CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

UZUPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD PESEL

miejsce na naklejkę

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI I ASTRONOMII

POZIOM ROZSZERZONY

20 MAJA 2019

Godzina rozpoczęcia: 9:00

Czas pracy: 150 minut

Liczba punktów do uzyskania: 60

Instrukcja dla zdającego

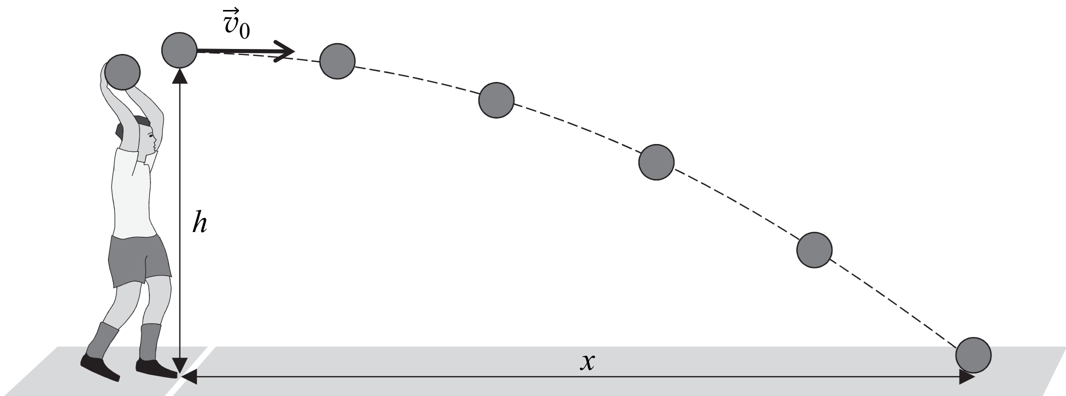
1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 18 stron (zadania 1–9). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
7. Podczas egzaminu możesz korzystać z karty wybranych wzorów i stałych fizycznych, linijki oraz kalkulatora prostego.
8. Na tej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.

MFA-R1_1P-192

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



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).

Zadanie 1.1. *(2 pkt)*

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

Zadanie 1.2. *(2 pkt)*

Oblicz wartość v_0 prędkości początkowej piłki.

Zadanie 1.3. *(3 pkt)*

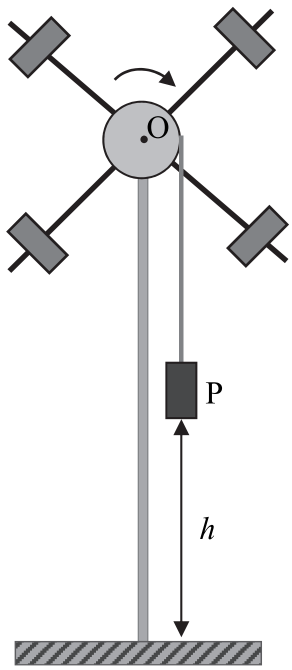
Oszacuj kąt α między poziomym podłożem a wektorem prędkości piłki w chwili tuż przed uderzeniem w ziemię. Przyjmij, że pozioma składowa prędkości piłki ma wartość 8,1 m/s.

Poniżej przedstawiono przybliżone wartości funkcji trygonometrycznych wybranych kątów.

α	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
$\sin\alpha$	0	0,09	0,17	0,26	0,34	0,42	0,5	0,57	0,64	0,71	0,77	0,82	0,87	0,91	0,94	0,97	0,98	0,99	1
$\cos\alpha$	1	0,99	0,98	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,77	0,71	0,64	0,57	0,5	0,42	0,34	0,26	0,17	0,09	0
$\mathrm{tg}\,\alpha$	0	0.09	0,17	0,27	0,36	0,47	0,58	0,70	0,84	1,00	1,19	1,43	1,73	2,14	2,75	3,73	5,67	11,4	-

Zadanie 2.

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.



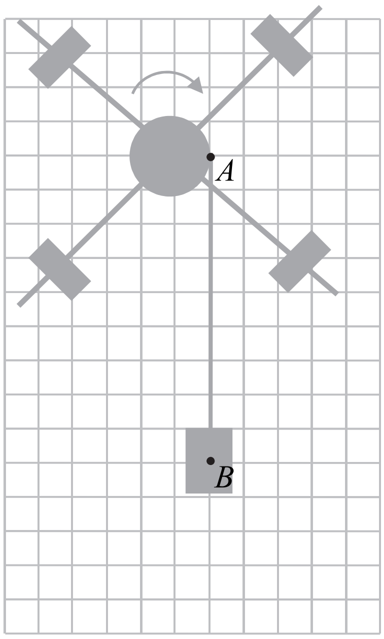
Uczniowie mierzyli czas t opuszczania się ciężarka P z wysokości h. Doświadczenie powtarzano, ale za każdym razem modyfikowano jego warunki – w kolejnych próbach obciążniki mocowano w innych miejscach na prętach albo zmieniano wysokość, z której opuszcza się ciężarek. Rozmieszczenie obciążników pozostawało 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.

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

Zadanie 2.1. *(2 pkt)*

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 2.2. *(5 pkt)*

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*.

Dodatkowa informacja do zadania 2.2.

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. <u>Uzasadnij odpowiedź</u>.**

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.1.	2.2.
	Maks. liczba pkt	2	5
	Uzyskana liczba pkt		

Zadanie 2.3. *(3 pkt)*

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 2.4. *(2 pkt)*

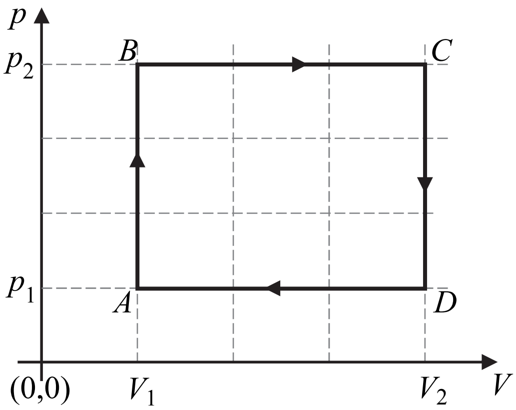
Podkreśl właściwe określenia wybrane spośród podanych w nawiasach, tak aby dokończenia zdań 1. i 2. były prawdziwe.

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*).

Zadanie 3.

Na wykresie obok, 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 3.1. (*3 pkt*)

Wyznacz temperaturę T_C w stanie C, jeżeli wiadomo, że temperatura T_A w stanie A wynosi 25 K.

Zadanie 3.2. *(3 pkt)*

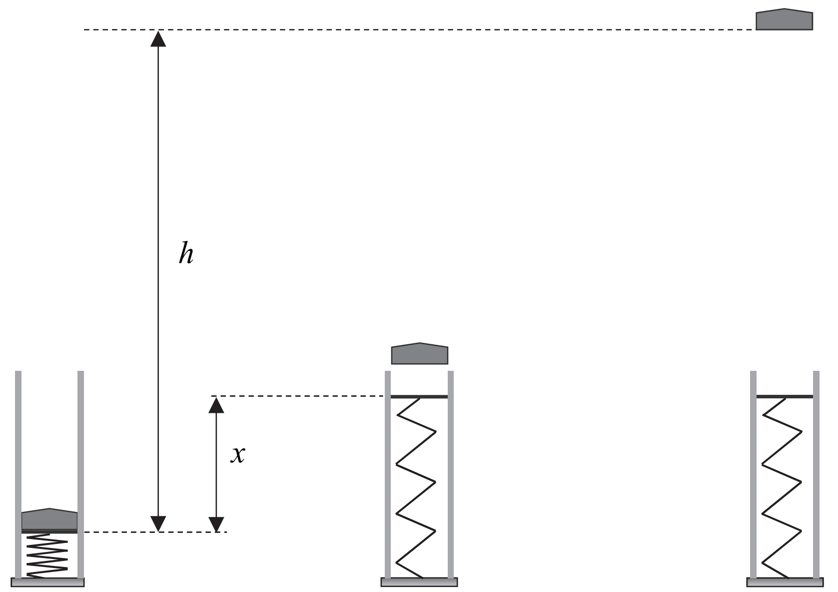
Przyjmij, że dana jest sprawność η silnika cieplnego opisanego w zadaniu 3. oraz znane są parametry p_1, p_2, V_1 i V_2 zaznaczone na wykresie.

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

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.3.	2.4.	3.1.	3.2.
	Maks. liczba pkt	3	2	3	3
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 4.

W zawodach sportowych w strzelaniu wyrzuca się pionowo (lub pod pewnym kątem) specjalne rzutki. Do wyrzucania rzutek można używać sprężynowej wyrzutni. Najpierw rzutkę kładzie się na ustawionej pionowo sprężynie, po czym sprężynę się ściska o pewną długość x (zobacz rys. 1.). Następnie sprężynę się zwalnia, w wyniku czego rzutka zostaje wystrzelona pionowo w górę (zobacz rys. 2.). Rzutka wznosi się na wysokość h (zobacz rys. 3.), po czym opada. Rysunki poniżej są schematyczne – nie zachowano proporcji pomiędzy x oraz h.



Rysunek 1. Rysunek 2. Rysunek 3.

Masa rzutki standardowej wynosi $m = 105$ g. Po wykonaniu serii testów wyrzutni stwierdzono, że rzutka standardowa wystrzelona pionowo wznosi się na wysokość $h = 50$ m, a współczynnik sprężystości sprężyny jest równy $k = 200$ N/m. Sprężyna w wyrzutni <u>ściskana jest zawsze</u> o tę samą długość x.

Do obliczeń w zadaniach 4.1.–4.2. <u>przyjmij model zjawiska</u>, w którym pomijamy siły oporów powietrza, masę sprężyny oraz straty energii podczas jej rozprężania.

Zadanie 4.1. *(2 pkt)*

Oblicz x.

Zadanie 4.2. *(3 pkt)*

Masa wystrzeliwanej rzutki może zgodnie z przepisami różnić się o 5 g od masy *m* rzutki standardowej.

Oblicz najmniejszą i największą wysokość, na jaką mogą wznosić się wystrzeliwane rzutki. Wyniki podaj z dokładnością do 3 cyfr znaczących (równoważnie – z dokładnością do 10 cm).

Zadanie 4.3. *(2 pkt)*

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

Uwzględnij siły oporów powietrza oraz masę sprężyny.

Przy ustalonej długości *x*, o jaką ściśnięto sprężynę

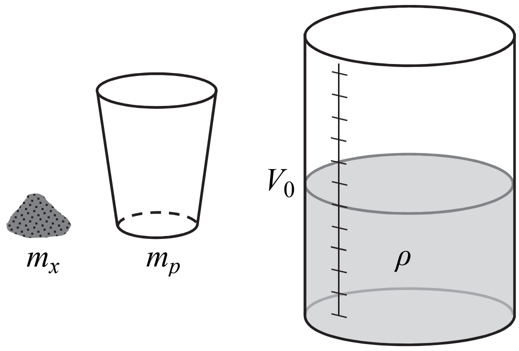
1. wysokość, na którą wzniesie się rzutka, w porównaniu do wysokości obliczonej w modelu zjawiska bez sił oporów powietrza, będzie (*większa / taka sama / mniejsza*).
2 wartość prędkości, którą uzyskuje rzutka tuż po wystrzeleniu, w porównaniu do analogicznej wartości prędkości obliczonej w modelu zjawiska z zerową masą sprężyny, będzie (*większa / taka sama / mniejsza*).

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	4.1.	4.2.	4.3.
	Maks. liczba pkt	2	3	2
	Uzyskana liczba pkt			

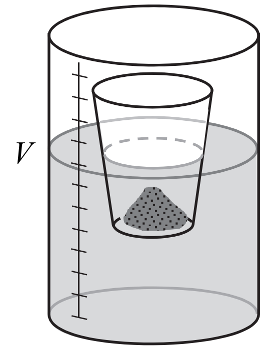
Zadanie 5.

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.

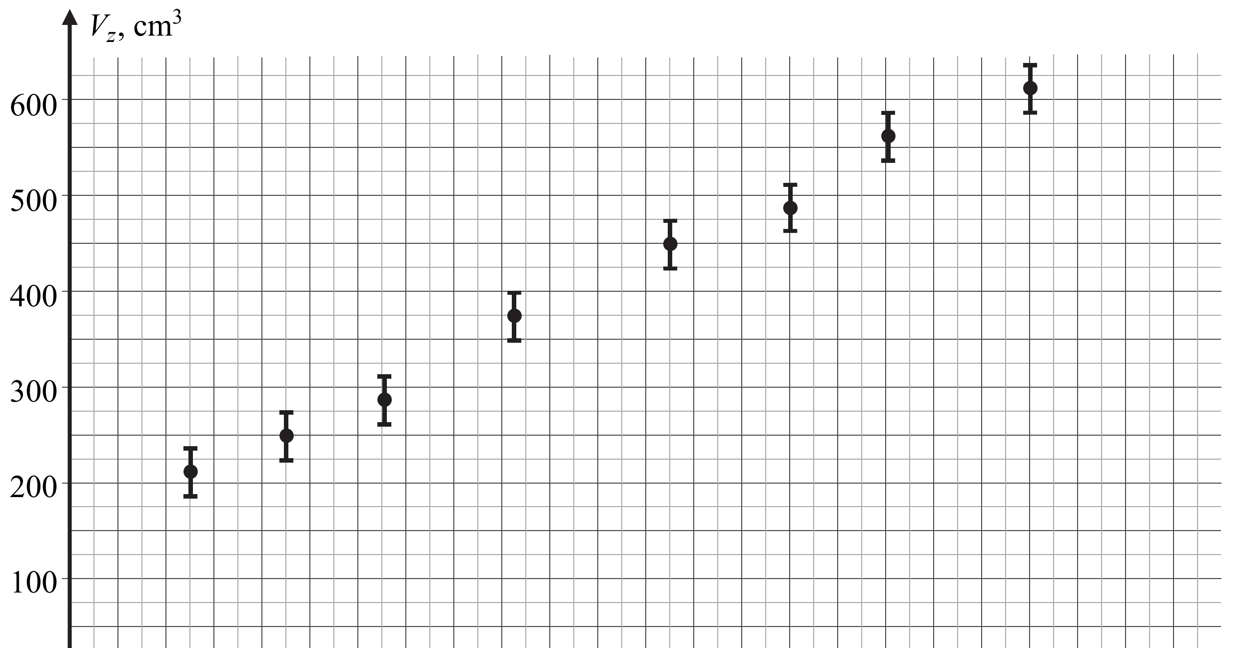
Rysunek 1.



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:

$$V_z = A \cdot m_x + B$$ – dla pewnych współczynników A i B

Zadanie 5.1. *(3 pkt)*

a) Na wykresie zamieszczonym w opisie zadania 5. 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 5.2. *(5 pkt)*

a) Zapisz warunek równowagi sił działających na pływający pojemnik z piaskiem i wyraź zapisany warunek za pomocą wielkości wymienionych w treści zadania 5.

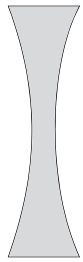
b) Wyprowadź dwa wzory: wzór przedstawiający zależność współczynnika A **od gęstości cieczy** ρ **oraz wzór przedstawiający zależność współczynnika** B **od gęstości cieczy** ρ **i masy pustego pojemnika** m_p.

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

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	5.1.	5.2.
	Maks. liczba pkt	3	5
	Uzyskana liczba pkt		

Zadanie 6.

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



Zadanie 6.1. ***(1 pkt)***

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 wszystkie możliwości.

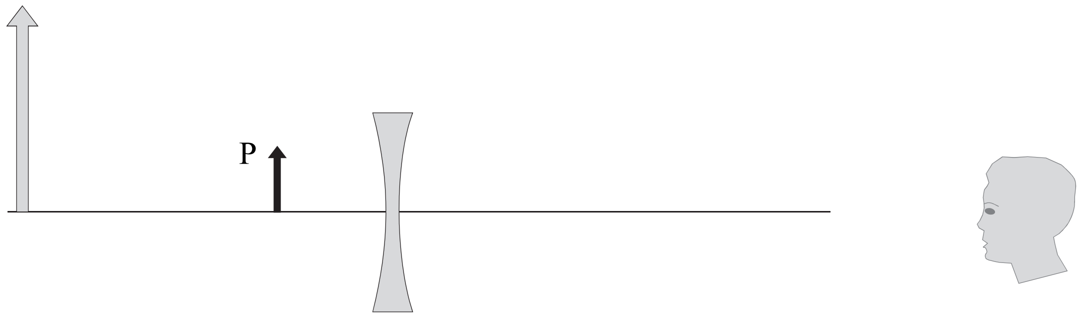
Ośrodek 1.	**Ośrodek 2.**	**Ośrodek 3.**	**Ośrodek 4.**	**Ośrodek 5.**
$n_1 = 1{,}1$	$n_2 = 1{,}7$	$n_3 = 2{,}2$	$n_4 = 1{,}6$	$n_5 = 1{,}5$

Zadanie 6.2. ***(1 pkt)***

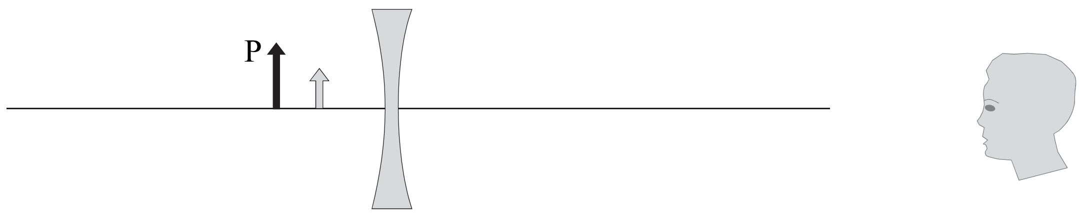
Tylko jeden spośród poniższych czterech rysunków A–D przedstawia prawidłowe położenie obrazu przedmiotu P – obrazu widzianego przez obserwatora i uzyskanego przy pomocy opisanej soczewki umieszczonej w powietrzu (obraz przedmiotu P przedstawia szara strzałka).

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

A.

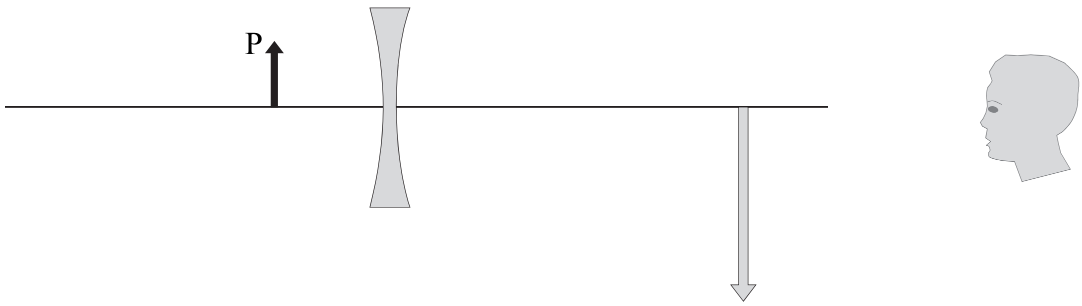


B.



C.

D.

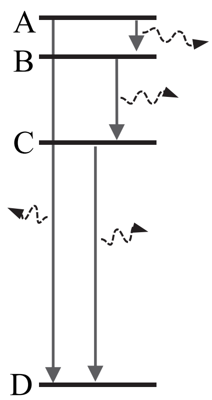


Zadanie 6.3. *(2 pkt)*

Opisana w zadaniu 6. 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 7. *(3 pkt)*



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.

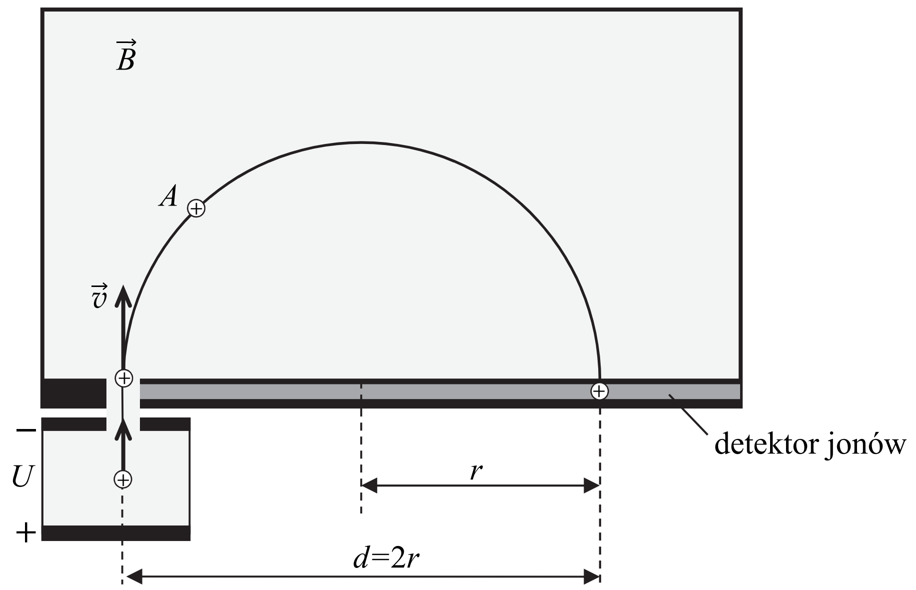
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	6.1.	6.2.	6.3.	7.
	Maks. liczba pkt	1	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 8.

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 8.1. *(2 pkt)*

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 8.2. *(3 pkt)*

W doświadczeniu opisanym w zadaniu 8. 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.

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

Zadanie 9.

Nietrwały izotop wodoru tryt ${}^{3}_{1}H$ ulega przemianie, w wyniku której powstaje jądro pewnego izotopu helu oraz emitowane są cząstki: elektron oraz antyneutrino elektronowe. Neutrina i antyneutrina mają zerowy ładunek elektryczny, a ich masa w porównaniu do masy elektronu jest pomijalnie mała.

Tabela obok przedstawia przybliżone masy wybranych cząstek i jąder. Niektóre z nich wykorzystaj w zadaniu 9.3.

Czas połowicznego rozpadu, jakiemu podlega tryt w opisanej przemianie, wynosi około 12,3 lat.

Symbol	**Masa,** 10^{-27} kg
${}^{3}H$	5,00736
${}^{4}He$	6,64466
${}^{3}He$	5,00641
n	1,67493
p	1,67262
e	0,00091

Zadanie 9.1. *(2 pkt)*

Uzupełnij liczby atomowe i masowe w poniższym zapisie reakcji rozpadu trytu. Zapisz, jak nazywa się ten typ rozpadu.

$$ {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{\dots\dots}_{\dots\dots}He + e + \tilde{\nu}_e $$

Zadanie 9.2. *(3 pkt)*

Oszacuj, ile % z początkowej liczby jąder trytu w próbce uległoby rozpadowi w ciągu trzech lat (licząc od pewnej ustalonej chwili początkowej).

Skorzystaj z własności potęgowania: $(a^x)^y = a^{x \cdot y}$, $a^{\frac{1}{2}} = \sqrt{a}$, dla $a > 0$ i $a \neq 1$ oraz $x, y \in \mathbb{R}$.

Zadanie 9.3. *(3 pkt)*

Oszacuj całkowitą energię kinetyczną wszystkich produktów przemiany opisanej w zadaniu. Masę odpowiednich jąder i cząstek znajdź w tabeli przy opisie zadania 9. Przyjmij, że jądro trytu początkowo spoczywało. Wynik podaj z dokładnością do jednej cyfry znaczącej.

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	9.1.	9.2.	9.3.
	Maks. liczba pkt	2	3	3
	Uzyskana liczba pkt			

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*

CENTRALNA
KOMISJA
EGZAMINACYJNA

EGZAMIN MATURALNY

W ROKU SZKOLNYM 2018/2019

FIZYKA I ASTRONOMIA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA DO 2014

(„STARA MATURA")

ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

MAJ 2019

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

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

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (P I.1.1.3). Analizowanie kinematyczne swobodnego spadku (P I.1.1.5).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

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:

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

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

Zadanie 1.2. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady niezależności ruchów do analizy ruchów złożonych (I.1.1.3). Obliczanie wartości prędkości średniej i chwilowej, przyspieszenia, drogi i czasu w ruchu jednostajnym oraz jednostajnie zmiennym (P I.1.1.3).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

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.

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

$$x = v_0 t_s, \qquad 0 = h - \frac{1}{2}gt_s^2$$

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

Zadanie 1.3. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady niezależności ruchów do analizy ruchów złożonych (I.1.1.3).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia kąta α oraz prawidłowy wynik liczbowy podany w stopniach lub radianach.

2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe wyznaczenie pionowej składowej prędkości końcowej piłki oraz wyrażenie stosunku składowych prędkości funkcją trygonometryczną kąta α.

1 p. – prawidłowa metoda (tzn. skorzystanie z odpowiednich kinematycznych równań ruchu) oraz prawidłowe wyznaczenie pionowej składowej prędkości końcowej piłki
lub
– prawidłowa metoda wyznaczenia pionowej składowej prędkości końcowej piłki oraz wyrażenie stosunku składowych prędkości funkcją trygonometryczną kąta α.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy wartość v_y pionowej składowej prędkości piłki w chwili tuż przed uderzeniem w ziemię. Korzystamy z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego prostoliniowego:

$$v_y = gt = g\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh} \quad \rightarrow \quad v_y \approx 6{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Wyrażamy stosunek składowych prędkości funkcją trygonometryczną kąta α i obliczamy kąt α.

$$\frac{v_y}{v_x} = \operatorname{tg}\alpha \quad \rightarrow \quad \frac{6{,}2\ \mathrm{m/s}}{8{,}1\ \mathrm{m/s}} \approx \operatorname{tg}\alpha \quad \rightarrow \quad \operatorname{tg}\alpha \approx 0{,}765 \quad \rightarrow \quad \alpha \approx 37°$$

Należy uznawać rozwiązania dla kąta α przedziału od 35º do 40º.

Zadanie 2.1. *(2 pkt)*

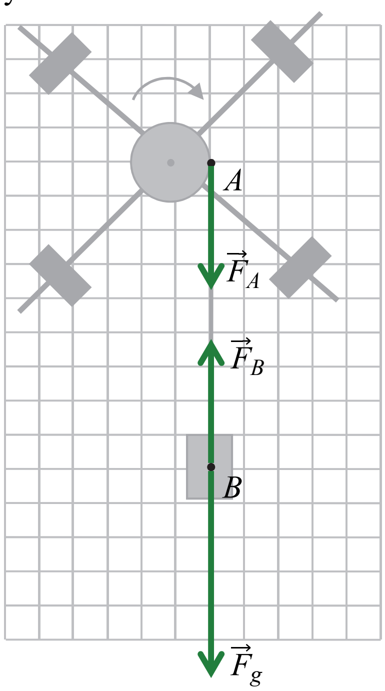
Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2).
Korzystanie z informacji.	Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

Schemat punktowania
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)**
lub
– prawidłowe narysowanie oznaczonych sił $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ oraz prawidłowe zapisanie relacji **2)**
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 2.2. *(5 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu (II.1.a).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tekstu (III.1). Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

a) ***(2 pkt)***
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) ***(1 pkt)***
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) ***(1 pkt)***
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) ***(1 pkt)***

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 2.3. ***(3 pkt)***

Obszar standardów	**Opis wymagań**
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2). Zastosowanie II zasady dynamiki dla ruchu obrotowego (I.1.1.8). Zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej dla ruchu postępowego i obrotowego (I.1.1.11).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

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 $h = \frac{1}{2}at^2$ – kinematyczne równania 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 2.4. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2). Zastosowanie pojęcia przyspieszenia liniowego i kątowego, momentu bezwładności do opisu ruchu obrotowego (I.1.1.7).

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* / *zmalał* / *nie uległ zmianie*).
2. siła napięcia nitki (*wzrosła* / *zmalała* / *nie uległa zmianie*).

Zadanie 3.1. (*3 pkt*)

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie równania stanu gazu doskonałego do wyznaczania parametrów gazu (P I.1.4.1). Analizowanie cykli termodynamicznych (I.1.6.5).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie wykresów (II.1.b).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia T_C oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – skorzystanie z równania stanu gazu doskonałego w celu wyznaczenia temperatury w stanie *A* oraz w stanie *C* łącznie z prawidłowym uwzględnieniem danych na wykresie – z zapisanych równań musi wynikać, że stosunek T_A/T_C =1/16.
1 p. – skorzystanie z równania stanu gazu doskonałego w celu wyznaczenia temperatury w stanie *A* oraz w stanie *C*.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Skorzystamy z równania stanu gazu doskonałego w celu zapisania wyrażenia pozwalającego wyznaczyć T_C. Przyjmiemy, że *n* jest liczbą moli gazu.

$$p_C V_C = nRT_C \quad \rightarrow \quad 4p_1 4V_1 = nRT_C \quad \rightarrow \quad 16p_1 V_1 = nRT_C$$

Skorzystamy z równania stanu gazu doskonałego w celu zapisania wyrażenia pozwalającego wyznaczyć T_A. Przyjmiemy, że *n* jest liczbą moli gazu.

$$p_A V_A = nRT_A \quad \rightarrow \quad p_1 V_1 = nRT_A$$

Wyznaczamy stosunek temperatur:

$$\frac{T_A}{T_C} = \frac{p_1 V_1}{16 p_1 V_1} = \frac{1}{16}$$

Obliczamy temperaturę w stanie *A*:

$$\frac{25\ \mathrm{K}}{T_C} = \frac{1}{16} \quad \rightarrow \quad T_C = 400\ \mathrm{K}$$

Zadanie 3.2. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie sprawności silników cieplnych (P I.1.4.6). Obliczanie zmian energii cieplnej w przemianach: izobarycznej i izochorycznej oraz pracę w przemianie izobarycznej (P I.1.4.3). Analizowanie cykli termodynamicznych (I.1.6.5).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci wykresu (III.1).

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):

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

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 4.1. ***(2 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej, potencjalnej ciężkości, potencjalnej sprężystości (P.I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej (P.I.1.6.3.).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia *x* oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – zastosowanie zasady zachowania energii – przyrównanie energii potencjalnej sprężystości do energii potencjalnej grawitacyjnej.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
W przyjętym modelu zjawiska, energia mechaniczna początkowa jest równa energii potencjalnej sprężystości, a energia mechaniczna końcowa jest równa maksymalnej energii potencjalnej grawitacji. Zgodnie z przyjętymi założeniami energia mechaniczna jest zachowana. Poziom zera energii potencjalnej grawitacji przyjmujemy na linii przerywanej na rys. 1.

$$E_{mech\,pocz} = E_{pot\,s} = \frac{1}{2}kx^2 \quad \text{oraz} \quad E_{mech\,kon} = E_{potg} = mgh$$

$$E_{mech\,pocz} = E_{mech\,kon} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}kx^2 = mgh$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = mgh \quad \rightarrow \quad x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}105\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \mathrm{m/s^2} \cdot 50\ \mathrm{m}}{200\ \mathrm{N/m}}} \approx 0{,}7177\ \mathrm{m} \approx 0{,}72\ \mathrm{m}$$

Zadanie 4.2. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej, potencjalnej ciężkości, potencjalnej sprężystości (P.I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej (P.I.1.6.3.)
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tekstu (III.1). Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda oraz prawidłowo obliczone obie wysokości, wynik podany z jednostką z dokładnością do trzech cyfr znaczących.
2 p. – zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej dla wszystkich rzutek prowadzące do zapisu: $mgh = m_1gh_1 = m_2gh_2$ oraz prawidłowe podstawienie danych liczbowych.
1 p. – zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Poziom zera energii potencjalnej przyjmujemy na linii przerywanej na rys. 1. Wtedy początkowa energia mechaniczna układu wyrzutnia – rzutka, jest taka sama niezależnie od masy rzutki.

$$E_{mech\,pocz} = E_{pot\,s} = \frac{1}{2}kx^2$$

Energia mechaniczna końcowa układu wyrzutnia – rzutka, jest równa energii potencjalnej. Dla rzutek o masach m = 105 g, m_1 = 100 g, m_2 = 110 g energie te wynoszą:

$$E_{mech\,kon} = mgh \qquad E_{mech\,kon1} = m_1gh_1 \qquad E_{mech\,kon2} = m_2gh_2$$

Z zasady zachowania energii mechanicznej wynika, że wszystkie trzy energie są równe energii mechanicznej początkowej, co oznacza, że wszystkie są sobie równe.

$$E_{mech\,pocz} = E_{mech\,kon} = E_{mech\,kon1} = E_{mech\,kon2} \quad \rightarrow \quad mgh = m_1gh_1 = m_2gh_2$$

$$mgh = m_1gh_1 = m_2gh_2 \qquad \rightarrow \qquad h_1 = \frac{m}{m_1}h \quad \text{oraz} \quad h_2 = \frac{m}{m_2}h$$

$$h_1 = \frac{0{,}105\ \text{kg}}{0{,}100\ \text{kg}} \cdot 50\ \text{m} = 52{,}5\ \text{m} \qquad \text{oraz} \qquad h_2 = \frac{0{,}105\ \text{kg}}{0{,}110\ \text{kg}} \cdot 50\ \text{m} \approx 47{,}7\ \text{m}$$

Zadanie 4.3. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3). Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5).
Wiadomości i rozumienie.	Analizowanie ruchów ciał z uwzględnieniem sił oporu (P.I.1.2.3).

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

Poprawne odpowiedzi
Uwzględnij siły oporów powietrza oraz masę sprężyny.

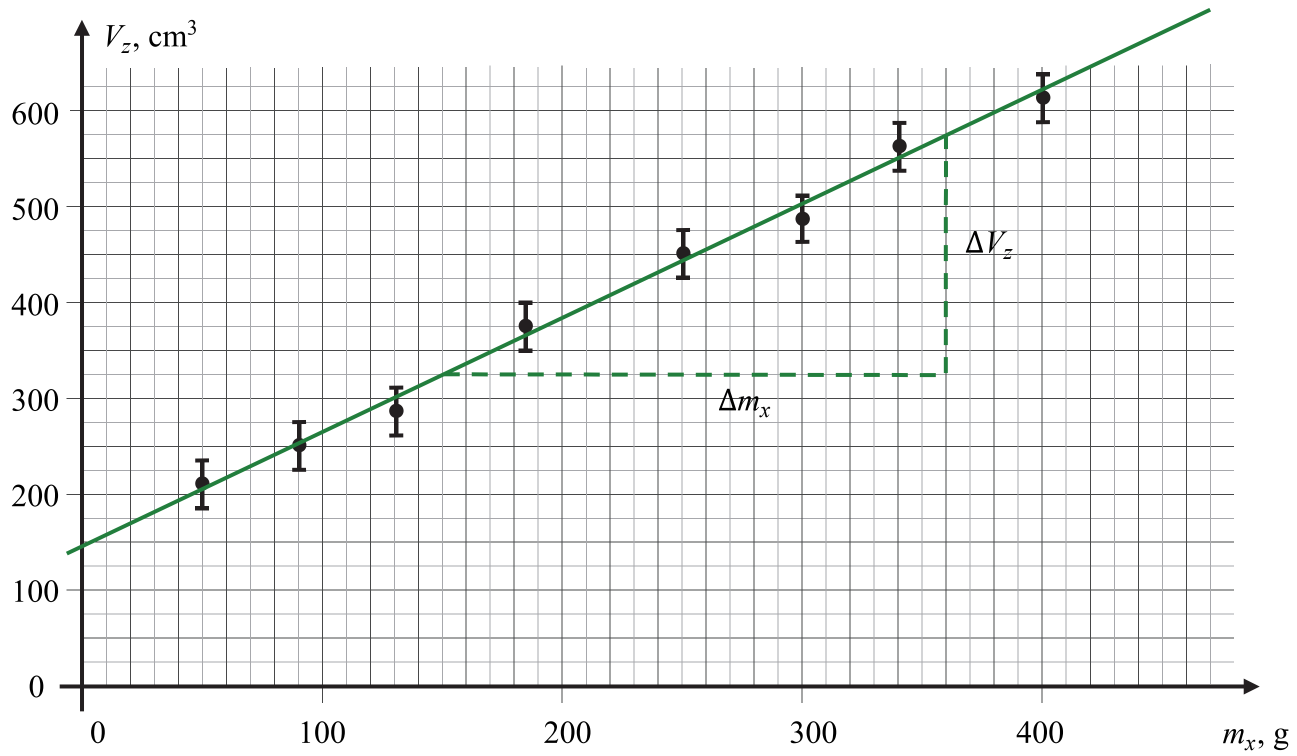
1. Wysokość, na jaką wzniesie się rzutka, w porównaniu do wysokości obliczonej w modelu zjawiska bez sił oporów powietrza, będzie (*większa / taka sama / mniejsza*).
2 Wartość prędkości, jaką uzyskuje rzutka tuż po wystrzeleniu, w porównaniu do analogicznej wartości prędkości obliczonej w modelu zjawiska z zerową masą sprężyny, będzie (*większa / taka sama / mniejsza*).

Zadanie 5.1. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu, wykresów, rysunków (II.1). Uzupełnianie brakujących elementów wykresu łącząc posiadane i podane informacje (II.2).
Tworzenie informacji.	Interpretowanie informacji zapisanych w postaci tekstu, wykresów (III.1). Planowanie prostych doświadczeń i analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4).

a) ***(1 pkt)***
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) ***(1 pkt)***
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:

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

c) ***(1 pkt)***
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 cm³/g do 1,3 cm³/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:

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

Zadanie 5.2. ***(5 pkt)***

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasad dynamiki do opisu zachowania się ciał (P I.1.2.2). Obliczanie siły wyporu w cieczach i gazach z wykorzystaniem prawa Archimedesa (I.1.7.4).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

a) ***(2 pkt)***
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 $\vec{Q}_x$:

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

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:

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

b) ***(2 pkt)***

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:

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

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) ***(1 pkt)***

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:

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

Zadanie 6.1. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Obliczanie ogniskowej soczewki znając, znając promienie krzywizny i współczynnik załamania materiału, z którego jest wykonana (P.I.1.5.7).

Schemat punktowania

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

Zaznaczenie ośrodka 2. oraz ośrodka 3.

Zadanie 6.2. *(1 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Konstruowanie obrazu w soczewce skupiającej i rozpraszającej dla różnych położeń przedmiotu (P.I.1.5.6).

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

Poprawna odpowiedź
B

Zadanie 6.3. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie równania soczewki cienkiej do obliczeń wartości odległości przedmiotu i obrazu, ogniskowej, zdolności skupiającej lub współczynnika załamania ośrodka (P.I.1.5.9).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

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:

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

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

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

Zadanie 7. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania energii (P.I.1.6.3). [Wyjaśnienie zjawisk] zgodnie z założeniami kwantowego modelu światła (P.I.1.5.17). Wyjaśnianie mechanizmu powstawania widma emisyjnego (P.I.1.21). Obliczanie długości fali emitowanej przez atom wodoru przy przeskokach elektronu pomiędzy orbitami (P.I.5.20).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu, schematów i rysunków (II.1).

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:

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

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

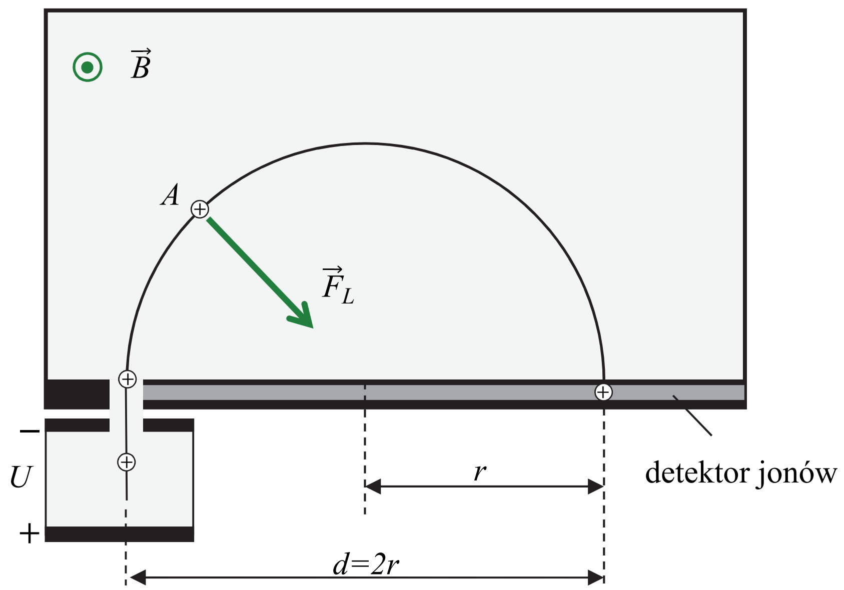
Zadanie 8.1. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie własności pola magnetycznego za pomocą indukcji pola magnetycznego (I.1.2.4). Opisywanie ruchu cząstki naładowanej w polu magnetycznym (I.1.2.7).
Korzystanie z informacji.	Odczytywanie i analizowanie informacji podanych w formie tekstu, schematów i rysunków (II.1). Uzupełnianie brakujących elementów rysunku, łącząc posiadane i podane informacje (II.2).

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 8.2. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Opisywanie ruchu cząstki naładowanej w polu elektrostatycznym i magnetycznym (I.1.2.7). Obliczanie wartości pracy i energii mechanicznej w polu elektrostatycznym (I.1.2.8). Zastosowanie zasady zachowania energii (P I.1.6.3). Obliczanie wartości siły Lorentza (I.1.4.3).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3). Analizowanie opisanych wyników doświadczeń (III.4.).

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:

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

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

Zadanie 9.1. *(2 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie zasady zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisów reakcji jądrowych i przemian jądrowych (P.I.1.6.10). Wymienianie własności promieniowania jądrowego α, β, γ (P.I.1.6.8).

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe uzupełnienie zapisu reakcji oraz podanie prawidłowej nazwy typu reakcji rozpadu.
1 p. – prawidłowe uzupełnienie zapisu reakcji lub podanie prawidłowej nazwy typu reakcji rozpadu.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawne rozwiązanie

$$^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He} + \mathrm{e} + \tilde{\nu}_{\mathrm{e}}$$

Jest to reakcja rozpadu (albo przemiany) typu beta minus.

Zadanie 9.2. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Zastosowanie prawa rozpadu, z uwzględnieniem czasu połowicznego rozpadu, do analizy przemian jądrowych (P.I.1.6.11).
Korzystanie z informacji.	Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności fizycznych (II.4.c).

Schemat punktowania
3 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie stosunku liczby jąder, które uległy rozpadowi, do początkowej liczby jąder w próbce.
2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie stosunku liczby jąder pozostających w próbce do początkowej liczby jąder w próbce.
1 p. – skorzystanie z pierwszego prawa statystycznego rozpadu jąder atomowych łącznie z prawidłowym określeniem stosunku *t/T*.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Obliczamy % z początkowej liczby jąder, jaka zostanie w próbce po czasie $t = 3$ lata – jest to czas równy około 1/4 okresu połowicznego rozpadu:

$$N(t) = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad \rightarrow \quad \frac{N(t)}{N_0} \approx \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{12,3}} \quad \rightarrow \quad \frac{N(t)}{N_0} \approx \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}} = \sqrt{\sqrt{\frac{1}{2}}} \approx 0,84$$

$$\frac{N(t)}{N_0} \approx 84\%$$

Obliczamy % z początkowej liczby jąder, która uległa rozpadowi w czasie $t = 3$ lata:

$$\frac{N_{roz}(t)}{N_0} = \frac{N_0 - N(t)}{N_0} = 1 - \frac{N(t)}{N_0} \approx 0{,}16 \qquad \frac{N_{roz}(t)}{N_0} \approx 16\%$$

Zadanie 9.3. *(3 pkt)*

Obszar standardów	Opis wymagań
Wiadomości i rozumienie.	Posługiwanie się pojęciem energii kinetycznej. (P I.1.6.2). Zastosowanie zasady zachowania energii (P I.1.6.3). Wskazywanie zależności $E = mc^2$ jako równoważności masy i energii (P.I.1.6.4).
Tworzenie informacji.	Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3).

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda obliczenia energii kinetycznej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 p. – zastosowanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem wzoru Einsteina oraz prawidłowe podstawienie wszystkich danych liczbowych do odpowiedniego równania.

1 p. – zastosowanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem wzoru Einsteina na energię spoczynkową (punktowany jest także ogólny zapis wzoru na energię kinetyczną produktów, typu $E_{kin\,c} = (m_{substr} - m_{prod})c^2$ – we wzorze musi pojawić się energia kinetyczna oraz różnica mas!).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Zapiszemy bilans energii reakcji, z uwzględnieniem energii spoczynkowych jąder oraz elektronu oraz całkowitej energii kinetycznej $E_{kin\,c}$ produktów reakcji:

$$E_{0\,Tryt} = E_{0\,Hel} + E_{0\,elektron} + E_{kin\,c} \quad \rightarrow \quad E_{kin\,c} = E_{0\,Tryt} - E_{0\,Hel} - E_{0\,elektron}$$

Zastosujemy wzór Einsteina na energie spoczynkowe:

$$E_{kin\,c} = (m_{Tryt} - m_{Hel} - m_{elektron}) \cdot c^2$$

$$E_{kin\,c} = (5{,}00736 - 5{,}00641 - 0{,}00091) \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ J}$$

$$E_{kin\,c} = 0{,}00036 \cdot 10^{-11} \text{ J} \approx 0{,}036 \cdot 10^{-13} \text{ J} \approx 4 \cdot 10^{-15} \text{ J} \approx 0{,}02 \text{ MeV}$$