

**UZUPEŁNIA ZDAJĄCY**

**KOD**

--	--	--

**PESEL**

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

*miejsce  
na naklejkę*

**EGZAMIN MATURALNY  
Z FIZYKI I ASTRONOMII**

**POZIOM ROZSZERZONY**

**14 MAJA 2018**

**Instrukcja dla zdającego**

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 20 stron (zadania 1–8). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
7. Podczas egzaminu możesz korzystać z karty wybranych wzorów i stałych fizycznych, linijki oraz kalkulatora prostego.
8. Na tej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.

**Godzina rozpoczęcia:  
9:00**

**Czas pracy:  
150 minut**

**Liczba punktów  
do uzyskania: 60**

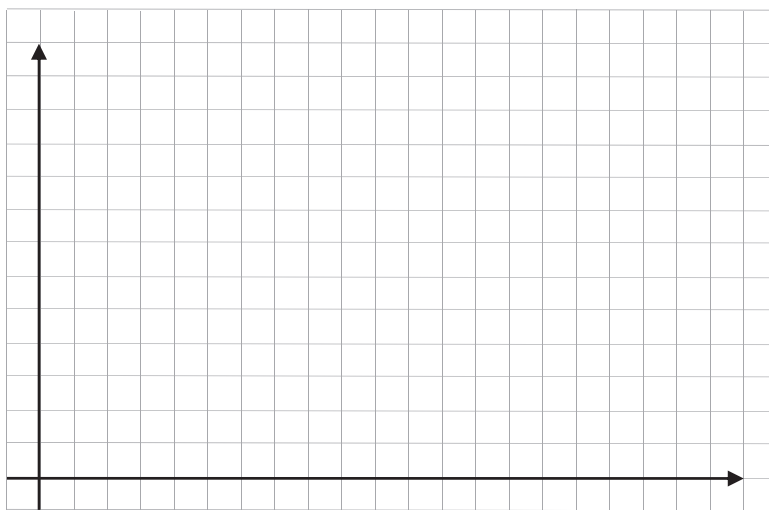


**Zadanie 1. Samochody (10 pkt)**

Rozważamy ruch dwóch samochodów, które poruszały się po poziomym i prostym odcinku trasy. Pierwszy samochód ruszył i jadąc ze stałym przyspieszeniem, rozpedził się w czasie 2 s do prędkości o wartości  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Następnie przez 6 s jechał ze stałą prędkością, a potem przez 2 s hamował ze stałym opóźnieniem, aż do zatrzymania się. Drugi samochód ruszył równocześnie z pierwszym. Przez pierwszą połowę czasu trwania ruchu rozpedzał się ze stałym przyspieszeniem, a potem hamował ze stałym opóźnieniem, aż do zatrzymania się. Oba samochody przebyły tę samą drogę w tym samym czasie.

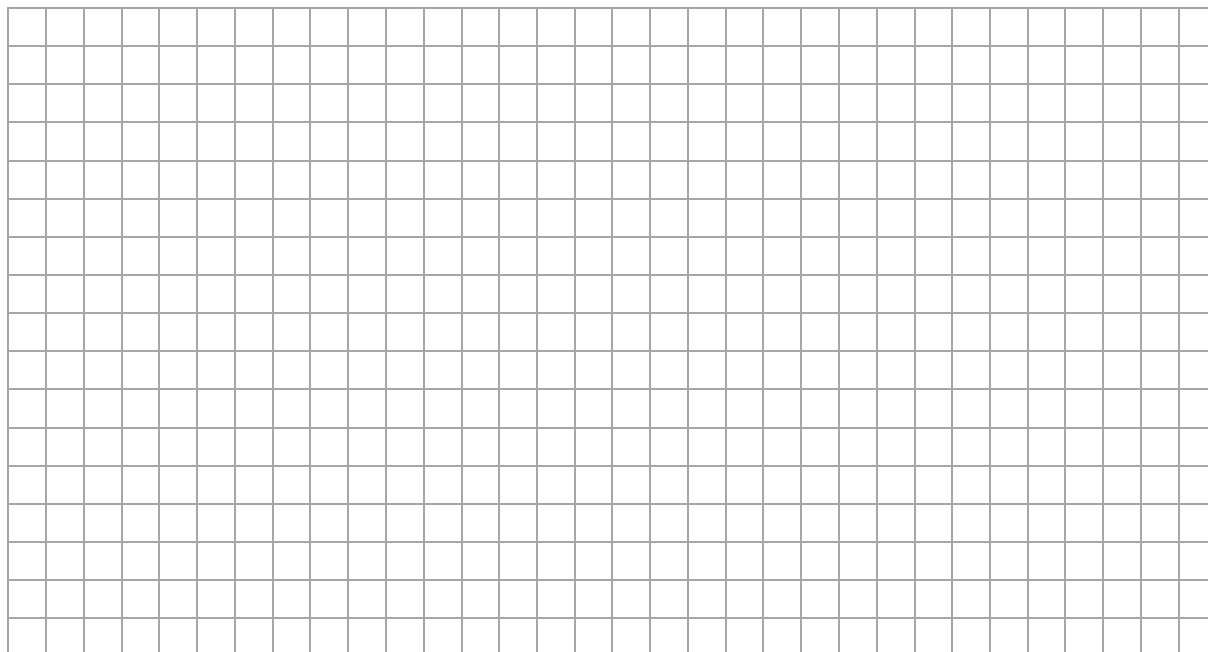
**Zadanie 1.1. (2 pkt)**

Narysuj wykres zależności  $v(t)$  – wartości prędkości od czasu – dla ruchu pierwszego samochodu.



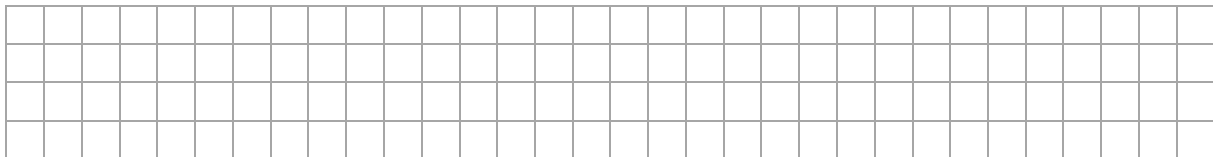
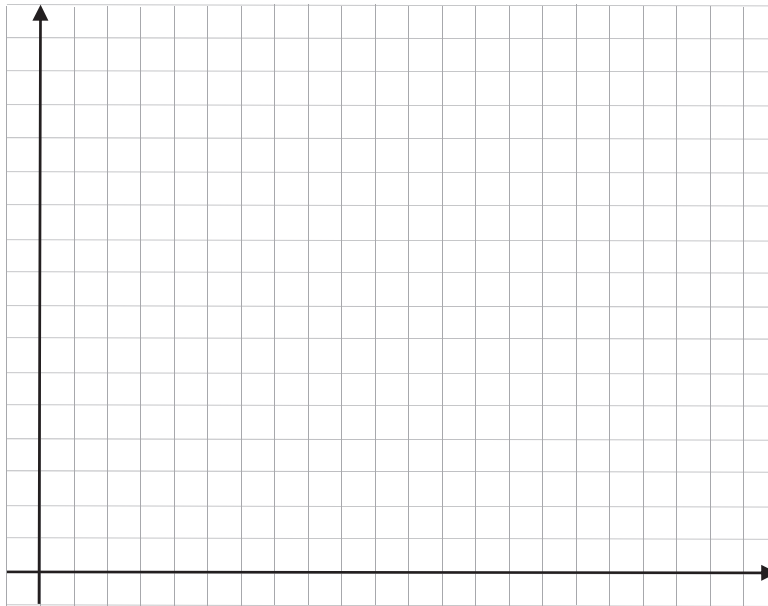
**Zadanie 1.2. (3 pkt)**

Oblicz całkowitą drogę przebytą przez pierwszy samochód oraz maksymalną wartość prędkości drugiego samochodu.



**Zadanie 1.3. (2 pkt)**

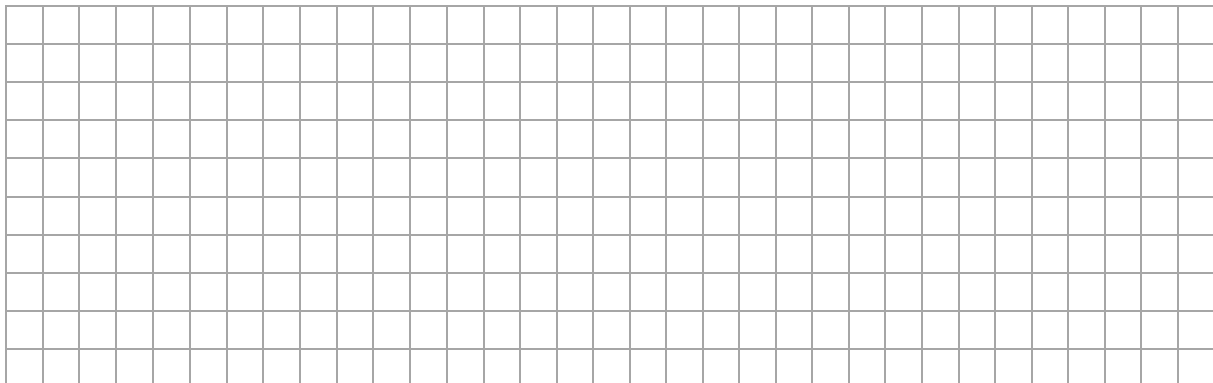
Narysuj wykres zależności  $s(t)$  – drogi od czasu – w ruchu drugiego samochodu. Uwzględnij odpowiedni kształt wykresu oraz wartości przebytej drogi w piątej i dziesiątej sekundzie ruchu.



**Zadanie 1.4. (3 pkt)**

W bagażniku drugiego samochodu, na płaskim i poziomym podłożu, spoczywa paczka w kształcie prostopadłościanu. Masa tej paczki wynosi 5 kg, a współczynnik tarcia statycznego między paczką a podłożem jest równy 0,35.

Ustal i zapisz, czy podczas pierwszych pięciu sekund ruchu przyspieszonego drugiego samochodu paczka w bagażniku będzie się przesuwała względem podłoża. Wykonaj niezbędne obliczenia.

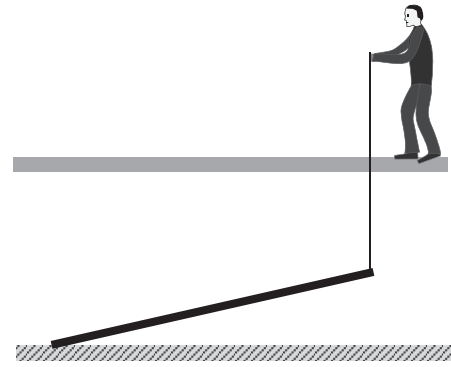


Wypełnia egzaminator	Nr zadania	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.
	Maks. liczba pkt	2	3	2	3
	Uzyskana liczba pkt				

**Zadanie 2. Podnoszenie deski (9 pkt)**

Pracownik na budowie miał podnieść do pozycji pionowej długą, jednorodną, sztywną i cienką deskę o masie 20 kg i długości 4 m. Początkowo deska leżała na płaskim, poziomym podłożu. Aby ułatwić sobie pracę, pracownik przymocował linę do jednego końca deski i powoli zaczął ciągnąć tę linę w górę.

W trakcie podnoszenia deski pracownik przemieszczał się po podęście do przodu tak, że lina utrzymywała cały czas kierunek pionowy, a drugi koniec deski opartej o ziemię się nie przesuwał (zobacz rysunek). W obliczeniach pominię masę liny.



**Zadanie 2.1. (2 pkt)**

**Oblicz pracę siły, z jaką pracownik działał na deskę w opisany sposób – pracę wykonaną podczas ustawiania deski od pozycji leżącej do pionowej.**


**Dodatkowa informacja do zadań 2.2. – 2.4.**

Podczas podnoszenia deski w opisany sposób pracownik dwukrotnie zatrzymywał się na chwilę, utrzymując deskę nieruchomo. Za pierwszym razem się zatrzymał, gdy deska tworzyła z poziomym podłożem kąt 25°, a za drugim razem – gdy ten kąt był równy 50°.

**Zadanie 2.2. (3 pkt)**

**Oblicz wartość siły, z jaką pracownik działał na linę, gdy deska tworzyła z poziomym podłożem kąt 25°.**


**Zadanie 2.3. (2 pkt)**

Oblicz wartość siły reakcji podłoża działającej na deskę w miejscu jej podparcia w chwili, gdy deska tworzyła z poziomym podłożem kąt  $25^\circ$ .

**Zadanie 2.4. (1 pkt)**

Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.

Wartość siły, z jaką pracownik działa na linę, utrzymując deskę pod kątem  $50^\circ$  do podłoża, w porównaniu z wartością siły, gdy deska była utrzymywana pod kątem  $25^\circ$ , jest

A.	mniejsza,	ponieważ podczas podnoszenia deski	1.	siła reakcji podłoża działająca na deskę wzrasta.
B.	taka sama,		2.	jej środek ciężkości jest coraz wyżej.
C.	większa,		3.	kierunki i zwroty sił oraz stosunek długości ramion sił się nie zmieniają.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.1.	2.2.	2.3.	2.4.
	Maks. liczba pkt	2	3	2	1
Uzyskana liczba pkt					

**Zadanie 2.5. (1 pkt)**

Deskę podniesiono ponownie i w sposób podobny jak w opisie zadania. Tym razem jednak lina była zamocowana w odległości  $3/4$  długości deski od końca spoczywającego na ziemi.

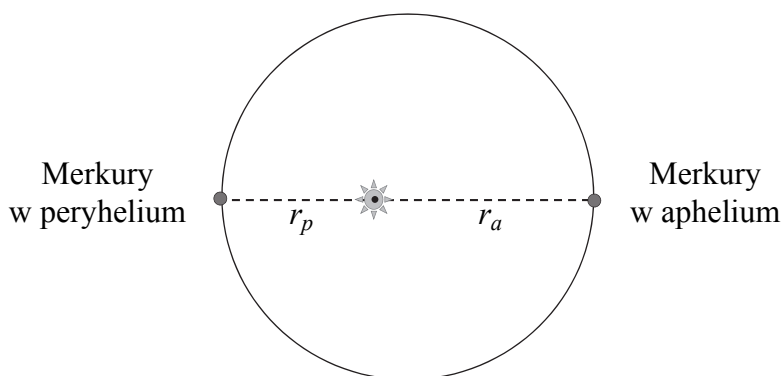
**Oceń prawdziwość każdego dokończenia poniższego zdania. Zaznacz P, jeśli dokończenie zdania jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.**

Gdy porównamy opisany powyżej sposób podnoszenia deski z poprzednim – gdy lina była zamocowana na końcu deski – możemy stwierdzić, że w tej nowej sytuacji

1.	praca (siły, z jaką pracownik działa na deskę) potrzebna do podniesienia deski od pozycji poziomej do pionowej jest taka sama jak poprzednio.	<b>P</b>	<b>F</b>
2.	wartość siły, z jaką pracownik działa na deskę podczas jej podnoszenia, jest większa niż poprzednio.	<b>P</b>	<b>F</b>
3.	wartość siły reakcji podłoża, jaka działa na deskę podczas jej podnoszenia, jest mniejsza niż poprzednio.	<b>P</b>	<b>F</b>

**Zadanie 3. Merkury (9 pkt)**

W dniu 9 maja 2016 roku miało miejsce zjawisko astronomiczne – tranzyt Merkurego. Merkury, obserwowany z Ziemi, powoli przesunął się na tle tarczy Słońca. Zjawisko trwało około 7,5 godziny. Podczas tranzytu Merkury znajdował się blisko aphelium swojej orbity. Aphelium jest punktem na orbicie planety, który leży w największej odległości od Słońca, natomiast peryhelium jest punktem na orbicie planety leżącym najbliżej Słońca (zobacz rysunek poniżej). Aphelium orbity Merkurego znajduje się w odległości  $r_a = 0,467$  jednostki astronomicznej od środka Słońca, a Merkury, przechodząc przez aphelium, porusza się z prędkością  $38,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  względem Słońca. Różnica odległości Merkurego od środka Słońca w aphelium i peryhelium jest równa 0,159 jednostki astronomicznej.

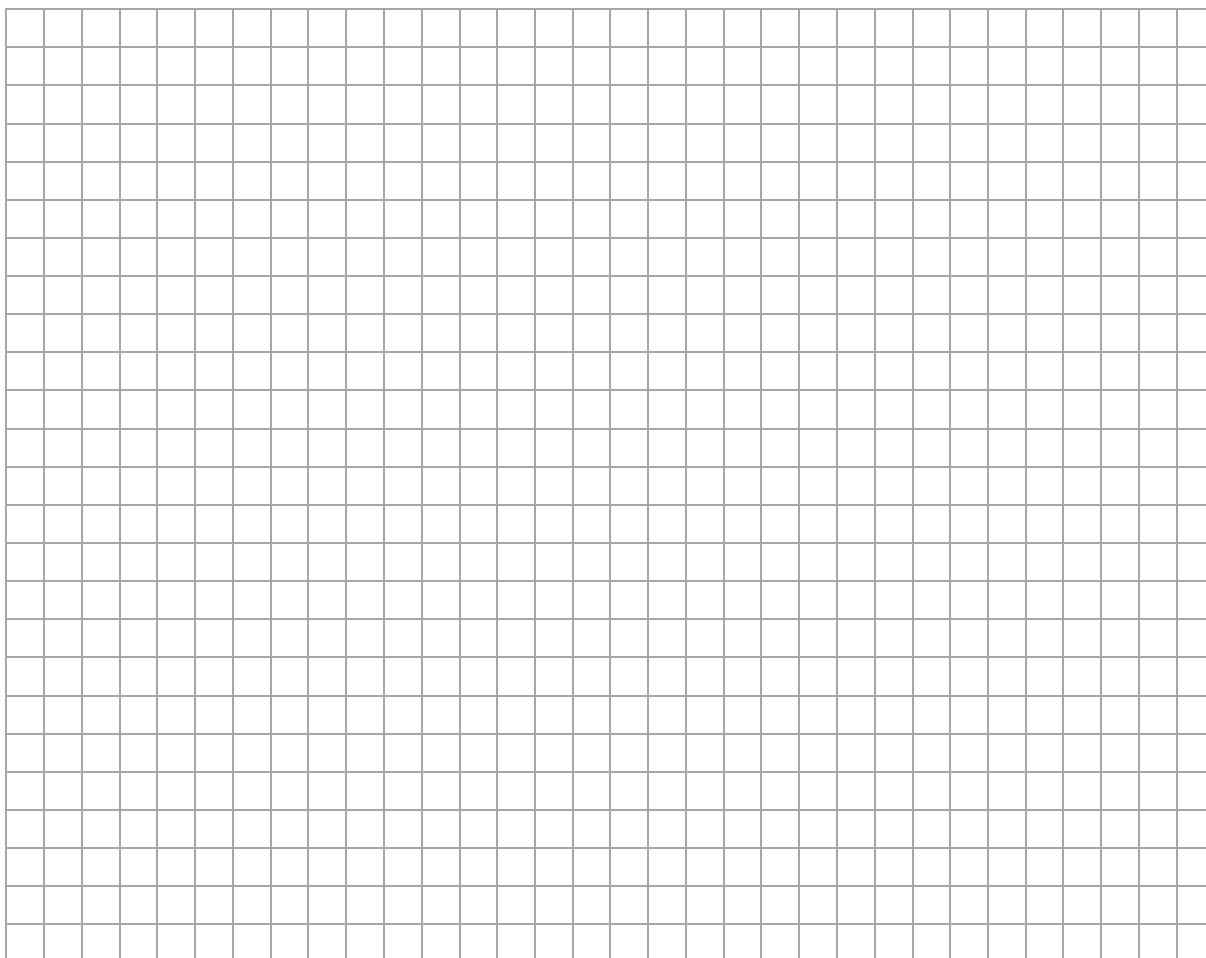


Wektor prędkości planety w każdym z tych punktów (peryhelium i aphelium) jest prostopadły do promienia wodzącego – łączącego środek Słońca z planetą. Jednostka astronomiczna jest równa średniej odległości Ziemi od Słońca. Średnia odległość planety od Słońca oznacza długość wielkiej półosi orbity eliptycznej, po której ta planeta okrąża Słońce (tzn. jest równa połowie odległości od peryhelium do aphelium).



**Zadanie 3.3. (2 pkt)**

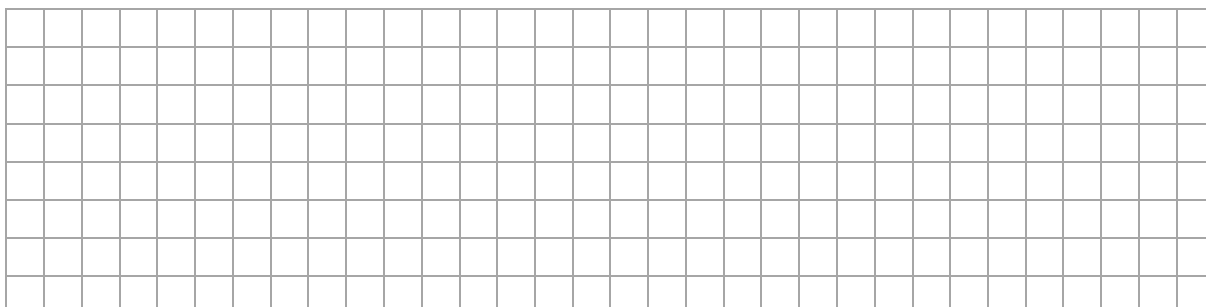
Oblicz okres obiegu Merkurego dookoła Słońca. Wynik podaj w latach ziemskich lub dobach ziemskich.



**Zadanie 3.4. (3 pkt)**

Moc, którą dostarcza promieniowanie słoneczne do powierzchni jednostkowej ustawionej prostopadle do kierunku promieniowania, w okolicach średniej odległości Ziemi od Słońca, wynosi około  $1,36 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$ .

Oszacuj przybliżoną wartość analogicznej wielkości określonej w okolicach aphelium orbity Merkurego. Pomiń pochłanianie promieniowania w przestrzeni kosmicznej między Słońcem a orbitą Ziemi.





**Zadanie 4. SEM (7 pkt)**

Do pomiaru siły elektromotorycznej (SEM) i oporu wewnętrznego baterii zastosowano woltomierz i zestaw 8 oporników o oporze  $4 \Omega$  każdy. Wykonano sześć pomiarów.

Odpowiednio łączono różne liczby oporników, dzięki czemu za każdym razem otrzymywano układ o innym oporze zastępczym. Następnie mierzono napięcie  $U$  pomiędzy biegunami ogniwa, gdy dołączono do niego układ oporników o danym oporze zastępczym  $R$ . Wyniki kolejnych pomiarów przedstawia tabela obok.

Pomiary napięć wykonano z dokładnością do  $0,2 \text{ V}$ . Przyjmij, że wartości oporów w tabeli są dokładne.

l.p.	$R, \Omega$	$U, \text{V}$
1	1	2,7
2	2	3,8
3	4	4,6
4	8	5,2
5	16	5,6
6	32	5,8

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	3.3.	3.4.
	Maks. liczba pkt	2	3
	Uzyskana liczba pkt		

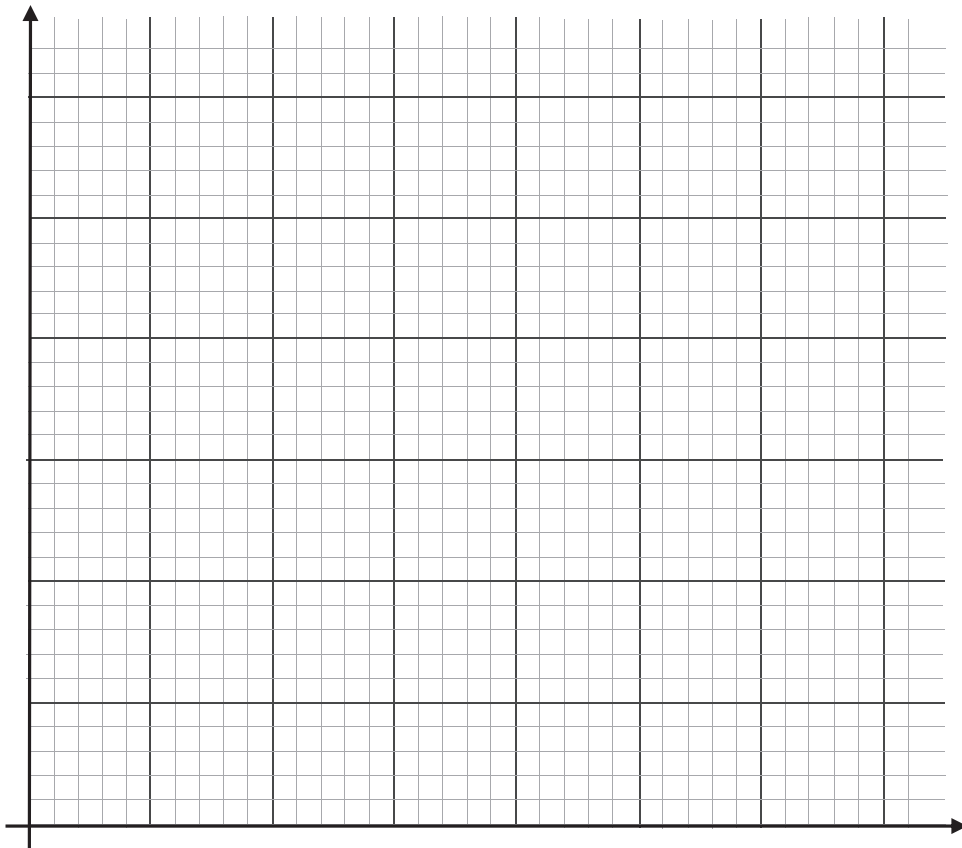
**Zadanie 4.1. (1 pkt)**

Narysuj jeden z możliwych schematów obwodu z opornikami, w którym wykonano pomiar nr 2. Uwzględnij właściwe połączenie oporników.

*Miejsce na rysunek schematu obwodu z opornikami*

**Zadanie 4.2. (4 pkt)**

a) Narysuj wykres zależności  $U(R)$ . W tym celu zaznacz punkty pomiarowe oraz niepewności  $U$ , a następnie wykreśl krzywą.



b) Oszacuj wartość SEM baterii na podstawie wykresu narysowanego powyżej (bez wykonywania obliczeń).

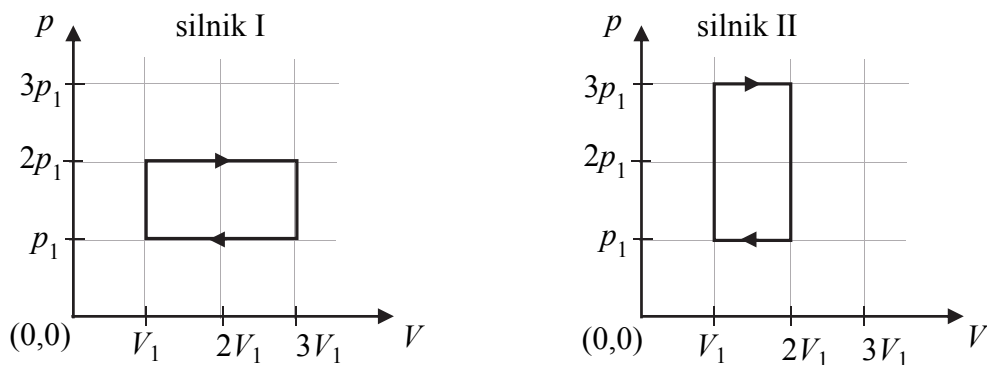

**Zadanie 4.3. (2 pkt)**

**Oblicz wartość SEM oraz opór wewnętrzny ogniwa. Możesz wykorzystać dane w tabeli z dwóch dowolnie wybranych pomiarów. Pomiń niepewności pomiarów napięcia.**

<b>Wypełnia egzaminator</b>	<b>Nr zadania</b>	<b>4.1.</b>	<b>4.2.</b>	<b>4.3.</b>
	<b>Maks. liczba pkt</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
	<b>Uzyskana liczba pkt</b>			

**Zadanie 5. Silniki cieplne (8 pkt)**

Na wykresach poniżej przedstawiono cykle termodynamiczne dwóch silników cieplnych. Osie na obu wykresach są wyskalowane tak samo. Substancją roboczą w każdym silniku jest 1 mol gazu doskonałego o tym samym cieple molowym. Silnik I w jednym cyklu pracy oddaje łącznie 19 kJ ciepła, a pobiera łącznie 23 kJ ciepła (3 kJ w przemianie izochorycznej i 20 kJ w przemianie izobarycznej).



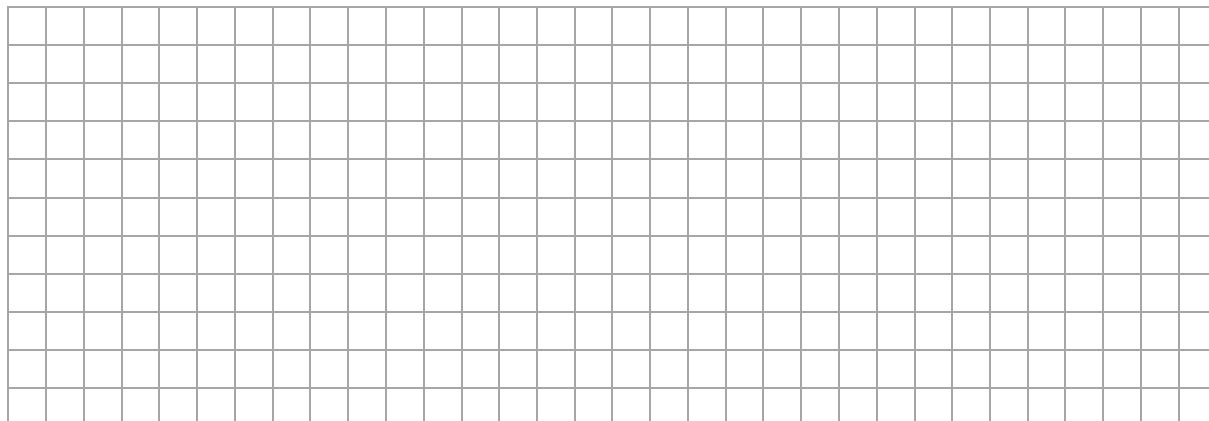
**Zadanie 5.1. (2 pkt)**

W poniższych zdaniach podkreśl właściwe określenia, tak aby relacje pomiędzy wielkościami dotyczącymi obu silników były prawdziwe.

- Praca całkowita wykonana w jednym cyklu przez silnik I jest (*mniejsza niż* / *taka sama jak* / *większa niż*) praca całkowita wykonana w jednym cyklu przez silnik II.
- Maksymalna temperatura gazu w silniku I jest (*mniejsza niż* / *taka sama jak* / *większa niż*) maksymalna temperatura gazu w silniku II.

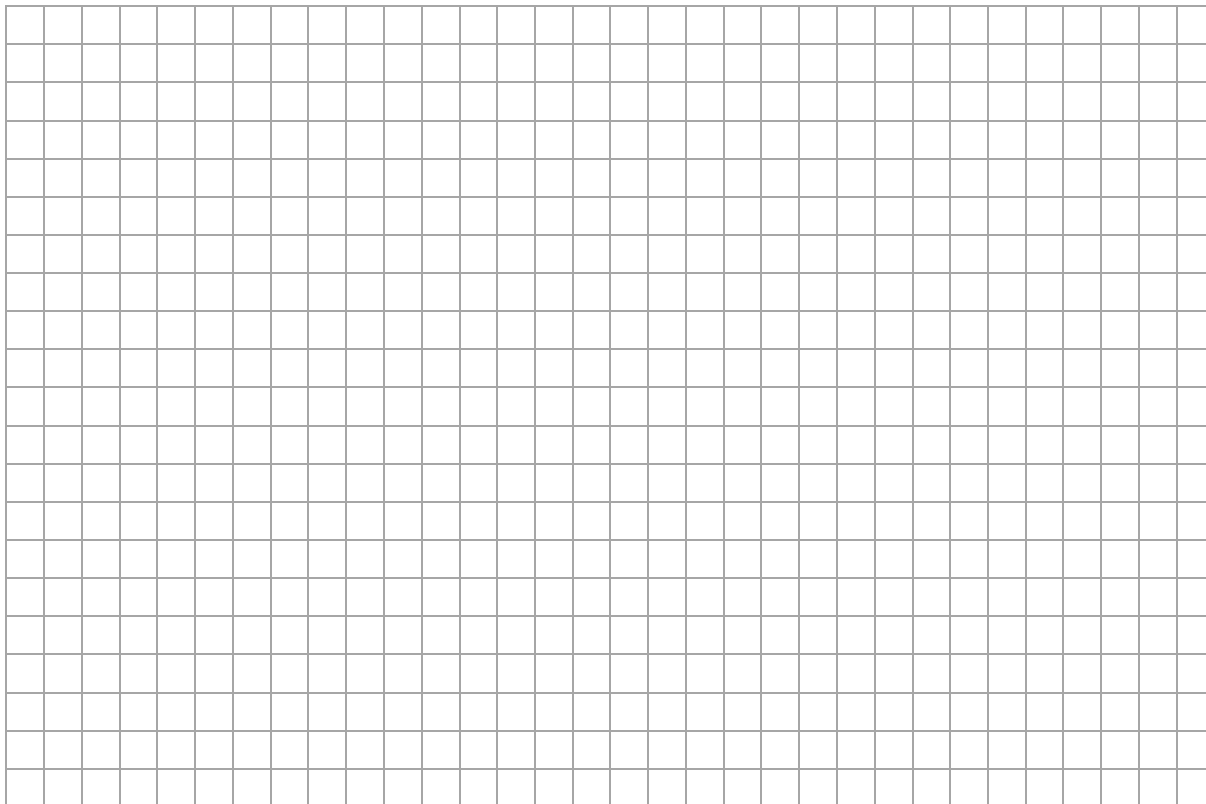
**Zadanie 5.2. (1 pkt)**

**Oblicz sprawność silnika I.**



**Zadanie 5.3. (2 pkt)**

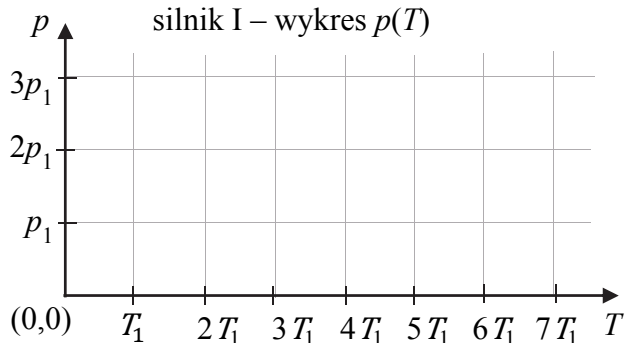
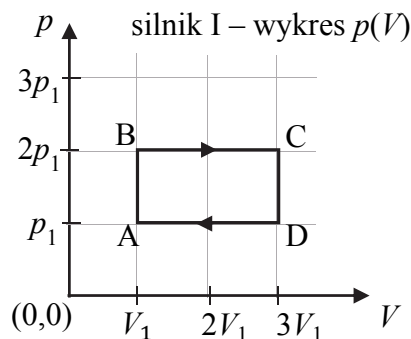
Wyznacz ciepło pobrane w przemianie izochorycznej przez silnik II. Powołaj się na odpowiednie zależności.



**Zadanie 5.4. (3 pkt)**

Na rysunku poniżej, po lewej stronie, przedstawiono ponownie wykres cyklu pracy silnika I we współrzędnych  $(V, p)$ . Literami A, B, C, D oznaczono cztery stany gazu roboczego.

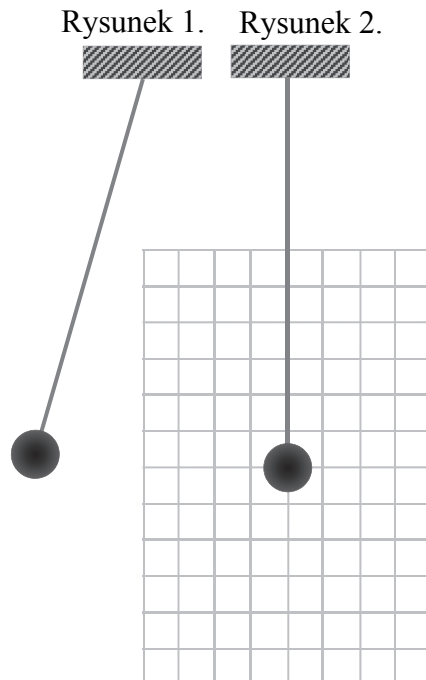
Na prawym rysunku poniżej narysuj wykres cyklu pracy silnika I we współrzędnych  $(T, p)$ . Literami A, B, C, D oznacz odpowiednie stany gazu roboczego.



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	5.1.	5.2.	5.3.	5.4.
	Maks. liczba pkt	2	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt				

**Zadanie 6. Wahadło (4 pkt)**

Kulę o promieniu 40 cm zawieszono na linie o długości 6 m. Następnie układ wychylono o pewien kąt i puszczono swobodnie. Rysunek 1. przedstawia sytuację w chwili, gdy kula jest wychylona maksymalnie względem pionu, natomiast rysunek 2 – gdy kula przechodzi przez najniższy punkt toru (a lina – przez położenie pionowe).



**Zadanie 6.1. (1 pkt)**

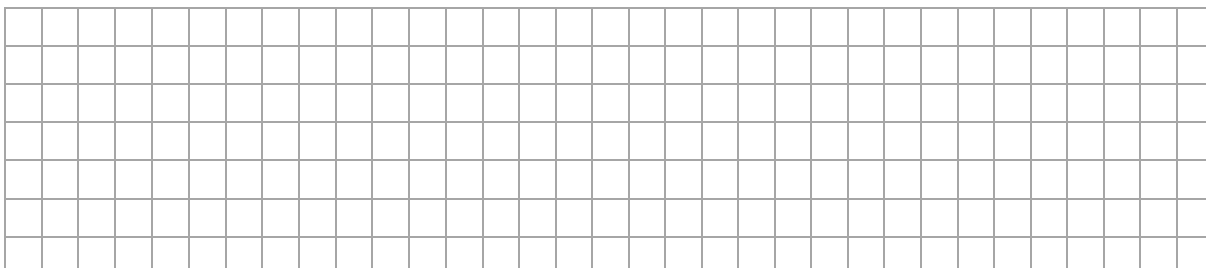
Przyjmij, że na kulę działają dwie siły:  $\vec{F}_r$  – siła reakcji napiętej liny,  $\vec{F}_g$  – siła grawitacji. Pomiń siłę oporu powietrza. Analizę przeprowadź w układzie odniesienia związanym z Ziemią i przyjmij, że jest on inercyjny.

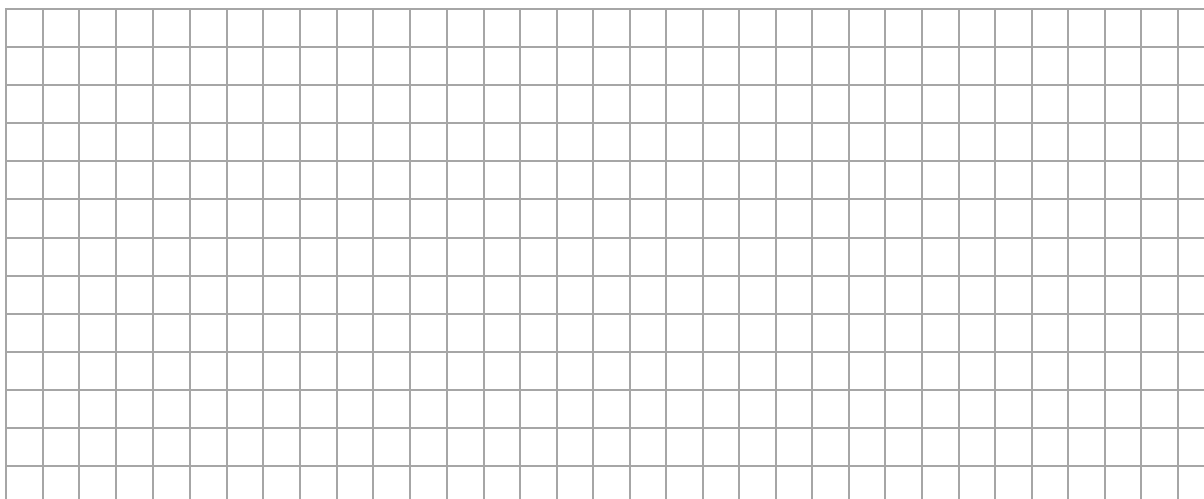
**Na rysunku 2. – czyli w chwili, gdy kula przechodzi przez najniższy punkt toru – dorysuj wektory tych sił wraz z ich oznaczeniem. Zachowaj relacje (większy, mniejszy, równy) między wartościami sił i zapisz poniżej tę relację – wstaw jeden ze znaków: >, =, <.**

$$F_r \dots\dots\dots F_g$$

**Zadanie 6.2. (2 pkt)**

Oszacuj czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru jej ruchu. Wykorzystaj wartość przyspieszenia ziemskiego równą  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  i pomiń masę liny. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.





**Zadanie 6.3. (1 pkt)**

W opisanym doświadczeniu zmierzono bezpośrednio czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru jej ruchu. Wynik doświadczenia nieco różnił się od wyniku, jaki przewidywali wcześniej eksperymetatorzy na podstawie modelu wahadła matematycznego dla tego zjawiska. Przyjmij, że pomiary czasu zostały wykonane starannie i z użyciem bardzo precyzyjnych przyrządów, natomiast w obliczeniach, które miały przewidzieć wynik, wykorzystano dokładną wartość przyspieszenia ziemskiego w danym miejscu i bardzo dokładne wymiary liny oraz kuli.

**Zapisz poniżej dwa spośród założeń przyjętego modelu zjawiska, które mogły nie zostać spełnione w doświadczeniu.**

1. ....
2. ....

**Zadanie 7. Struna (4 pkt)**

Napięta stalowa struna ma długość 90 cm. Jej oba końce są unieruchomione tak, że naprężenie i długość struny (tzn. odległość pomiędzy jej końcami) się nie zmieniają. Strunę kilkakrotnie pobudzano do drgań w różny sposób, w rezultacie uzyskiwano fale stojące o różnych częstotliwościach.

**Zadanie 7.1. (1 pkt)**

**Zaznacz poprawne dokończenie zdania.**

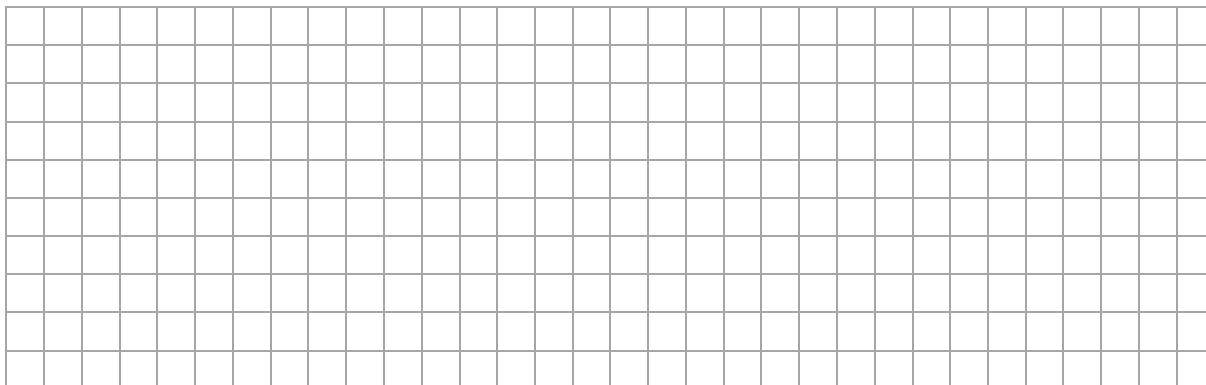
Jeżeli  $\lambda$  oznacza długość fali stojącej, to najmniejsza odległość pomiędzy węzłem a strzałką fali stojącej na strunie jest zawsze równa

- A.  $\frac{\lambda}{4}$                       B.  $\frac{\lambda}{3}$                       C.  $\frac{\lambda}{2}$                       D.  $\lambda$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	6.1.	6.2.	6.3.	7.1.
	Maks. liczba pkt	1	2	1	1
	Uzyskana liczba pkt				

**Zadanie 7.2. (1 pkt)**

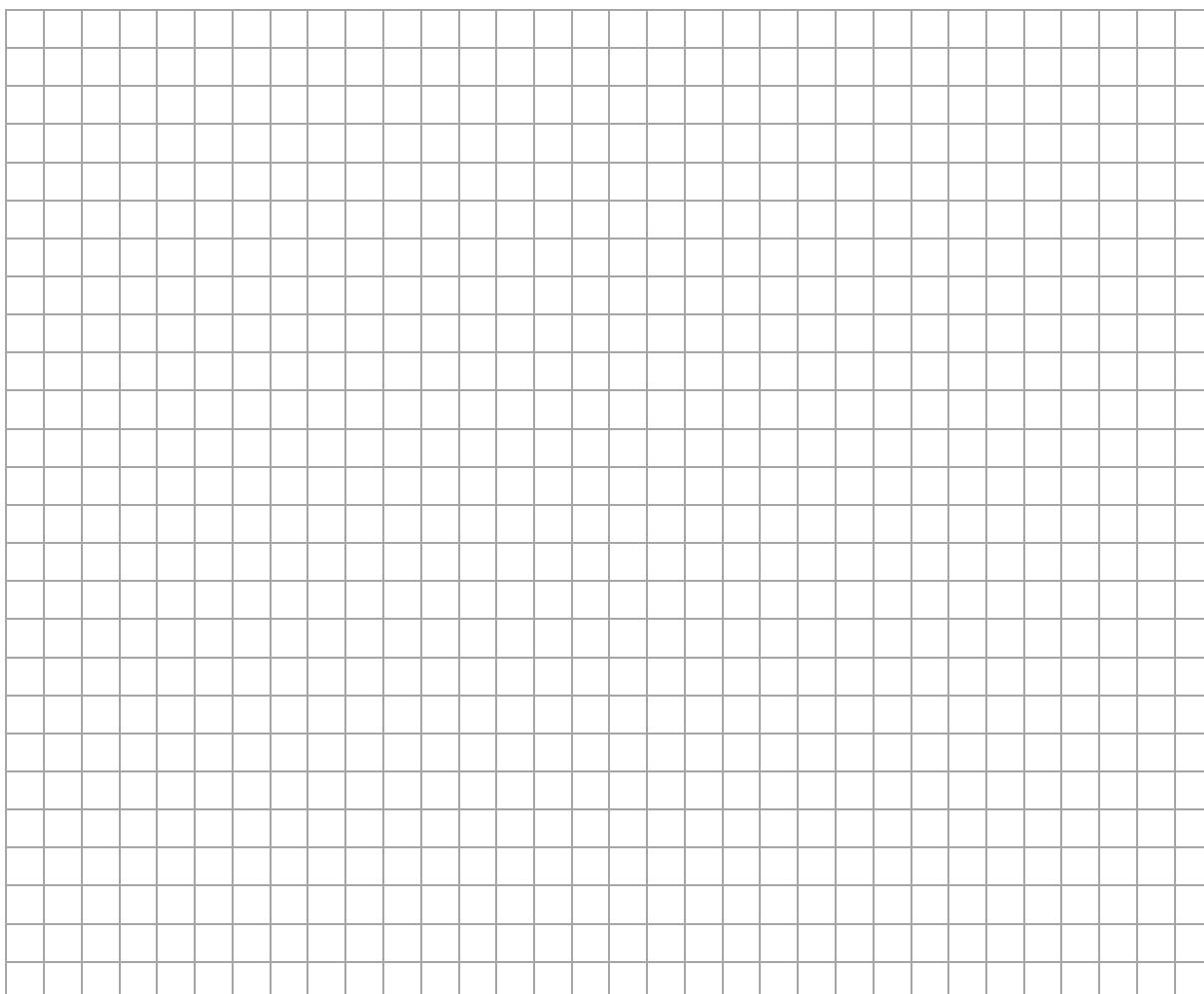
Wyznacz największą długość fali stojącej możliwej do wytworzenia na tej strunie.



**Zadanie 7.3. (2 pkt)**

Dwie kolejne częstotliwości fal stojących, uzyskanych w tym doświadczeniu, to przykładowo 450 Hz oraz 675 Hz.

**Udowodnij, że możliwe na tej strunie jest wytworzenie fali stojącej o częstotliwości 1575 Hz.**





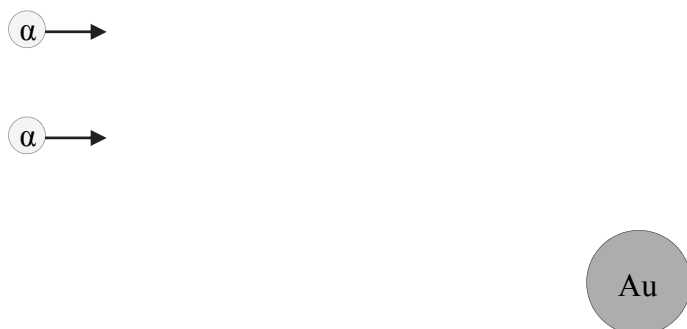
**Zadanie 8. Jądro atomowe (9 pkt)**

W pewnym doświadczeniu strumień cząstek  $\alpha$  (jąder helu) skierowano prostopadle na cienką folię ze złota, umieszczoną w próżni.

**Zadanie 8.1. (1 pkt)**

Na rysunku poniżej zaznaczono dwie cząstki  $\alpha$  (z różnych chwil czasu) zbliżające się do jądra złota z początkowo jednakowymi prędkościami. Przyjmujemy, że cząstki  $\alpha$  przelatują obok jądra złota jedna po drugiej w takim odstępnie czasu, że nie dochodzi do wzajemnego oddziaływania między tymi cząstkami. Zakładamy, że każda z cząstek  $\alpha$ , gdy przechodzi w pobliżu jądra, oddziałuje tylko z tym jednym jądrem złota, a ponadto jądro złota pozostaje nieruchome.

Na rysunku poniżej naszkicuj przybliżone tory ruchu obu cząstek  $\alpha$ .



**Zadanie 8.2. (1 pkt)**

Wyniki doświadczenia opisanego w zadaniu 8. okazały się następujące. Bardzo duża część wystrzelonych cząstek  $\alpha$  przelatowała przez folię ze złota prawie bez zmiany kierunku ruchu, niewielka część z nich po przejściu przez folię zmieniła kierunek ruchu, a znikoma część cząstek  $\alpha$  odbijała się od folii pod różnymi kątami. Eksperymentatorzy, chcący poznać budowę atomu, założyli, że zmiana kierunku ruchu cząstek  $\alpha$  jest spowodowana oddziaływaniem Coulomba z ładunkami znajdującymi się w atomach złota. Ponadto wiedzieli oni, że nośnikami ładunku ujemnego są elektrony, a każdy z nich jest kilka tysięcy razy lżejszy od cząstki  $\alpha$ .

**Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz 1.–3.**

Wyniki eksperymentu przemawiały za tym, aby przyjąć model atomu, w którym

A.	ładunek dodatni jest rozmieszczony w atomie tak samo jak ładunek ujemny,	a jego masa	1.	jest dużo większa od całej masy ładunku ujemnego.
B.	większą część atomu równomiernie wypełnia tylko ładunek dodatni,		2.	jest dużo mniejsza od całej masy ładunku ujemnego.
C.	ładunek dodatni zajmuje bardzo małą część atomu,		3.	jest taka sama jak cała masa ładunku ujemnego.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	7.2.	7.3.	8.1.	8.2.
	Maks. liczba pkt	1	2	1	1
	Uzyskana liczba pkt				

**Zadanie 8.3. (1 pkt)**

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Energia wiązania jądra cięższego (np. złota) jest większa niż energia wiązania jądra znacznie lżejszego (np. węgla).	P	F
2.	Deficyt masy jąder atomowych jest tym większy, im większa jest energia wiązania tych jąder.	P	F
3.	Energia wiązania przypadająca na jeden nukleon jest dla wszystkich jąder atomowych taka sama.	P	F

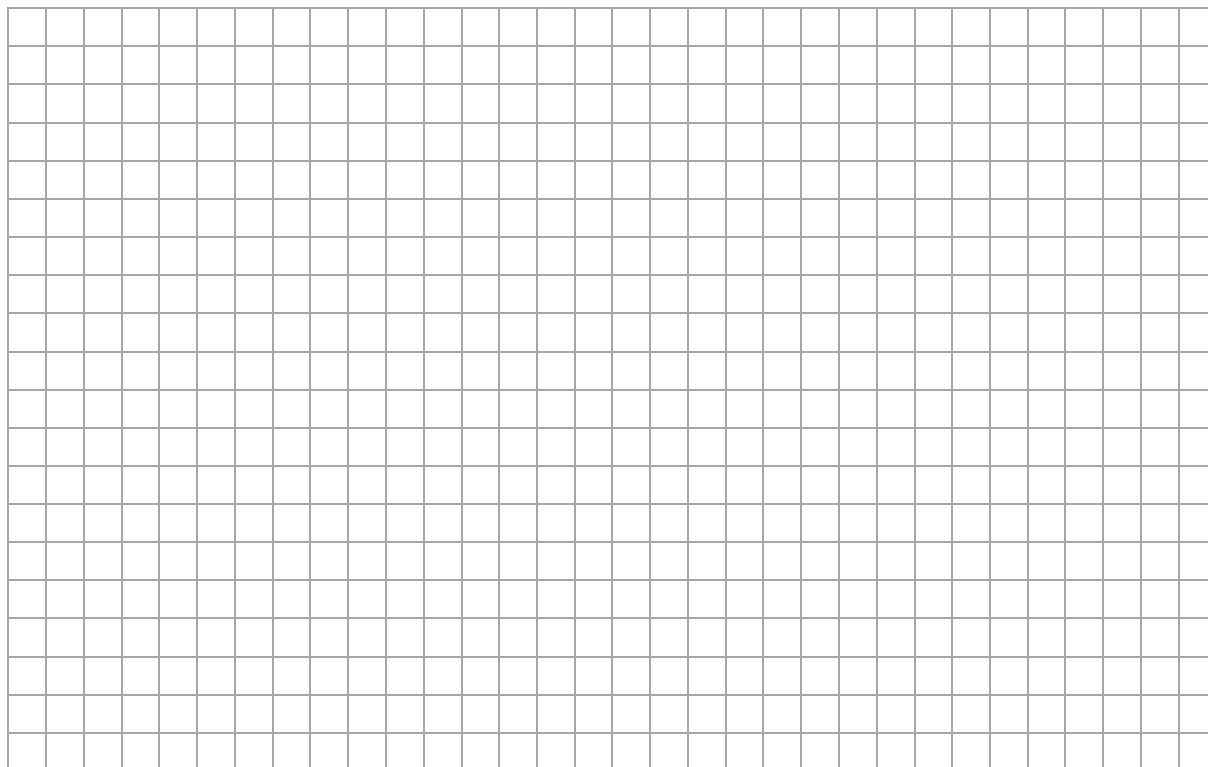
**Zadanie 8.4. (3 pkt)**

Potencjalna energia elektrostatyczna dwóch ładunków elektrycznych o wartościach  $q_1$  i  $q_2$ , znajdujących się w odległości  $d$  od siebie, wyraża się wzorem

$$E_{pot} = \frac{kq_1q_2}{d}$$

gdzie  $k$  jest stałą elektryczną. Cząstka  $\alpha$ , wystrzelona z pewną prędkością początkową, zbliża się centralnie w kierunku jądra złota. Zakładamy, że gdy cząstka  $\alpha$  zbliża się do jądra, to oddziałuje tylko z tym jednym jądrem, a ponadto jądro złota pozostaje nieruchome. Oszacowano, że najmniejsza odległość, na jaką ta cząstka może się zbliżyć do jądra złota, jest równa  $4 \cdot 10^{-14}$  m.

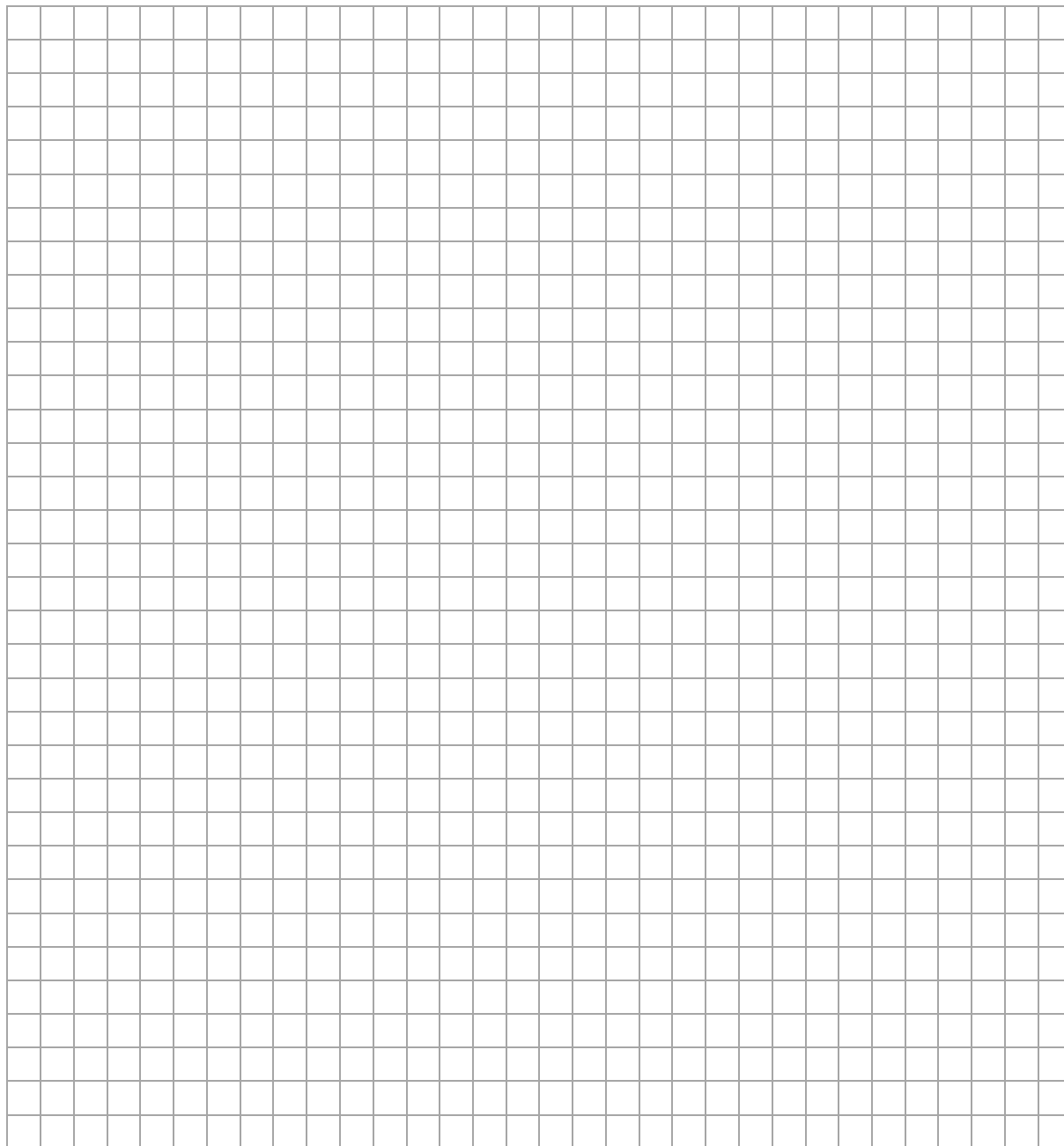
Oblicz początkową energię kinetyczną tej cząstki. Przyjmij, że w chwili początkowej odległość cząstki  $\alpha$  od jądra złota była bardzo duża. Wynik podaj w MeV.



**Zadanie 8.5. (3 pkt)**

Masa jądra złota  ${}_{79}^{197}\text{Au}$  wynosi 196,97 u, gdzie u jest jednostką masy atomowej równą  $1,6605 \cdot 10^{-27}$  kg. Masa protonu wynosi  $1,6726 \cdot 10^{-27}$  kg, natomiast masa neutronu to  $1,6749 \cdot 10^{-27}$  kg.

**Oblicz energię, jaką należałoby dostarczyć do tego jądra złota, aby rozbić je całe na pojedyncze, nieoddziałujące nukleony. Wynik podaj w elektronowoltach.**



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	8.3.	8.4.	8.5.
	Maks. liczba pkt	1	3	3
	Uzyskana liczba pkt			

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

