UZUPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD PESEL

miejsce
na naklejkę

EGZAMIN MATURALNY
Z FIZYKI I ASTRONOMII

POZIOM ROZSZERZONY

14 MAJA 2018

Godzina rozpoczęcia:
9:00

Czas pracy:
150 minut

Liczba punktów do uzyskania: 60

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.

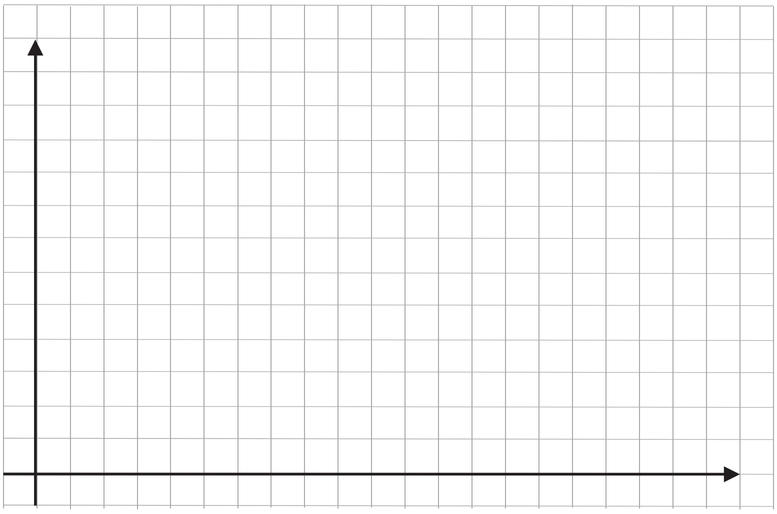
MFA-R1_1P-182

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, rozpędził się w czasie 2 s do prędkości o wartości 10 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. 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 rozpędzał 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.

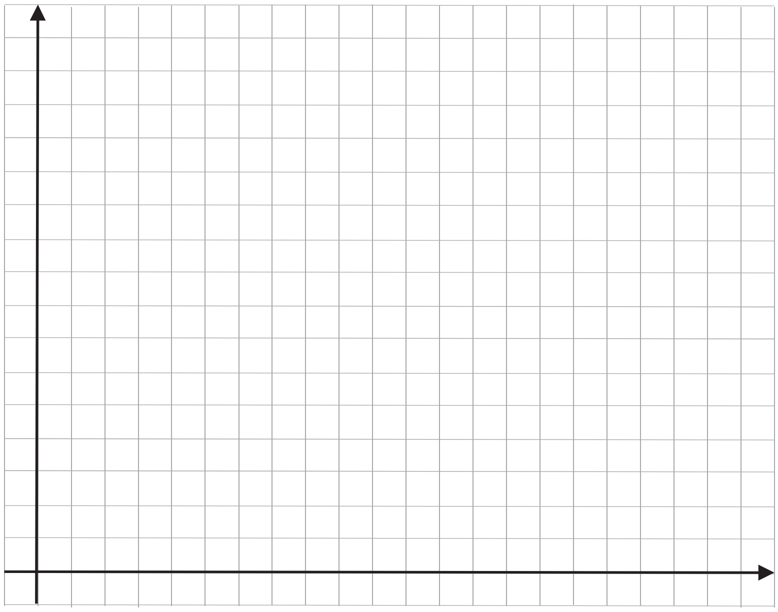


Zadanie 1.2. *(3 pkt)*

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.



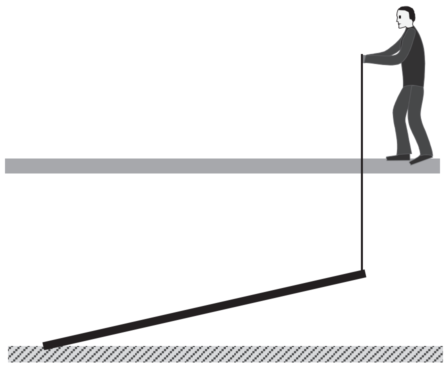
Zadanie 1.4. *(3 pkt)*

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 podeście do przodu tak, że lina utrzymywała cały czas kierunek pionowy, a drugi koniec deski opartej o ziemię się nie przesuwał (zobacz rysunek). W obliczeniach pomiń 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°.

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° do podłoża, w porównaniu z wartością siły, gdy deska była utrzymywana pod kątem 25°, 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.

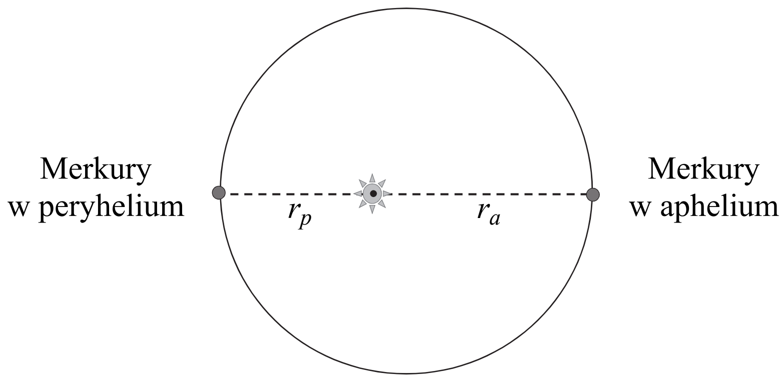
Oceń prawdziwość każdego dokończenia poniższego zdania. Zaznacz P, jeśli dokończenie zdania jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

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.	**P**	**F**
2.	wartość siły, z jaką pracownik działa na deskę podczas jej podnoszenia, jest większa niż poprzednio.	**P**	**F**
3.	wartość siły reakcji podłoża, jaka działa na deskę podczas jej podnoszenia, jest mniejsza niż poprzednio.	**P**	**F**

Zadanie 3. Merkury *(9 pkt)*

W dniu 9 maja 2016 roku miało miejsce zjawisko astronomiczne – tranzyt Merkurego. Merkury, obserwowany z Ziemi, powoli przesuwał 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 3.1. *(1 pkt)*

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

1.	Maksymalna prędkość Merkurego na orbicie wokół Słońca jest równa około $38{,}9\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$.	**P**	**F**
2.	Okres obiegu Merkurego wokół Słońca jest krótszy niż okres obiegu Ziemi wokół Słońca.	**P**	**F**
3.	Podobnie jak w przypadku tranzytu Merkurego, z Ziemi można obserwować także tranzyt Marsa na tle Słońca.	**P**	**F**

Zadanie 3.2. *(3 pkt)*

Oblicz prędkość liniową Merkurego względem Słońca, gdy znajduje się on w peryhelium.

W jednej z metod rozwiązania zadania możesz wykorzystać do obliczeń masę Słońca równą $1{,}99 \cdot 10^{30}$ kg oraz wartość jednostki astronomicznej, wynoszącą $1{,}50 \cdot 10^{11}$ m.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.5.	3.1.	3.2.
	Maks. liczba pkt	1	1	3
	Uzyskana liczba pkt			

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 Ω 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 V. Przyjmij, że wartości oporów w tabeli są dokładne.

l.p.	R, Ω	U, 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		

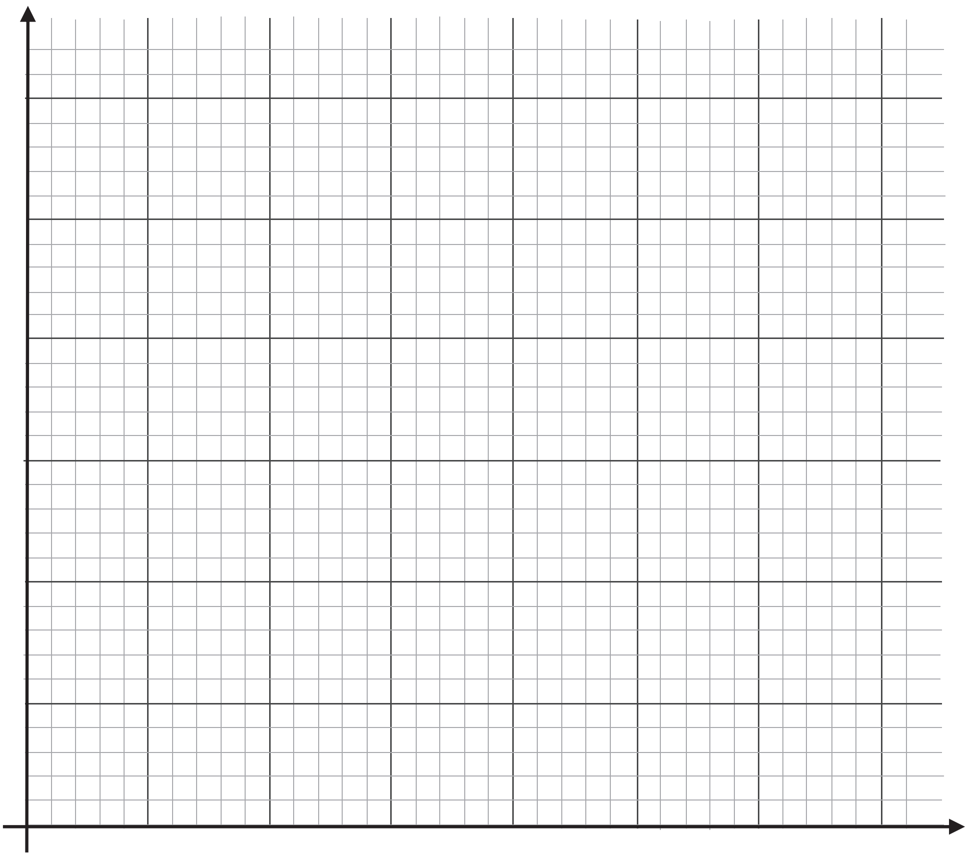
Zadanie 4.1. ***(1 pkt)***

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).

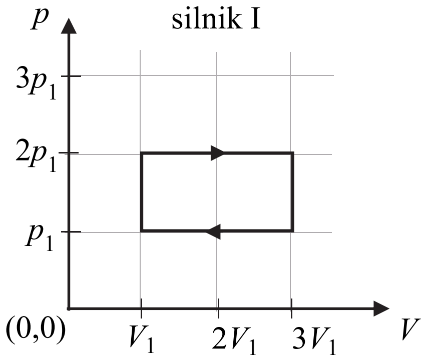
Zadanie 4.3. *(2 pkt)*

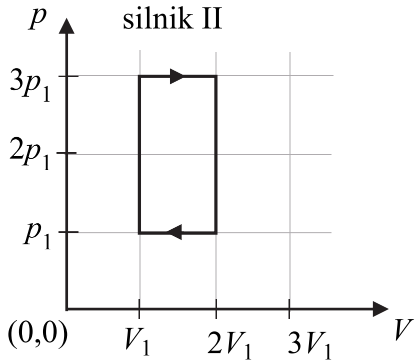
Oblicz wartość SEM oraz opór wewnętrzny ogniwa. Możesz wykorzystać dane w tabeli z dwóch dowolnie wybranych pomiarów. Pomiń niepewności pomiarów napięcia.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	4.1.	4.2.	4.3.
	Maks. liczba pkt	1	4	2
	Uzyskana liczba pkt			

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.

1. 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.

2. 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.

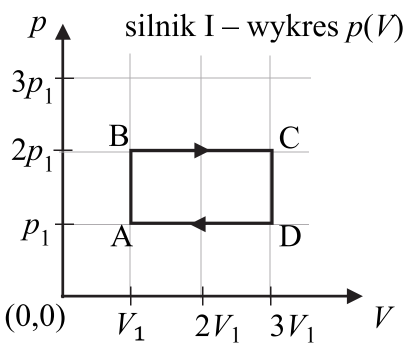
Zadanie 5.3. *(2 pkt)*

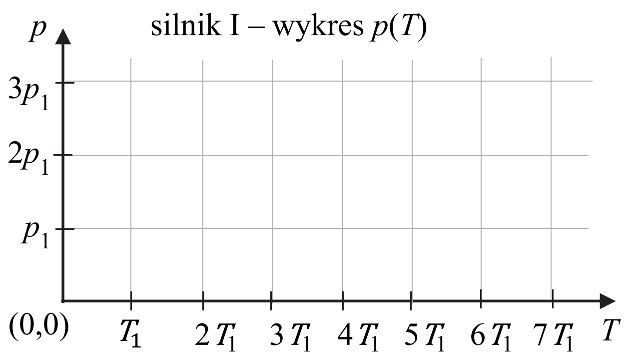
Wyznacz ciepło pobrane w przemianie izochorycznej przez silnik II. Powołaj się na odpowiednie zależności.

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.



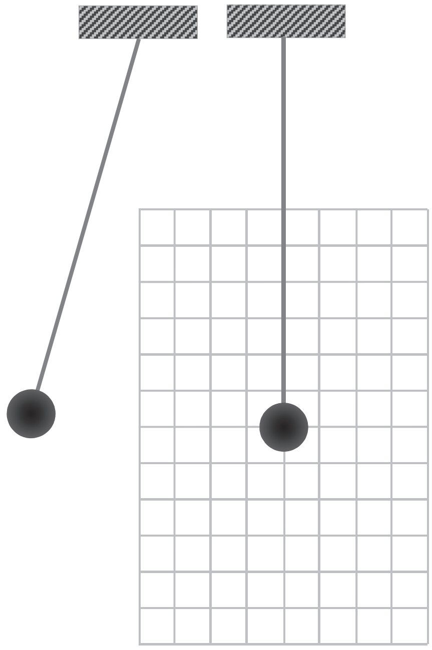


Wypełnia egzaminator	Nr zadania	5.1.	5.2.	5.3.	5.4.
	Maks. liczba pkt	2	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt				

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).

Rysunek 1. Rysunek 2.



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 inercjalny.

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

F_r .... 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 $g = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ **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 eksperymentatorzy 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 λ 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. λ

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 α (jąder helu) skierowano prostopadle na cienką folię ze złota, umieszczoną w próżni.

Zadanie 8.1. *(1 pkt)*

Na rysunku poniżej zaznaczono dwie cząstki α (z różnych chwil czasu) zbliżające się do jądra złota z początkowo jednakowymi prędkościami. Przyjmujemy, że cząstki α przelatują obok jądra złota jedna po drugiej w takim odstępie czasu, że nie dochodzi do wzajemnego oddziaływania między tymi cząstkami. Zakładamy, że każda z cząstek α, 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 α.

Zadanie 8.2. *(1 pkt)*

Wyniki doświadczenia opisanego w zadaniu 8. okazały się następujące. Bardzo duża część wystrzelonych cząstek α przelatywała przez folię ze złota prawie bez zmiany kierunku ruchu, niewielka część z nich po przejściu przez folię zmieniła kierunek ruchu, a znikoma część cząstek α odbijała się od folii pod różnymi kątami. Eksperymentatorzy, chcący poznać budowę atomu, założyli, że zmiana kierunku ruchu cząstek α 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 α.

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 α, wystrzelona z pewną prędkością początkową, zbliża się centralnie w kierunku jądra złota. Zakładamy, że gdy cząstka α 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 α od jądra złota była bardzo duża. Wynik podaj w MeV.

Zadanie 8.5. *(3 pkt)*

Masa jądra złota $^{197}_{79}Au$ 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)*

CENTRALNA
KOMISJA
EGZAMINACYJNA

EGZAMIN MATURALNY

W ROKU SZKOLNYM 2017/2018

FIZYKA I ASTRONOMIA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA DO 2014

(„STARA MATURA”)

ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

MAJ 2018

Uwaga: Akceptowane są wszystkie odpowiedzi merytorycznie poprawne i spełniające warunki zadania.

Zadanie 1.1. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Rysowanie wykresu zależności dwóch wielkości fizycznych (II.4.b).

Schemat punktowania

2 p. – opisanie i wyskalowanie prawidłowo zorientowanych osi oraz prawidłowe narysowanie wykresu zależności prędkości od czasu.

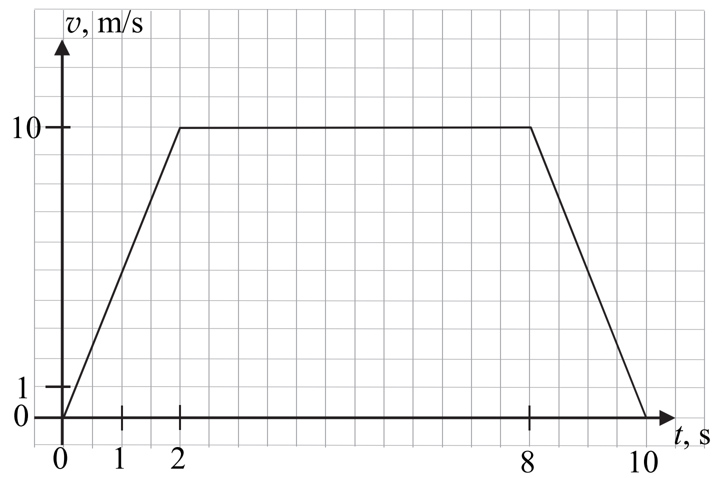
1 p. – narysowanie wykresu zależności prędkości od czasu o poprawnym kształcie trapezu oraz poprawna orientacja i oznaczenie obu osi (symbol, jednostka) lub poprawna orientacja i wyskalowanie obu osi

lub

– poprawna orientacja, wyskalowanie i oznaczenie obu osi oraz prawidłowe narysowanie wykresu co najmniej w jednym z przedziałów.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie



Zadanie 1.2. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (P I.1.1.3).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli matematycznych do opisu zjawisk (P III.3).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe obliczenie drogi obydwu samochodów i prędkości maksymalnej drugiego samochodu, wyniki podane z jednostkami.

2 p. – prawidłowe obliczenie drogi pierwszego samochodu oraz prawidłowa metoda obliczenia prędkości maksymalnej drugiego samochodu (np. zapisanie równań równoważnych jak sposobie 1. lub 2. przedstawionego rozwiązania)

lub

– prawidłowa metoda obliczenia drogi pierwszego samochodu (z błędem rachunkowym) oraz obliczenie prędkości maksymalnej drugiego samochodu wynikającej z obliczonej drogi

lub

– prawidłowa metoda obliczenia przyspieszenia (lub opóźnienia) drugiego samochodu i prawidłowy wynik z jednostką

lub

– prawidłowe obliczenie prędkości maksymalnej drugiego samochodu.

1 p. – prawidłowa metoda obliczenia drogi przebytej przez pierwszy samochód i prawidłowy wynik z jednostką

lub

– prawidłowa metoda obliczenia drogi pierwszego samochodu oraz prawidłowa metoda obliczenia prędkości maksymalnej drugiego samochodu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania

Sposób 1. („metoda pola”)

Korzystamy z twierdzenia, że pole pod wykresem wartości prędkości od czasu jest równe drodze przebytej przez ciało w danym czasie (przy odpowiednio wyskalowanych osiach). Zapisujemy wzór na drogę dla pierwszego samochodu:

$$s_1 = \frac{1}{2}\cdot\left(10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)\cdot 10\ \mathrm{s} = 80\ \mathrm{m}$$

Maksymalną wartość prędkości drugiego samochodu obliczamy z warunku zadania oraz ze wzoru na drogę wykorzystującego metodę pola.

$$s_1 = s_2 \quad \text{oraz} \quad s_2 = \frac{1}{2}v_{2\max}\cdot(5\ \mathrm{s} + 5\ \mathrm{s}) \ \rightarrow\ 80\ \mathrm{m} = \frac{1}{2}v_{2\max}\cdot 10\ \mathrm{s} \ \rightarrow\ v_{2\max} = 16\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Sposób 2. (z równań ruchu)

Obliczamy drogę, jaką przebył pierwszy samochód:

$$s_1 = \frac{1}{2}\cdot 2\ \mathrm{s}\cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 6\ \mathrm{s}\cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + \frac{1}{2}\cdot 2\ \mathrm{s}\cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 80\ \mathrm{m}$$

Obliczamy przyspieszenie (oraz opóźnienie) drugiego samochodu, wiedząc, że $s_2 = s_1$:

$$\left(\frac{s_2}{2}\right) = \frac{1}{2}a\left(\frac{t}{2}\right)^2 \ \rightarrow\ a = \frac{4s_2}{t^2} \ \rightarrow a = \frac{320}{10^2}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 3{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Obliczamy v_{2max}:

$$v_{2max} = a\left(\frac{t}{2}\right) = 3{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot 5\ \mathrm{s} = 16\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zadanie 1.3. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (P I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Rysowanie wykresu zależności dwóch wielkości fizycznych (II.4.b).

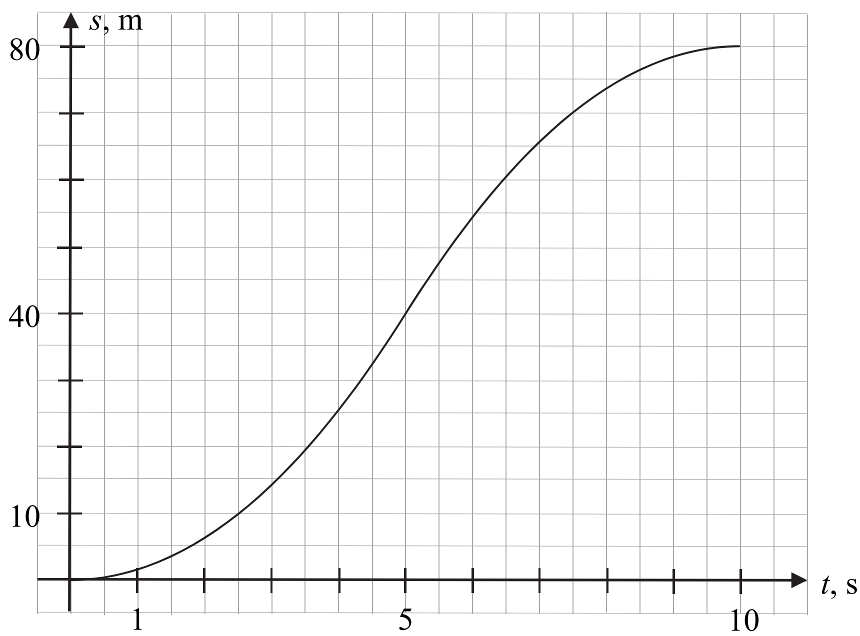
Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe podpisanie osi, prawidłowe zaznaczenie wartości drogi w piątej i dziesiątej sekundzie ruchu, prawidłowy kształt wykresu (funkcja rosnąca, do piątej sekundy wypukła, od piątej sekundy wklęsła).

1 p. – narysowanie prawidłowego kształtu wykresu (funkcja rosnąca, do piątej sekundy wypukła, od piątej sekundy wklęsła) i brak poprawnego opisu osi lub wartości w piątej i dziesiątej sekundzie
lub
– prawidłowe podpisanie osi wykresu oraz prawidłowe zaznaczenie wartości drogi w piątej i dziesiątej sekundzie ruchu (błędny kształt wykresu).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie



Kształt części wykresu $s(t)$ do piątej sekundy oraz styczna (lewostronna) do wykresu w piątej sekundzie wynikają z równań ruchu drugiego samochodu podczas przyspieszania:

$$s(t) = \frac{1}{2}at^2 = 1{,}6 \cdot t^2\,,\;\; v(t) = at = 3{,}2 \cdot t$$

Prędkość w piątej sekundzie ruchu wynosi 16 m/s i jest to współczynnik kierunkowy stycznej do wykresu s(t) w t=5 s. Kształt wykresu $s(t)$ od piątej do dziesiątej sekundy, oraz styczna (prawostronna) do wykresu w piątej sekundzie wynikają z równań ruchu drugiego samochodu podczas hamowania:

$$s(t) = x_0 + v_0(t-5) - \frac{1}{2}a(t-5)^2 = 40 + 16(t-5) - 1{,}6 \cdot (t-5)^2$$

$$v(t) = v_0 - a(t-5) = 16 - 3{,}2(t-5) \quad \rightarrow \quad v(5\ \mathrm{s}) = 16\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zadanie 1.4. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do matematycznego opisu ruchu (I.1.1.4). Uwzględnianie siły tarcia do matematycznego opisu ruchu (I.1.1.6).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli matematycznych i fizycznych do opisu zjawisk (P III.3).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda, poprawne wyniki obliczeń i ustalenie, że paczka nie będzie przesuwała się po podłożu bagażnika.

2 p. – obliczenie siły wypadkowej działającej na paczkę, zidentyfikowanie jej z siła tarcia oraz obliczenie maksymalnej siły tarcia, jaka mogłaby działać na paczkę.

1 p. – zidentyfikowanie siły wypadkowej działającej na paczkę jako siły tarcia i obliczenie jej z drugiej zasady dynamiki

lub

– wyznaczenie maksymalnej siły tarcia, jaka może działać na paczkę.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Jeżeli paczka nie przesuwałaby się po podłożu bagażnika, to oznaczałoby, że porusza się ona względem ziemi z takim przyspieszeniem, z jakim porusza się samochód. Obliczymy to przyspieszenie (lub wykorzystamy wynik z zadania 1.2.) Obliczamy przyspieszenie (oraz opóźnienie) drugiego samochodu, wiedząc, że $s_2 = s_1 = 80$ m:

$$\left(\frac{s_2}{2}\right) = \frac{1}{2}a\left(\frac{t}{2}\right)^2 \ \rightarrow \ a = \frac{4s_2}{t^2} \ \rightarrow a = \frac{320}{10^2}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 3{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Siła wypadkowa działająca na paczkę w takiej sytuacji byłaby równa sile tarcia statycznego. Obliczymy, jaką wartość musiałaby mieć siła tarcia statycznego:

$$ma = T_s \quad \rightarrow \quad T_s = 3{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 5\ \mathrm{kg} = = 16\ \mathrm{N}$$

Następnie obliczymy maksymalną wartość siły tarcia statycznego, jaka może działać na paczkę:

$$T_{s\,max} = fmg \ \rightarrow \ T_{s\,max} = 0{,}35 \cdot 5\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = \ 17{,}2\ \mathrm{N}$$

Widzimy, że siła tarcia, jaka musiałaby działać na paczkę, aby paczka pozostawała w spoczynku względem podłoża (i przyspieszała razem z samochodem) jest mniejsza od maksymalnej siły tarcia statycznego. To oznacza, że paczka nie będzie przesuwała się względem podłoża.

Zadanie 2.1. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciem energii potencjalnej masy w polu grawitacyjnym (I.1.2.5). Obliczanie wartości pracy w polu grawitacyjnym (I.1.2.8).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia pracy oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – zapisanie warunku, że praca wykonana przez siłę, z jaką pracownik ciągnie za linę podnoszącą deskę, jest równa zmianie energii potencjalnej środka masy deski.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów

Przykładowe rozwiązanie

Praca, jaka musi zostać wykonana, jest równa zmianie energii potencjalnej deski. Środek masy deski pokonuje w pionie drogę równą połowie długości deski, zatem

$$W_F = mg\Delta h_{SM}, \quad \Delta h_{SM} = \frac{l}{2} \quad \rightarrow \quad W_F = mg\frac{l}{2}$$

$$W_F = 20\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 2\ \mathrm{m} = 392\ \mathrm{J} \approx 400\ \mathrm{J}$$

Zadanie 2.2. *(3 pkt)*

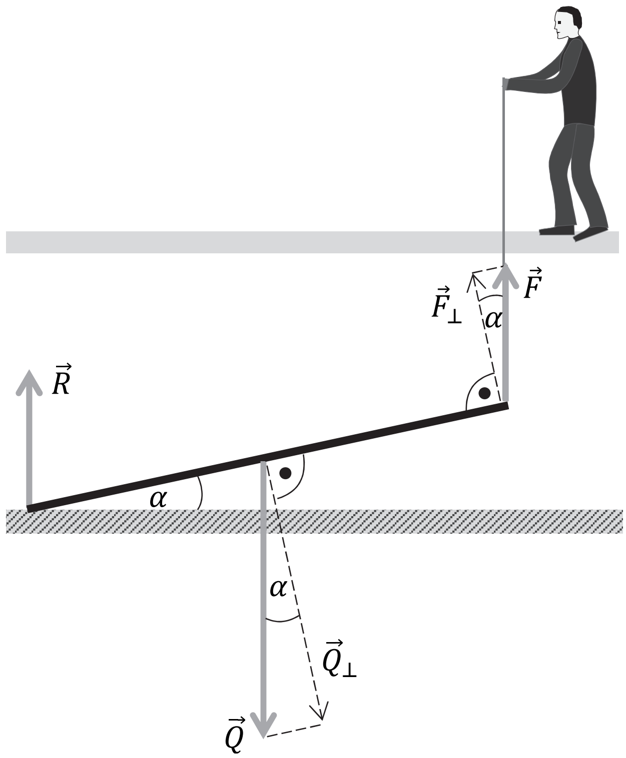
Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie pojęcia momentu siły (I.1.1.7). Zastosowanie I zasady dynamiki dla ruchu obrotowego (I.1.1.8).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia siły, z jaką pracownik działał na linę, oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski (z poprawnym uwzględnieniem punktów zaczepienia sił, ramion sił i kierunków sił)
lub
– zapisanie warunku równowagi sił oraz zapisanie warunku równowagi momentów sił względem punktu środka masy (z poprawnym uwzględnieniem punktów zaczepienia sił, ramion sił i kierunków sił).
1 p. – zapisanie warunku równowagi momentów sił.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania
Sposób 1.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski:



$$\frac{l}{2} \cdot Q_{\perp} = l \cdot F_{\perp}$$

$$\frac{l}{2} \cdot Q \cos\alpha = l \cdot F \cos\alpha \quad \rightarrow \quad F = \frac{Q}{2}$$

$$F = 98{,}1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$$

Sposób 2.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski:

$$\frac{l_{\perp}}{2} \cdot Q = l_{\perp} \cdot F \quad \rightarrow \quad F = \frac{Q}{2}$$

$$F = 98{,}1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$$

Sposób 3.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu środka masy deski oraz z warunku równowagi sił działających na deskę:

$$\frac{l_{\perp}}{2} \cdot R = \frac{l_{\perp}}{2} \cdot F \quad \text{oraz} \quad R + F = Q \quad \rightarrow \quad R = F \quad \text{oraz} \quad R + F = Q \quad \rightarrow$$

$$2F = Q \quad \rightarrow \quad F = 98{,}1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$$

Zadanie 2.3. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do matematycznego opisu ruchu (I.1.1.4).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia siły reakcji oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – zapisanie warunku równowagi sił.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Zapiszemy warunek równowagi sił w sytuacji statycznej – gdy deska tworzy z poziomym podłożem kąt 25°:

$$R + F = Q$$

Skorzystamy z wyniku, że $F = \frac{Q}{2}$ (co można niezależnie wyprowadzić z warunku równowagi momentów sił) i obliczymy wartość siły reakcji:

$$R = Q - F = \frac{Q}{2} \quad \rightarrow \quad R = 98{,}1\ \mathrm{N}\ \approx 100\ \mathrm{N}$$

Zadanie 2.4. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Formułowanie i uzasadnianie opinii oraz wniosków (III.5).
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie I zasady dynamiki dla ruchu obrotowego (I.1.1.8). Zastosowanie pojęcia momentu siły (I.1.1.7).

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
B3

Zadanie 2.5. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Ocenianie informacji (II.3).
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości pracy w polu grawitacyjnym (I.1.2.8). Zastosowanie I zasady dynamiki dla ruchu obrotowego (I.1.1.8).

Schemat punktowania
1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
1. **P**   2. **P**   3. **P**

Zadanie 3.1. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Analizowanie informacji podanych w formie tekstu o tematyce fizycznej lub astronomicznej (II.1.a). Ocenianie informacji (II.3).

Schemat punktowania
1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
1. **F** 2. **P** 3. **F**

Zadanie 3.2. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania momentu pędu (I.1.1.10).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c). Analizowanie informacji podanych w formie tekstu o tematyce fizycznej lub astronomicznej (II.1.a).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia prędkości liniowej Merkurego w peryhelium oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – prawidłowe (zgodne z oznaczeniami) zapisanie zasady zachowania momentu pędu lub zasady zachowania energii mechanicznej oraz prawidłowe określenie odległości od środka Słońca do peryhelium orbity Merkurego.
1 p. – zapisanie zasady zachowania momentu pędu Merkurego względem Słońca albo zasady zachowania energii mechanicznej.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania
Sposób 1. (z zasady zachowania momentu pędu)
Na podstawie danych w tekście zadania i rysunku określamy odległość środka Słońca do punktu aphelium i peryhelium orbity Merkurego:

$$r_a = 0{,}467\ \text{au} \quad r_p = 0{,}467\ \text{au} - 0{,}159\ \text{au} = 0{,}308\ \text{au}$$

Korzystamy z zasady zachowania momentu pędu punktu materialnego (tutaj środka masy Merkurego) w ruchu względem punktu centrum (tutaj środka Słońca), gdy działa na niego siła skierowana do tego punktu:

$$p_a r_a = p_p r_p$$

gdzie p_a oraz p_p są pędami Merkurego względem Słońca, odpowiednio w punktach aphelium i peryhelium. Wykonujemy obliczenia:

$$m v_a r_a = m v_p r_p \quad \rightarrow \quad v_p = \frac{r_a}{r_p} v_a \quad \rightarrow \quad v_p = \frac{0{,}467\ \text{au}}{0{,}308\ \text{au}} \cdot 38{,}9\ \frac{\text{km}}{\text{s}} = 58{,}98\ \frac{\text{km}}{\text{s}} \approx 59\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Sposób 2. (z zasady zachowania energii mechanicznej)
Na podstawie danych i rysunku określamy odległość środka Słońca do punktu aphelium i peryhelium orbity Merkurego:

$$r_a = 0{,}467\ \text{au} \quad r_p = 0{,}467\ \text{au} - 0{,}159\ \text{au} = 0{,}308\ \text{au}$$

Korzystamy z zasady zachowania energii mechanicznej Merkurego w ruchu pod działaniem siły grawitacji. Energia mechaniczna w peryhelium jest równa energii mechanicznej w aphelium. Energia mechaniczna jest sumą energii potencjalnej i kinetycznej. Przyjmujemy, że energia kinetyczna ruchu obrotowego nie zmienia się podczas ruchu Merkurego, a zatem:

$$E_a = E_p \rightarrow \frac{mv_a^2}{2} - \frac{GMm}{r_a} = \frac{mv_p^2}{2} - \frac{GMm}{r_p} \rightarrow v_p^2 = v_a^2 + \frac{2GM}{r_p} - \frac{2GM}{r_a}$$

$$v_p^2 = v_a^2 + \frac{2GM}{r_p} - \frac{2GM}{r_a} \rightarrow v_p = \sqrt{v_a^2 + \frac{2GM(r_a - r_p)}{r_a r_p}}$$

gdzie M jest masą Słońca. Po podstawieniu danych (z uwzględnieniem wartości jednostki astronomicznej) otrzymujemy:

$$v_p = \sqrt{\left(38{,}9 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 + \frac{2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot 1{,}99 \cdot 10^{30}\ \mathrm{kg} \cdot 0{,}159\ \mathrm{m}}{0{,}467 \cdot 0{,}308 \cdot 1{,}50 \cdot 10^{11}\ \mathrm{m^2}}}$$

$$v_p = 58{,}9 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 59\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

Uwaga! Błędem rzeczowym jest w tym zadaniu zapisanie siły grawitacji działającej na Merkurego jako siły dośrodkowej. Wzór na siłę dośrodkową jest słuszny tylko dla ruchu po okręgu, a Merkury nie porusza się po orbicie kołowej. Ponadto Merkury ma w punkcie peryhelium prędkość większą od prędkości, jaka byłaby potrzebna dla ruchu po orbicie kołowej o promieniu r_p (ponieważ po przejściu przez peryhelium, aż do aphelium, Merkury oddala się od Słońca).

Zadanie 3.3. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie praw Keplera do opisu ruchu planet (P I.1.7.3).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c). Analizowanie informacji podanych w formie tekstu o tematyce fizycznej lub astronomicznej (II.1.a).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia okresu orbitalnego Merkurego oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – zapisanie trzeciego prawa Keplera z poprawną identyfikacją wielkości występujących w nim: średniej odległości Merkurego od Słońca, Średniej odległości Ziemi od Słońca, okresu orbitalnego Ziemi

lub

– zapisanie trzeciego prawa Keplera w „wersji newtonowskiej”, tzn. $\frac{T^2}{A^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$, gdzie M jest masą Słońca z poprawną identyfikacją półosi wielkiej.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczymy tzw. średnią odległość Merkurego od Słońca (długość półosi wielkiej orbity), a następnie skorzystamy z prawa Keplera. Okres orbitalny Ziemi, oraz jej średnią odległość od Słońca wyrazimy odpowiednio w latach ziemskich i za pomocą jednostki astronomicznej.

$$A_M = \frac{1}{2}\left(r_a + r_p\right) \;\rightarrow\; A_M = \frac{1}{2} \cdot (0{,}467 + 0{,}308)\text{ au} = 0{,}3875\text{ au}$$

Okres orbitalny Ziemi i średnia odległość od Słońca wynoszą odpowiednio:

$$T_Z = 1\text{ rok},\;\; A_Z = 1\text{ au}$$

Stosujemy prawo Keplera:

$$\frac{T_M^2}{A_M^3} = \frac{T_Z^2}{A_Z^3} \;\rightarrow\; \frac{T_M^2}{A_M^3} = \frac{1^2\text{ rok}^2}{1^3\text{ au}^3} \;\rightarrow\; T_M = \sqrt{0{,}3875^3}\text{ lat} \approx 0{,}241\text{ lat} \approx 88\text{ dni}$$

Zadanie 3.4. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami i wielkościami fizycznymi do opisywania zjawisk związanych z światłem jako falą (P I.1.5.a). Posługiwanie się pojęciem mocy (P I.1.6.1), natężenia fali (I.1.1.17).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie i szacowanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.e). Analizowanie informacji podanych w formie tekstu o tematyce fizycznej lub astronomicznej (II.1.a).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda oszacowania mocy promieniowania słonecznego dostarczanej do powierzchni jednostkowej ustawionej w okolicach aphelium orbity Merkurego oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – porównanie wyrażeń na moce całkowite: zapisanie związku $I_{M,a} \cdot 4\pi r_a^2 = I_Z \cdot 4\pi A_Z^2$ lub równoważnego, np. $\frac{I_{M,a}}{I_Z} = \frac{A_Z^2}{r_a^2}$ z prawidłową identyfikacją wielkości występujących w tym wzorze.
1 p. – zapisanie wzoru na moc $P = IS$ lub równoważnego oraz identyfikacja wielkości *I* jako natężenia promieniowania.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Skorzystamy ze wzoru na natężenie promieniowania (*I*) padającego prostopadle na powierzchnię *S* i dostarczającego do tej powierzchni mocy *P*:

$$I = \frac{P}{S}$$

Moc, którą dostarcza promieniowanie słoneczne do powierzchni jednostkowej ustawionej prostopadle do promieniowania w okolicach aphelium orbity Merkurego ($r_a = 0{,}467$ au), oznaczymy $I_{M,a}$ (to właśnie natężenie promieniowana w okolicach aphelium), a w średniej odległości Ziemi od Słońca ($A_Z = 1$ au) oznaczymy I_Z. Zauważamy, że gdyby promieniowanie słoneczne nie było pochłaniane, to całkowita moc, jaką dostarczałoby promieniowanie słoneczne do powierzchni otaczającej Słońce sfery o promieniu r_a, byłaby taka sama, jak moc dostarczana do powierzchni sfery o promieniu A_Z:

$$I_{M,a} \cdot 4\pi r_a^2 = I_Z \cdot 4\pi A_Z^2 \quad \rightarrow \quad I_{M,a} \cdot r_a^2 = I_Z \cdot A_Z^2$$

Obliczamy I_{Ma} :

$$I_{M,a} = \frac{A_Z^2}{r_a^2} \cdot I_Z \quad \rightarrow \quad I_{M,a} \approx 6{,}24\ \frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m^2}}$$

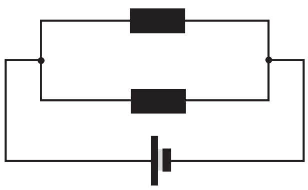
Zadanie 4.1. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie oporu zastępczego układu oporników (I.1.3.4).
Korzystanie z informacji.	Przetwarzanie informacji, rysowanie schematu układu doświadczalnego (II.4.a).

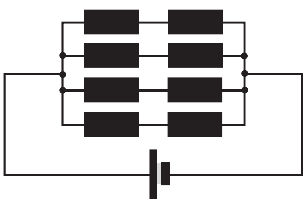
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe narysowanie schematu łączenia oporników.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązania

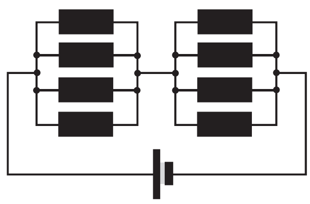
Sposób 1.



Sposób 2.



Sposób 3.



Zadanie 4.2. *(4 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie informacji podanych w formie tekstu i tabeli (II.1.a, II.1.b). Rysowanie wykresu zależności dwóch wielkości fizycznych (II.4.b). Zaznaczanie niepewności pomiarowych (II.4.d). Szacowanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.e).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci wykresu (III.1).

Schemat punktowania a)

3 p. – prawidłowe narysowanie wykresu zależności *U(R)* (o kształcie gałęzi hiperboli) wraz z prawidłowo naniesionymi niepewnościami pomiarowymi oraz poprawnym opisem i skalowaniem prawidłowo zorientowanych osi.

2 p. – opisanie i wyskalowanie poprawnie zorientowanych osi oraz naniesienie punktów na wykres wraz z niepewnościami

lub

– opisanie i wyskalowanie poprawnie zorientowanych osi, naniesienie punktów na wykres bez niepewności oraz narysowanie krzywej (o kształcie gałęzi hiperboli).

1 p. – opisanie osi (symbol wielkości, jednostka wielkości) oraz dobranie skali jednostek (tak aby co najmniej połowa każdej z osi została wykorzystana) i naniesienie co najmniej 4 punktów

lub

– naniesienie punktów na wykres i narysowanie krzywej o kształcie gałęzi hiperboli przy niepoprawnym wyskalowaniu albo opisaniu osi.

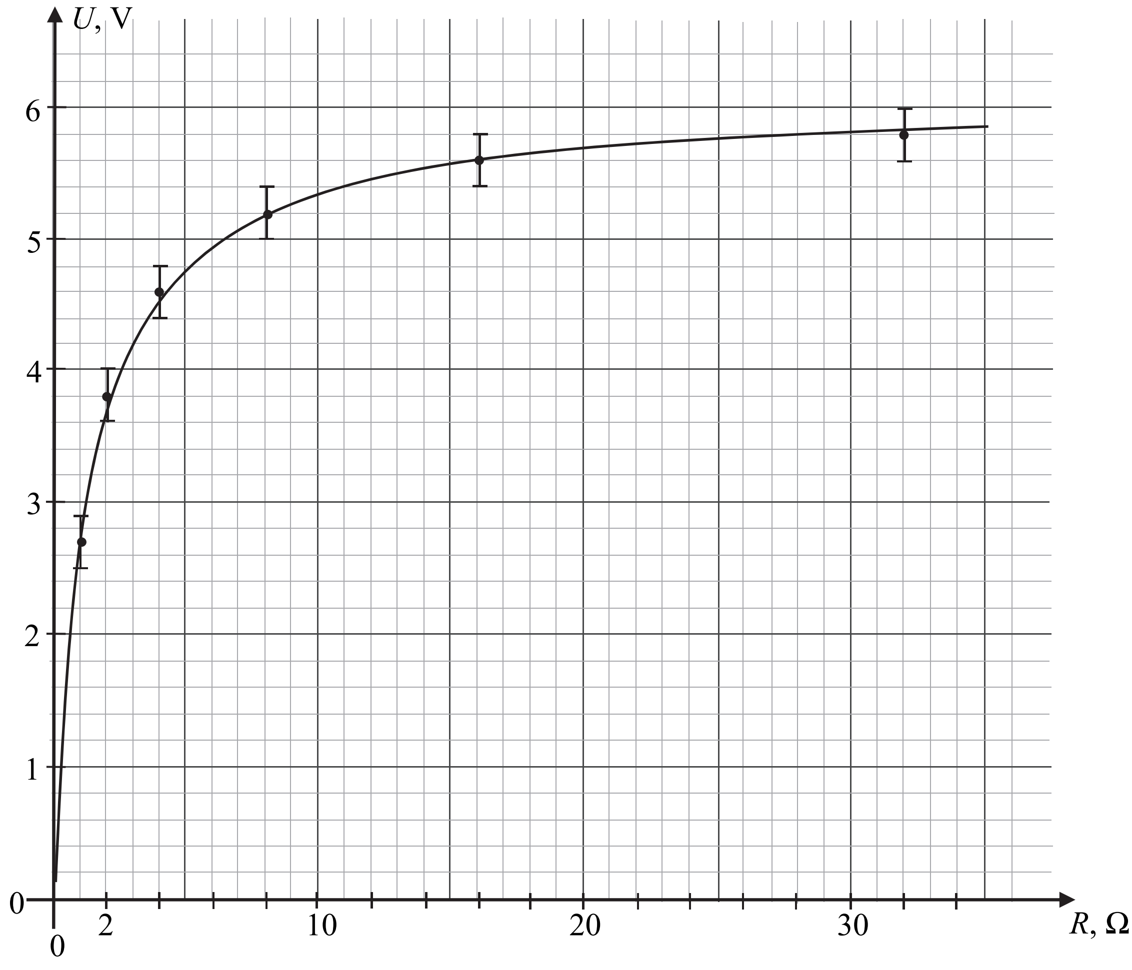
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Schemat punktowania b)

1 p. – oszacowanie wartości SEM wynikające z kształtu wykresu (hiperboli) dla dużych *R*.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie a)



Przykładowe rozwiązanie b)

$$\varepsilon_{SEM} \approx 6\ \text{V}$$

Zadanie 4.3. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie prawa Ohma oraz I i II prawa Kirchhoffa do obliczeń i analizy obwodów elektrycznych z uwzględnieniem SEM i oporu wewnętrznego ogniwa (I.1.3.2).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia wartości SEM i oporu wewnętrznego oraz prawidłowe wyniki z jednostkami.

1 p. – zastosowanie wzoru wynikającego z drugiego prawa Kirchhoffa dla tego obwodu oraz zastosowanie związku pomiędzy natężeniem prądu płynącego przez opornik i napięciem na tym oporniku (może to być uwzględnione w jednym równaniu).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Korzystamy z drugiego prawa Kirchhoffa dla tego obwodu oraz ze związku pomiędzy natężeniem prądu płynącego przez opornik i napięciem na tym oporniku:

$$\varepsilon_{SEM} = Ir + U \text{ oraz } U = IR \quad \rightarrow \quad \varepsilon_{SEM} = \frac{U}{R}r + U$$

Do ostatniego równania podstawiamy wartości z dwóch wybranych pomiarów, np. 2 i 4.

$$\varepsilon_{SEM} = \frac{3{,}8\ \mathrm{V}}{2\ \Omega}r[\Omega] + 3{,}8\ \mathrm{V} \text{ oraz } \varepsilon_{SEM} = \frac{5{,}2\ \mathrm{V}}{8\ \Omega}r[\Omega] + 5{,}2\ \mathrm{V} \rightarrow \varepsilon_{SEM} = 5{,}9\ \mathrm{V},\ \ r = 1{,}12\ \Omega$$

Tabela poniżej przedstawia wyniki dla wszystkich możliwych par pomiarowych (R, U).

l.p.	Nr pomiarów k oraz l	U_k, V	U_l, V	R_k, Ω	R_l, Ω	$\varepsilon_{SEM\ kl}$, V	r_{kl}, Ω
1	2 oraz 4	3,8	5,2	2	8	5,93	1,12
2	2 oraz 5	3,8	5,6	2	16	6,01	1,16
3	2 oraz 6	3,8	5,8	2	32	6,01	1,16
4	2 oraz 3	3,8	4,6	2	4	5,83	1,07
5	2 oraz 1	3,8	2,7	2	1	6,41	1,38
6	3 oraz 1	4,6	2,7	4	1	6,01	1,23
7	3 oraz 4	4,6	5,2	4	8	5,98	1,2
8	3 oraz 5	4,6	5,6	4	16	6,04	1,25
9	3 oraz 6	4,6	5,8	4	32	6,02	1,24
10	4 oraz 1	5,2	2,7	8	1	5,99	1,22
11	4 oraz 5	5,2	5,6	8	16	6,07	1,33
12	4 oraz 6	5,2	5,8	8	32	6,03	1,28
13	5 oraz 1	5,6	2,7	16	1	6,03	1,23
14	5 oraz 6	5,6	5,8	16	32	6,01	1,19
15	6 oraz 1	5,8	2,7	32	1	6,02	1,23

Zadanie 5.1. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie cykli termodynamicznych (I.1.6.5).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci wykresu (III.1).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe podkreślenia w obu zdaniach.
1 p. – prawidłowe podkreślenia w jednym zdaniu.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
1. 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.
2. 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)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie sprawności silników cieplnych (P I.1.4.6).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci wykresu (III.1).

Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie sprawności silnika I.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

$$\eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}} = \frac{Q_{pobrane} - Q_{oddane}}{Q_{pobrane}} \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{23\ \text{kJ} - 19\ \text{kJ}}{23\ \text{kJ}} = 0{,}17 \qquad (\eta = 17\%)$$

Zadanie 5.3. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie równania stanu gazu doskonałego do wyznaczania parametrów gazu (P I.1.4.1). Obliczanie zmian energii cieplnej w przemianach: izobarycznej i izochorycznej (P I.1.4.3).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie informacji podanych w formie wykresu (II.1.b). Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia ciepła (z powołaniem się na równanie Clapeyrona i wykorzystaniem zależności między wymienionym ciepłem i przyrostem temperatury) oraz prawidłowy wynik.

1 p. – zapisy pozwalające wyznaczyć stosunek ciepeł pobranych w obu przemianach izochorycznych równy stosunkowi przyrostu temperatur
lub
– zapisanie, że w przemianie izochorycznej przyrost temperatury jest proporcjonalny do przyrostu ciśnienia oraz zapisanie wzoru na ciepło pobrane w przemianie izochorycznej
lub
– zapisanie prawidłowego wyniku bez powoływania się na odpowiednie zależności.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Korzystamy ze wzoru na ciepło pobrane w przemianie izochorycznej (w objętości V_1) przez silnik II oraz z własności tej przemiany i równania Clapeyrona:

$$Q_{II} = nc_V \Delta T_{II} \quad \text{oraz} \quad \Delta p_{II} = \frac{nR}{V_1}\Delta T_{II}$$

Podobne związki mamy dla przemiany izochorycznej (w objętości V_1) w silniku I:

$$Q_I = nc_V \Delta T_I \quad \text{oraz} \quad \Delta p_I = \frac{nR}{V_1}\Delta T_I$$

Zauważamy, że stosunek ciepeł jest równy stosunkowi przyrostów temperatur, a stosunek przyrostów temperatur jest równy stosunkowi przyrostów ciśnień:

$$\frac{Q_{II}}{Q_I} = \frac{\Delta T_{II}}{\Delta T_I} \quad \rightarrow \quad \frac{Q_{II}}{Q_I} = \frac{\Delta p_{II}}{\Delta p_I} = \frac{3p_1 - p_1}{2p_1 - p_1} = 2$$

Ostatecznie otrzymujemy $Q_{II} = 2Q_I = 2 \cdot 3\ \text{kJ} = 6\ \text{kJ}$.

Zadanie 5.4. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie równania stanu gazu doskonałego do wyznaczania parametrów gazu (P I.1.4.1). Opisywanie przemiany izobarycznej i izochorycznej (P I.1.4.2).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie informacji podanych w formie wykresu (II.1.b). Rysowanie wykresu zależności dwóch wielkości fizycznych (II.4.b).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonego wykresu, z uwzględnieniem prawidłowych relacji pomiędzy temperaturami.

2 p. – narysowanie izobar na poziomie p_1 i p_2 oraz narysowanie izochor (proste muszą przechodzić przez zero).

1 p. – narysowanie izobar na poziomie p_1 i p_2
lub
– narysowanie izochor (proste muszą przechodzić przez zero).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Określimy relacje (proporcjonalności) pomiędzy temperaturami w stanach A, B, C, D. Z równania Clapeyrona wiemy, że

$$T = \frac{pV}{nR}$$

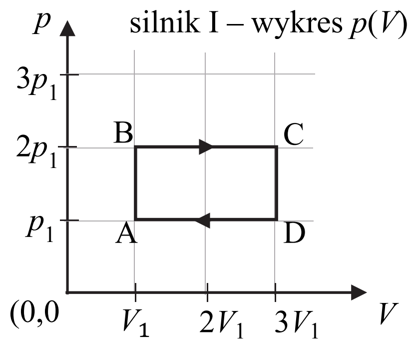
Na podstawie powyższej zależności oraz wykresu we współrzędnych (V, p) otrzymujemy:

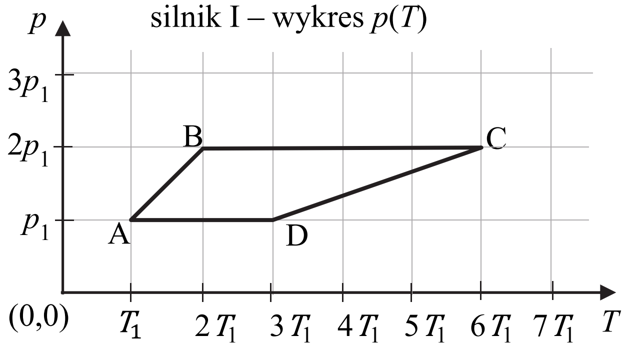
$$T_A = \frac{p_1 V_1}{nR}, \quad T_B = \frac{2p_1 V_1}{nR}, \quad T_C = \frac{2p_1 \cdot 3V_1}{nR}, \quad T_D = \frac{p_1 \cdot 3V_1}{nR}$$

Przyjmując $\frac{p_1 V_1}{nR} = T_1$ otrzymujemy relacje pomiędzy temperaturami:

$$T_A = T_1, \quad T_B = 2T_1, \quad T_C = 6T_1, \quad T_D = 3T_1$$

Po określeniu temperatur możemy narysować wykres.





Zadanie 6.1. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

Schemat punktowania

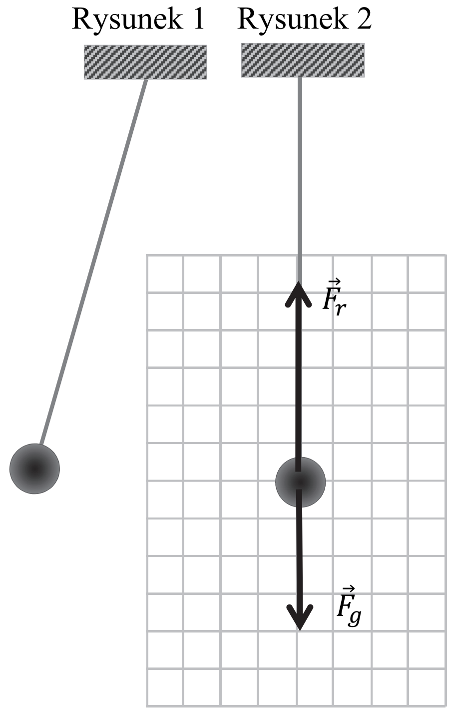
1 p. – prawidłowe narysowanie wektorów sił wraz z ich oznaczeniami oraz prawidłowe zapisanie relacji pomiędzy wartościami sił.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie

(Rysunek obok).

$F_r > F_g$



Zadanie 6.2. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie okresu drgań wahadła matematycznego (P I.1.3.3).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia czasu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką zawarty w przedziale czasu od $t = 1{,}2$ s do $t = 1{,}3$ s.

1 p. – prawidłowa metoda pozwalająca wyznaczyć czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru

lub

– prawidłowe obliczenie okresu drgań wahadła

lub

– oszacowanie czasu bez powołania się na odpowiednie zależności.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania
Sposób 1.
Oszacujemy okres wahań, przyjmując układ za wahadło matematyczne.

Za długość wahadła przyjmiemy odległość od nieruchomego końca liny do środka masy kuli:

$$l = d + r = 6\ \mathrm{m} + 0{,}4\ \mathrm{m} = 6{,}4\ \mathrm{m}$$

Zastosujemy wzór na okres wahadła matematycznego o długości *l*

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{6{,}4\ \mathrm{m}}{9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = 5{,}07\ \mathrm{s} \approx 5{,}1\ \mathrm{s}$$

Czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru, wynosi ćwierć okresu:

$$t = \frac{T}{4} = 1{,}27\ \mathrm{s} \approx 1{,}3\ \mathrm{s}$$

Uwaga! Za długość wahadła l można było przyjąć wartość od l =d do l = d+2r. Zdający nie musi uwzględniać poprawek wynikających z modelu wahadła fizycznego. Skrajne wyniki wychodzą wtedy odpowiednio: $T = 4{,}91$ s $\approx 4{,}9$ s oraz $t = 1{,}23$ s $\approx 1{,}2$ s; $T = 5{,}23$ s $\approx 5{,}2$ s oraz $t = 1{,}31$ s $\approx 1{,}3$ s.

Sposób 2.
Poniżej przykładowe rozwiązanie – dla tych zdających, którzy do rozwiązania mogli użyć metod wykraczających poza podstawę programową – z wykorzystaniem modelu wahadła fizycznego zamiast matematycznego. Zapiszemy wzór na okres wahadła fizycznego:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_z}{(m + M) \cdot g \cdot l_{SM}}}$$

gdzie I_z jest momentem bezwładności układu lina – kula względem punktu zaczepienia, m jest masą kuli, M jest masą liny, l_{SM} jest odległością od punktu zaczepienia liny do środka masy układu lina – kula. Skorzystamy dalej ze wzoru na środek masy oraz wzoru Steinera i addytywności momentów bezwładności:

$$I_z = \frac{2}{5}mr^2 + m(r + d)^2 + \frac{1}{3}Md^2, \qquad l_{SM} = \frac{(d + r)m + \frac{1}{2}Md}{m + M}$$

Po podstawieniu otrzymujemy:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{2}{5}mr^2 + m(r + d)^2 + \frac{1}{3}Md^2}{g \cdot (d + r)m + \frac{1}{2}gMd}}$$

Zgodnie z poleceniem pominiemy masę liny M:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{2}{5}mr^2 + m(r + d)^2}{g \cdot (d + r)m}} = \dots = 2\pi\sqrt{\frac{d + r}{g}} \cdot \sqrt{\frac{2}{5} \cdot \left(\frac{r}{r + d}\right)^2 + 1}$$

Po podstawieniu danych z zadania otrzymujemy:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{d + r}{g}} \cdot \sqrt{\frac{2}{5} \cdot \left(\frac{r}{r + d}\right)^2 + 1} \approx 2\pi\sqrt{\frac{d + r}{g}} \cdot 1{,}0008 \approx 5{,}08\ \mathrm{s} \approx 5{,}1\ \mathrm{s}$$

Czas, po jakim kula dotrze od najwyższego do najniższego punktu toru ruchu, wynosi ćwierć okresu:

$$t = \frac{T}{4} = 1{,}27\ \mathrm{s} \approx 1{,}3\ \mathrm{s}$$

Zadanie 6.3. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3). Analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4). Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).

Schemat punktowania
1 p. – zapisanie dwóch prawidłowych warunków.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.
Aby otrzymać punkt, to wszystkie zapisane warunki, niezależnie od ich liczby, muszą być prawidłowe.

Przykładowe odpowiedzi
Zapisanie dwóch spośród poniżej wymienionych założeń modelu wahadła matematycznego:
– ciało zawieszone na linie musi mieć bardzo małe rozmiary w stosunku do długości liny (idealnie, gdy jest ono punktem materialnym),
– lina, na której zawieszone jest ciało, musi mieć masę dużo mniejszą od masy ciała (idealnie, gdy lina jest nieważka),
– stosunek sił oporów powietrza działających na ciało do ciężaru ciała musi być dużo mniejszy od jedności (idealnie, gdy wahadło znajduje się w próżni),
– kąt maksymalnego wychylenia liny musi być bardzo mały,
– lina nie może być rozciągliwa,
– działanie tylko dwóch sił: reakcji liny oraz grawitacji.

Zadanie 7.1. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie warunków powstawania fal stojących (I.1.1.15).

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
A

Zadanie 7.2. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie warunków powstawania fal stojących (I.1.1.15).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe wyznaczenie maksymalnej długości fali stojącej.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Odległość pomiędzy unieruchomionymi końcami struny musi być wielokrotnością połowy długości fali. W przypadku największej możliwej długości fali połowa tej długości musi się równać długości struny:

$$n \cdot \frac{\lambda}{2} = d \quad \rightarrow \quad 1 \cdot \frac{\lambda_{max}}{2} = d \quad \rightarrow \quad \lambda_{\max} = 2d \quad \rightarrow \quad \lambda_{\max} = 180 \text{ cm}$$

Zadanie 7.3. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).
Tworzenie informacji.	Analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4). Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe wykazanie, że możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz.
1 p. – zastosowanie zależności pomiędzy n-tą częstotliwością drgania a częstotliwością podstawową
lub
– zapisanie związku pomiędzy częstotliwością i długością fali oraz warunku na długość fali stojącej na strunie.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania
Sposób 1.
Korzystamy ze wzoru na częstotliwość drgania n-tej składowej harmonicznej dla struny z unieruchomionymi końcami i zauważamy, że różnica kolejnych częstotliwości jest stała i równa częstotliwości pierwszej składowej harmonicznej:

$$f_n = n f_1 \ \rightarrow \ f_n - f_{n-1} = n f_1 - (n-1) f_1 = f_1 \ \rightarrow \ f_1 = 675 \text{ Hz} - 450 \text{ Hz} = 225 \text{ Hz}$$

Sprawdzamy, czy możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz:

$$1575\ \text{Hz} = k \cdot 225\ \text{Hz} \quad \rightarrow \quad k = 7$$

Odp.: Tak, możliwe jest wytworzenie drgań o częstotliwości 1575 Hz.

<u>Sposób 2.</u>
Wyprowadzamy wzór na częstotliwość drgania n-tej składowej harmonicznej dla struny o długości d z unieruchomionymi końcami:

$$v = \lambda f \quad \rightarrow \quad v = \frac{2d}{n} \cdot f \quad \rightarrow \quad f_n = n \cdot \frac{v}{2d} \quad \rightarrow f_n = n\, f_1 \ \text{ oraz } \ f_1 = \frac{v}{2d}$$

Zauważamy, że różnica kolejnych częstotliwości jest stała i równa częstotliwości pierwszej składowej harmonicznej:

$$f_n = n\, f_1 \quad \rightarrow \quad f_n - f_{n-1} = f_1 \quad \rightarrow \quad f_1 = 675\ \text{Hz} - 450\ \text{Hz} = 225\ \text{Hz}$$

Sprawdzamy, czy możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz:

$$1575\ \text{Hz} = k \cdot 225\ \text{Hz} \quad \rightarrow \quad k = 7$$

Odp.: Tak, możliwe jest wytworzenie drgań o częstotliwości 1575 Hz.

<u>Sposób 3.</u>
Korzystamy ze wzoru (lub wyprowadzamy ten wzór, jak powyżej) na częstotliwość drgania n-tej składowej harmonicznej dla struny z unieruchomionymi końcami:

$$f_n = n\, f_1$$

Podstawiamy dane i wyznaczamy f_1:

$$675\ \text{Hz} = n f_1 \quad \text{oraz} \quad 450\ \text{Hz} = (n-1) f_1 \quad \rightarrow \quad f_1 = 225\ \text{Hz}$$

Sprawdzamy, czy możliwe jest wytworzenie drgania o częstotliwości 1575 Hz.

$$1575\ \text{Hz} = k \cdot 225\ \text{Hz} \quad \rightarrow \quad k = 7$$

Odp.: Tak, możliwe jest wytworzenie drgań o częstotliwości 1575 Hz.

Zadanie 8.1. *(1 pkt)*

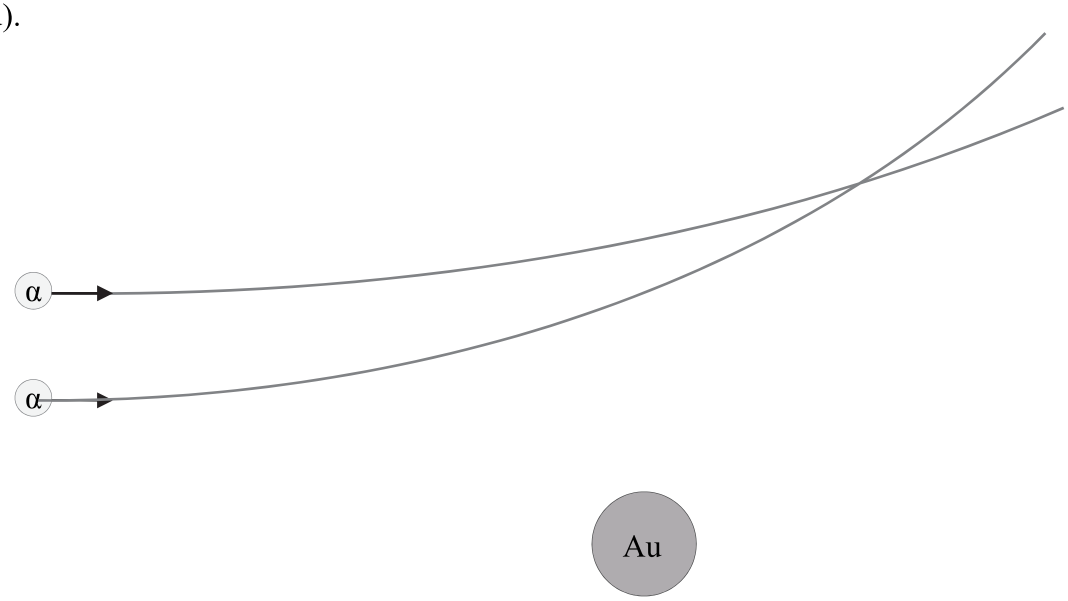
Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2). Opisywanie ruchu cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym (I.1.2.7).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

Schemat punktowania

1 p. – prawidłowo narysowane tory obu cząstek: oba tory odchylają się od jądra, a krzywizna toru cząstki poruszającej się bliżej jądra jest większa.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

Narysowanie dwóch zakrzywionych torów, jak na rysunku poniżej, uwzględniających:
1) odchylanie się każdego z nich do góry (cząstka α i jądro złota odpychają się),
2) większe zakrzywienia toru cząstki poruszającej się bliżej jądra (cząstka α bliżej jądra podlega większej sile, co skutkuje większymi zmianami wektora pędu cząstki w ustalonych odstępach czasu).



Zadanie 8.2. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tekstu (III.1). Analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4). Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź..
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

C1

Zadanie 8.3. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami jądrowego niedoboru masy i energii wiązania (P I.1.6.6).

Schemat punktowania
1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
1. **P** 2. **P** 3. **F**

Zadanie 8.4. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciem energii potencjalnej ładunku w polu elektrostatycznym (I.1.2.5) oraz pojęciem energii kinetycznej (P I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii (P I.1.6.3).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda obliczenia początkowej energii kinetycznej oraz prawidłowy wynik liczbowy podany w MeV (lub eV).
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia początkowej energii kinetycznej (identyfikacja ładunków cząstki α i jądra złota, zastosowanie zasady zachowania energii, prawidłowa identyfikacja danych) oraz prawidłowy wynik liczbowy, który nie został podany w MeV
lub
– prawidłowa metoda obliczenia początkowej energii kinetycznej (identyfikacja ładunków cząstki α i jądra złota, zastosowanie zasady zachowania energii, prawidłowa identyfikacja danych), prowadząca do wyniku w MeV, oraz błąd w obliczeniach.
1 p. – identyfikacja ładunków cząstki α i jądra złota (np. zapisanie we wzorze $158q_e^2$ lub $2\cdot79q_e^2$) oraz zastosowanie zasady zachowania energii
lub
– obliczenie energii kinetycznej w MeV (lub eV) przy błędnej identyfikacją ładunku jąder.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Identyfikujemy ładunki elektryczne cząstki alfa i jądra złota jako odpowiednie wielokrotności ładunku elementarnego:

$$q_\alpha = 2q_e\ , \quad q_{\mathrm{Au}} = 79q_e$$

Przyrównujemy do siebie energie mechaniczne cząstki alfa w dwóch chwilach: 1) początkowej i 2) gdy zbliżyła się maksymalnie do jądra:

$$E_{kin1} + E_{pot1} = E_{kin2} + E_{pot2} \quad \rightarrow \quad E_{kin1} + 0 = 0 + E_{pot2}$$

$$E_{kin1} = \frac{kq_\alpha q_{Au}}{d}$$

$$E_{kin1} = \frac{158 \cdot 9 \cdot 10^9\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{C^2}} \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19})^2\ \mathrm{C^2}}{4 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{m}} = 910 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{J} = 5{,}69\ \mathrm{MeV}$$

Zadanie 8.5. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami jądrowego niedoboru masy i energii wiązania (P I.1.6.6). Określanie, na podstawie liczby masowej i liczby porządkowej, składu jąder atomowych (P I.1.6.5).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda obliczenia energii wiązania jądra złota oraz prawidłowy wynik liczbowy w elektronowoltach.

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia energii wiązania jądra złota, prawidłowy wynik liczbowy podany w dżulach oraz brak poprawnego wyniku podanego w elektronowoltach

lub

– prawidłowa metoda obliczenia energii wiązania jądra złota, nieprawidłowy wynik liczbowy w konsekwencji błędu rachunkowego i prawidłowa metoda przeliczenia wyniku na elektronowolty.

1 p. – zapisanie wzoru na energię wiązania jądra atomowego łącznie z identyfikacją liczby protonów i neutronów w tym konkretnym jądrze złota.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Energia, jaką należałoby dostarczyć do jądra złota, aby rozbić je na poszczególne, nieoddziałujące nukleony, to z definicji energia wiązania tego jądra atomowego. Zapiszemy wzór na tę energię wiązania jądra atomowego:

$$E_w = \left(m_{nuk} - m_j\right)c^2$$

gdzie m_{nuk} jest sumą mas oddzielnych nukleonów, natomiast m_j jest masą jądra atomowego.

Identyfikujemy liczbę protonów i neutronów w jądrze złota:

$$\mathrm{Z} = 79, \qquad \mathrm{N} = \mathrm{A} - \mathrm{Z} = 197 - 79 = 118$$

Obliczamy energię wiązania:

$$E_w = \left(79m_p + 118m_n - m_j\right)c^2$$

$$E_w = (79 \cdot 1{,}6726 \cdot 10^{-27} + 118 \cdot 1{,}6749 \cdot 10^{-27} - 196{,}97 \cdot 1{,}6605 \cdot 10^{-27})\ \mathrm{kg} \cdot c^2 \left[\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^\mathrm{s}}\right]$$

$$E_w = 2{,}7049 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \cdot (3 \cdot 10^8)^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \approx 24{,}3 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{J}$$

Wynik wyrazimy w eV:

$$E_w \approx 24{,}3 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{J} \approx 15{,}2 \cdot 10^8\ \mathrm{eV} \approx 1{,}52 \cdot 10^9\ \mathrm{eV} \approx 1{,}52\ \mathrm{GeV}$$