CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

MFA 2019

UZUPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD	PESEL

miejsce na naklejkę

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI
POZIOM ROZSZERZONY

DATA: **20 maja 2019 r.**
GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**
CZAS PRACY: **180 minut**
LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

NOWA FORMUŁA

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 20 stron (zadania 1–12). 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.

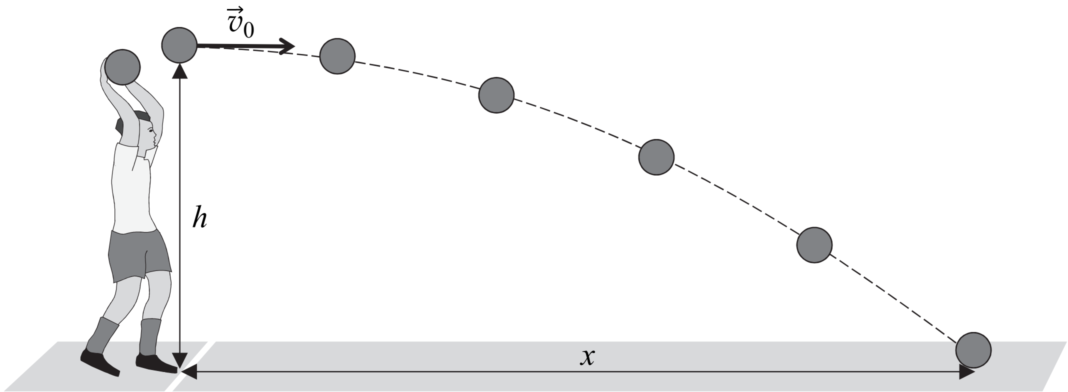
MFA-R1_1P-192

MFA 2019

Zadanie 1.

Rzut z autu jest elementem gry w piłkę nożną i polega na wprowadzeniu piłki do gry z linii bocznej boiska. Podczas wykonywania autu piłkarz rzuca piłkę oburącz zza głowy.

W zadaniach 1.1.–1.4. pomiń opory ruchu oraz przyjmij, że prędkość początkowa $\vec{v}_0$ piłki rzuconej z autu ma kierunek poziomy, a przyspieszenie ziemskie ma wartość $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$. Rysunek poniżej przedstawia położenia piłki podczas ruchu w jednakowych odstępach czasu.



Zadanie 1.1. (0–2)

Zawodnik podczas meczu wyrzuca piłkę z autu w kierunku poziomym. W momencie wyrzutu piłka znajduje się na wysokości $h = 1{,}96$ m ponad poziomą powierzchnią boiska.

Oblicz czas lotu piłki od momentu wyrzutu do chwili uderzenia piłki o ziemię.

Zadanie 1.2. (0–2)

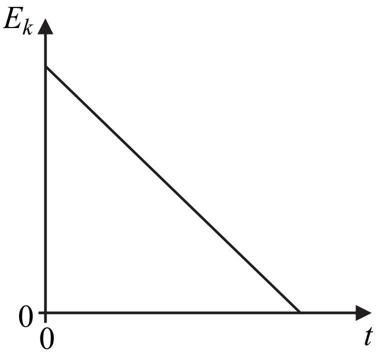
Piłka wyrzucona poziomo z autu, z wysokości $h = 1{,}96$ m, spadła na boisko w odległości $x = 5{,}10$ m – jeśli zmierzyć w kierunku poziomym od miejsca wyrzutu (zobacz rys. powyżej).

Oblicz wartość v_0 prędkości początkowej piłki.

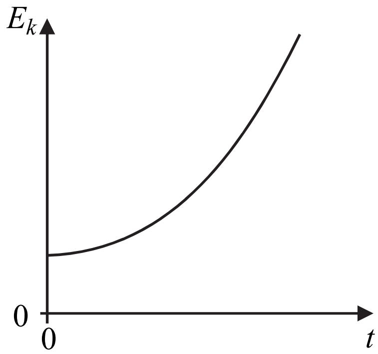
Zadanie 1.3. (0–1)

Spośród rysunków A–D wybierz i zaznacz rysunek z wykresem prawidłowo przedstawiającym zależność energii kinetycznej E_k od czasu t lotu piłki rzuconej poziomo.

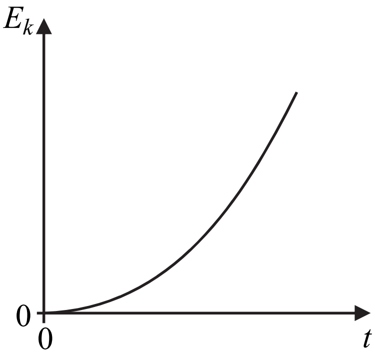
Osie na poniższych wykresach wyskalowano liniowo, a wykresy na rysunkach B, C, D są fragmentami parabol.



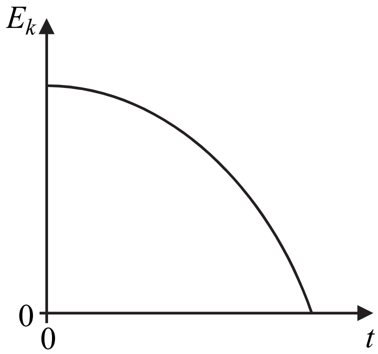
A.



B.



C.



D.

Zadanie 1.4. (0–1)

Piłkę P_1 rzucono poziomo (jak w opisie zadania 1.), a piłkę P_2 (taką samą jak P_1) upuszczono swobodnie z tej samej wysokości. Czas lotu piłki P_1 do momentu uderzenia w ziemię oznaczymy jako t_1, a wartość prędkości tej piłki tuż przed uderzeniem w ziemię oznaczymy jako v_1. Analogicznie – czas lotu piłki P_2 do momentu uderzenia w ziemię oznaczymy jako t_2, a wartość prędkości tej piłki tuż przed uderzeniem w ziemię oznaczymy jako v_2.

Uzupełnij zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź wybraną spośród A–C oraz wybraną spośród 1–3.

Odpowiedzi udzielaj zgodnie z modelem zjawiska, w którym pomijamy opory powietrza.

Zależność między czasami lotu obu piłek określa relacja **A | B | C**, a zależność między wartościami prędkości piłek tuż przed uderzeniem w ziemię określa relacja **1 | 2 | 3**.

A. $t_1 = t_2$ **1.** $v_1 = v_2$

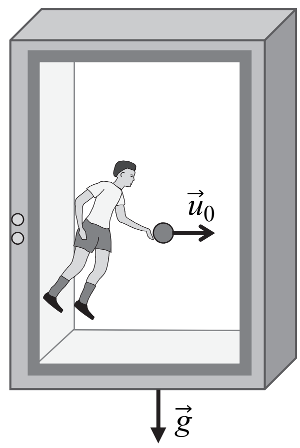
B. $t_1 > t_2$ **2.** $v_1 > v_2$

C. $t_1 < t_2$ **3.** $v_1 < v_2$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.
	Maks. liczba pkt	2	2	1	1
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 2. (0–1)

Rozważmy hipotetyczną sytuację, w której zawodnik z piłką znajdował się przez pewien czas w kabinie spadającej swobodnie z przyspieszeniem ziemskim $\vec{g}$. Kabina podczas spadania nie obraca się. W pewnym momencie piłkarz – znajdujący się w stanie nieważkości – lekko rzucił piłkę. Prędkość początkowa $\vec{u}_0$ rzuconej piłki, określona względem kabiny, ma kierunek równoległy do podłogi kabiny (zobacz rys. obok). Opory powietrza pomijamy.



Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród A–D.

Ruch piłki w układzie odniesienia związanym z kabiną, od momentu odrzucenia jej przez zawodnika do chwili uderzenia piłki w ścianę kabiny, będzie odbywał się

A. wzdłuż linii prostej równoległej do podłogi kabiny, ze stałą prędkością.

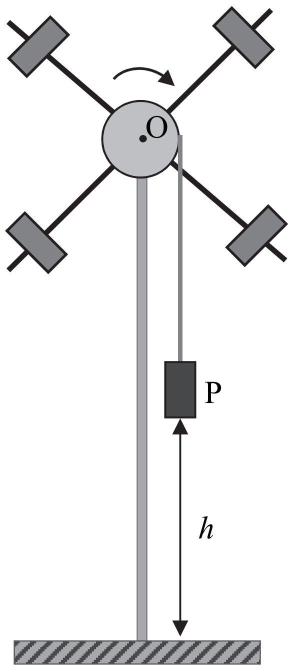
B. wzdłuż ramienia paraboli skierowanego w górę, z przyspieszeniem skierowanym w górę.

C. wzdłuż ramienia paraboli skierowanego w dół, z przyspieszeniem skierowanym w dół.

D. wzdłuż linii prostej równoległej do podłogi kabiny, z niezerowym przyspieszeniem.

Zadanie 3.

Uczniowie badali zależność ruchu bryły sztywnej od jej momentu bezwładności. W tym celu wykorzystali przyrząd zwany wahadłem Oberbecka. Obracająca się część przyrządu jest zbudowana z jednorodnego walca i czterech prętów zamocowanych na tym walcu. Pręty leżą w jednej płaszczyźnie, są do siebie prostopadłe, a walec może swobodnie się obracać wokół swojej osi symetrii O. Oś O jest nieruchoma i pozioma. Ponadto na prętach zamocowane są jednakowe obciążniki, które można mocować w różnej odległości od walca (zobacz rys. obok). Opisaną bryłę wprawia się w ruch obrotowy za pomocą ciężarka P zawieszonego na lekkiej nierozciągliwej nitce nawiniętej na walec. Podczas ruchu ciężarka w dół nitka nie ślizga się po walcu.

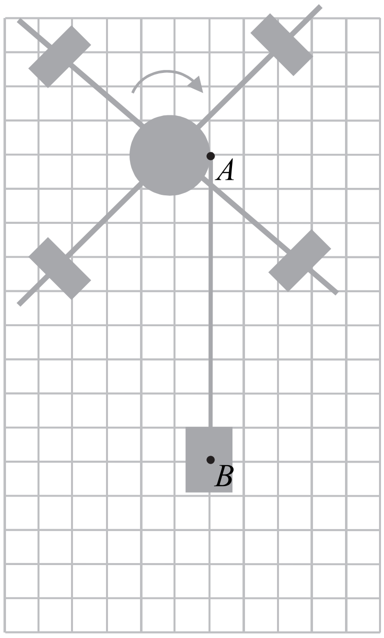


Uczniowie mierzyli czas t opuszczania się ciężarka P z wysokości h. Doświadczenie powtarzano, ale za każdym razem modyfikowano jego warunki – w kolejnych próbach obciążniki mocowano w innych miejscach na prętach albo zmieniano wysokość, z której opuszcza się ciężarek. Rozmieszczenie obciążników pozostawało za każdym razem symetryczne, tzn. obciążniki były położone w jednakowych odległościach od osi obrotu. W chwili początkowej każdego z doświadczeń cały układ spoczywał.

Pomijamy wpływ oporów powietrza oraz tarcia pomiędzy walcem a osią obrotu, pomijamy także masę nitki.

Zadanie 3.1. (0–2)

Gdy ciężarek opuszcza się ruchem przyspieszonym, to działają na niego dwie siły: $\vec{F}_B$ – siła reakcji napiętej nitki oraz $\vec{F}_g$ – siła grawitacji (przyjmij, że obie te siły są zaczepione w punkcie B). Natomiast na walec w punkcie A działa siła $\vec{F}_A$ – siła reakcji napiętej nitki.



Na rysunku powyżej dorysuj wektory wymienionych sił <u>wraz z ich oznaczeniem</u>. Zachowaj relacje (większy, równy, mniejszy) między wartościami narysowanych wektorów i zapisz te relacje – wstaw w miejsca poniżej jeden ze znaków: >, =, <.

Uwaga: kratka na rysunku może pomóc w poprawnym narysowaniu wektorów sił.

1) F_B .... F_g **2)** F_B .... F_A

Zadanie 3.2. (0–5)

Wartość a przyspieszenia opadającego ciężarka uczniowie wyznaczyli przy użyciu stopera, przymiaru liniowego i po przyjęciu założenia, że a jest stałe. Zmierzono czas t = 1,6 s opadania ciężarka z wysokości h = 0,960 m.

a) Zapisz wzór pozwalający obliczyć wartość *a* przyspieszenia ciężarka na podstawie zmierzonych *t* i *h*. Oblicz *a*.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.	3.1.
	Maks. liczba pkt	1	2
	Uzyskana liczba pkt		

Dodatkowa informacja do zadania 3.2.

Gdy wielkości fizyczne y oraz x wiąże zależność $y = f(x)$, to y można wyznaczyć z pomiaru x. Wtedy, jeśli znana jest niepewność pomiarowa Δx wielkości x, to jej wkład do niepewności pomiarowej Δy wielkości y można określić następująco:

$$\Delta y = \frac{1}{2} \left| f(x + \Delta x) - f(x - \Delta x) \right|$$

W opisanym doświadczeniu wartość a przyspieszenia ciężarka zależy od dwóch mierzonych wielkości: t i h.

b) Oblicz niepewność wyznaczenia a **przy założeniu, że pomiar** t **jest dokładny, a pomiar** h **wykonano z niepewnością** $\Delta h = 5$ mm.

c) Oblicz niepewność wyznaczenia a **przy założeniu, że pomiar** h **jest dokładny, a pomiar** t **wykonano z niepewnością** $\Delta t = 0{,}1$ s.

d) Ustal i zapisz, która z niepewności: $\Delta t = 0{,}1$ s **czy** $\Delta h = 5$ mm**, w większym stopniu wpływa na niepewność wyznaczenia przyspieszenia. Uzasadnij odpowiedź.**

Zadanie 3.3. (0–3)

Po wyznaczeniu wartości a przyspieszenia ciężarka uczniowie postanowili wyznaczyć moment bezwładności I (względem osi O) obracającej się części wahadła Oberbecka. W tym celu skorzystali ze wzoru:

$$I = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

gdzie: m – masa ciężarka P, r – promień walca, g – wartość przyspieszenia ziemskiego.

Wyprowadź powyższy wzór. Użyj jednej z metod: skorzystaj z równań dynamiki dla ruchu ciężarka i ruchu walca albo z zasady zachowania energii mechanicznej.

Zadanie 3.4. (0–2)

Podkreśl właściwe określenia wybrane spośród podanych w nawiasach, tak aby dokończenia zdań 1. i 2. były prawdziwe.

Gdy w kolejnym doświadczeniu obciążniki zamocowano bliżej osi obrotu walca, to

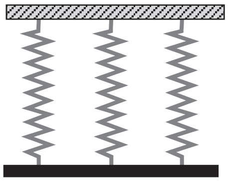
1. moment bezwładności układu czterech obciążników (*wzrósł / zmalał / nie uległ zmianie*).
2. siła napięcia nitki (*wzrosła / zmalała / nie uległa zmianie*).

Wypełnia egzaminator	**Nr zadania**	**3.2.**	**3.3.**	**3.4.**
	Maks. liczba pkt	**5**	**3**	**2**
	Uzyskana liczba pkt			

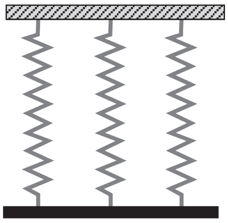
Zadanie 4. (0–4)

Pręt zawieszono poziomo na trzech identycznych, bardzo lekkich sprężynach, których górne końce przymocowano do sufitu (zobacz rys. 1.). Następnie ten pręt wychylono w kierunku pionowym z położenia równowagi sił, po czym puszczono. Skutkiem tego pręt wraz z układem sprężyn został wprawiony w drgania o kierunku pionowym tak, że położenie chwilowe pręta zawsze było poziome (zobacz rys. 2.–4.). Częstotliwość drgań opisanego układu była równa f_1.

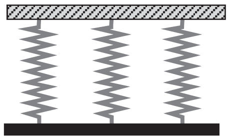
Rysunek 1.



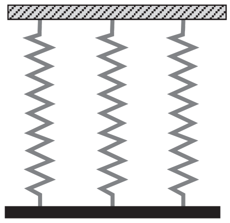
Rysunek 2.



Rysunek 3.

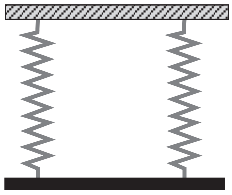


Rysunek 4.



Następnie z układu usunięto środkową sprężynę (zobacz rys. 5.), a całość ponownie wprawiono w ruch drgający, podobny do opisanego powyżej. Częstotliwość drgań układu po usunięciu środkowej sprężyny była równa f_2.

Rysunek 5.



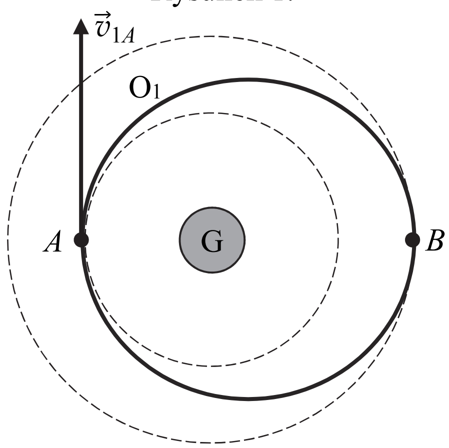
Oblicz stosunek częstotliwości $\frac{f_1}{f_2}$. Uzyskany wynik liczbowy zapisz z dokładnością <u>do czterech cyfr znaczących</u>. Pomiń opory ruchu.

Zadanie 5. (0–3)

Trzy planety poruszają się w centralnym polu grawitacyjnym gwiazdy G po orbitach O_1, O_2 i O_3. Wszystkie planety obiegają gwiazdę w jedną stronę, a ich orbity leżą w jednej płaszczyźnie. Orbita O_1 jest eliptyczna (rys. 1.), natomiast orbity O_2 i O_3 są kołowe (rys. 2. oraz 3.). Punkt *A* jest punktem stycznym orbit O_1 i O_2, a punkt *B* jest punktem stycznym orbit O_1 i O_3. Zakładamy, że planety nie zderzają się w tych punktach, a ponadto pomijamy oddziaływanie pomiędzy planetami.

Na rys. 1. narysowano i oznaczono wektor prędkości planety na orbicie O_1 w punkcie *A*. Wektor prędkości tej samej planety na orbicie O_1 w punkcie *B* oznaczymy $\vec{v}_{1B}$, natomiast wektor prędkości planety na orbicie O_2 w punkcie *A* oznaczymy $\vec{v}_{2A}$, a wektor prędkości planety na orbicie O_3 w punkcie *B* oznaczymy $\vec{v}_{3B}$.

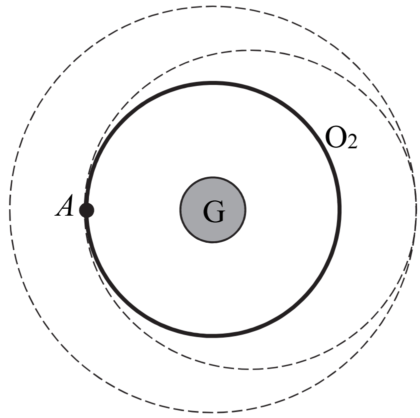
Rysunek 1.



W wykropkowane miejsca poniżej wpisz właściwe relacje: większy, równy, mniejszy (>, =, <), między wartościami prędkości planet w danych punktach na poszczególnych orbitach.

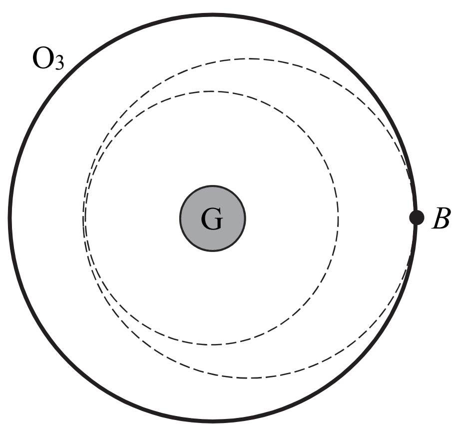
a) v_{1A} .... v_{1B} (analizuj rys. 1.)

Rysunek 2.



b) v_{2A} .... v_{3B} (analizuj rys. 2. i rys. 3.)

Rysunek 3.



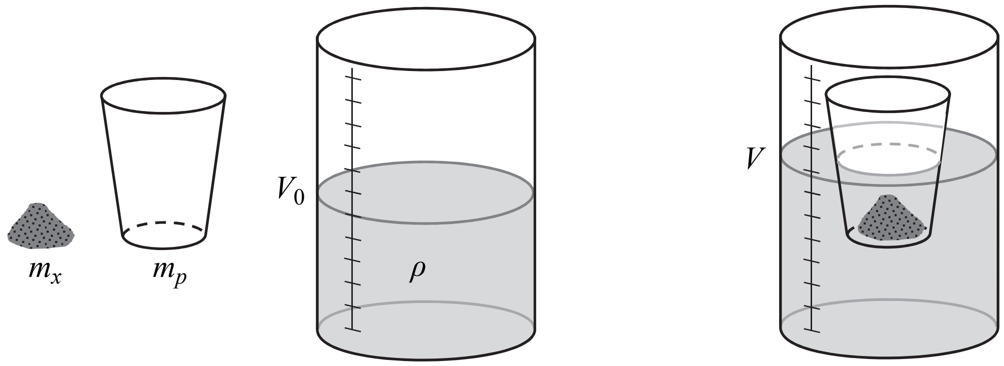
c) v_{1B} .... v_{3B} (analizuj rys. 1. i rys. 3.)

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	4.	5.
	Maks. liczba pkt	4	3
	Uzyskana liczba pkt		

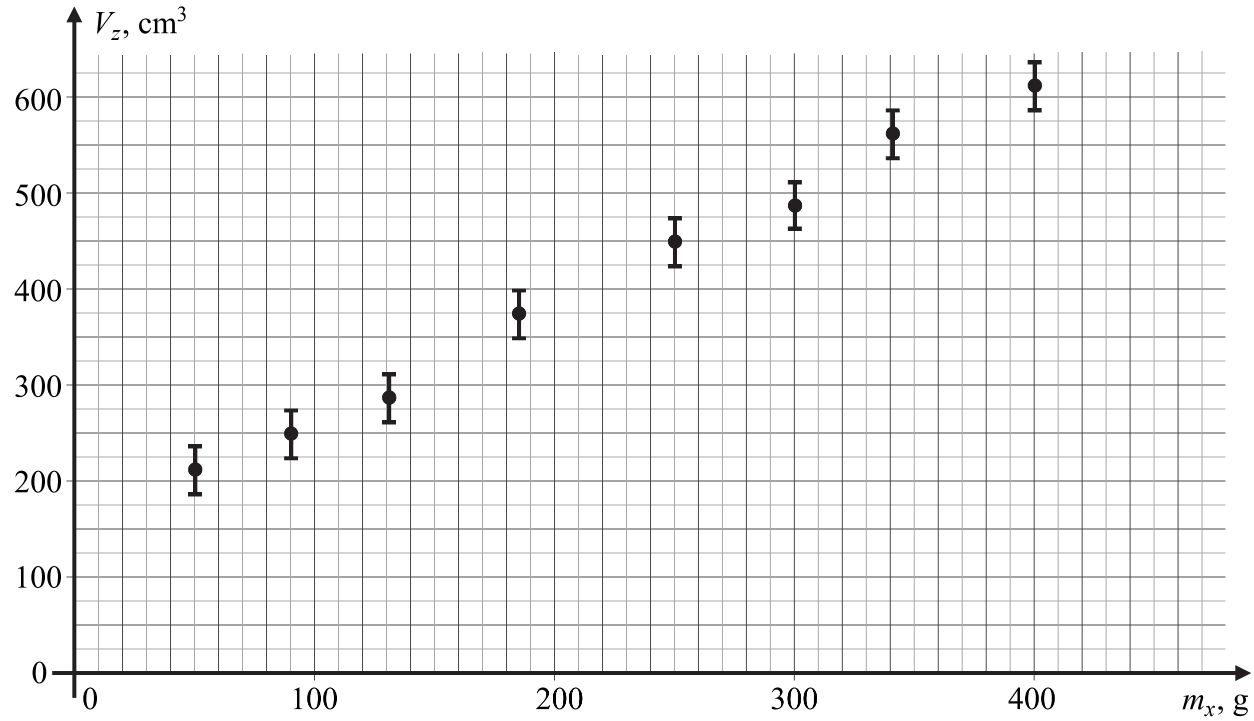
Zadanie 6.

Uczniowie zamierzali wyznaczyć gęstość ρ pewnej cieczy. Mieli do dyspozycji piasek, szklane naczynie ze skalą objętości, mniejszy pojemnik (zobacz rys. 1.) oraz wagę. Masę mniejszego pustego pojemnika oznaczymy jako m_p. Do szklanego naczynia uczniowie wlali badaną ciecz o objętości V_0, a do pojemnika wsypali porcję piasku. Następnie pojemnik umieścili w naczyniu z cieczą tak, aby pływał (zobacz rys. 2.). W kolejnych etapach doświadczenia uczniowie dosypywali do pojemnika piasek, a pojemnik wciąż pływał. Całkowita masa piasku m_x w pojemniku była znana, ponieważ uczniowie za każdym razem ważyli porcję dosypywanego piasku. Po dosypaniu piasku uczniowie odczytywali na skali objętość V, jaką zajmuje ciecz razem z zanurzoną częścią pojemnika z piaskiem. Objętość V_z zanurzonej części mniejszego pojemnika uczniowie wyznaczali po odjęciu objętości cieczy V_0 od objętości V.

Rysunek 1. Rysunek 2.



Wyniki pomiarów przeprowadzonych podczas doświadczenia przedstawiono na poniższym wykresie. Zaznaczono punkty pomiarowe (m_x, V_z) oraz niepewności ΔV_z. Pomiary masy piasku m_x przyjęto za dokładne.



Uczniowie uznali, że zależność między objętością V_z zanurzonej części pojemnika z piaskiem a masą piasku m_x w tym pojemniku jest liniowa, czyli że opisuje ją wyrażenie:

$$V_z = A \cdot m_x + B \qquad \text{dla pewnych współczynników } A \text{ i } B$$

Zadanie 6.1. (0–3)

a) **Na wykresie zamieszczonym w opisie zadania 6. narysuj prostą najlepiej dopasowaną do danych eksperymentalnych przedstawionych na tym wykresie.**

b) **Na podstawie wykresu prostej wyznacz objętość zanurzonej części pojemnika, gdyby pływał i nie było w nim piasku.**

c) **Na podstawie danych odczytanych z wykresu prostej oblicz współczynnik** A**.**

Zadanie 6.2. (0–5)

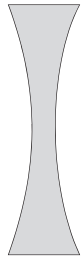
a) **Zapisz warunek równowagi sił działających na pływający pojemnik z piaskiem i wyraź zapisany warunek za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania 6.**

b) **Wyprowadź dwa wzory: wzór przedstawiający zależność współczynnika** A **od gęstości cieczy** ρ **oraz wzór przedstawiający zależność współczynnika** B **od gęstości cieczy** ρ **i masy pustego pojemnika** m_p.

c) **Oblicz gęstość cieczy** ρ**. Przyjmij, że współczynnik** A **wynosi** $1{,}2\ \text{cm}^3/\text{g}$.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	6.1.	6.2.
	Maks. liczba pkt	3	5
	Uzyskana liczba pkt		

Zadanie 7.



Rozważamy soczewkę dwuwklęsłą (zobacz rys. obok) wykonaną ze szkła o bezwzględnym współczynniku załamania światła $n = 1{,}6$.

Zadanie 7.1. (0–1)

Opisaną soczewkę umieszczano w różnych ośrodkach. Wartości bezwzględnych współczynników załamania światła dla tych ośrodków podano w tabeli poniżej.

Spośród ośrodków 1.–5. podanych w tabeli wybierz i zaznacz tylko te ośrodki, w których opisana soczewka jest skupiająca. Uwzględnij <u>wszystkie</u> możliwości.

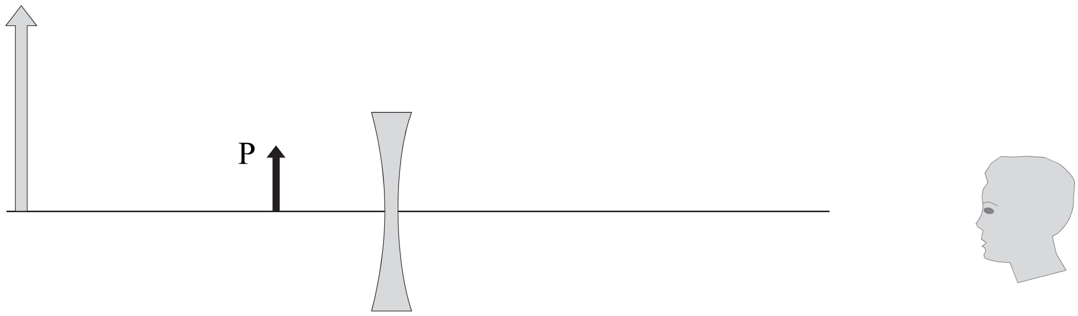
Ośrodek 1.	Ośrodek 2.	Ośrodek 3.	Ośrodek 4.	Ośrodek 5.
$n_1 = 1{,}1$	$n_2 = 1{,}7$	$n_3 = 2{,}2$	$n_4 = 1{,}6$	$n_5 = 1{,}5$

Zadanie 7.2. (0–1)

Tylko jeden spośród poniższych czterech rysunków A–D przedstawia prawidłowe położenie obrazu przedmiotu P – obrazu widzianego przez obserwatora i uzyskanego przy pomocy opisanej soczewki umieszczonej w powietrzu (obraz przedmiotu P przedstawia szara strzałka).

Spośród rysunków A–D wybierz i zaznacz rysunek prawidłowo przedstawiający obraz przedmiotu P widziany przez obserwatora patrzącego z prawej strony soczewki.

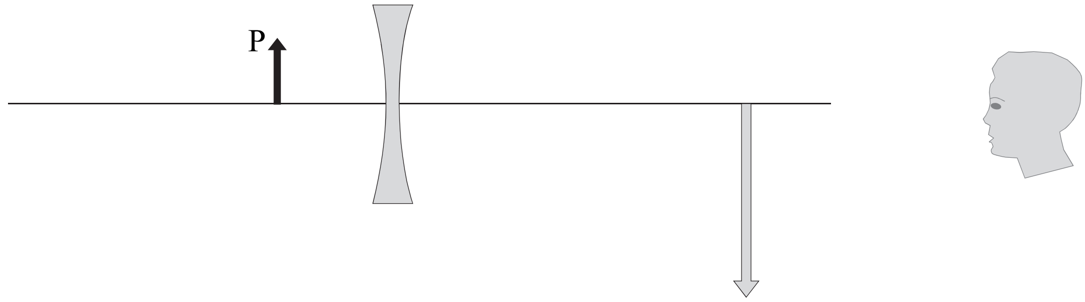
A.



B.

C.

D.

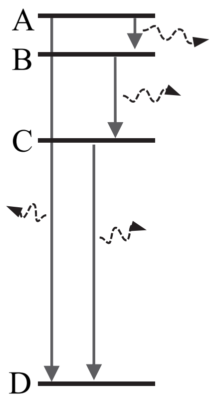


Zadanie 7.3. (0–2)

Opisana w zadaniu 7. soczewka dwuwklęsła znajduje się w powietrzu. W odległości 0,4 m od soczewki, na jej osi optycznej, ustawiono przedmiot. Obserwator widzi obraz tego przedmiotu, który to obraz jest w odległości 0,25 m od soczewki.

Oblicz ogniskową tej soczewki.

Zadanie 8. (0–3)



Rozważamy przejścia elektronu pomiędzy wybranymi poziomami energetycznymi A, B, C, D w pewnym atomie. Elektron może przechodzić z poziomu A do poziomu B, z poziomu B do poziomu C oraz z poziomu C do poziomu D. Ponadto możliwe jest bezpośrednie przejście elektronu z poziomu A do poziomu D (zobacz rys. obok). Długości fal fotonów emitowanych podczas tych przejść oznaczymy odpowiednio: λ_{AB}, λ_{BC}, λ_{CD}, λ_{AD}.

Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć – <u>tylko</u> na podstawie danych wielkości: λ_{AB}, λ_{BC}, λ_{CD} – długość fali λ_{AD} fotonu emitowanego przy przejściu elektronu bezpośrednio z poziomu A do poziomu D.

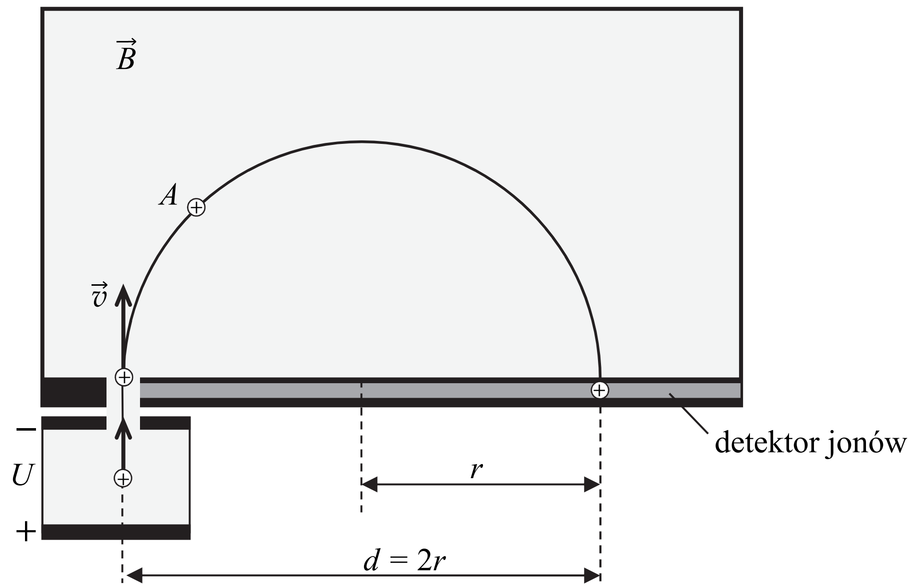
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	7.1.	7.2.	7.3.	8.
	Maks. liczba pkt	1	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 9.

Dodatnie jony wpadają w obszar jednorodnego pola magnetycznego tak, że ich prędkości są prostopadłe do wektora indukcji magnetycznej. W obszarze pola magnetycznego tor jonu jest okręgiem (lub fragmentem okręgu). Promienie tych okręgów zależą od wartości prędkości jonów, ich masy, ładunku elektrycznego oraz od wartości indukcji pola magnetycznego.

Powyższe zjawisko wykorzystuje się do wyznaczania masy jonów. W tym celu początkowo spoczywające jony najpierw przyspiesza się w polu elektrycznym napięciem U. Rozpędzone jony uzyskują pewną prędkość, z którą opuszczają obszar pola elektrycznego i wpadają w obszar jednorodnego pola magnetycznego o wektorze indukcji $\vec{B}$, prostopadłym do wektora prędkości jonu $\vec{v}$. Jony zakreślają w polu magnetycznym półokręgi, po czym wpadają do detektora w odległości d (zależącej m.in. od masy jonów) od źródła jonów (zobacz rys. poniżej).

Zakładamy, że jony poruszają się w próżni, oraz pomijamy wpływ innych pól na ruch jonów.



Zadanie 9.1. (0–2)

a) **Na powyższym rysunku narysuj w punkcie *A* wektor siły magnetycznej Lorentza działającej na jon dodatni. Zaznacz dokładny kierunek i zwrot tej siły.**

b) **Na rysunku przy symbolu wektora indukcji magnetycznej $\vec{B}$ narysuj zwrot tego wektora.**

Użyj w tym celu jednego z symboli:

⊙ – oznaczającego zwrot przed płaszczyznę rysunku (w stronę do patrzącego) LUB

⊗ – oznaczającego zwrot za płaszczyznę rysunku, LUB

→ – oznaczającego zwrot w prawo, LUB

← – oznaczającego zwrot w lewo.

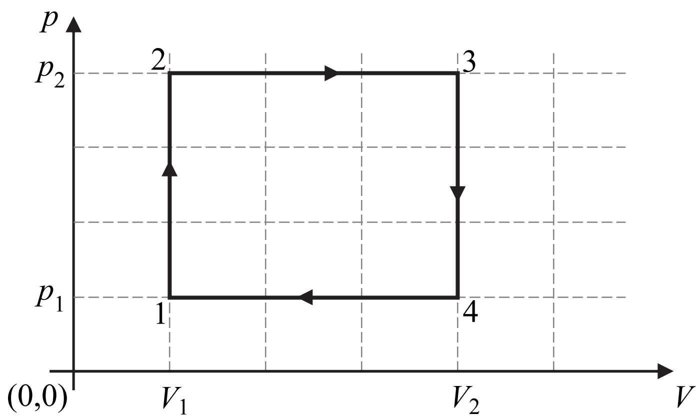
Zadanie 9.2. (0–3)

W doświadczeniu opisanym w zadaniu 9. znane są wartość B wektora indukcji magnetycznej, napięcie U przyspieszające jony oraz jest mierzona odległość d.

Wyprowadź wzór pozwalający na wyznaczenie masy jednokrotnie zjonizowanego jonu w zależności od wartości U, B, d i wartości e ładunku elementarnego.

Zadanie 10.

Na wykresie poniżej, w płaszczyźnie parametrów (V, p) – objętości i ciśnienia, przedstawiono wykres cyklu przemian termodynamicznych ustalonej masy gazu doskonałego, które zachodzą podczas pracy pewnego silnika cieplnego. Osie na wykresie wyskalowane są liniowo.



Zadanie 10.1. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród A–D.

Stosunek pracy całkowitej (tzw. pracy użytecznej), jaką wykonuje silnik w jednym cyklu, do wartości bezwzględnej pracy, którą wykonuje siła parcia gazu podczas rozprężania, wynosi

A. $\frac{1}{4}$ **B.** $\frac{2}{5}$ **C.** $\frac{4}{3}$ **D.** $\frac{3}{4}$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	9.1.	9.2.	10.1.
	Maks. liczba pkt	2	3	1
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 10.2. (0–1)

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

1.	Gaz w silniku pobierał ciepło w przemianach 1–2 i 3–4.	**P**	**F**
2.	Praca sił zewnętrznych wykonana w przemianie 4–1 przeciwko sile parcia była większa co do wartości bezwzględnej od pracy siły parcia gazu w przemianie 2–3.	**P**	**F**
3.	Energia wewnętrzna gazu w stanie 1 na początku cyklu była taka sama jak po wykonaniu cyklu 1–2–3–4 i powrocie do stanu 1.	**P**	**F**

Zadanie 10.3. (0–3)

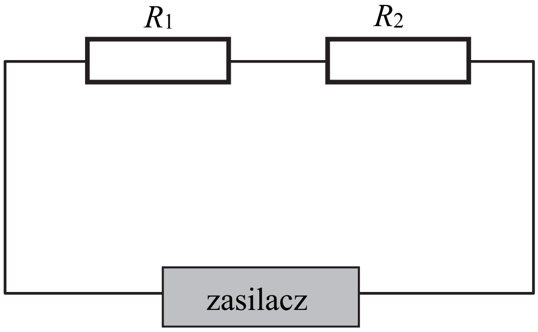
Przyjmij, że dana jest sprawność η silnika cieplnego opisanego w zadaniu 10. oraz znane są parametry p_1, p_2, V_1 i V_2 zaznaczone na wykresie.

Wyprowadź wzór pozwalający obliczyć – tylko na podstawie powyższych danych – ciepło oddane przez gaz do chłodnicy w jednym cyklu pracy tego silnika cieplnego.

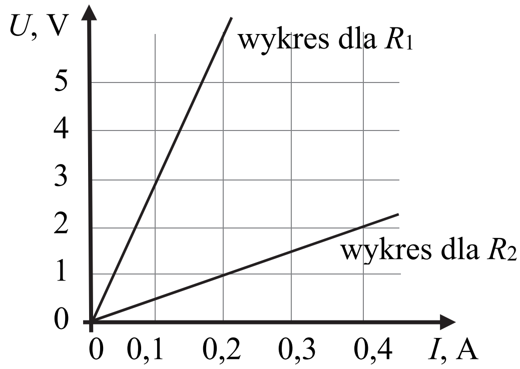
Zadanie 11.

Dwa oporniki R_1 i R_2 połączono szeregowo i dołączono do zasilacza o regulowanym napięciu (rys. 1.). Następnie przy różnych ustawieniach napięcia zasilacza mierzono natężenie prądu płynącego przez oba oporniki oraz napięcia na każdym z oporników. W wyniku pomiarów otrzymano dla każdego z oporników wykres zależności między napięciem U na danym oporniku a natężeniem I prądu płynącego przez ten opornik (rys. 2.).

Rysunek 1.



Rysunek 2.

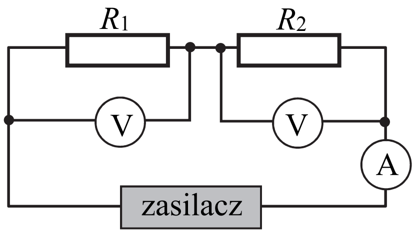


Zadanie 11.1. (0–1)

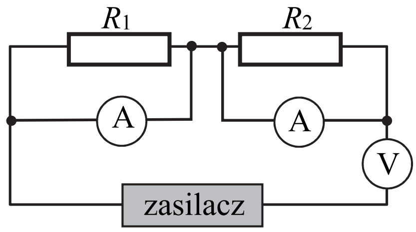
Spośród schematów obwodów pokazanych na rysunkach A–F wybierz i zaznacz wszystkie możliwe obwody, które prawidłowo przedstawiają podłączenie mierników, umożliwiające wykonanie pomiarów jak w doświadczeniu opisanym powyżej.

Przyjmij, że opór amperomierza jest pomijalnie mały, a opór woltomierza jest bardzo duży (w porównaniu z oporami R_1 i R_2).

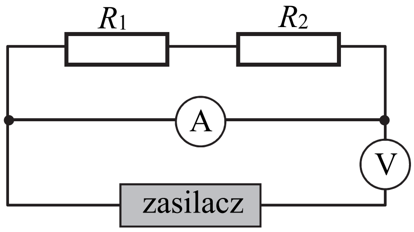
A.



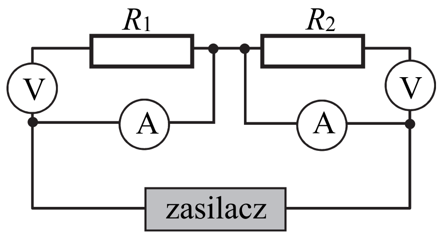
B.



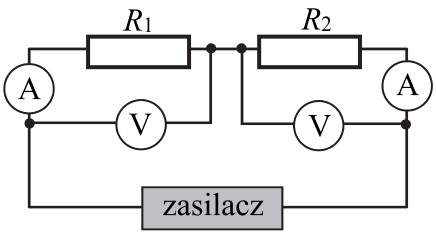
C.



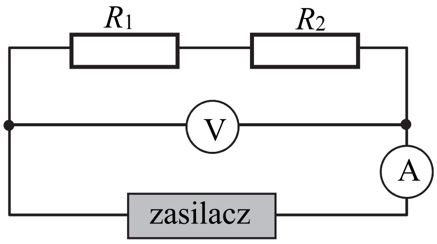
D.



E.



F.



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	10.2.	10.3.	11.1.
	Maks. liczba pkt	1	3	1
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 11.2. (0–2)

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

1.	Opornik R_1 ma większy opór niż opornik R_2.	**P**	**F**
2.	Przez opornik R_1 płynie prąd o mniejszym natężeniu niż przez opornik R_2, przy każdym (różnym od zera) napięciu zasilacza.	**P**	**F**
3.	Na oporniku R_1 wydzielana jest mniejsza moc niż na oporniku R_2, przy każdym (różnym od zera) napięciu zasilacza.	**P**	**F**
4.	Gdy przez obwód płynie prąd o natężeniu 0,1 A, to napięcie zasilacza wynosi około 3,5 V.	**P**	**F**

Zadanie 12.

Około 2 miliardów lat temu w złożach uranu w okolicach Oklo w Gabonie dochodziło do reakcji łańcuchowej rozszczepienia jąder uranu. Skąd o tym wiemy? Na pierwszy ślad tego zjawiska natrafiono w 1972 roku podczas rutynowych testów próbek z kopalni uranu w Oklo. Okazało się, że zawartość izotopu ^{235}U w złożu (w stosunku do innych izotopów uranu) była mniejsza niż w innych tego typu złożach. Ze względu na to przeprowadzono różnego rodzaju badania złoża w Oklo – sprawdzano nie tylko zawartości izotopów uranu, lecz także izotopów będących produktem jego rozszczepienia: neodymu i rutenu. Okazało się, że w przypadku wszystkich badanych izotopów zawartość odbiegała od oczekiwanej: np. zawartość izotopu ^{99}Ru, będącego typowym produktem rozszczepienia uranu za pomocą neutronów termicznych (neutronów o stosunkowo małych energiach kinetycznych), była ponad dwukrotnie większa niż w innych złożach. Wywnioskowano stąd, że w obrębie złoża w Oklo doszło do powstania naturalnego reaktora jądrowego. Obecnie w żadnym złożu na Ziemi nie zachodzi podobne zjawisko, ponieważ nigdzie nie ma już dostatecznie dużej zawartości izotopu uranu ^{235}U. W przypadku reaktora w Oklo wynosiła ona (2 miliardy lat temu) około 3% całej masy uranu w złożu, czyli mniej więcej tyle, ile stosuje się we współczesnych reaktorach. Są jeszcze inne warunki, które muszą być spełnione, aby naturalny reaktor jądrowy mógł zadziałać.

- Rozmiar złoża uranu (o odpowiedniej zawartości izotopu ^{235}U) powinien przekraczać średni zasięg neutronów rozszczepiających, co odpowiada wielkości złoża równej około 70 cm.
- Musi być obecny moderator, czyli substancja, która spowalnia neutrony powstałe w wyniku rozszczepienia na tyle, by te mogły rozszczepić kolejne jądra uranu.
- W złożu powinna być niska koncentracja innych niż uran pierwiastków absorbujących neutrony.

Mechanizm działania reaktora w Oklo polegał na tym, że w złożu uranu występowała woda gruntowa, która działała jako moderator reakcji rozszczepienia: pozwalała rozpocząć się reakcji łańcuchowej. W momencie, kiedy ciepło generowane w rozszczepieniach powodowało, że woda wyparowywała, moderator znikał i łańcuchowa reakcja rozszczepienia zwalniała lub ustawała. Następnie, gdy złoże się schłodziło i woda gruntowa z powrotem wsączała się w jego obręb, reakcja ponownie się rozpoczynała. Na podstawie badań pozostałości produktów rozszczepienia obecnych w minerałach złoża oszacowano, że cykl ten składał się z trzydziestominutowej reakcji łańcuchowej, a następnie dwuipółgodzinnego schładzania złoża i powrotu wody gruntowej.

Na podstawie: Grzegorz Lizurek, *Pierwszy reaktor jądrowy*, „Delta”, maj 2015.

Zadanie 12.1. (0–2)

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

1.	Suma mas wszystkich produktów rozszczepienia jądra ^{235}U jest większa od sumy mas jądra ^{235}U i neutronu inicjującego reakcję rozszczepienia.	**P**	**F**
2.	Intensywne rozgrzewanie się opisanego złoża uranu jest spowodowane rozszczepieniem jąder atomowych.	**P**	**F**
3.	W reaktorze jądrowym moderator służy do spowalniania neutronów powodujących dalsze rozszczepienia.	**P**	**F**
4.	Gdy w opisanym złożu uranu woda wyparowywała, to liczba jąder uranu, które ulegały rozszczepieniu w jednostce czasu, znacząco malała.	**P**	**F**

Zadanie 12.2. (0–3)

Uzupełnij trzy poniższe równania reakcji rozszczepienia ciężkich jąder atomowych. Wpisz w wykropkowane miejsca właściwe liczby atomowe, liczby masowe, symbol pierwiastka oraz liczbę emitowanych neutronów.

1) $^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{\dots}Kr + \dots {}^{1}_{0}n$

2) $^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{\dots}_{\dots}\dots + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$

3) $^{1}_{0}n + {}^{\dots}_{\dots}\dots \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$

Zadanie 12.3. (0–1)

Wymień dwa fakty, na podstawie których stwierdzono, że w okolicach Oklo w Gabonie działał naturalny reaktor jądrowy.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	11.2.	12.1.	12.2.	12.3.
	Maks. liczba pkt	2	2	3	1
	Uzyskana liczba pkt				

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*

EGZAMIN MATURALNY

W ROKU SZKOLNYM 2018/2019

FIZYKA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA OD 2015

(„NOWA MATURA”)

ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

MAJ 2019

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
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego; 1.6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia czasu ruchu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – wyodrębnienie pionowej składowej ruchu i zapisanie prawidłowej zależności wiążącej drogę/wysokość (lub położenie) z czasem spadku swobodnego pionowego bez prędkości początkowej.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Rzut poziomy jest złożeniem dwóch ruchów: spadku swobodnego w kierunku pionowym oraz ruchu jednostajnego prostoliniowego w kierunku poziomym. Zatem czas trwania rzutu poziomego z wysokości h jest taki, jak czas t_s trwania pionowego spadku swobodnego z wysokości h. Korzystamy z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego dla pionowego spadku swobodnego bez prędkości początkowej:

$$y(t) = h - s(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad \xrightarrow{y=0,\ t=t_s}$$

$$h = \frac{1}{2}gt_s^2 \quad \rightarrow \quad t_s = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_s = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}96\ \mathrm{m}}{9{,}81\ \mathrm{m/s^2}}} \approx 0{,}632\ \mathrm{s} \ \approx 0{,}63\ \mathrm{s}$$

Zadanie 1.2. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego; 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością, i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowe obliczenie prędkości początkowej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – wykorzystanie prawidłowych zależności wiążących drogę/wysokość (lub położenie) z czasem w spadku pionowym bez prędkości początkowej oraz zależności wiążących drogę/położenie z czasem w ruchu jednostajnym prostoliniowym (w poziomie)

lub

– wykorzystanie wzoru z wyeliminowanym czasem, wiążącego prędkość początkową v_0 z zasięgiem x rzutu

lub

– wykorzystanie czasu trwania ruchu obliczonego w zadaniu 1.1. oraz zależności wiążącej drogę (lub położenie) z czasem w ruchu jednostajnym prostoliniowym (w poziomie).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy kinematyczne równania spadku swobodnego w kierunku pionowym (bez prędkości początkowej w kierunku pionowym) oraz ruchu jednostajnego prostoliniowego w kierunku poziomym (z położeniem początkowym równym zero). Z równań tych wyznaczamy zależność wiążącą prędkość początkową v_0 z zasięgiem x rzutu.

$$x(t) = v_0 t, \quad y(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad \xrightarrow{y=0,\ t=t_s} \quad x = v_0 t_s, \quad 0 = h - \frac{1}{2}gt_s^2$$

$$v_0 = x\sqrt{\frac{g}{2h}} \quad \rightarrow \quad v_0 = 5{,}1\ \mathrm{m} \cdot \sqrt{\frac{9{,}81\ \mathrm{m/s^2}}{2 \cdot 1{,}96\ \mathrm{m}}} \approx 8{,}07 \approx 8{,}1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zadanie 1.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.5) […] interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu; 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej ciał […].

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

B

Zadanie 1.4. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 1.15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

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

Poprawna odpowiedź
A2

Zadanie 2. (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) (P) wyjaśnia, na czym polega stan nieważkości, i podaje warunki jego występowania; 1.11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych; 1.7) opisuje swobodny ruch ciał.

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

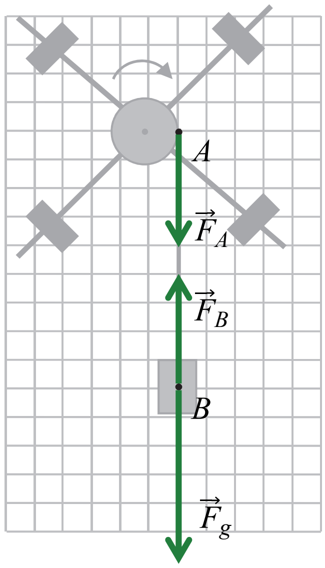
Poprawna odpowiedź
A

Zadanie 3.1. (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: 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona; 1.9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 1.1) […] wykonuje działania na wektorach.

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz prawidłowe wpisanie relacji **1)** i **2)**.
1 p. – prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$ oraz prawidłowe zapisanie relacji **1)** między nimi
lub
– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ oraz prawidłowe zapisanie relacji **2)** między nimi
lub
– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_B$, $\vec{F}_g$, $\vec{F}_A$ oraz brak zapisu obu relacji (nie dotyczy błędnie wpisanych relacji).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie
(Rysunek obok).



1) $F_B < F_g$

2) $F_B = F_A$

Zadanie 3.2. (0–5)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	Zdający: 1.4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością, i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu; 12.6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru […], wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczonej wielkości fizycznej).

a) (0–2)
Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe obliczenie przyspieszenia i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – prawidłowe zapisanie wzoru wiążącego przyspieszenie z drogą/wysokością i czasem w ruchu jednostajnie przyspieszonym bez prędkości początkowej
lub
– zapisanie wyrażenia z bezpośrednio podstawionymi do wzoru na przyspieszenie wartościami liczbowymi drogi i czasu (bez zapisu wzoru na symbolach).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Zapiszemy wzór i wykonamy obliczenia:

$$a = \frac{2h}{t^2} \qquad a = \frac{2 \cdot 0{,}960\ \mathrm{m}}{1{,}6^2\ \mathrm{s}^2} = 0{,}750\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

b) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru wysokości do niepewności przyspieszenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar t jest dokładny, a pomiar h wykonano z niepewnością $\Delta h = 5$ mm. W związku z tym h traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_h = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2(h + \Delta h)}{t^2} - \frac{2(h - \Delta h)}{t^2} \right| = \frac{2\Delta h}{t^2} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}{1{,}6^2\ \mathrm{s}^2} \approx 3{,}91 \cdot 10^{-3}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 0{,}004\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

c) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wkładu niepewności pomiaru czasu do niepewności przyspieszenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy niepewność a przyjmując, że pomiar h jest dokładny, a pomiar t wykonano z niepewnością $\Delta t = 0{,}1$ s. W związku z tym t traktujemy jako zmienną we wzorze na przyspieszenie:

$$\Delta a_t = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{2h}{(t + \Delta t)^2} - \frac{2h}{(t - \Delta t)^2} \right| = \left| \frac{0{,}960\ \mathrm{m}}{1{,}7^2\ \mathrm{s}^2} - \frac{0{,}960\ \mathrm{m}}{1{,}5^2\ \mathrm{s}^2} \right| \approx 9{,}45 \cdot 10^{-2}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 0{,}1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

d) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź i prawidłowe uzasadnienie.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Odpowiedź.
Na niepewność wyznaczenia przyspieszenia w większym stopniu wpływa niepewność pomiaru czasu.
Uzasadnienie odpowiedzi
Sposób 1.
Wkład niepewności pomiaru czasu jest ok. 25 razy większy od wkładu niepewności wysokości:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{0{,}1}{0{,}004} = 25$$

Sposób 2.
Ponieważ $\Delta a_t > \Delta a_h$.

Sposób 3. (przybliżony dla tej zależności)
Niepewności względne pomiaru czasu i wysokości wynoszą:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{0{,}1\ \mathrm{s}}{1{,}6\ \mathrm{s}} \approx 0{,}06 \qquad \frac{\Delta h}{h} = \frac{5\ \mathrm{mm}}{960\ \mathrm{mm}} \approx 0{,}005$$

Ponieważ wysokość jest mierzona dokładniej – co widać z porównania niepewności względnych – to na niepewność przyspieszenia bardziej wpływa niepewność pomiaru czasu.

Sposób 4. (z użyciem metod wykraczających poza podstawę programową)
Skorzystamy ze wzoru przybliżonego na niepewność: $\Delta y \approx |f'(x)|\Delta x$. Wtedy:

$$\frac{\Delta a_t}{\Delta a_h} \approx \frac{2\Delta t}{\Delta h} \cdot \frac{h}{t} = 24$$

Wkład niepewności pomiaru czasu jest większy od wkładu niepewności wysokości.

Zadanie 3.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 2.9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 1.)
3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).
2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 3)–5) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).
1 p. – zapisanie równań drugiej zasady dynamiki dla ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka (*krok 1.*).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 1. (z równań dynamiki)

Krok 1. Zapisujemy równania dynamiki ruchu obrotowego walca z układem prętów oraz dla ruchu postępowego ciężarka:

1) $ma = F_g - F_B$ – II zasada dynamiki dla ruchu postępowego ciężarka;

2) $I\epsilon = rF_A$ – II zasada dynamiki dla ruchu obrotowego walca z prętami.

Krok 2. Wykorzystujemy związki niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

3) $F_A = F_B = F$ – III zasada dynamiki (oddziaływanie ciężarka z walcem);

4) $a = \epsilon r$ – związek między przyspieszeniem liniowym i kątowym (brak poślizgu);

5) $F_g = mg$ – wzór na siłę grawitacji.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniach dynamiki, np.:

$$ma = mg - F$$

$$I\frac{a}{r} = rF$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$\begin{cases} ma = F_g - F \\ I\dfrac{a}{r} = rF \end{cases} \rightarrow \begin{cases} ma = mg - F \\ F = \dfrac{Ia}{r^2} \end{cases} \rightarrow \quad ma = mg - \frac{Ia}{r^2} \quad \rightarrow$$

$$I = \frac{r^2}{a}m(g - a) = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 2.)

3 p. – prawidłowe wykonanie przekształceń algebraicznych i doprowadzenie do żądanej zależności (*krok 3.*).

2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.* oraz wykorzystanie związków 1)–2) niezbędnych do wyprowadzenia żądanej zależności (*krok 2.*).

1 p. – prawidłowe zapisanie zasady zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego (*krok 1.*).
Uwaga: dopuszcza się w zapisie pominięcie MgH – energii potencjalnej walca z prętami.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 2. (z zasady zachowania energii)

Krok 1. Zapisujemy zasadę zachowania energii dla układu walca z prętami i ciężarka łącznie z wykorzystaniem wzorów na energię potencjalną oraz energię kinetyczną ruchu postępowego i obrotowego. Masę walca z prętami oznaczymy *M*, wysokość środka masy walca nad wybranym poziomem oznaczymy *H*, a wysokość ciężarka nad wybranym poziomem oznaczymy *h*:

$$E_{pocz\,kin\,c} + E_{pocz\,kin\,w} + E_{pocz\,pot\,c} + E_{pocz\,pot\,w} = E_{kon\,kin\,c} + E_{kon\,kin\,w} + E_{kon\,pot\,c} + E_{kon\,pot\,w}$$

$$0 + 0 + mgh + MgH = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + 0 + MgH$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

Krok 2. Wykorzystujemy związki, niezbędne do wyprowadzenia żądanej zależności:

1) $v = \omega r$ – związek między prędkością liniową i kątową (brak poślizgu);
2) $v^2 = 2ah$ – wzór wynikający z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego
albo
$v = at$ oraz $h = \frac{1}{2}at^2$ – kinematyka ruchu jednostajnie przyspieszonego.

Powyższe związki zdający może uwzględnić bezpośrednio w równaniu zasady zachowania energii, np.:

$$mg\frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\frac{v^2}{r^2}$$

Krok 3. Wykonujemy przekształcenia algebraiczne i wyprowadzamy żądany wzór:

$$mg\cdot\frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\cdot\frac{v^2}{r^2} \quad\rightarrow\quad m\frac{g}{a} = m + \frac{I}{r^2} \quad\rightarrow\quad I = mr^2\left(\frac{g}{a} - 1\right)$$

Zadanie 3.4. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 2.2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 2.7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 1.8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.

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

Poprawna odpowiedź
Gdy w kolejnym doświadczeniu obciążniki zamocowano bliżej osi obrotu walca, to

1. moment bezwładności układu czterech obciążników (*wzrósł* / <u>*zmalał*</u> / *nie uległ zmianie*).
2. siła napięcia nitki (*wzrosła* / <u>*zmalała*</u> / *nie uległa zmianie*).

Zadanie 4. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 6.1) analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) […]; 6.3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie […]; 8.11) (G) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony.

Schemat punktowania
4 p. – prawidłowa metoda obliczenia ilorazu częstotliwości oraz prawidłowy wynik liczbowy zapisany bez jednostki i podany <u>z dokładnością do czterech</u> cyfr znaczących.
3 p. – prawidłowa metoda i otrzymanie wyniku liczbowego w postaci $f_1/f_2 = \sqrt{3/2}$ lub podanie wyniku z dokładnością <u>inną niż zapisana w poleceniu</u> (np.: $f_1/f_2 \approx 1{,}2247$ lub $f_1/f_2 \approx 1{,}22$) albo wyniku źle zaokrąglonego (np. $f_1/f_2 \approx 1{,}224$).
2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.* <u>dla obu</u> układów sprężyn – wystarczy zapis: $2\pi f_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$ oraz $2\pi f_2 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$.
1 p. – prawidłowe wyznaczenie zastępczego współczynnika sprężystości dla układu trzech, a następnie dwóch sprężyn – wystarczy zapis: $k_1 = 3k$ i $k_2 = 2k$ *(krok 1.a.)*
lub
– prawidłowe wyznaczenie siły wypadkowej działającej na pręt zawieszony na trzech, a następnie na dwóch sprężynach – wystarczy zapis: $\vec{F}_1 = -3k\vec{y}$ i $\vec{F}_2 = -2k\vec{y}$ *(krok 1.a.)*
lub
– skorzystanie ze wzoru na częstotliwość lub częstość kołową drgań układu sprężyn wraz z <u>uwzględnieniem rozróżnienia</u> zastępczych współczynników sprężystości obu układów sprężyn – wystarczy zapis: $2\pi f_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ albo $\omega_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ albo $\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}}$ *(krok 1.b.)*
lub
– skorzystanie ze wzoru na okres drgań układu sprężyn <u>łącznie</u> ze związkiem okresu z częstotliwością wraz z <u>uwzględnieniem rozróżnienia</u> zastępczych współczynników sprężystości dla obu układów sprężyn – np. zapis $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1}}$ oraz $f_1 = \frac{1}{T_1}$ *(krok 1.b.)*

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga! <u>Uwzględnienie rozróżnienia</u> współczynników sprężystości obu układów sprężyn należy uznać wtedy, gdy zastosowano oznaczenie indeksem, np.: $2\pi f_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ *albo wtedy, gdy zapisano wzór ogólny, np.:* $2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$*, a następnie wyznaczano k lub rozpisywano ten wzór dla każdego z układów sprężyn.*

Przykładowe rozwiązanie

<u>Sposób 1.</u>

Krok 1.a. Wyznaczamy zastępczy współczynnik sprężystości dla układu trzech, a następnie dwóch sprężyn. Wszystkie sprężyny wychylają się z położenia równowagi sił o tę samą wartość *y*, zatem wypadkowa siła działająca na pręt ma postać:

$$\vec{F}_1 = -(k\vec{y} + k\vec{y} + k\vec{y}) = -3k\vec{y}$$

Widzimy, że siła wypadkowa ma charakter siły harmonicznej:

$$\vec{F}_1 = -k_1\vec{y} \quad \text{dla} \quad k_1 = 3k$$

Podobnie określamy „zastępczy” współczynnik sprężystości dla układu z usuniętą środkową sprężyną:

$$\vec{F}_2 = -(k\vec{y} + k\vec{y}) = -2k\vec{y} = -k_2\vec{y} \qquad \rightarrow \qquad k_2 = 2k$$

Krok 1.b. Skorzystamy ze wzoru na częstotliwość lub częstość kołową drgań i zastosujemy go dla obu układów sprężyn:

$$2\pi f_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}} \quad \text{oraz} \quad 2\pi f_2 = \sqrt{\frac{k_2}{m}}$$

Krok 2. Obliczymy iloraz częstotliwości drgań:

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{k_1}{m}} \cdot \sqrt{\frac{m}{k_2}} = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} \qquad \rightarrow \qquad \frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{3k}{2k}} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

Krok 3. Zapiszemy wynik z dokładnością do czterech cyfr znaczących:

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{3}{2}} \approx 1{,}2247 \ldots \approx 1{,}225$$

<u>Sposób 2.</u>

Krok 1.a. Skorzystamy ze wzoru na całkowitą energię mechaniczną oscylatora. Energia ta jest równa energii potencjalnej sprężystości oscylatora przy maksymalnym wychyleniu. Niech A_1 oznacza amplitudę drgań układu trzech sprężyn, k – współczynnik sprężystości jednej sprężyny, k_1 – współczynnik sprężystości układu trzech sprężyn. Analogiczne oznaczenia: A_2 i k_2 zastosujemy dla układu drgań dwóch sprężyn. Całkowita energia mechaniczna E_1 drgań układu trzech sprężyn jest równa sumie całkowitych energii mechanicznych drgań każdej ze sprężyn:

$$E_1 = \frac{1}{2}kA_1^2 + \frac{1}{2}kA_1^2 + \frac{1}{2}kA_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 3kA_1^2 \qquad \text{a ponadto} \qquad E_1 = \frac{1}{2}k_1A_1^2$$

W związku z powyższym mamy:

$$k_1 = 3k$$

Analogiczne obliczenia wykonujemy dla układu dwóch sprężyn:

$$E_2 = \frac{1}{2}kA_2^2 + \frac{1}{2}kA_2^2 = \frac{1}{2}\cdot 2kA_2^2 \qquad \text{a ponadto} \qquad E_2 = \frac{1}{2}k_2A_2^2$$

zatem

$$k_2 = 2k$$

Dalsze obliczenia wykonujemy jak w pierwszym sposobie rozwiązania.

Uwaga! W tej metodzie dopuszcza się założenie, że: $A_1 = A_2$*. W takim przypadku należy uznać wynikający z tego zapis:* $E_1/E_2 = k_1/k_2 = 3/2$ *jako równoważny zapisom w kroku 1.a.*

Zadanie 5. (0–3)

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: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem […]; 1.6) (P) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową; 1.14) oblicza parametry ruchu jednostajnego po okręgu, opisuje wektory prędkości i przyspieszenia dośrodkowego; 4.6) Wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej, oblicza ich wartości […]; 2.8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu; 3.3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.

Schemat punktowania
3 p. – trzy poprawne odpowiedzi.
2 p. – dwie poprawne odpowiedzi.
1 p. – jedna poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne odpowiedzi

a) $v_{1A} > v_{1B}$

b) $v_{2A} > v_{3B}$

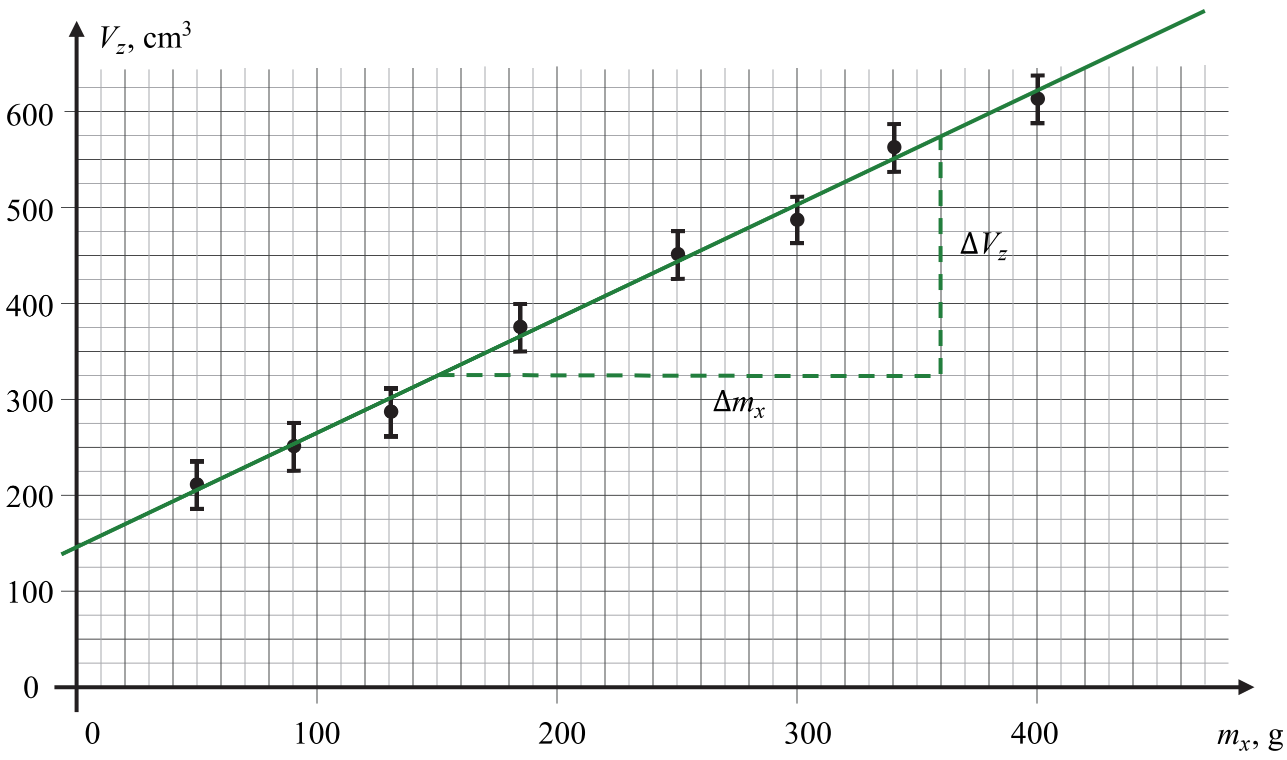
c) $v_{1B} < v_{3B}$

Zadanie 6.1. (0–3)

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); 12.5) dopasowuje prostą $y = ax + b$ do wykresu i ocenia trafność tego dopasowania; oblicza wartości współczynników a i b.

a) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe narysowanie prostej najlepiej dopasowanej do danych eksperymentalnych przedstawionych na wykresie.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie
Na zielono oznaczono prostą dopasowaną orientacyjnie do punktów pomiarowych w najbardziej optymalny sposób, natomiast liniami przerywanymi oznaczono wybrane do obliczeń w punkcie c) przyrosty argumentów i wartości na tej prostej.



b) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe wyznaczenie objętości (wraz z jednostką) zanurzonej części pustego pojemnika, wynikające z przecięcia narysowanej prostej z osią rzędnych oraz mieszczące się w przedziale od ok. 115 cm^3 do ok. 175 cm^3.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie
Objętość zanurzonej części pustego pojemnika ($m_x = 0$) wyznaczamy przez odczytanie przybliżonej wartości miejsca przecięcia wykresu prostej z osią rzędnych V_z:

$$V_z(0) \approx 150\ \mathrm{cm}^3$$

c) (0–1)
Schemat punktowania
1 p. – prawidłowe obliczenie wartości współczynnika *A* (wraz z jednostką) na podstawie danych odczytanych z wykresu narysowanej prostej. Obliczona wartość współczynnika *A* powinna mieścić się w przedziale od 1,05 cm^3/g do 1,3 cm^3/g.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie
Z wykresu prostej $V_z = Am_x + B$ odczytujemy wybrany przyrost ΔV_z oraz odpowiadający temu przyrost Δm_x (albo odwrotnie). Następnie obliczamy wartość współczynnika *A*:

$$A = \frac{\Delta V_z}{\Delta m_x} = \frac{575\ \mathrm{cm}^3 - 325\ \mathrm{cm}^3}{360\ \mathrm{g} - 150\ \mathrm{g}} \approx 1{,}19\ \frac{\mathrm{cm}^3}{\mathrm{g}} \approx 1{,}2\ \frac{\mathrm{cm}^3}{\mathrm{g}}$$

Zadanie 6.2. (0–5)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. 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; 3.3) (G) posługuje się pojęciem gęstości; 3.8) (G) analizuje i porównuje wartości sił wyporu dla ciał zanurzonych w cieczy lub gazie; 3.9) (G) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesa.

a) (0–2)
Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania (jeżeli łącznie z zapisem skalarnym wystąpi wektorowy zapis równowagi sił, to on także musi być prawidłowy).
1 p. – prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił: siły wyporu, ciężaru pustego pojemnika oraz ciężaru piasku. Oznaczenia sił muszą umożliwiać ich identyfikację.
lub
– prawidłowe zapisanie warunku równowagi sił za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania przy popełnionym błędzie w znaku (zwrocie wektora) w wektorowym zapisie równowagi sił.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapisujemy – dla przykładu wektorowo, następnie skalarnie – warunek równowagi sił: siły wyporu $\vec{F}_A$, ciężaru pustego pojemnika $\vec{Q}_p$ oraz ciężaru piasku $\vec{Q}_x$:

$$\vec{F}_A + \vec{Q}_x + \vec{Q}_p = \vec{0} \quad \text{lub} \quad -\vec{F}_A = \vec{Q}_x + \vec{Q}_p \quad \rightarrow \quad F_A = Q_x + Q_p$$

Zapisujemy powyższy warunek za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania: V_Z, m_x, m_p, ρ. W tym celu korzystamy ze wzorów na siłę wyporu oraz ciężar:

$$F_A = V_z \rho g, \qquad Q_x = m_x g, \qquad Q_p = m_p g$$

Podstawiamy powyższe wzory do warunku równowagi sił:

$$V_z \rho g = m_x g + m_p g \quad \rightarrow \quad V_z \rho = m_x + m_p \quad \text{lub} \quad (V - V_0)\rho = m_x + m_p$$

b) (0–2)

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na współczynniki *A* i *B* oraz prawidłowa postać obu wzorów.

1 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzoru na jeden ze współczynników *A* lub *B* oraz prawidłowa postać tego współczynnika

lub

– prawidłowa metoda wyprowadzenia wzorów na oba współczynniki *A* i *B*.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Wzór otrzymany w punkcie a) przekształcamy do postaci wzoru kierunkowego prostej:

$$V_z \rho = m_x + m_p \quad \rightarrow \quad V_z = \frac{1}{\rho} \cdot m_x + \frac{m_p}{\rho}$$

Porównujemy powyższy wzór z równaniem prostej, następnie identyfikujemy współczynniki:

$$V_z = A m_x + B \quad \text{oraz} \quad V_z = \frac{1}{\rho} \cdot m_x + \frac{m_p}{\rho} \qquad \rightarrow \qquad A = \frac{1}{\rho}, \qquad B = \frac{m_p}{\rho}$$

Uwaga! Współczynnik *B* można wyznaczyć inną metodą. *B* jest równy objętości zanurzonej części pustego pojemnika – czyli objętości cieczy wypartej przez pusty pojemnik. Z warunku pływania pustego pojemnika $m_p = m_{wyp\ cieczy}$ wynika, że: $B = V_{z\ pusty} = m_p / \rho$.

c) (0–1)

Schemat punktowania

1 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia gęstości i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowe rozwiązanie

Przyrównujemy wartość współczynnika *A* do wyprowadzonej zależności i wykonujemy obliczenia:

$$A = \frac{1}{\rho} \quad \rightarrow \quad 1{,}2\ \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} = \frac{1}{\rho} \quad \rightarrow \quad \rho \approx 0{,}83\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 830\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

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: 7.5) (G) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszego optycznie i odwrotnie; 7.6) (G) opisuje bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą […]; 10.6) stosuje prawo […] załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków.

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

Poprawna odpowiedź
Zaznaczenie ośrodka 2. oraz ośrodka 3.

Zadanie 7.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 10.8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających.

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

Poprawna odpowiedź
B

Zadanie 7.3. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 10.9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów.

Schemat punktowania

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia ogniskowej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – zastosowanie równania soczewkowego z uwzględnieniem odpowiednich znaków.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy równanie soczewki. Uwzględnimy, że soczewka jest rozpraszająca, a obraz w punkcie odległym o *y* od soczewki jest pozorny:

$$\frac{1}{x}+\frac{1}{y}=\frac{1}{f} \qquad \text{gdzie} \qquad f=-|f|, \qquad y=-|y|, \qquad x=+|x|$$

$$\frac{1}{|x|}-\frac{1}{|y|}=-\frac{1}{|f|} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{0{,}4}-\frac{1}{0{,}25}=-\frac{1}{|f|} \quad \rightarrow \quad |f|\approx 0{,}67\ \text{m} \quad \rightarrow \quad f\approx -0{,}67\ \text{m}$$

Uwaga! Znaki danych i wyniku muszą być zgodne <u>z przyjętą konwencją zapisu równania</u>. Oprócz równania jak w przykładowym rozwiązaniu, za prawidłowe należy uznać poniższe równania <u>łącznie z prawidłowo</u> (w danej konwencji) określonymi znakami danych i wyniku:

$\frac{1}{x}+\frac{1}{y}=\frac{1}{f}$ wtedy $x=0{,}4$ m, $y=-0{,}25$ m, $f=-0{,}67$ m ALBO

$\frac{1}{x}-\frac{1}{y}=\frac{1}{f}$ wtedy $x=0{,}4$ m, $y=0{,}25$ m, $f=-0{,}67$ m ALBO

$\frac{1}{x}-\frac{1}{y}=-\frac{1}{f}$ wtedy $x=0{,}4$ m, $y=0{,}25$ m, $f=0{,}67$ m

Zadanie 8. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 11.1) opisuje założenia kwantowego modelu światła; 11.2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali […]; 11.3) stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy; 6.8) Zdający stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością.

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie wzoru pozwalającego na wyznaczenie λ_{AD} tylko na podstawie danych długości fal oraz prawidłowa postać końcowego wzoru (bez błędu w przekształceniach) w postaci:

$$\lambda_{\mathrm{AD}} = \frac{\lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{BC}}\lambda_{\mathrm{CD}}}{\lambda_{\mathrm{BC}}\lambda_{\mathrm{CD}} + \lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{CD}} + \lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{BC}}} \quad \text{albo} \quad \frac{1}{\lambda_{\mathrm{AD}}} = \frac{1}{\lambda_{\mathrm{AB}}} + \frac{1}{\lambda_{\mathrm{BC}}} + \frac{1}{\lambda_{\mathrm{CD}}}$$

2 p. – zapisanie zasady zachowania energii wiążącej energie emitowanych fotonów (*krok 1.*) oraz zapisanie wzoru Plancka na energię emitowanego fotonu łącznie z wykorzystaniem związku pomiędzy częstotliwością i długością fali fotonu – np. zapis $E = hf$ łącznie z równaniem $c = \lambda f$ albo zapis $E = \frac{hc}{\lambda}$ (*krok 2.*).

1 p. – zapisanie zasady zachowania energii wiążącej energie emitowanych fotonów – wystarczy zapis: $\Delta E_{\mathrm{AD}} = \Delta E_{\mathrm{AB}} + \Delta E_{\mathrm{BC}} + \Delta E_{\mathrm{CD}}$ lub $E_{\mathrm{AD}} = E_{\mathrm{AB}} + E_{\mathrm{BC}} + E_{\mathrm{CD}}$ (*krok 1.*).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Krok 1. Skorzystamy z zasady zachowania energii. Energia fotonu E_{XY} emitowanego podczas przejścia elektronu z poziomu X na Y jest równa różnicy energii $\Delta E_{\mathrm{XY}} = E_{\mathrm{X}} - E_{\mathrm{Y}}$ jakie ma elektron na poszczególnych poziomach. W związku z tym, ponieważ zachodzi $\Delta E_{\mathrm{AD}} = \Delta E_{\mathrm{AB}} + \Delta E_{\mathrm{BC}} + \Delta E_{\mathrm{CD}}$ to także zachodzi:

$$E_{\mathrm{AD}} = E_{\mathrm{AB}} + E_{\mathrm{BC}} + E_{\mathrm{CD}}$$

Krok 2. Zapiszemy wzory Plancka na energie emitowanych fotonów podczas przejść elektronu pomiędzy poziomami energetycznymi oraz wykorzystamy związek $c = \lambda f$:

$$E_{\mathrm{AB}} = hf_{\mathrm{AB}} = \frac{hc}{\lambda_{\mathrm{AB}}}, \quad E_{\mathrm{BC}} = hf_{\mathrm{BC}} = \frac{hc}{\lambda_{\mathrm{BC}}}, \quad E_{\mathrm{CD}} = hf_{\mathrm{CD}} = \frac{hc}{\lambda_{\mathrm{CD}}}, \quad E_{\mathrm{AD}} = hf_{\mathrm{AD}} = \frac{hc}{\lambda_{\mathrm{AD}}}$$

Krok 3. W związku z powyższymi równaniami mamy:

$$\frac{hc}{\lambda_{\mathrm{AD}}} = \frac{hc}{\lambda_{\mathrm{AB}}} + \frac{hc}{\lambda_{\mathrm{BC}}} + \frac{hc}{\lambda_{\mathrm{CD}}} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{\mathrm{AD}}} = \frac{1}{\lambda_{\mathrm{AB}}} + \frac{1}{\lambda_{\mathrm{BC}}} + \frac{1}{\lambda_{\mathrm{CD}}}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\mathrm{AD}}} = \frac{\lambda_{\mathrm{BC}}\lambda_{\mathrm{CD}} + \lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{CD}} + \lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{BC}}}{\lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{BC}}\lambda_{\mathrm{CD}}} \quad \rightarrow \quad \lambda_{\mathrm{AD}} = \frac{\lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{BC}}\lambda_{\mathrm{CD}}}{\lambda_{\mathrm{BC}}\lambda_{\mathrm{CD}} + \lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{CD}} + \lambda_{\mathrm{AB}}\lambda_{\mathrm{BC}}}$$

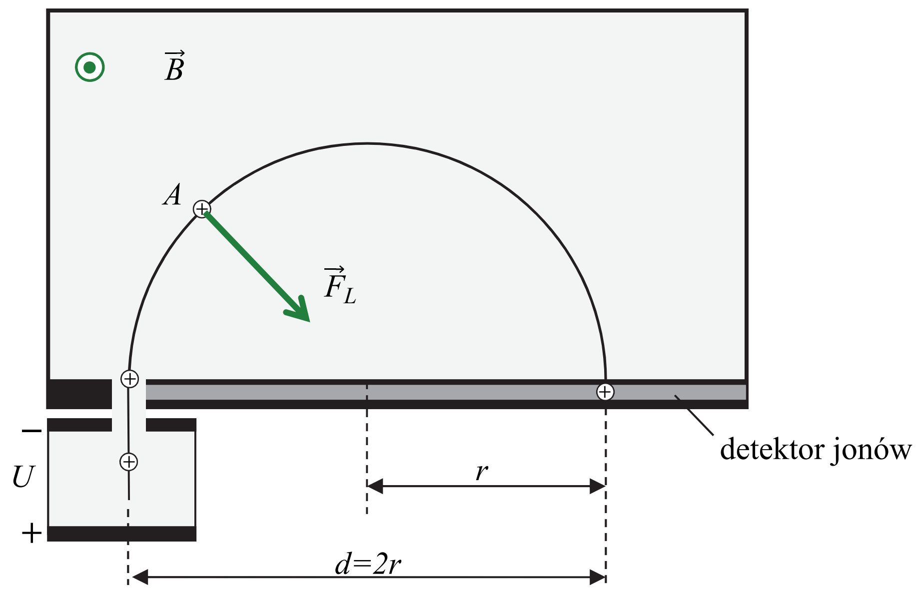
Zadanie 9.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 1.2) (P) […] wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej; 1.1) […] wykonuje działania na wektorach; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym.

Schemat punktowania a)
1 p. – prawidłowe narysowanie siły Lorentza o charakterze siły dośrodkowej (prosta wyznaczająca kierunek siły musi przechodzić przez środek okręgu).
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Schemat punktowania b)
1 p. – prawidłowe narysowanie zwrotu wektora indukcji magnetycznej.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawne rozwiązanie a) oraz b)
(Na rysunku poniżej).



Zadanie 9.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	Zdający: 1.2) (P) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem […]; 9.3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym; 7.11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 2.3) (G) opisuje wpływ wykonanej pracy na zmianę energii; 3.2) oblicza wartość energii kinetycznej ciał […].

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i postać zależności pozwalającej na wyznaczenie masy jonu.
2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.*
1 p. – zapisanie relacji identyfikującej siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, z uwzględnieniem wzorów na te siły (*krok 1.a.*)
lub
– zapisanie wyrażenia wiążącego zmianę energii kinetycznej z pracą sił pola elektrycznego łącznie z zastosowaniem wzorów na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym (albo równoważne zastosowanie dynamicznych równań ruchu w jednorodnym polu elektrycznym z identyfikacją siły elektrycznej łącznie z kinematycznymi równaniami ruchu jednostajnie przyspieszonego: $ma = \frac{U}{y}q$ oraz $v^2 = 2ay$) (*krok 1.b.*).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Krok 1.a. Zapiszemy równanie identyfikujące siłę Lorentza jako siłę dośrodkową, łącznie z uwzględnieniem wzorów na te siły:

$$m\frac{v^2}{r} = evB \qquad \text{gdzie} \qquad r = \frac{d}{2}$$

Krok 1.b. Zapiszemy związek pomiędzy energią kinetyczną, którą uzyskał jon w polu elektrycznym, a pracą sił elektrycznych działających na ten jon – łącznie z zastosowaniem wzoru na energię kinetyczną i pracę w polu elektrycznym. Początkowa energia kinetyczna jonu wynosiła zero, zatem (e oznacza wartość ładunku elementarnego):

$$\Delta E_{kin} = W_E \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m \cdot 0^2 = eU \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}mv^2 = eU$$

Krok 2. Na podstawie powyższych równań wyznaczymy masę jonu:

$$\begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = eU \\ m\frac{v^2}{r} = evB \\ r = \frac{d}{2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 = eU \\ v = \frac{erB}{m} \\ r = d/2 \end{cases} \rightarrow \frac{1}{2}m\left(\frac{erB}{m}\right)^2 = eU$$

$$\frac{e^2r^2B^2}{2m} = eU \quad \xrightarrow{r=\frac{d}{2}} \quad \frac{e^2d^2B^2}{8m} = eU \quad \rightarrow \quad m = \frac{ed^2B^2}{8U}$$

Zadanie 10.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.2) opisuje przemianę […] izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.6) oblicza […] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

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

Poprawna odpowiedź
D

Zadanie 10.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianie izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne […].

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

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

Zadanie 10.3. (0–3)

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: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 1.)
3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane.
2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.*
1 p. – zapisanie związku pomiędzy pracą całkowitą w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym oraz zapisanie wzoru na sprawność silnika. Zapis może być w formie równoważnego tym dwóm zależnościom podwójnego równania na sprawność albo pojedynczego równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym (*krok 1.a.)*

lub

– zapisanie wzoru na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego wykresem cyklu (*krok 1.b.*).

Uwaga! Oznaczenia wielkości we wzorach zapisanych w kroku 1.a. lub 1.b. nie mogą być sprzeczne z oznaczeniami wielkości szukanych bądź danych.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga! Należy uznawać rozwiązania, w których założono, że gaz jest np. jednoatomowy albo dwuatomowy (zobacz sposób 2. rozwiązania).

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 1.

Krok 1.a. Zapiszemy związek między pracą całkowitą wykonaną w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym w tym cyklu – zgodnie z I zasadą termodynamiki (oznaczenia wartości bezwzględnych nie są wymagane):

$$1)\quad |W_c| = |Q_{pob}| - |Q_{odd}| \qquad \text{ponieważ} \qquad \Delta U = 0$$

Zapiszemy definicję sprawności cyklu:

$$2)\quad \eta = \frac{|W_c|}{|Q_{pob}|}$$

Powyższe dwa związki można zapisać za pomocą jednego równoważnego im równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym:

$$|W_c| = \frac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \qquad \text{lub} \qquad \eta = \frac{|W_c|}{|W_c| + |Q_{odd}|}$$

Krok 1.b. Zapiszemy wzór na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego zamkniętą krzywą cyklu:

$$|W_c| = p_2(V_2 - V_1) - p_1(V_2 - V_1) = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Krok 2. Z powyższych zależności wyprowadzamy wzór na ciepło oddane:

$$\begin{cases} |W_c| = \dfrac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} |Q_{odd}| = \left(\dfrac{1}{\eta} - 1\right)|W_c| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases}$$

$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Wynik można wyrazić także w następujący sposób:

$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) \cdot 9p_1 \cdot V_1$$

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 2.)
3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane, zgodna z założoną wartością C_V dla gazu doskonałego.
2 p. – wykonanie *kroku 1.* oraz skorzystanie z równania stanu gazu dla przemiany izobarycznej oraz izochorycznej.
1 p. – zidentyfikowanie przemian, w których układ oddaje ciepło, oraz zapisanie wyrażenia określającego związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach (*krok 1.)*.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 2. (z założeniem wartości C_V, bez wykorzystania sprawności)

Krok 1. Zapiszemy wyrażenie określające co do wartości bezwzględnej związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach:

$$|Q_{odd}| = |Q_{34}| + |Q_{41}| = nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}|$$

Krok 2. Skorzystamy z własności równania stanu dla przemiany izochorycznej oraz dla przemiany izobarycznej:

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad (\text{dla} \quad V = const) \quad \rightarrow \quad \Delta pV = nR\Delta T$$

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad (\text{dla} \quad p = const) \quad \rightarrow \quad p\Delta V = nR\Delta T$$

Założymy, że gaz jest jednoatomowy:

$$C_V = \frac{3}{2}R \qquad C_p = \frac{5}{2}R$$

Krok 3. Obliczymy ciepło oddane, korzystając ze wzorów w *kroku 1.* i *kroku 2.*

$$|Q_{odd}| = nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}| = n\frac{3}{2}R|\Delta T_{34}| + n\frac{5}{2}R|\Delta T_{41}|$$

$$|Q_{odd}| = \frac{3}{2}|\Delta p_{34}|\,V_2 + \frac{5}{2}p_1|\Delta V_{41}| = \frac{3}{2}(p_2 - p_1)\,V_2 + \frac{5}{2}p_1\,(V_2 - V_1)$$

$$|Q_{odd}| = \frac{3}{2}\cdot 3p_1 \cdot 4V_1 + \frac{5}{2}p_1 \cdot 3V_1 = 25{,}5\; p_1V_1$$

Zadanie 11.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.	Zdający: 8.3) rysuje charakterystykę prądowo-napięciową opornika podlegającego prawu Ohma; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

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

Poprawna odpowiedź
Zaznaczenie tylko dwóch obwodów przedstawiających prawidłowe podłączenie mierników: A, E.

Zadanie 11.2. (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: 4.9) (G) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych; 8.1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa; 8.4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych; 8.5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle.

Schemat punktowania
2 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.
1 p. – poprawne zaznaczenia w dwóch lub trzech zdaniach.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
1. **P** 2. **F** 3. **F** 4. **P**

Zadanie 12.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.2) (P) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej […]; 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując […] zasadę zachowania energii; 3.10) (P) opisuje działanie elektrowni atomowej; 12.8) przedstawia […] tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki.

Schemat punktowania
2 p. – poprawne zaznaczenie wszystkich odpowiedzi.
1 p. – poprawne zaznaczenia w dwóch lub trzech zdaniach.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
1. **F** 2. **P** 3. **P** 4. **P**

Zadanie 12.2. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 3.5) (P) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku oraz zasadę zachowania energii.

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowe uzupełnienie trzech reakcji.
2 p. – prawidłowe uzupełnienie dwóch reakcji.
1 p. – prawidłowe uzupełnienie jednej reakcji.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

1) $^{1}_{0}\mathrm{n} + ^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow ^{144}_{56}\mathrm{Ba} + ^{89}_{36}\mathrm{Kr} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$

2) $^{1}_{0}\mathrm{n} + ^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow ^{140}_{54}\mathrm{Xe} + ^{94}_{38}\mathrm{Sr} + 2\,^{1}_{0}\mathrm{n}$

3) $^{1}_{0}\mathrm{n} + ^{239}_{94}\mathrm{Pu} \rightarrow ^{144}_{56}\mathrm{Ba} + ^{94}_{38}\mathrm{Sr} + 2\,^{1}_{0}\mathrm{n}$

Zadanie 12.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści.	12.8) przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego z dziedziny fizyki.

Schemat punktowania
1 p. – poprawne wymienienie dwóch faktów świadczących o działaniu naturalnego reaktora jądrowego.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Przykładowa odpowiedź
Fakt 1. (dotyczący substratów reakcji rozszczepienia uranu)
Zawartość izotopu uranu $^{235}\mathrm{U}$ w złożu jest mniejsza niż w innych tego typu złożach.

Fakt 2. (dotyczący produktów reakcji rozszczepienia uranu)
Odbiegająca od oczekiwanej (albo inna) zawartość w złożu typowych produktów rozszczepienia uranu za pomocą neutronów termicznych.
lub
Zawartość izotopu $^{99}\mathrm{Ru}$ w badanym złożu była ponad dwukrotnie większa niż w innych złożach.