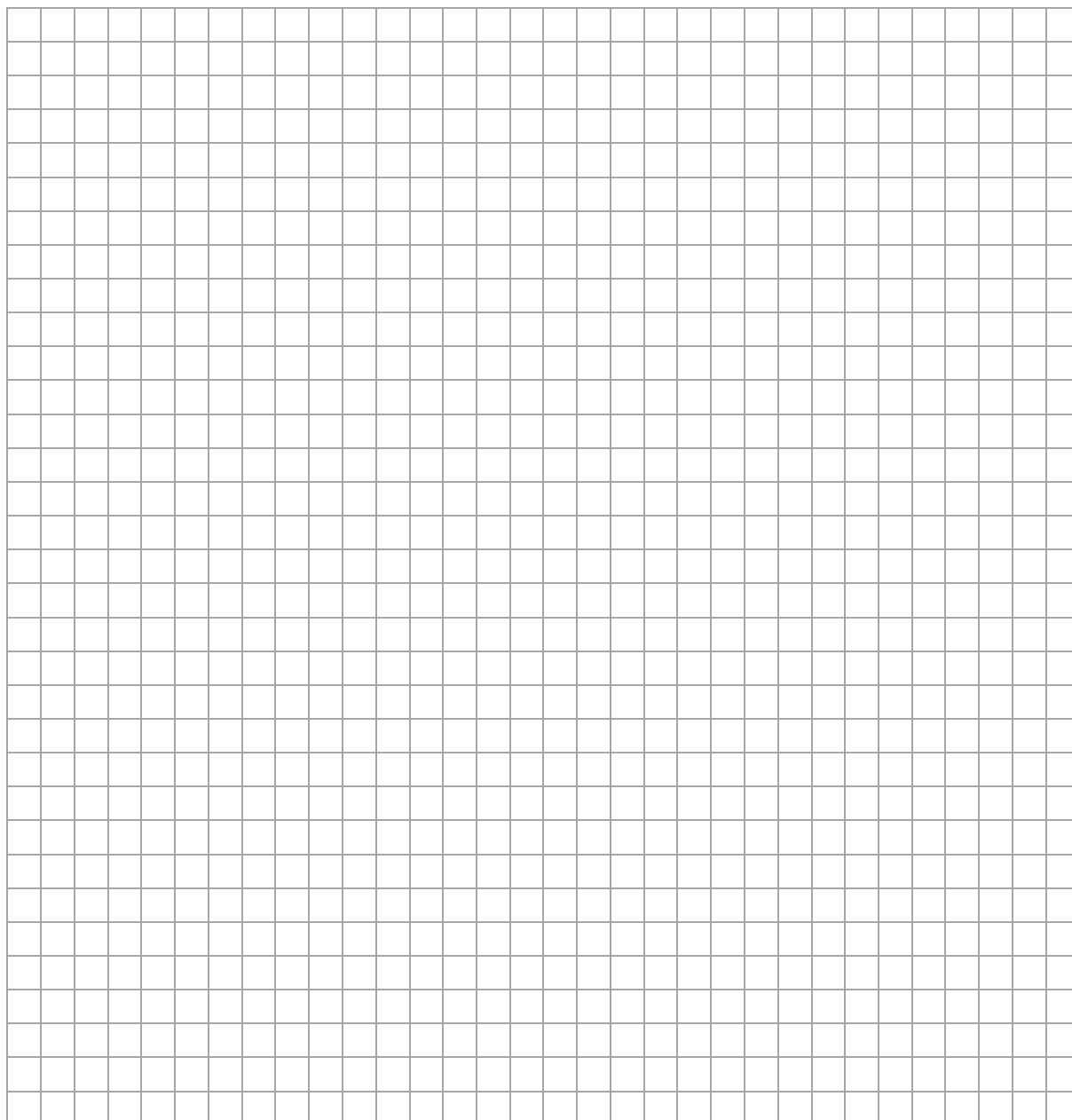
$$m_{\text{Cn}} = 460,138\,852 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_p = 1,672\,621\,92 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1,674\,927\,49 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

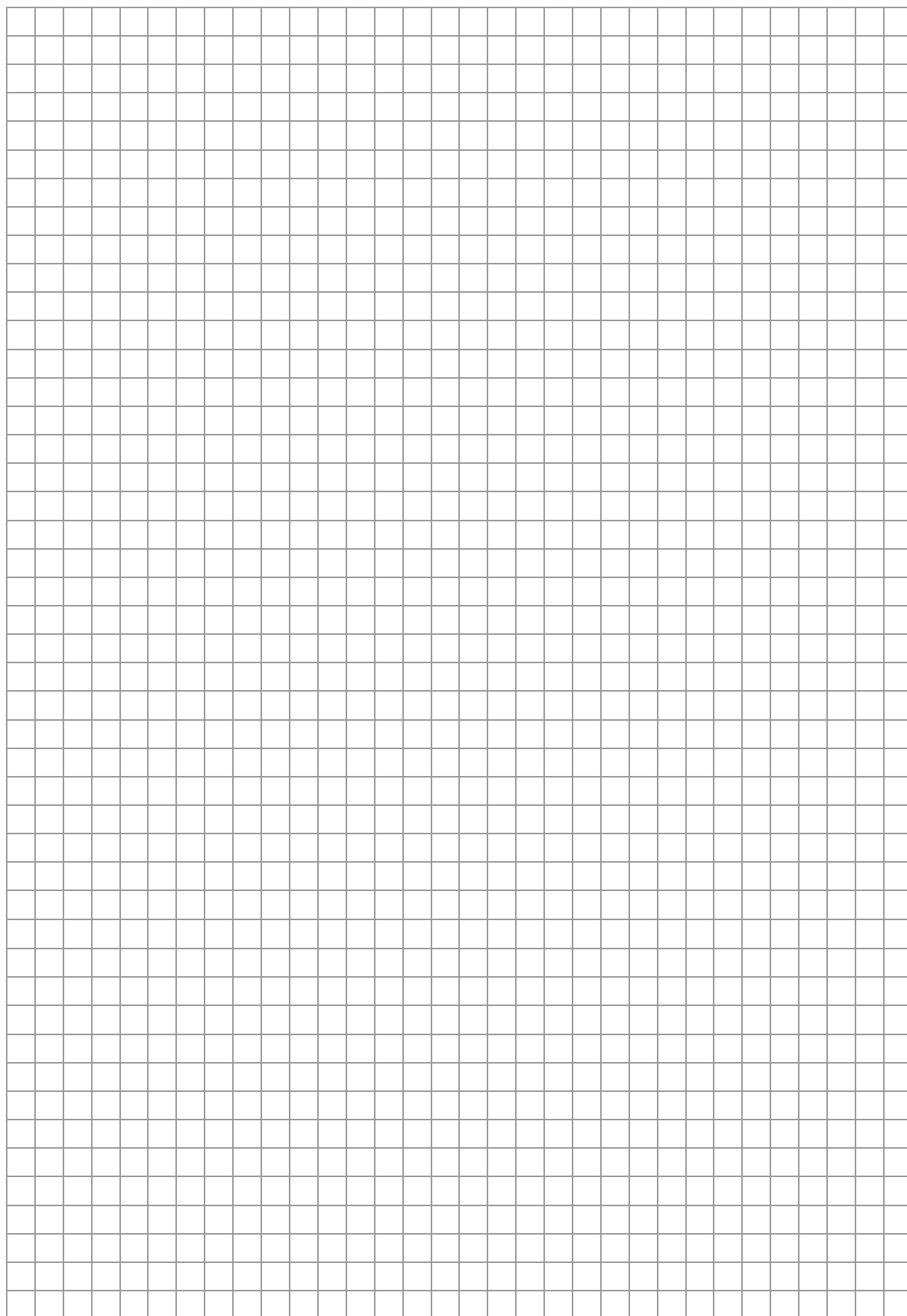
Przyjmij wartość prędkości światła w próżni równą  $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

**Oblicz najmniejszą energię, którą należałoby dostarczyć do jądra  $^{277}\text{Cn}$ , aby rozbić je na oddzielne (tzn. nieoddziałujące ze sobą) nukleony. Zapisz obliczenia. Wynik podaj zaokrąglony do trzech cyfr znaczących.**



| Wypełnia<br>egzaminator | Nr zadania          | 11.1. | 11.2. | 11.3. |
|-------------------------|---------------------|-------|-------|-------|
|                         | Maks. liczba pkt    | 1     | 2     | 3     |
|                         | Uzyskana liczba pkt |       |       |       |

**BRUDNOPIS (*nie podlega ocenie*)**



Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: [arkusze.pl](http://arkusze.pl)

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: [arkusze.pl](https://arkusze.pl)

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: [arkusze.pl](http://arkusze.pl)

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: [arkusze.pl](http://arkusze.pl)

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*

# FIZYKA

## Poziom rozszerzony

*Formuła 2015*