



☐ *Tegoroczny maturzysta*

☐ *Uczeń młodszy*

PRÓBNY EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI POZIOM ROZSZERZONY

DATA: **2 kwietnia 2022 r.**

GODZINA ROZPOCZĘCIA: **10:30**

CZAS PRACY: **180 minut**

LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 14 stron (zadania 1–10).
 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. Wszelkie pytania odnośnie arkusza po egzaminie możesz kierować na adres e-mail: promocja.fais@uj.edu.pl.
-

Zadanie 1. (0-3)

Marynarz na statku płynącym w kierunku jego macierzystego portu co 24 godziny wysyła do czekającej tam swej rodziny gołębia pocztowego z listem. Statek płynie ze stałą prędkością o wartości 20 km/h, a gołębie lecą ze stałą prędkością o wartości 80 km/h.

Oblicz, w jakich odstępach czasu rodzina marynarza otrzymuje od niego listy.

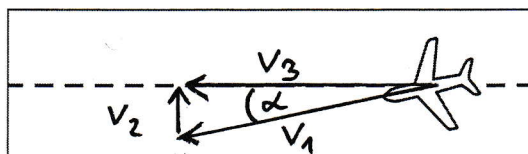
$$\Delta s = v_1 \cdot \Delta t_1 = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 24 \text{ h} = 480 \text{ km}$$

$$\Delta t_2 = \Delta t_1 - \frac{\Delta s}{v_2} = 24 \text{ h} - \frac{480 \text{ km}}{80 \frac{\text{km}}{\text{h}}} =$$

$$= 24 \text{ h} - 6 \text{ h} = \underline{\underline{18 \text{ h}}}$$

Zadanie 2. (0-6)

Samolot pasażerski lecący dokładnie w kierunku zachodnim porusza się względem powietrza ze stałą prędkością $\vec{v}_1$ o wartości 864 km/h. Wiatr wieje z kierunku południowego, prędkość wiatru $\vec{v}_2$ jest stała i ma wartość 20 m/s.

**Zadanie 2.1. (0-2)**

Oblicz wartość prędkości samolotu względem powierzchni Ziemi. Wynik zapisz w jednostkach podstawowych SI.

$$v_3^2 + v_2^2 = v_1^2$$

$$v_3 = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = \sqrt{240^2 - 20^2} \approx \underline{\underline{239,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$v_1 = 864 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 240 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Zadanie 2.2. (0-2)

Oblicz kąt, jaki prędkości samolotu względem powietrza tworzy z kierunkiem zachodnim. Wynik podaj zaokrąglony do całkowitej liczby stopni. Możesz skorzystać z zamieszczonej tabeli wartości funkcji trygonometrycznych.

α	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
$\sin \alpha$	0,0175	0,0349	0,0523	0,0698	0,0872	0,1045	0,1219	0,1392	0,1564	0,1736
$\operatorname{tg} \alpha$	0,0175	0,0349	0,0524	0,0699	0,0875	0,1051	0,1228	0,1405	0,1584	0,1763

$$\sin \alpha = \frac{v_2}{v_1} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{240 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{1}{12} \approx 0,0833$$

$$\alpha \approx 5^\circ$$

Zadanie 2.3. (0-2)

Oblicz wartość działającej na samolot siły oporu powietrza przyjmując, że cała moc silników (łącznie 7,2 MW) jest wykorzystywana do pokonywania tej siły.

$$P = F_{\text{ciągu}} \cdot v_1$$

$$F_{\text{ciągu}} = \frac{P}{v_1} = \frac{7,2 \cdot 10^6 \text{ W}}{240 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 30\,000 \text{ N} = 30 \text{ kN}$$

I zasada dynamiki $\Rightarrow F_{\text{oporu}} = F_{\text{ciągu}} = \underline{\underline{30 \text{ kN}}}$

Zadanie 3. (0-4)

Energia jonizacji atomu wodoru w stanie podstawowym jest równa 13,6 eV.

Zadanie 3.1. (0-2)

Oblicz energię potrzebną do zjonizowania atomu wodoru w pierwszym stanie wzbudzonym. Wynik zapisz w dżulach.

$$E_2 = -\frac{13,6 \text{ eV}}{2^2} = -3,4 \text{ eV} = -3,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} =$$

$$= -5,44 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{jonizacji}} = \underline{\underline{5,44 \cdot 10^{-19} \text{ J}}}$$

Zadanie 3.2. (0–1)

Oblicz największą długość fali promieniowania elektromagnetycznego, które może spowodować zjonizowanie atomu wodoru w pierwszym stanie wzbudzonym

$$E_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E_f} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5,44 \cdot 10^{-19} \text{ J}} =$$

$$= \underline{\underline{3,66 \cdot 10^{-7} \text{ m}}} = 0,366 \mu\text{m} = 366 \text{ nm}$$

Zadanie 3.3. (0–1)

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

1.	Widma światła emitowanego przez rozrzedzone gazy jednoatomowe mają charakter ciągły.	P	☒ F
2.	W wyniku emisji fotonu atom przechodzi z niższego na wyższy poziom energetyczny.	P	☒ F

Zadanie 4. (0–6)

W wyniku reakcji jądra litu ${}^6_3\text{Li}$ z jądrami deuteru powstają dwa jądra helu. Masa jądra deuteru wynosi 2,0141 u, masa jądra helu 4,0026 u. W wyniku reakcji wydzielą się energia 22,4 MeV.

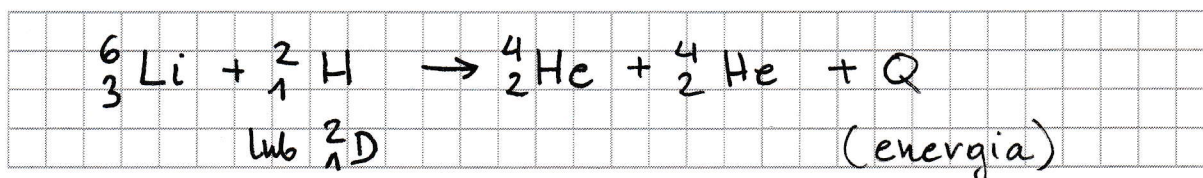
Zadanie 4.1. (0–1)

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

1.	Jądro izotopu ${}^7_3\text{Li}$ składa się z trzech protonów i siedmiu neutronów.	P	☒ F
2.	Siły, które wiążą ze sobą protony i neutrony tworzące jądra atomowe, to siły grawitacji.	P	☒ F

Zadanie 4.2. (0–1)

Zapisz równanie powyższej reakcji z uwzględnieniem liczb masowych i atomowych wszystkich jąder.



Zadanie 4.3. (0-4)

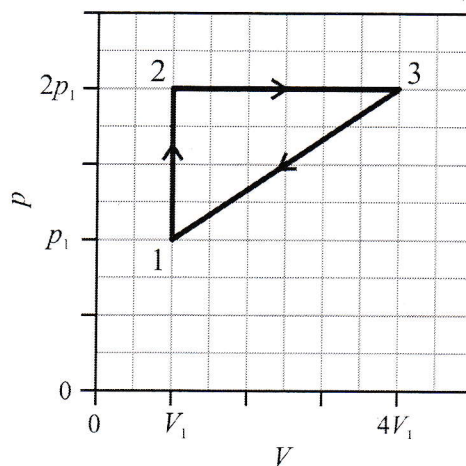
Oblicz masę jądra litu biorącego udział w reakcji. Wynik zapisz w atomowych jednostkach masy.

$$\begin{aligned}
 m_{\text{Li}} \cdot c^2 + m_{\text{H}} c^2 &= 2 \cdot m_{\text{He}} \cdot c^2 + 22,4 \text{ MeV} \\
 m_{\text{Li}} &= 2 m_{\text{He}} - m_{\text{H}} + \frac{22,4 \text{ MeV}}{c^2 \cdot 1u} = \\
 &= 2 \cdot 4,0026 u - 2,0141 u + \frac{22,4 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{(3 \cdot 10^8)^2 \cdot 1,661 \cdot 10^{-27}} \\
 &= \underline{\underline{6,015 u}}
 \end{aligned}$$

Zadanie 5. (0-18)

W zbiorniku zamkniętym szczelnie tłokiem mogącym przesuwac się bez tarcia znajdują się 2 mole azotu o masie molowej $\mu = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ i cieple molowym

$C_V = \frac{5}{2} R$. Na wykresie $p(V)$ przedstawiono cykl przemian, jakim uległ gaz. W stanie 1 objętość gazu wynosiła 1 dm^3 , a temperatura 200 K . Przyjmij, że w rozważanych warunkach azot można traktować jak gaz doskonały.

**Zadanie 5.1. (0-1)**

Oblicz liczbę cząsteczek gazu w zbiorniku.

$$N = 2 \text{ mole} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = \underline{\underline{1,204 \cdot 10^{24}}}$$

Zadanie 5.2. (0-2)

Oblicz gęstość gazu w zbiorniku w stanie 1.

$$m = n \cdot \mu = 2 \text{ mole} \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 56 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{56 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} = 56 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} = \underline{\underline{56 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}$$

Zadanie 5.3. (0-1)

Zapisz, jakim przemianom uległ gaz pomiędzy podanymi punktami.

1-2: ... przemiana izochoryczna

2-3: ... przemiana izobaryczna

Zadanie 5.4. (0-1)

Oblicz ciśnienie gazu w stanie 1.

$$p_1 V_1 = n R T_1$$

$$p_1 = \frac{n R T_1}{V_1} = \frac{2 \text{ mole} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 200 \text{ K}}{10^{-3} \text{ m}^3} = \underline{\underline{3,32 \cdot 10^6 \text{ Pa}}}$$

Zadanie 5.5. (0-2)

Oblicz energię dostarczoną do gazu w postaci ciepła w przemianie 1-2.

$$T_2 = 2 T_1 = 400 \text{ K}$$

$$Q_{1-2} = n C_V \Delta T = n C_V (T_2 - T_1) =$$

$$= 2 \text{ mole} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 200 \text{ K} =$$

$$= \underline{\underline{8310 \text{ J}}}$$

Zadanie 5.6. (0-3)

Oblicz energię dostarczoną do gazu w postaci ciepła oraz zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie 2-3.

$$T_3 = 4T_2 = 1600 \text{ K}$$

$$Q_{2-3} = n C_p \Delta T = n C_p (T_3 - T_2) =$$

$$= 2 \text{ mole} \cdot \frac{7}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1200 \text{ K} =$$

$$= \underline{\underline{69\,804 \text{ J}}}$$

$$\Delta U = n C_v \Delta T = 2 \text{ mole} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1200 \text{ K} =$$

$$= \underline{\underline{49\,860 \text{ J}}}$$

Zadanie 5.7. (0-3)

Oblicz pracę wykonaną przez siłę zewnętrzną działającą na tłok oraz zmianę energii wewnętrznej gazu podczas przemiany 3-1.

$$W = \frac{3}{2} p_1 \cdot \Delta V = \frac{3}{2} p_1 \cdot 3 V_1 = \frac{9}{2} p_1 V_1 =$$

$$= \frac{9}{2} \cdot 3,32 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 =$$

$$= \underline{\underline{14\,940 \text{ J}}}$$

$$\Delta U = n C_v \Delta T = 2 \text{ mole} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (-1400 \text{ K}) =$$

$$= \underline{\underline{-58\,170 \text{ J}}}$$

Zadanie 5.8. (0-1)

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

1.	W wyniku przemiany 3-1 średnia wartość prędkości atomów azotu zmalała sześciokrotnie.	P	☒ F
2.	W trakcie przemiany 3-1 gaz oddawał ciepło do otoczenia.	☒ P	F

Zadanie 5.9. (0-4)

Oblicz sprawność silnika cieplnego pracującego w oparciu o przedstawiony cykl przemian.

$$W_g = \frac{1}{2} \cdot 3 V_1 \cdot p_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1 =$$

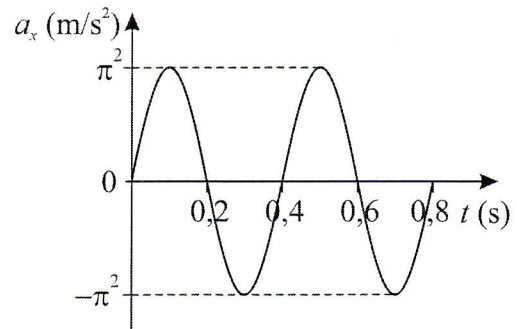
$$= \frac{3}{2} \cdot 3,32 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 4980 \text{ J}$$

$$Q_{\text{dost}} = Q_1 + Q_2 = 8310 \text{ J} + 6980 \text{ J} = 78114 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{W_g}{Q_{\text{dost}}} \cdot 100\% = \frac{4980 \text{ J}}{78114 \text{ J}} \cdot 100\% \approx 6,4\%$$

Zadanie 6. (0-8)

Ciężarek o masie 100 g połączono ze sprężyną, której drugi koniec unieruchomiono. Ciężarek wprawiono w drgania harmoniczne na płaskiej, poziomej powierzchni. Opory ruchu były pomijalnie małe. Na wykresie przedstawiono zależność współrzędnej przyspieszenia ciężarka od czasu.

**Zadanie 6.1. (0-2)**

Oblicz częstotliwość drgań ciężarka i amplitudę jego wychYLENIA z położenia równowagi.

$$T = 0,4 \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,4 \text{ s}} = \underline{\underline{5\pi \text{ s}^{-1}}}$$

$$a_{\text{max}} = A \cdot \omega^2 \rightarrow A = \frac{a_{\text{max}}}{\omega^2}$$

$$A = \frac{\pi^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(5\pi \frac{1}{\text{s}})^2} = \frac{1}{25} \text{ m} = \underline{\underline{0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}}}$$

Zadanie 6.2. (0–1)

Zapisz równanie ruchu ciężarka, tj. zależność położenia od czasu, $x(t)$. Występujące w równaniu wielkości fizyczne wyraż w jednostkach podstawowych SI.

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \quad \varphi_0 = \pi$$

$$x(t) = 0,04 \cdot \sin(5\pi \cdot t + \pi)$$

Zadanie 6.3. (0–1)

Oblicz współczynnik sprężystości sprężyny.

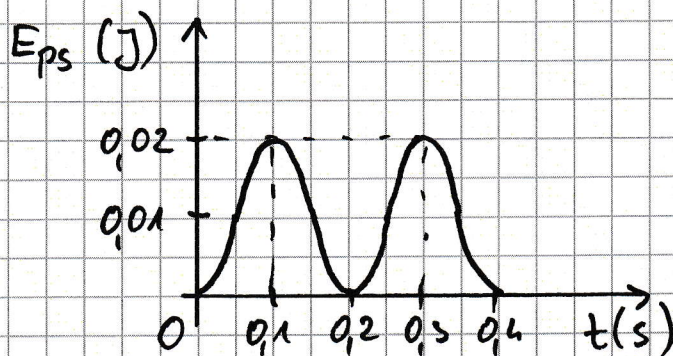
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \omega^2 = \frac{k}{m} \quad k = m\omega^2$$

$$k = 0,1 \text{ kg} \cdot \left(5\pi \frac{1}{s}\right)^2 = 2,5\pi^2 \frac{\text{kg}}{s^2} \approx 24,7 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Zadanie 6.4. (0–3)

Oblicz maksymalną energię potencjalną sprężystości ($E_{ps, \max}$) sprężyny podczas drgań ciężarka. Narysuj wykres zależności energii potencjalnej sprężystości użytej sprężyny od czasu w przedziale czasu od 0 s do 0,4 s.

$$\begin{aligned} E_{ps, \max} &= \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} 24,7 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,04 \text{ m})^2 = \\ &= 0,01976 \text{ J} \approx 0,02 \text{ J} \end{aligned}$$



Zadanie 6.5. (0–1)

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

1.	W chwili $t = 0$ s ciężarek poruszał się w kierunku zgodnym ze zwrotem osi x .	P	☒
2.	Energia potencjalna sprężystości sprężyny jest równa energii kinetycznej ciężarka w chwili, gdy wychylenie ciężarka z położenia równowagi jest równe połowie amplitudy drgań.	P	☒

Zadanie 7. (0–3)

Pięćdziesiąt jednakowych kulek zważono razem na wadze o dokładności 1 g. Wskazanie wagi wyniosło 120 g. Oblicz masę pojedynczej kulki oraz niepewność tego pomiaru. Zapisz wynik pomiaru wraz z niepewnością zgodnie z zasadami zaokrąglania wyników pomiarów.

$$m = 120 \text{ g} : 50 = 2,4 \text{ g}$$

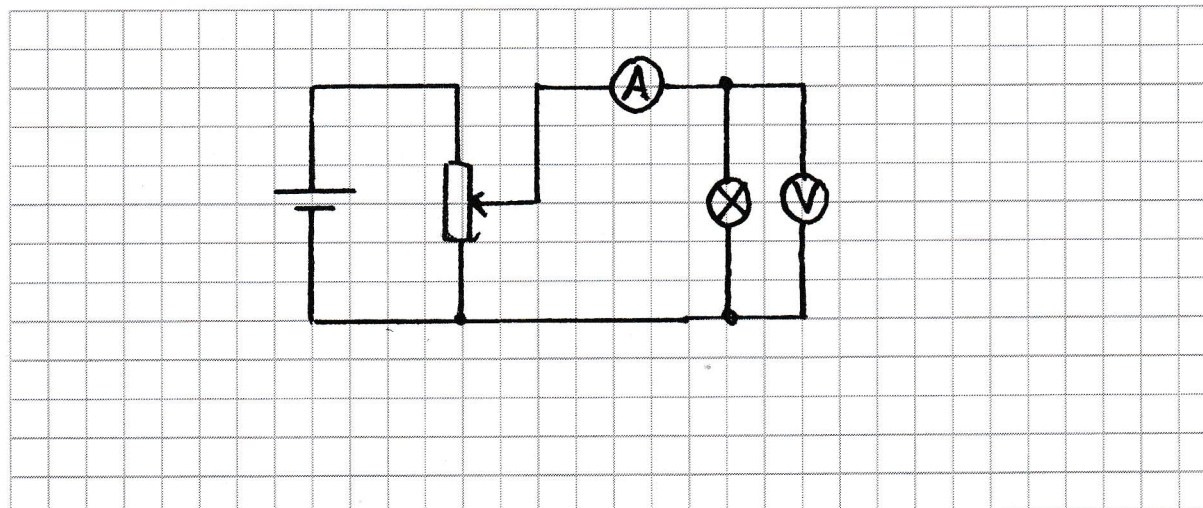
$$\Delta m = 1 \text{ g} : 50 = 0,02 \text{ g}$$

$$\underline{\underline{m = (2,40 \pm 0,02) \text{ g}}}$$

Zadanie 8. (0–3)

W celu wyznaczenia zależności natężenia prądu płynącego przez żarówkę od napięcia na jej zaciskach zbudowano układ pomiarowy zawierający: żarówkę, źródło napięcia stałego (np. akumulator), woltomierz, amperomierz, potencjometr i przewody połączeniowe. Układ umożliwia zmianę napięcia na zaciskach żarówki od 0 V do wartości maksymalnej.

Narysuj schemat tego układu.

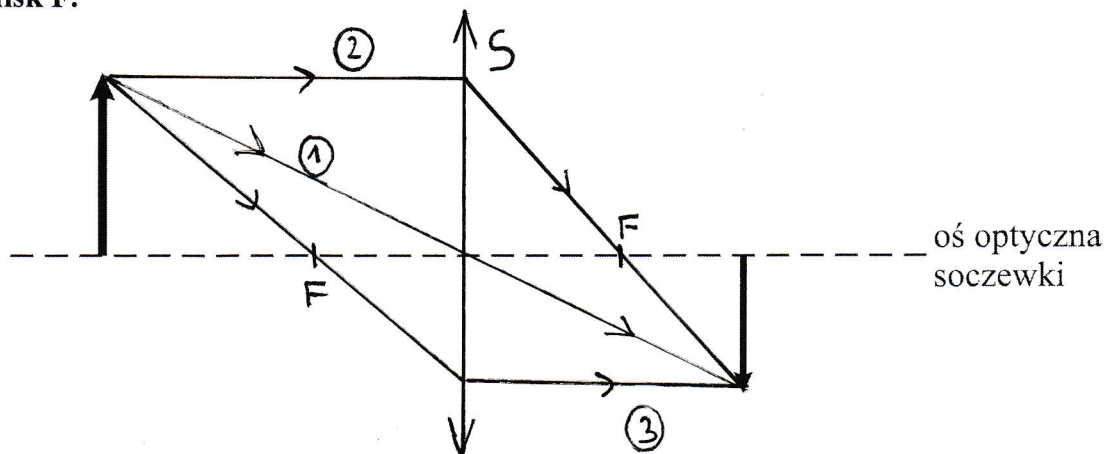


Zadanie 9. (0-6)

Na rysunku poniżej przedstawiono przedmiot oraz jego ostry obraz otrzymany za pomocą soczewki skupiającej.

Zadanie 9.1. (0-3)

Przeprowadź konstrukcję biegu promieni światła i na tej podstawie ustal położenie soczewki oraz położenia obu jej ognisk. Położenie soczewki oznacz literą S, a położenia ognisk F.



Zadanie 9.2. (0-3)

Oblicz ogniskową f użytej soczewki. Przyjmij, że wysokość przedmiotu $h_1 = 4$ cm, wysokość obrazu $h_2 = 3$ cm, a odległość obrazu od przedmiotu $d = 14$ cm.

$$\begin{aligned} \frac{y}{x} &= p = \frac{h_2}{h_1} = \frac{3}{4} & y &= \frac{3}{4}x \\ x + y &= d & x + \frac{3}{4}x &= 14 & \frac{7}{4}x &= 14 & x &= 8 \text{ cm} \\ y &= \frac{3}{4} \cdot 8 \text{ cm} = 6 \text{ cm} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{y} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{8} + \frac{1}{6} = \frac{3+4}{24} = \frac{7}{24} \\ f &= \frac{24}{7} \text{ cm} \approx \underline{\underline{3,43 \text{ cm}}} \end{aligned}$$

Zadanie 10. (0-3)

W obszar jednorodnego pola magnetycznego wstrzeliwano cząstki α i β posiadające jednakowe prędkości.

Oblicz stosunek promieni okręgów, po jakich poruszają się te cząstki w polu magnetycznym.

$$m_\beta = m_e$$

$$m_\alpha \approx 4m_p \approx 4 \cdot 1840 m_e = 7360 m_\beta$$

$$|q_\beta| = 1e$$

$$|q_\alpha| = 2e$$

$$q_\alpha = 2|q_\beta|$$

$$F_L = F_{\text{dośr}}$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

$$\frac{R_\alpha}{R_\beta} = \frac{\frac{m_\alpha v}{q_\alpha B}}{\frac{m_\beta v}{q_\beta B}} = \frac{m_\alpha}{m_\beta} \cdot \frac{q_\beta}{q_\alpha} = 7360 \cdot \frac{1}{2} = \underline{\underline{3680}}$$