

UZUPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD			PESEL											
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

*miejsce
na naklejkę*

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI

POZIOM ROZSZERZONY

DATA: **14 maja 2018 r.**

GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**

CZAS PRACY: **180 minut**

LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 21 stron (zadania 1–16). 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. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, 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

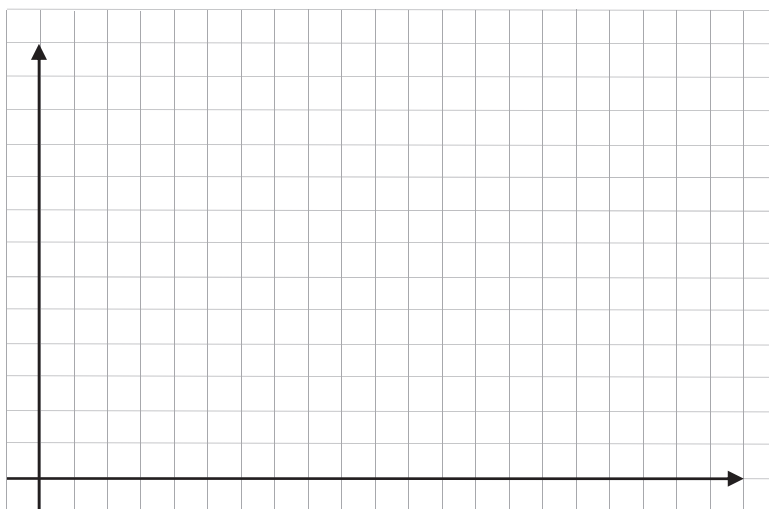
NOWA FORMUŁA

Zadanie 1.

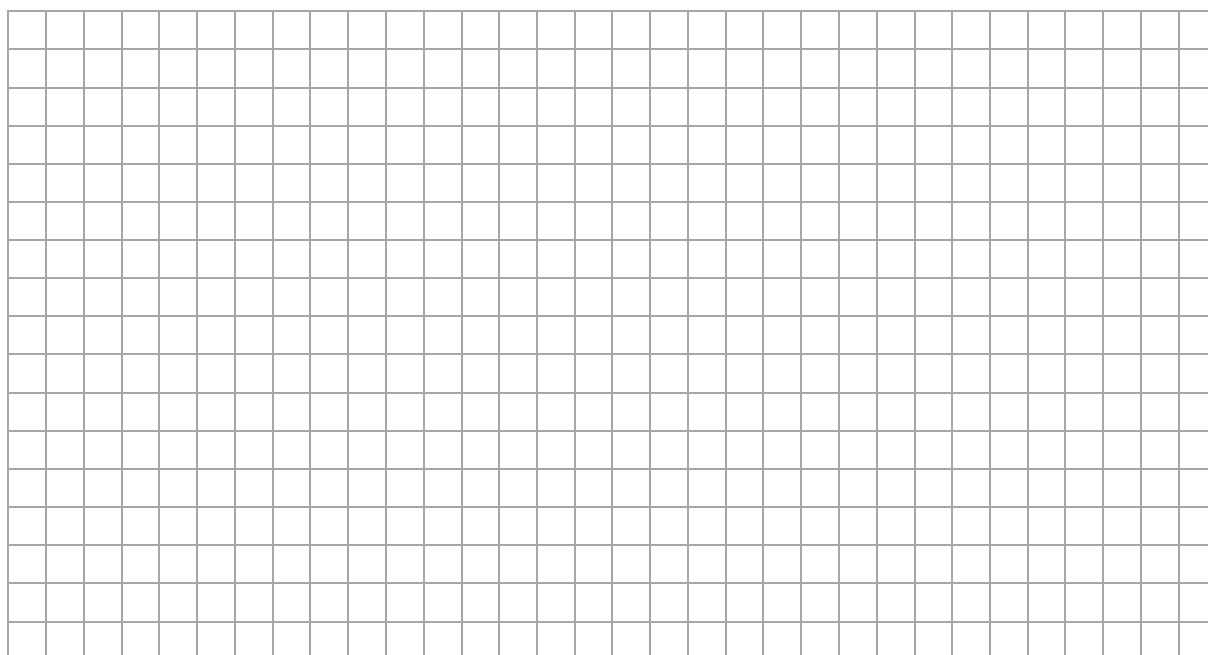
Rozważamy ruch dwóch samochodów, które poruszały się po poziomym i prostym odcinku trasy. Pierwszy samochód ruszył i jadąc ze stałym przyspieszeniem, rozpedził się w czasie 2 s do prędkości o wartości $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Następnie przez 6 s jechał ze stałą prędkością, a potem przez 2 s hamował 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. (0–2)

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

**Zadanie 1.2. (0–3)**

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



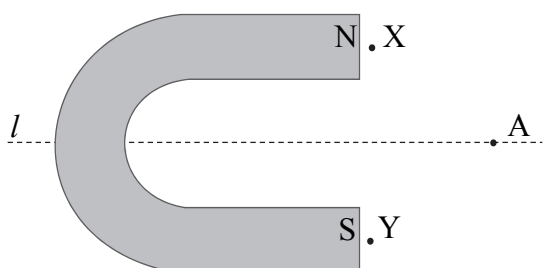
Zadanie 2. (0–2)

W pobliżu magnesu podkowiastego porusza się cząstka o dodatnim ładunku elektrycznym. W chwili, gdy cząstka znajduje się w punkcie A i przechodzi przez płaszczyznę rysunku, wektor prędkości cząstki jest skierowany prostopadłe za tę płaszczyznę. Na obu poniższych rysunkach literami N, S oznaczono bieguny magnesu.

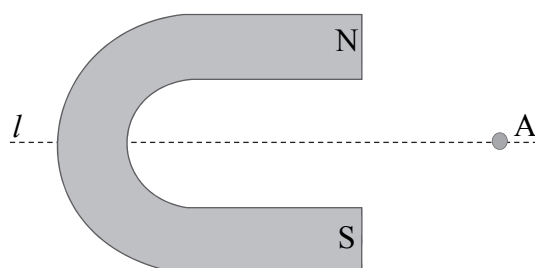
Założ, że pole magnetyczne pochodzi tylko od magnesu, a kształt linii pola magnetycznego w płaszczyźnie rysunku jest symetryczny względem prostej l . Pomiń wpływ innych pól.

- a) Narysuj na rysunku 1. wektory indukcji magnetycznej \vec{B} w punktach X, Y oraz A.
 b) Zaznacz na rysunku 2. kierunek i zwrot siły działającej na tę cząstkę w chwili, gdy cząstka przechodzi przez płaszczyznę rysunku w punkcie A.

Rysunek 1.



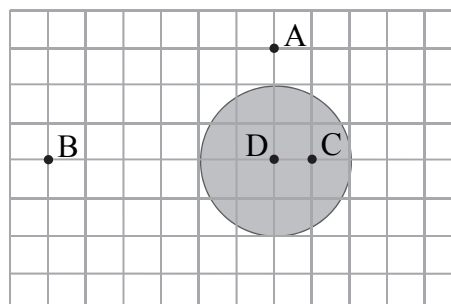
Rysunek 2.

**Zadanie 3. (0–2)**

Metalową kulkę naładowano ładunkiem elektrycznym. Na rysunku poniżej przedstawiono przekrój tej kulki płaszczyzną przechodzącą przez jej środek (punkt D). Wartość natężenia pola elektrycznego w punkcie A jest równa E . Przyjmij, że pole elektryczne może pochodzić tylko od ładunku kulki.

Uzupełnij tabelę: wpisz w puste komórki wartości natężenia pola elektrycznego w pozostałych punktach.

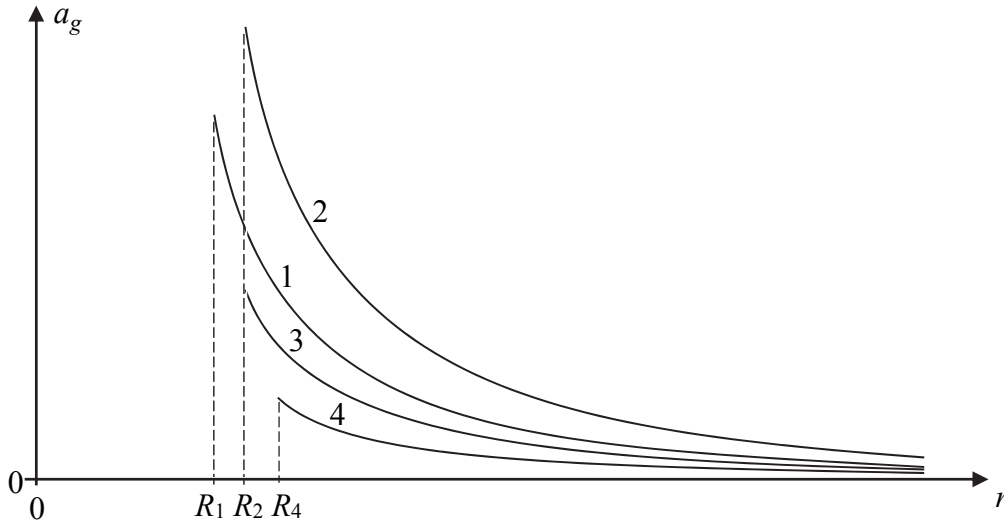
Punkt	A	B	C	D
Wartość natężenia pola elektrycznego	E			



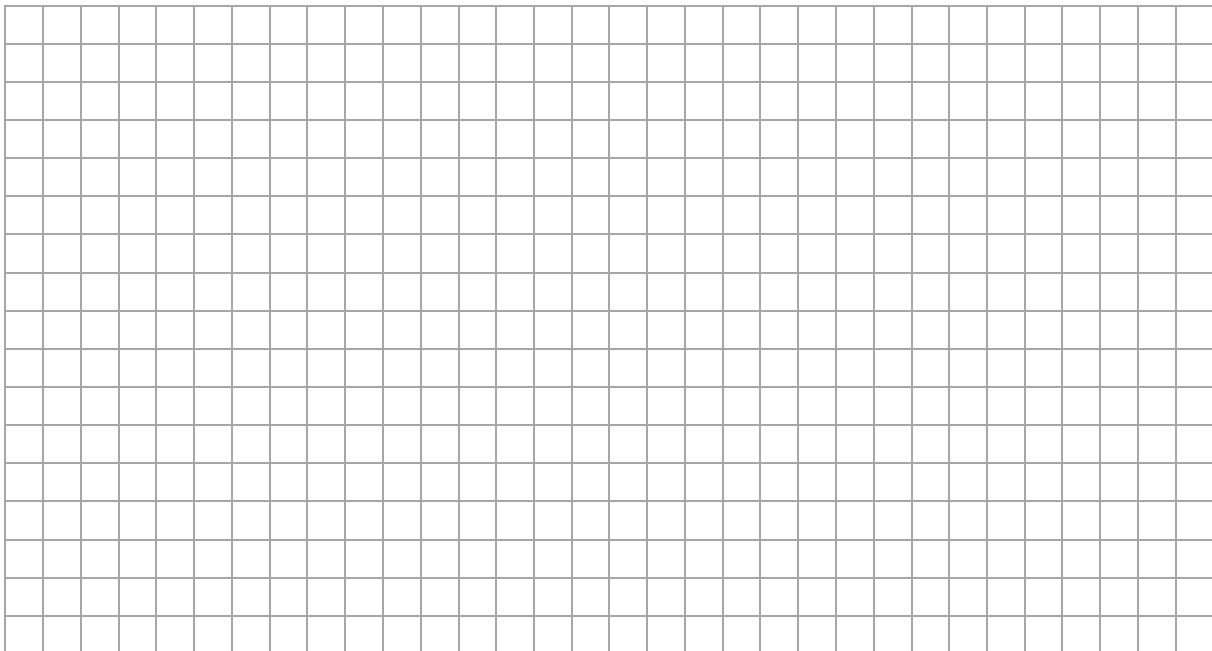
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	1.1.	1.2.	2.	3.
	Maks. liczba pkt	2	3	2	2
	Uzyskana liczba pkt				

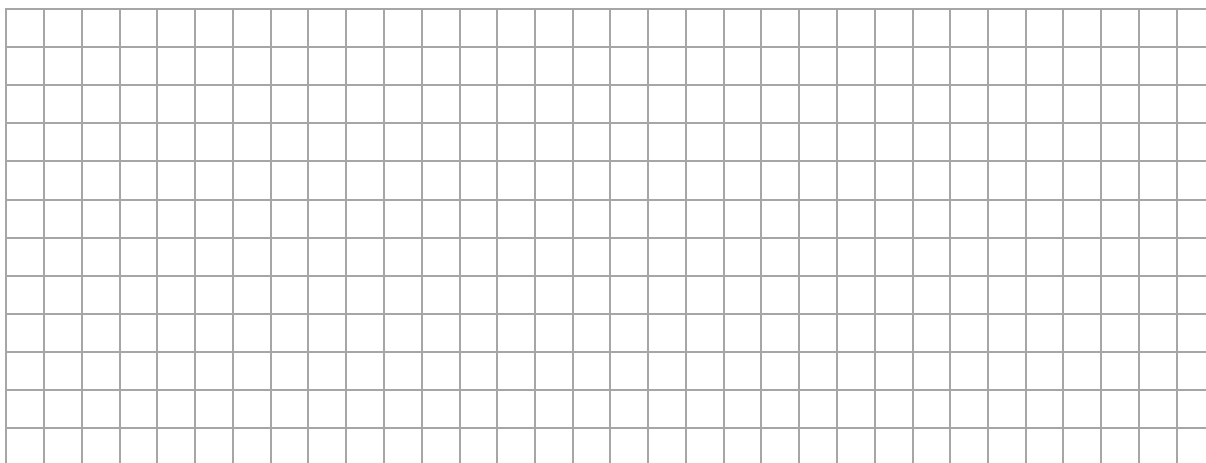
Zadanie 4. (0–2)

Rozważmy cztery planety o promieniach odpowiednio: R_1, R_2, R_3, R_4 , przy czym $R_2 = R_3$. Na rysunku poniżej przedstawiono dla każdej z planet kształt wykresu zależności przyspieszenia grawitacyjnego od odległości do środka planety, począwszy od jej powierzchni. Wykresy te dla każdej z planet ponumerowano odpowiednio: 1, 2, 3, 4. Przyjmij, że rozkład masy każdej z planet jest sferycznie symetryczny, a ponadto planety są bardzo oddalone od siebie.



Na podstawie wykresów 1, 2, 3, 4 ustal i zapisz relacje: większy, mniejszy, równy ($>$, $<$, $=$) pomiędzy masami M_1, M_2, M_3, M_4 tych planet. Napisz uzasadnienie ustalonych relacji.





Zadanie 6.3. (0–1)

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.

Zadanie 6.4. (0–1)

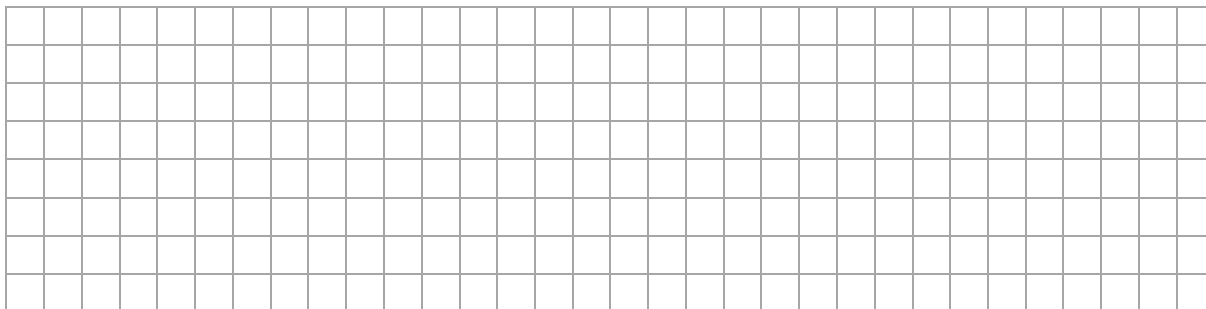
Deskę podniesiono ponownie i w sposób podobny jak w opisie zadania. Tym razem jednak lina była zamocowana w odległości $\frac{3}{4}$ długości deski od końca spoczywającego na ziemi.

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

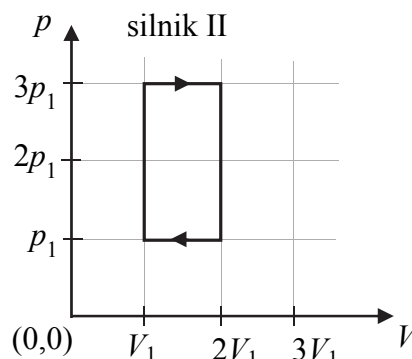
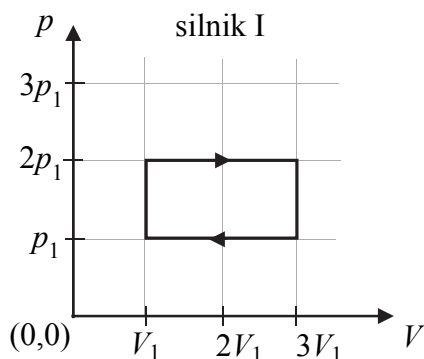
1.	praca (siły, z jaką pracownik działa na deskę) potrzebna do podniesienia deski od pozycji poziomej do pionowej jest taka sama jak poprzednio.	P	F
2.	wartość siły, z jaką pracownik działa na deskę podczas jej podnoszenia, jest większa niż poprzednio.	P	F
3.	wartość siły reakcji podłoża, jaka działa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

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	6.1.	6.2.	6.3.	6.4.
	Maks. liczba pkt	2	3	1	1
	Uzyskana liczba pkt				



Zadanie 8.

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).



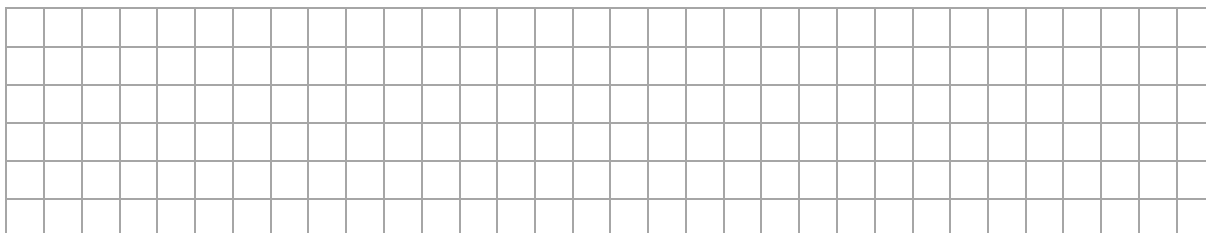
Zadanie 8.1. (0–2)

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 8.2. (0–1)

Oblicz sprawność silnika I.



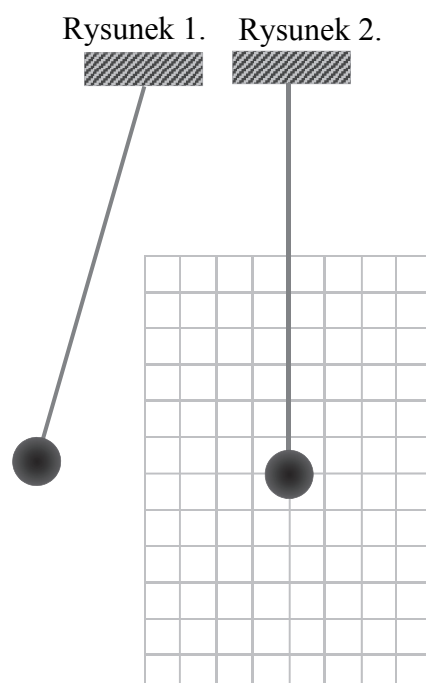
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	7.1.	7.2.	8.1.	8.2.
	Maks. liczba pkt	1	3	2	1
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 8.3. (0–2)

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

**Zadanie 9.**

Kulę o promieniu 40 cm zawieszono na linie o długości 6 m. Następnie układ wychylnono 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 9.1. (0–1)**

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 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 10.

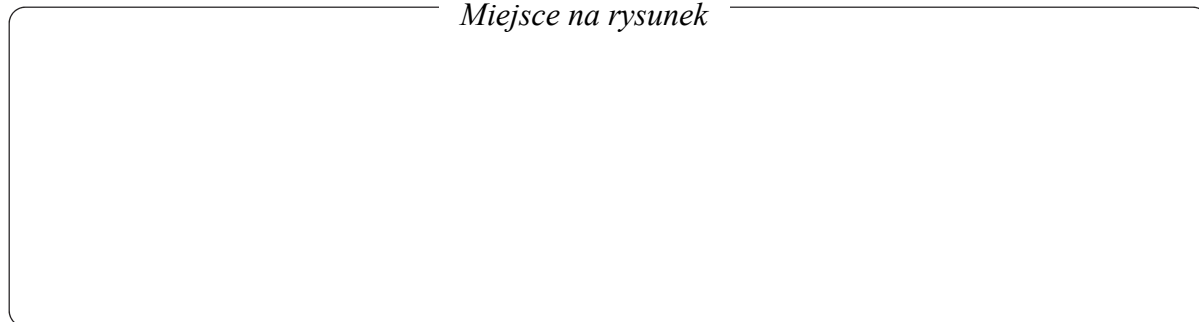
Do pomiaru siły elektromotorycznej (SEM) i oporu wewnętrznego baterii zastosowano woltmierz i zestaw 8 oporników o oporze 4Ω każdy. Wykonano sześć pomiarów. Odpowiednio łączono różne liczby oporników, dzięki czemu za każdym razem otrzymywano układ o innym oporze zastępczym. Następnie mierzono napięcie 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, 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

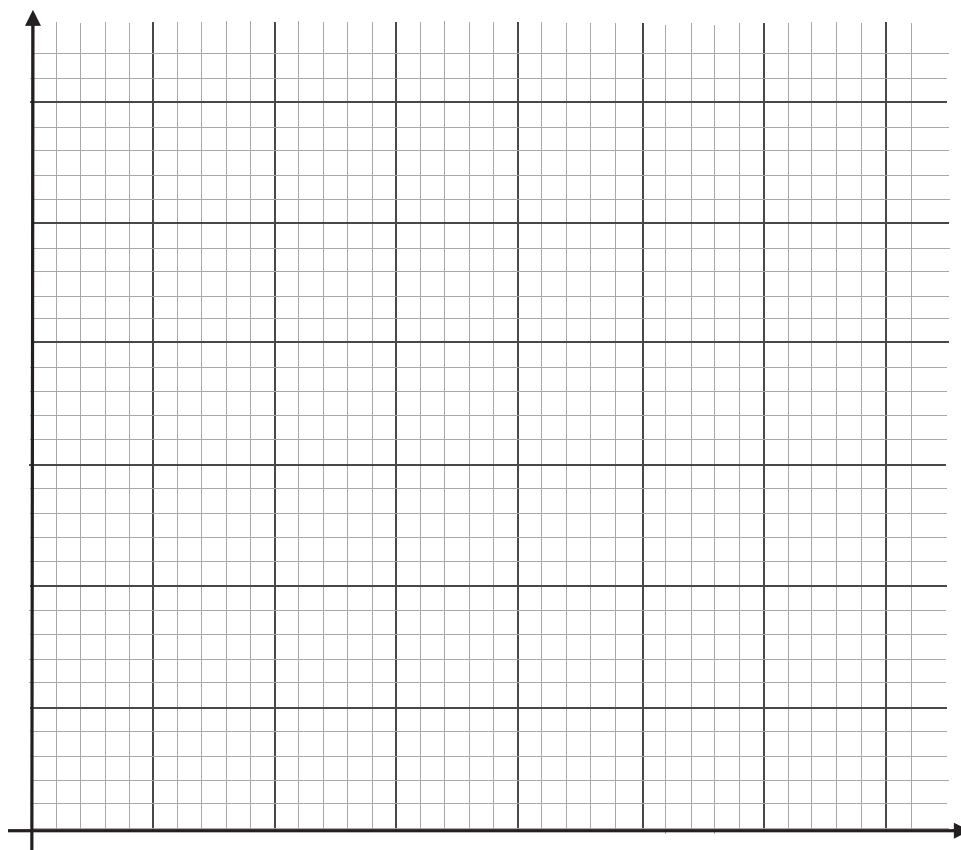
Zadanie 10.1. (0–1)

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

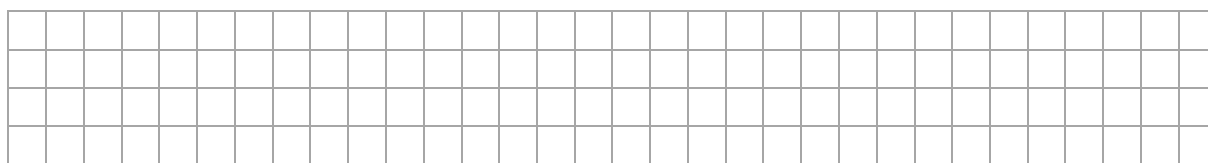
Miejsce na rysunek

**Zadanie 10.2. (0–4)**

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

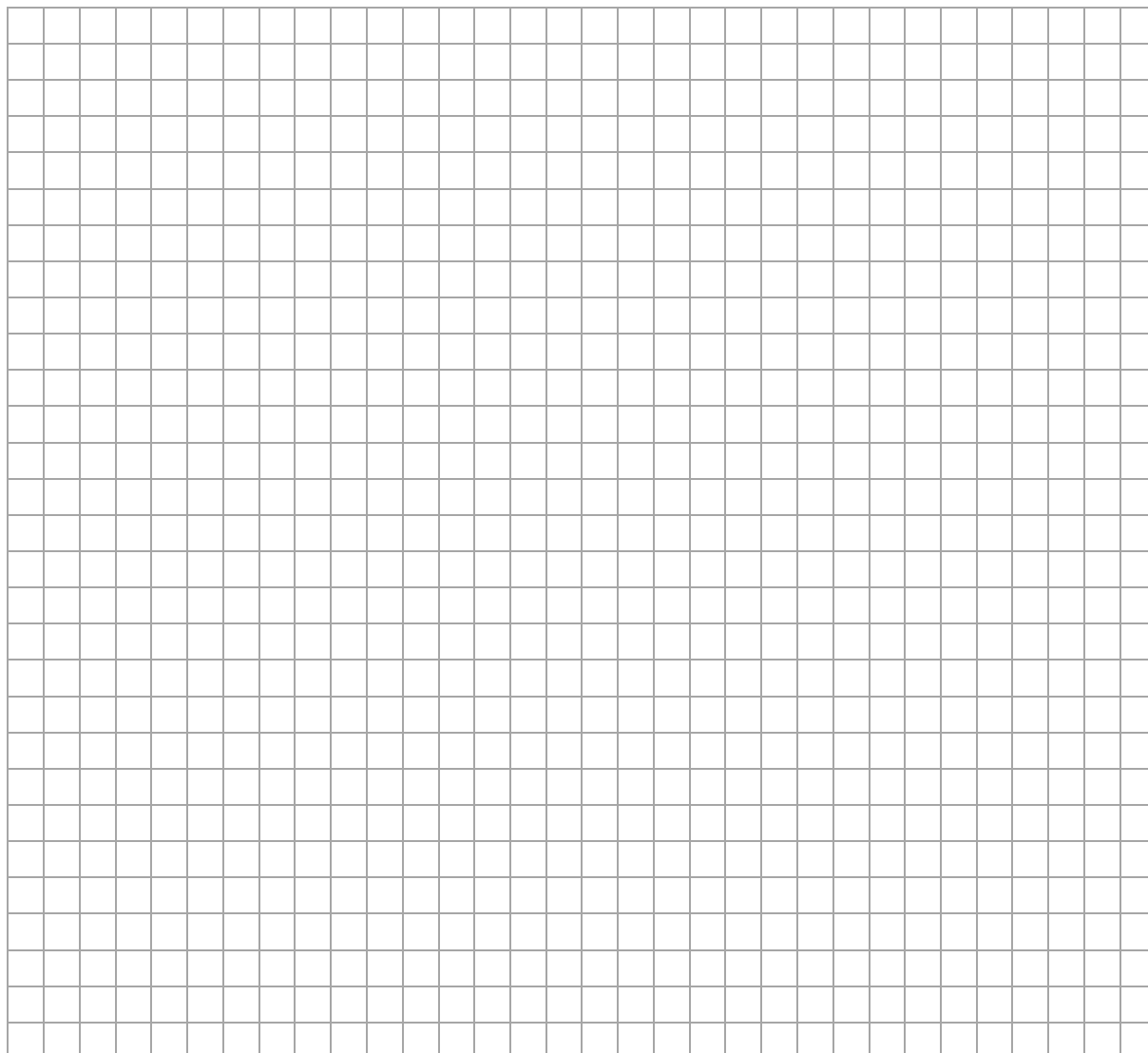


b) Oszacuj wartość SEM baterii na podstawie wykresu narysowanego w punkcie a) (bez wykonywania obliczeń).



Zadanie 10.3. (0–2)

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	10.1.	10.2.	10.3.
	Maks. liczba pkt	1	4	2
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 13.

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

Zadanie 13.1. (0–1)

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 13.2. (0–1)**

Wyniki doświadczenia opisanego w zadaniu 13. 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 zmieniała 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.

Zadanie 13.3. (0–1)

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 13.4. (0–3)

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.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	13.1.	13.2.	13.3.	13.4.
	Maks. liczba pkt	1	1	1	3
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 14. (0–1)

Źródło światła Z_1 emituje światło czerwone, a źródło światła Z_2 – zielone. Oba źródła emitują światło z tą samą mocą.

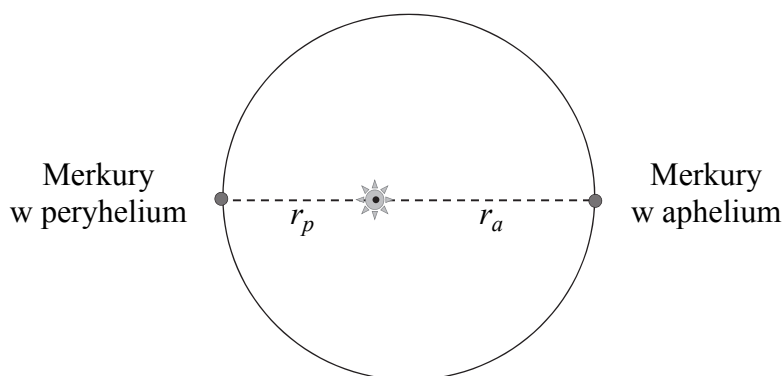
Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.

Liczba fotonów emitowanych w jednostce czasu przez źródło Z_1 w porównaniu z liczbą fotonów emitowanych w jednostce czasu przez źródło Z_2 jest

A.	większa,	ponieważ	1.	światło emitowane przez źródło Z_1 ma mniejszą częstotliwość.
B.	mniejsza,		2.	światło emitowane przez źródło Z_1 ma większą częstotliwość.
C.	taka sama,		3.	wartości mocy, z jakimi źródła emitują światło, zależą tylko od liczby fotonów wysyłanych w jednostce czasu.

Zadanie 15.

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 perihelium 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 perihelium jest równa 0,159 jednostki astronomicznej.



Wektor prędkości planety w każdym z tych punktów (perihelium i aphelium) jest prostopadły do promienia wodzącego – łączącego środek Słońca z planetą.

Zadanie 15.1. (0–1)

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 15.2. (0–3)

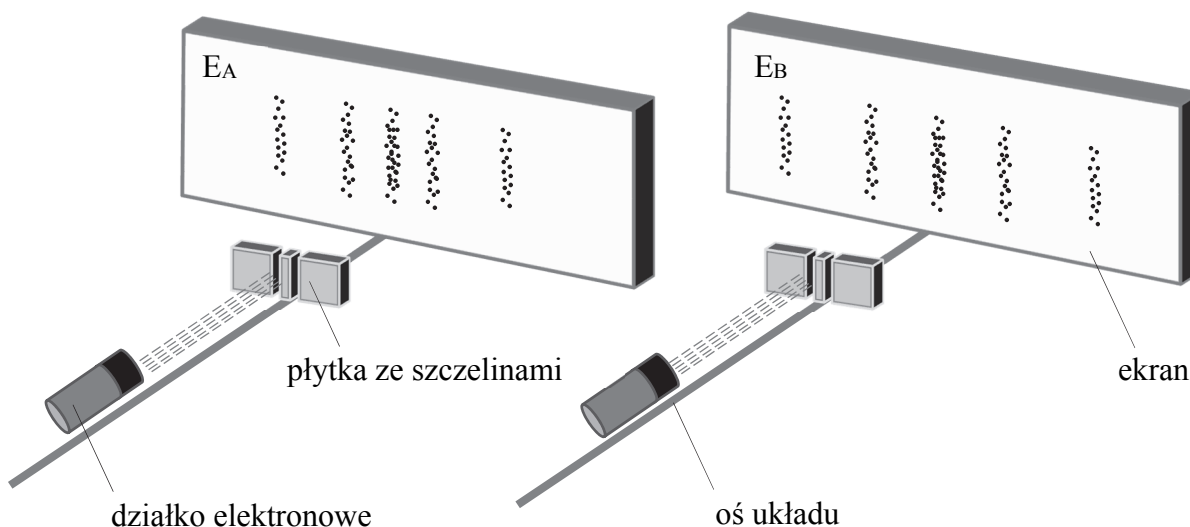
Oblicz prędkość liniową Merkurego względem Słońca, gdy znajduje się on w peryhelium.

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	14.	15.1.	15.2.	16.
	Maks. liczba pkt	1	1	3	1
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 16. (0–1)

Dwie wiązki elektronów skierowano prostopadłe na dwa jednakowe ekrany: E_A i E_B . W jednej z tych wiązek elektrony były rozpędzone do większych prędkości niż w drugiej wiązce. Przed każdym z ekranów, na drodze obu wiązek elektronów, znajdowała się płytka z układem dwóch równoległych, bardzo wąskich szczelin, leżących bardzo blisko siebie. Odległości pomiędzy szczelinami w obu płytkach były takie same, a ponadto odległości każdej z płytek do ekranu były sobie równe. Zaobserwowano, że elektrony padające na ekrany utworzyły różne obrazy w postaci prążków, podobne do tych, jakie ukazano na schematycznych rysunkach poniżej.



Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–B oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–4.

Wiązka elektronów rozpędzonych do większych prędkości utworzyła obraz na ekranie

A.	E_A ,	co można uzasadnić przez odwołanie się m.in. do	1.	wzoru na kąt Brewstera.
			2.	bilansu energii w zjawisku fotoelektrycznym.
B.	E_B ,		3.	prawa załamania fali na granicy ośrodków.
			4.	wzoru de Broglie'a.

BRUDNOPIS (*nie podlega ocenie*)

A large grid of graph paper, consisting of 20 columns and 30 rows of small squares, intended for writing a rough draft. The grid is empty and occupies most of the page.

**EGZAMIN MATURALNY
W ROKU SZKOLNYM 2017/2018**

FIZYKA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA OD 2015

(„NOWA MATURA”)

ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

MAJ 2018

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

Gdy wymaganie dotyczy materiału gimnazjum, dopisano (G), a gdy zakresu podstawowego IV etapu edukacyjnego, dopisano (P).

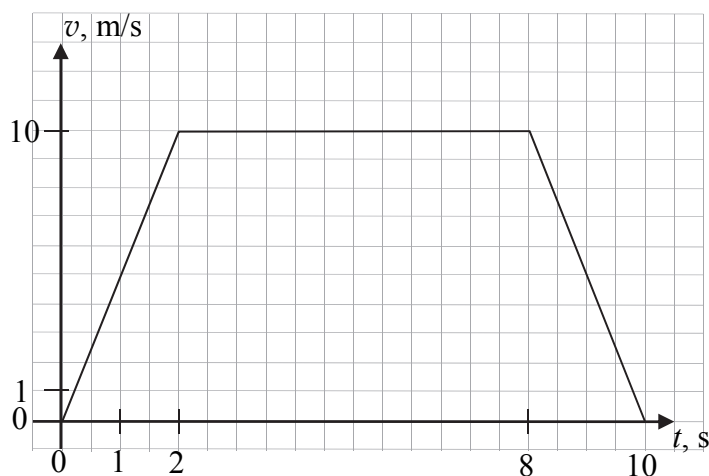
Zadanie 1.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymaganie szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu, 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych).

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.

Poprawne rozwiązanie



Zadanie 1.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością, i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

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 i wykonujemy obliczenia:

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

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

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

Sposób 2. (z równań ruchu)

Obliczamy drogę jaką przebył pierwszy samochód:

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

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

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

Obliczamy $v_{2\text{max}}$:

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

Zadanie 2. (0–2)

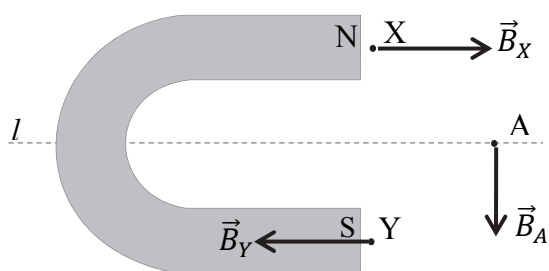
Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 5.1) (G) nazywa bieguny magnetyczne magnesów trwałych, 9.1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych, 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej [...] w polu magnetycznym.

Schemat punktowania

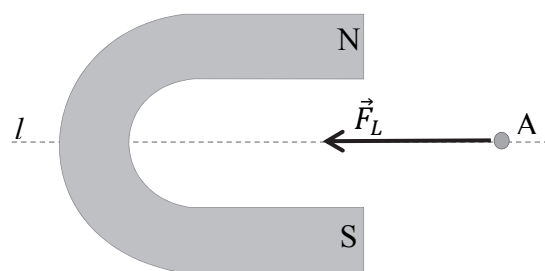
- 2 p. – prawidłowe narysowanie trzech wektorów indukcji magnetycznej w punktach X, A, Y oraz prawidłowe narysowanie siły działającej na cząstkę w punkcie A.
- 1 p. – prawidłowe narysowanie trzech wektorów indukcji magnetycznej w punktach X, A, Y (wektor indukcji magnetycznej w A musi mieć kierunek pionowy i zwrot w dół)
lub
– narysowanie siły działającej na cząstkę w punkcie A zgodnie z narysowanym pionowo wektorem indukcji magnetycznej
lub
– narysowanie poziomej siły działającej na cząstkę w punkcie A zgodnie z narysowaną linią pola (lub jej fragmentem przechodzącym przez A) o poprawnym kształcie i zaznaczonym zwrocie (w dowolnym miejscu linii).
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązaniaSposób 1.

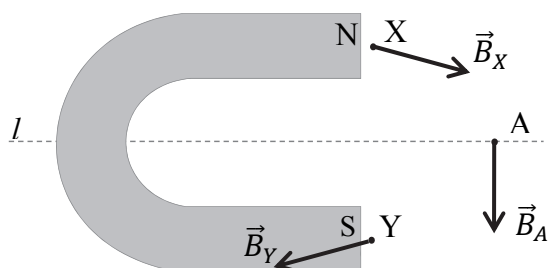
Rysunek do polecenia a).



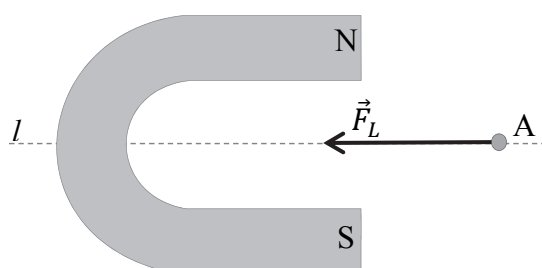
Rysunek do polecenia b).

Sposób 2. (wektory indukcji magnetycznej w X i Y mogą być narysowane ukośnie)

Rysunek do polecenia a).



Rysunek do polecenia b).



Zadanie 3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 7.2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego, 7.5) wyznacza pole elektrostatyczne na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego, 7.12) opisuje wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie ładunków w przewodniku, wyjaśnia działanie klatki Faradaya.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe wpisanie wartości natężenia pola elektrycznego w punktach B, C, D.

1 p. – prawidłowe wpisanie wartości natężenia pola elektrycznego w punkcie B
lub

– prawidłowe wpisanie wartości natężenia pola elektrycznego w punktach C i D.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

Punkt	A	B	C	D
Wartość natężenia pola elektrycznego	E	$\frac{E}{4}$	0	0

Zadanie 4. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 4.3) oblicza wartość i kierunek pola grawitacyjnego na zewnątrz ciała sferycznie symetrycznego, 4.4) wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe ustalenie relacji pomiędzy masami wszystkich planet oraz prawidłowe uzasadnienie odwołujące się do wzoru na przyspieszenie grawitacyjne w sferycznie symetrycznym, centralnym polu grawitacyjnym.

1 p. – zastosowanie wzoru na przyspieszenie grawitacyjne w polu centralnym sferycznie symetrycznym (lub równoważny opis słowny) i ustalenie prawidłowej relacji pomiędzy co najmniej dwoma masami
lub

– prawidłowe ustalenie relacji pomiędzy masami wszystkich planet bez uzasadnienia.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Ustalenie relacji pomiędzy masami planet:

$$M_2 > M_1 > M_3 > M_4$$

Uzasadnienie: dla ustalonego r , takiego, że $r > R_4$ odczytujemy z wykresu, że

$$a_{g2}(r) > a_{g1}(r) > a_{g3}(r) > a_{g4}(r)$$

Po zastosowaniu wzoru na przyspieszenie grawitacyjne w polu centralnym, sferycznie symetrycznym, mamy:

$$\frac{GM_2}{r^2} > \frac{GM_1}{r^2} > \frac{GM_3}{r^2} > \frac{GM_4}{r^2}$$

Z powyższego wynika, że

$$M_2 > M_1 > M_3 > M_4$$

Zadanie 5.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.4) (G) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona, 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał, 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał.

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

A3

Zadanie 5.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona, 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał, 1.12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia masy dosypanego piasku i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – zapisanie warunku z nierównością sił z uwzględnieniem ciężaru dosypanego piasku (dopuszcza się zapis bez wzoru na maksymalną siłę tarcia, np. $T_{\max} < (m_{\text{dolny}} + m)g$ lub analogiczny zapis z równością).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

Dosypujemy tyle piasku, aby siła napięcia nici działająca na górne pudełko była większa od maksymalnej siły tarcia statycznego (wprawienie w ruch).

Zatem:

$$\mu_s m_{gorny} g < (m_{dolny} + m)g \rightarrow m > \mu_s m_{gorny} - m_{dolny} \rightarrow m > 0,05 \text{ kg}$$

Masa piasku, jaką należy dosypać musi być większa od 0,05 kg.

Uwaga! Uznaje się za prawidłowe i równoważne powyższemu rozwiązanie, gdy do obliczenia minimalnej masy piasku zostanie napisany warunek równowagi sił:

$$\mu_s m_{gorny} g = (m_{dolny} + m)g \rightarrow m = \mu_s m_{gorny} - m_{dolny} \rightarrow m = 0,05 \text{ kg}$$

Zadanie 6.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze, 2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii, 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej i potencjalnej ciał w jednorodnym polu grawitacyjnym.

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

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

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

Zadanie 6.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.3) oblicza momenty sił, 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił), 2.5) wyznacza położenie środka masy.

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 rozwiązaniaSposób 1.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski:

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

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

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

Sposób 2.

Korzystamy z warunku równowagi momentów sił względem punktu podparcia deski:

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

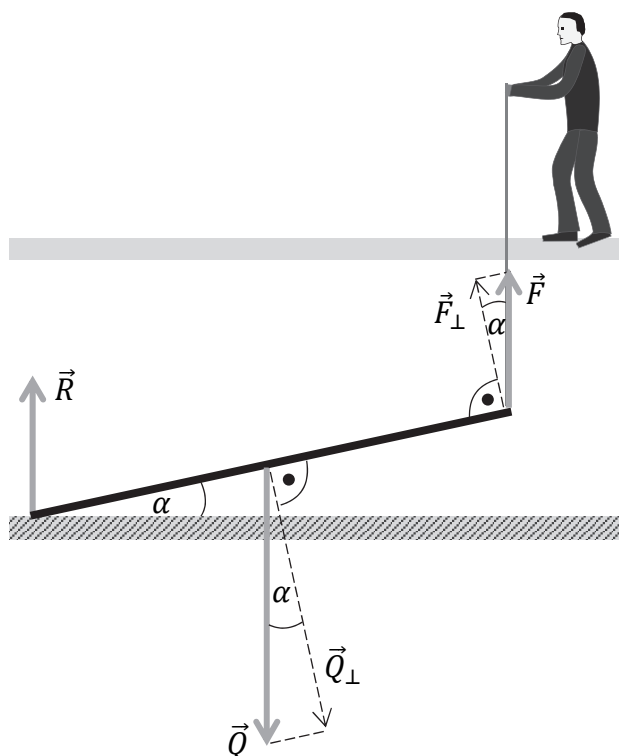
$$F = 98,1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$$

Sposób 3.

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

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

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



Zadanie 6.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 2.3) oblicza momenty sił, 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

B3

Zadanie 6.4. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.1) oblicza pracę siły na danej drodze, 2.4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił).

Schemat punktowania

1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

1. P 2. P 3. P

Zadanie 7.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu [...] podczas zjawiska odrzutu, 2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii.

Schemat punktowania

1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

1. P 2. F 3. F

Zadanie 7.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał [...] podczas zjawiska odrzutu, 2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii, 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej ciał [...].

Schemat punktowania

- 3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia prędkości chłopca A oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
- 2 p. – uwzględnienie relacji pomiędzy prędkościami chłopców po odepchnięciu się oraz zapisanie równości prac wraz z prawidłowym wykorzystaniem związków pomiędzy pracami i energiami kinetycznymi.
- 1 p. – uwzględnienie relacji pomiędzy prędkościami chłopców po odepchnięciu się ($v_A = v_B$)
lub
– zapisanie równości prac wraz z prawidłowym wykorzystaniem związków pomiędzy pracami i energiami kinetycznymi.
- 0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

W celu rozwiązania zadania korzystamy:

- 1) z założenia, że praca wykonana przez siły wprawiające układy w ruch, jest w obu doświadczeniach taka sama:

$$W_1 = W_2$$

- 2) ze związku pomiędzy pracą i zmianą energii kinetycznej w pierwszym doświadczeniu:

$$W_1 = E_{kin1\ kon} - E_{kin1\ pocz} = \frac{1}{2}m_A v^2 - 0$$

- 3) ze związku pomiędzy pracą i zmianami energii kinetycznych w drugim doświadczeniu:

$$W_2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 - 0 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 - 0$$

- 4) z zasady zachowania pędu układu (chłopcy A i B z deskorolkami) w drugim doświadczeniu i założenia o równości mas chłopców:

$$0 = m_A v_A - m_B v_B \text{ oraz } m_A = m_B$$

Z 4) uzyskujemy, że $v_A = v_B$. W związku z tym, na mocy 1), 2) i 3), możemy obliczyć prędkość, jaką uzyskał chłopiec A tuż po odepchnięciu się od B. Zatem:

$$\frac{1}{2}m_A v^2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \rightarrow v^2 = v_A^2 + v_B^2 \rightarrow v^2 = 2v_A^2 \rightarrow v_A = \frac{v}{\sqrt{2}} = 2,83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Uwaga! Zasada zachowania pędu może być zastąpiona innym argumentem. Podczas odepchnięcia, zgodnie z trzecią zasadą dynamiki, na obu chłopców działają siły o tych samych wartościach i przeciwnych zwrotach. Siły te, działające w tym samym czasie na takie same masy chłopców, nadadzą chłopcom prędkości o tych samych wartościach i przeciwnych zwrotach.

Zadanie 8.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego, 5.6) oblicza [...] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej, 5.1) stosuje równanie stanu gazu doskonałego do wyznaczenia parametrów gazu.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe podkreślenia w obu zdaniach.

1 p. – prawidłowe podkreślenia w jednym zdaniu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

- 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 8.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymienione ciepło i wykonaną pracę.

Schemat punktowania

1 p. – prawidłowe obliczenie sprawności silnika I.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

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

Zadanie 8.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 5.1) stosuje równanie stanu gazu doskonałego do wyznaczenia parametrów gazu, 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego, 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej, 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

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 ciepła 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:

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

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

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

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

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

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

Zadanie 9.1. (0–1)

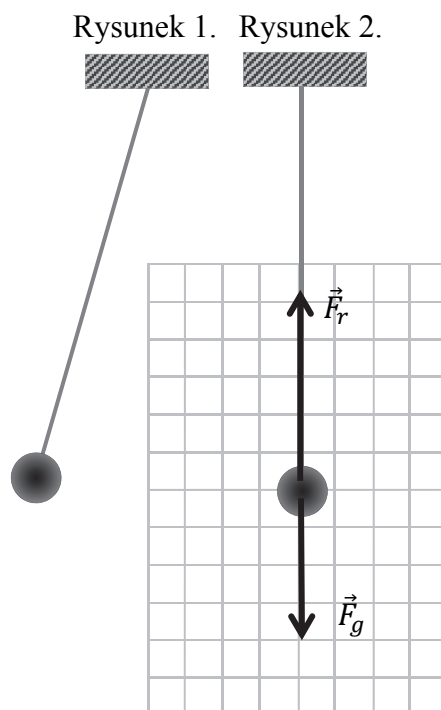
Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.2) (P) wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej, 1.1) wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe), 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

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 9.2. (0–2)**

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 6.3) oblicza okres drgań [...] wahadła matematycznego.

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 rozwiązaniaSposób 1.

Oszacujemy okres wahań, przyjmując układ za wahadło matematyczne.

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

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

Zastosujemy wzór na okres wahadła matematycznego o długości l :

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

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

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

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: $T = 4,91 \text{ s} \approx 4,9 \text{ s}$ oraz $t = 1,23 \text{ s} \approx 1,2 \text{ s}$; $T = 5,23 \text{ s} \approx 5,2 \text{ s}$ oraz $t = 1,31 \text{ s} \approx 1,3 \text{ s}$.

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:

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

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:

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

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

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

Zadanie 9.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 8.2) (G) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia, 12.7) krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku, 13.2) przeprowadza badania [...] polegające na opisie i analizie wyników [pomiarów] dotyczących: [...] ruchu wahadła.

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.

Poprawna odpowiedź

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 zawieszono 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 10.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

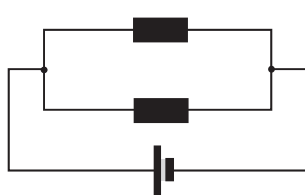
Schemat punktowania

1 p. – prawidłowe narysowanie schematu łączenia oporników.

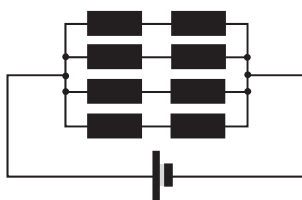
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązania

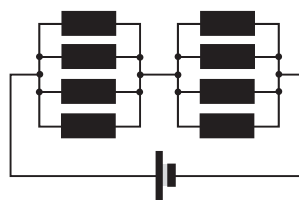
Sposób 1.



Sposób 2.



Sposób 3.



Zadanie 10.2. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 12.2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych), 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa [...], 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych, 12.7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń [...].

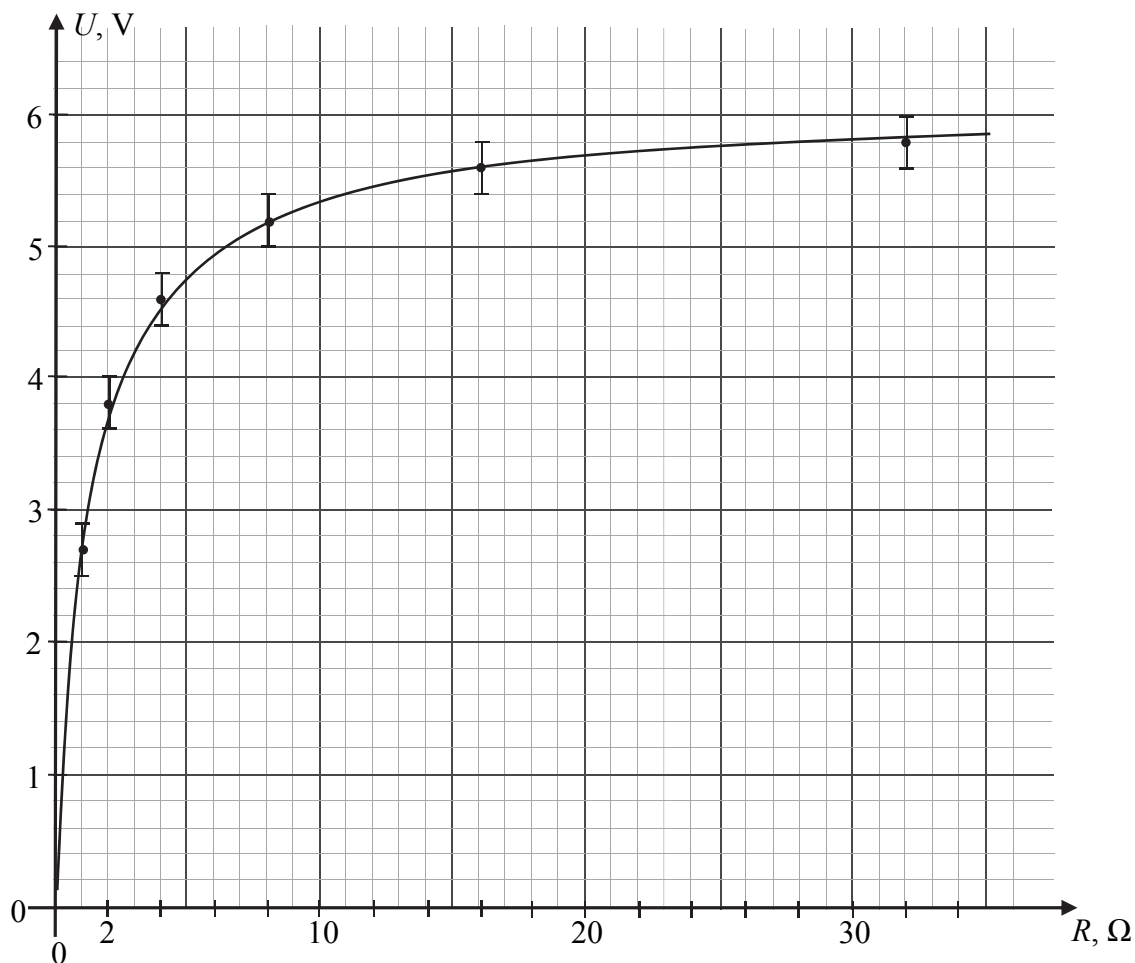
Schemat punktowania a)

- 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 opisanie 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.

Poprawne rozwiązanie a)



Poprawne rozwiązanie b)

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

Zadanie 10.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego, 4.9) (G) stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych, 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych, 12.3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem.

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:

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

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

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

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

l.p.	Nr pomiarów k oraz l	$U_k, \text{ V}$	$U_l, \text{ V}$	R_k, Ω	R_l, Ω	$\varepsilon_{SEM \text{ kl.}} \text{ V}$	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 11.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 10.6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

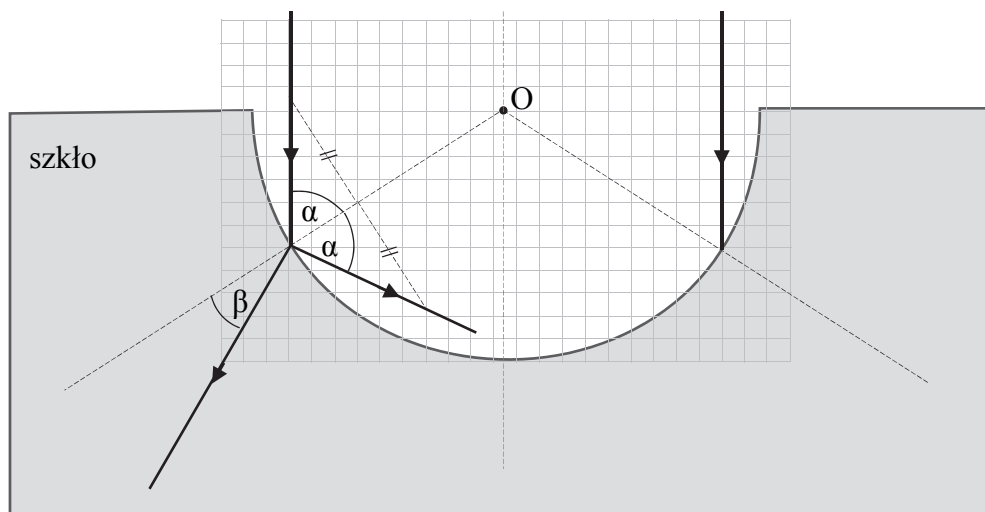
Schemat punktowania

2 p. – prawidłowo narysowane oba promienie: kąt odbicia musi być równy kątowi padania, a kąt załamania musi być mniejszy od kąta padania. Promień odbity musi wyraźnie kierować się w dół.

1 p. – prawidłowo narysowany jeden z promieni (odbity lub załamany).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie



Zadanie 11.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 7.5) (G) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszego optycznie i odwrotnie, 8.2) (G) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia.

Schemat punktowania

1 p. – prawidłowa odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

Opisany w zadaniu bieg promieni będzie możliwy, gdy bezwzględny współczynnik załamania dla tej cieczy jest równy bezwzględnemu współczynnikowi załamania szkła, w którym wykonano wydrążenie. W takiej sytuacji, na mocy prawa Snelliusa, kąt załamania promienia w cieczy będzie równy kątowi padania promienia na granicę cieczy i szkła.

lub

Opisany w zadaniu bieg promieni będzie możliwy, gdy prędkość światła w tej cieczy równa jest prędkości światła w szkłe, w którym wykonano wydrążenie. W takiej sytuacji, na mocy prawa Snelliusa, kąt załamania promienia w cieczy będzie równy kątowi padania promienia na granicę cieczy i szkła.

Uwaga! Uznawane są odpowiedzi, w których powołano się na równość „gęstości optycznych” cieczy i szkła.

Zadanie 12.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 6.12) opisuje fale stojące [...].

Schemat punktowania

1 p. – zaznaczenie poprawnej odpowiedzi.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

A

Zadanie 12.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 6.12) opisuje fale stojące [...].

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:

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

Zadanie 12.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 6.12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwbieżnie, 6.8) stosuje w obliczeniach związek pomiędzy parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością.

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 harmoniczej dla struny z unieruchomionymi końcami i zauważamy, że różnica kolejnych częstotliwości jest stała i równa częstotliwości pierwszej składowej harmoniczej:

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

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

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

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

Sposób 2.

Wyprowadzamy wzór na częstotliwość drgania n -tej składowej harmoniczej dla struny o długości d z unieruchomionymi końcami:

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

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

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

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

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

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

Sposób 3.

Korzystamy ze wzoru (lub wyprowadzamy ten wzór, jak powyżej) na częstotliwość drgania n -tej składowej harmoniczej dla struny z unieruchomionymi końcami:

$$f_n = n f_1$$

Podstawiamy dane i wyznaczamy f_1 :

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

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

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

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

Zadanie 13.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 3.1) (P) posługuje się pojęciami [...] jądro atomowe, 3.3) (P) wymienia właściwości promieniowania jądrowego α , 7.1) wykorzystuje prawo Coulomba, 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

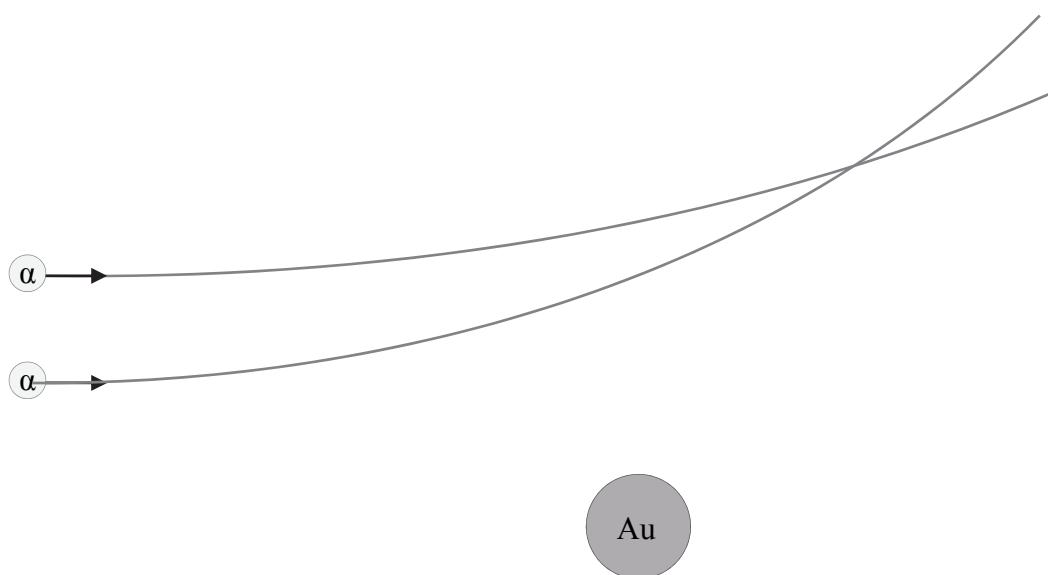
Schemat punktowania

1 p. – prawidłowo narysowane toru obu cząstek: oba toru odchylają się od jądra, a krzywizna toru cząstki poruszającej się bliżej jądra jest większa.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne 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 13.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.</p> <p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p>	<p>Zdający:</p> <p>3.1) (P) posługuje się pojęciami [...] jądro atomowe, [...] proton, [...] elektron; podaje skład jądra atomowego,</p> <p>12.8) przedstawia [...] tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki.</p>

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

C1

Zadanie 13.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.</p>	<p>Zdający: 3.1) (P) posługuje się pojęciami: [...] deficytu masy i energii wiązania.</p>

Schemat punktowania

1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

1. P 2. P 3. F

Zadanie 13.4. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
<p>III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.</p> <p>IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.</p>	<p>Zdający:</p> <p>3.1) (P) podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej,</p> <p>3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.</p>

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 $2 \cdot 79q_e^2$) 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:

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

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

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

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

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

Zadanie 14. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 2.4) (P) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii, 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła, 11.3) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali [...].

Schemat punktowania

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

Poprawna odpowiedź

A1

Zadanie 15.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej, 4.8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych, 12.8) przedstawia [...] główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Schemat punktowania

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

Poprawna odpowiedź

1. F 2. P 3. F

Zadanie 15.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu, 4.5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej, 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

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:

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

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:

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

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

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 16. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 11.5) określa długość fali de Broglie'a poruszających się cząstek, 6.10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na podstawie obrazu interferencyjnego, 10.3) opisuje doświadczenie Younga.

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

A4