



Imię i nazwisko:

PRÓBNY EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI

POZIOM ROZSZERZONY

DATA: **18 kwietnia 2026 r.**

CZAS PRACY: **180 minut**

LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 16 stron (zadania 1–12). Ewentualny brak zgłoś organizatorom.
2. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach. Przedstaw obliczenia pośrednie wskazujące na wykorzystanie warunków zadania oraz praw i zależności fizycznych.
3. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
4. Symbol  zamieszczony w nagłówku zadania zwraca uwagę na to, że do rozwiązania zadania będzie niezbędne użycie kalkulatora pozwalającego obliczać wartości logarytmów, funkcji trygonometrycznych oraz funkcji wykładniczych.
5. Symbol  zamieszczony w nagłówku zadania zwraca uwagę na to, że do rozwiązania zadania będzie pomocne lub niezbędne użycie linijki.
6. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
7. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
8. Nie wpisuj żadnych znaków w tabelkach przeznaczonych dla egzaminatora. Tabelki umieszczone są na marginesie przy każdym zadaniu.
9. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
10. Możesz korzystać z Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki, z linijki oraz z kalkulatora naukowego.
11. Wszelkie pytania dotyczące arkusza możesz kierować na adres e-mail: promocja.fais@uj.edu.pl.

Niech Moc będzie z Tobą!

Zadanie 1. Ucieczka Sokoła Millennium (0–5)

Podczas ucieczki z kosmoportu w Mos Eisley, „Sokół Millennium” o masie $m = 100$ ton musi wyrwać się z pola grawitacyjnego Tatooine. Silniki statku generują maksymalny ciąg o wartości $F_s = 2$ MN. Statek startuje pionowo w górę. Załóżmy, że w początkowej fazie lotu (blisko powierzchni planety) przyspieszenie grawitacyjne Tatooine jest stałe i wynosi $g_T = 10,5$ m/s². Opór atmosfery pomijamy.



Zadanie 1.1. (0–2)

Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim Sokół Millennium wznosi się w początkowej fazie lotu.

Z II zasady dynamiki

$$m \cdot a = F_{\text{wypadkowa}} = F_s - mg$$

1 pkt.

$$a = \frac{F_s - mg}{m} = \frac{F_s}{m} - g$$
$$a = \frac{2 \cdot 10^6}{10^5} - 10,5 = 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1 pkt.



Zadanie 1.2. (0–2)

Po opuszczeniu atmosfery Han Solo aktywuje hipernapęd. W ułamku sekundy statek przyspiesza do prędkości bliskiej prędkości światła.

Oblicz całkowitą energię relatywistyczną statku, gdy porusza się on z prędkością o wartości $v = 0,8c$, gdzie c to prędkość światła w próżni).

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

1 pkt.

$$E = \frac{10^5 \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{\sqrt{1 - 0,8^2}} = 1,5 \cdot 10^{22} \text{ J}$$

1 pkt.



Zadanie 1.3. (0–1)

Poruszając się już ze stałą prędkością względem Tatooine, Sokół Millennium wysyła przed siebie świetlny sygnał ostrzegawczy. Naprzeciwko Sokoła, lecąc wprost na niego z prędkością względem planety, zbliża się Gwiezdny Niszczyciel Imperium.

Z jaką prędkością, według pomiarów wykonanych przez czujniki Gwiezdnego Niszczyciela, ten sygnał świetlny zbliża się do ich okrętu? Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

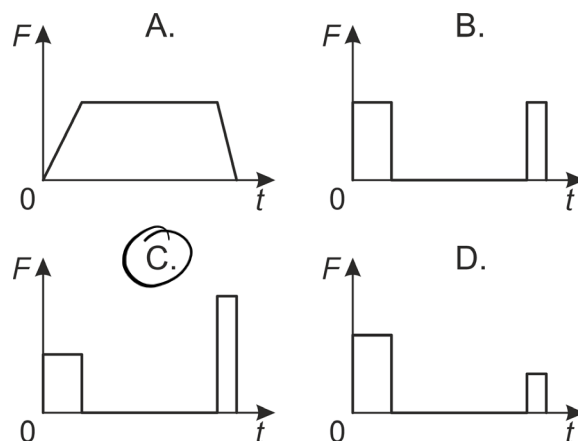
- ☒ A. c 1 pkt.
- B. $1,1c$
- C. $1,8c$
- D. $1,9c$

Zadanie 2. Pościg na skuterach repulsorowych (0–1)

Podczas pościgu w lasach księżycy Endor, zwiadowca Imperium na skuterze repulsorowym porusza się ruchem prostoliniowym. Poniższy opis przedstawia trzy fazy jego ruchu:

1. Skuter rusza z miejsca i przez pewien czas przyspiesza jednostajnie.
2. Następnie przez dłuższą chwilę porusza się ze stałą prędkością, przelatując się między drzewami.
3. Widząc przeszkodę, zwiadowca gwałtownie hamuje (ruch jednostajnie opóźniony) aż do całkowitego zatrzymania.

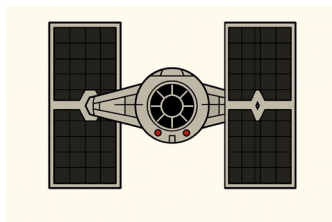
Wskaż wykres zależności wartości siły wypadkowej F działającej na skuter od czasu t , który poprawnie ilustruje opisany ruch.



1 pkt

Zadanie 3. Manewr obrotowy myśliwca TIE nowej generacji (0–6)

W przestrzeni kosmicznej imperialny myśliwiec TIE wykonuje szybki obrót wokół własnej osi pionowej, aby namierzyć Sokół Millennium.



Myśliwiec można zamodelować jako układ trzech połączonych ze sobą brył sztywnych:

1. **Centralny kokpit** – jednorodna kula o masie $M = 2000$ kg i średnicy $D = 3$ m.
2. **Dwa panele słoneczne** – cienkie, jednorodne kwadratowe płyty o boku $a = 6$ m i masie $m = 500$ kg każda.

Środki masy obu paneli słonecznych znajdują się w odległości $L = 3$ m od środka kokpitu. Oś obrotu myśliwca jest pionowa, przechodzi dokładnie przez środek kokpitu i jest równoległa do płaszczyzny obu paneli.

Wzory pomocnicze:

Moment bezwładności jednorodnej kuli względem osi przechodzącej przez jej środek: $I = \frac{2}{5}MR^2$.

Moment bezwładności jednorodnej cienkiej płyty kwadratowej o boku a , względem osi przechodzącej przez jej środek i równoległej do boku: $I = \frac{1}{12}ma^2$.



Zadanie 3.1. (0–2)

Oblicz całkowity moment bezwładności myśliwca TIE względem opisanej pionowej osi obrotu. Skorzystaj z twierdzenia Steinera.

$$I_{\text{KOKPIT}} = \frac{2}{5} MR^2 = \frac{2}{5} \cdot 2000 \cdot 1,5^2 = 1800 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_{\text{PANEL}} = I_0 + ML^2 = \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 6^2 + 500 \cdot 3^2 = 6000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad 1 \text{ pkt}$$

$$I_{\text{CAŁK}} = I_{\text{KOKPIT}} + 2 \cdot I_{\text{PANEL}} =$$

$$= 1800 + 2 \cdot 6000 = 13800 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad 1 \text{ pkt}$$

Zadanie 3.2. (0–2)

Myśliwiec początkowo nie obracał się. Silniki manewrowe wytworzyły stały wypadkowy moment siły o wartości 27 600 N·m.

Oblicz, po jakim czasie myśliwiec osiągnie prędkość kątową $\omega = \pi/2 \text{ rad/s}$.

II zasada dynamiki dla ruchu obrotowego

$$\varepsilon = \frac{M}{I} = \frac{27600}{13800} = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$\omega = \varepsilon \cdot t \Rightarrow t = \frac{\omega}{\varepsilon} = \frac{\pi/2}{2} = \frac{\pi}{4} \text{ s} \approx 0,79 \text{ s} \quad 1 \text{ pkt}$$

Zadanie 3.3. (0–2)

Nowoczesne modele myśliwców (tzw. TIE Defender) mają ruchome wsporniki paneli. Załóżmy, że myśliwiec obraca się już ze stałą prędkością kątową wokół swojej osi (silniki są wyłączone), po czym pilot gwałtownie zsuwa panele słoneczne bliżej kokpitu (zmniejsza odległość L).

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	W wyniku zsunęcia paneli całkowity moment bezwładności myśliwca ulegnie zmniejszeniu.	☒ P	F
2.	Zgodnie z zasadą zachowania momentu pędu, prędkość kątowa obracającego się myśliwca wzrośnie po zsunięciu paneli.	☒ P	F
3.	Energia kinetyczna ruchu obrotowego statku pozostanie dokładnie taka sama, ponieważ na układ nie działają siły zewnętrzne.	P	☒ F



Zadanie 4. Eksperyment na bagnach Dagobah (0–5)

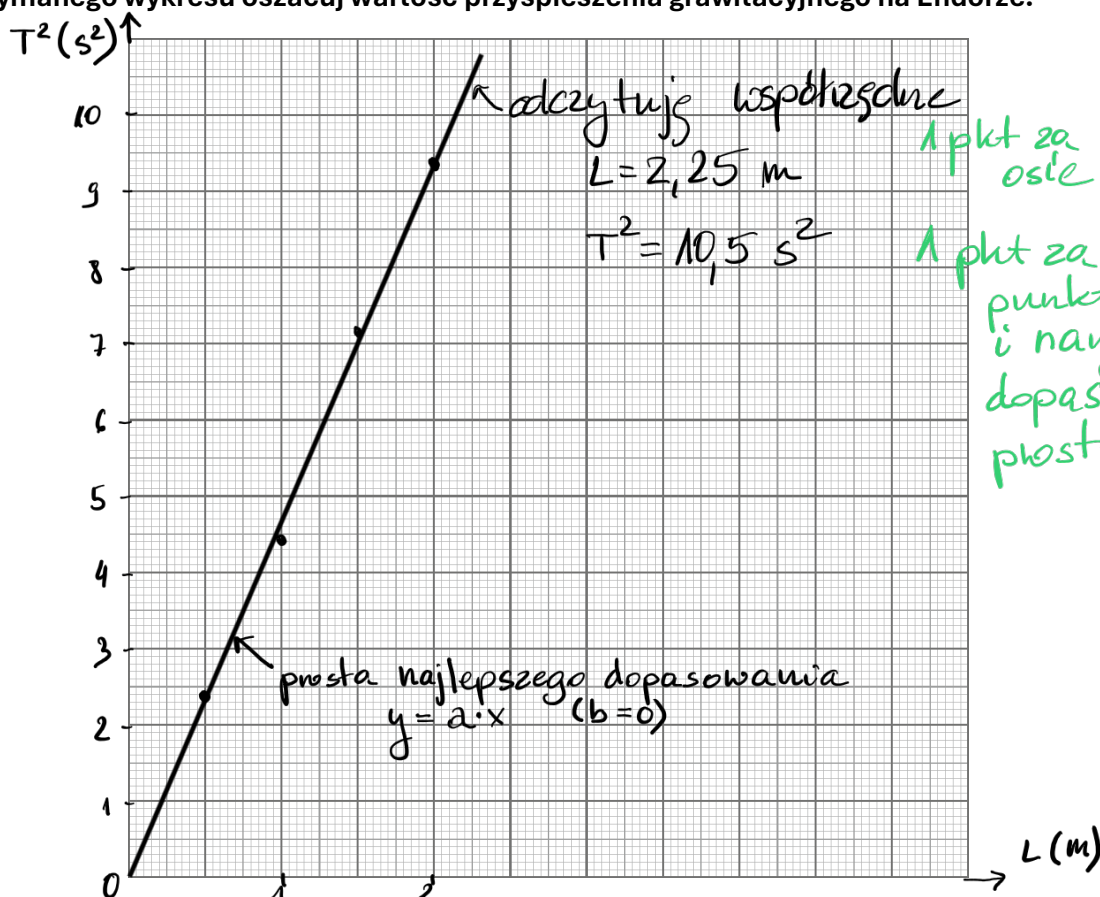


Podczas pobytu w wiosce Ewoków, C-3PO postanowił wyznaczyć lokalne przyspieszenie grawitacyjne leśnego księżycy Endor. Wykorzystał do tego lianę o regulowanej długości oraz ciężki kamień. Wicket Warrick pomagał mu odmierzać długości liany, a robot precyzyjnie mierzył okres małych drgań kamienia. Niepewności pomiaru długości liany oraz okresu drgań można uznać za pomijalnie małe. Wyniki pomiarów C-3PO zapisał w tabeli:

L [m]	0,5	1,0	1,5	2,0
T [s]	1,55	2,16	2,68	3,06
T^2 [s ²]	2,40	4,67	7,18	9,36

1 pkt

Uzupełnij ostatnią kolumnę tabeli, obliczając kwadraty okresu drgań (wyniki zaokrąglij do dwóch miejsc po przecinku). Następnie w układzie współrzędnych $T^2(L)$ zaznacz punkty pomiarowe oraz narysuj prostą najlepiej dopasowaną do punktów pomiarowych. Na podstawie otrzymanego wykresu oszacuj wartość przyspieszenia grawitacyjnego na Endorze.



1 pkt za poprawne osie

1 pkt za naniesienie punktów i narysowanie dopasowanej prostej

Współczynnik nachylenia prostej $a = \frac{10,5}{2,25} \approx 4,67 \frac{\text{s}^2}{\text{m}}$ 1 pkt.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g} = \frac{4\pi^2}{g} L$$

$\frac{4\pi^2}{g} \leftarrow a$

$$g = \frac{4\pi^2}{a} = \frac{4\pi^2}{4,67} \approx 8,45 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1 pkt.

Zadanie 5. Gwiazda Śmierci na orbicie Yavina (0–7)

Pierwsza Gwiazda Śmierci (kulista stacja kosmiczna) weszła na kołową orbitę wokół gazowego giganta Yavin, przygotowując się do zniszczenia bazy rebeliantów na księżycu Yavin 4. Okres obiegu Gwiazdy Śmierci wokół planety wynosi T , a promień jej orbity to R .

Zadanie 5.1. (0–2)

Wyprowadź wzór na masę planety Yavin (M_Y), korzystając z podanych parametrów (T i R) oraz stałej grawitacji G . Przyjmij, że wpływ księżyców planety na ruch stacji jest pomijalnie mały.

$$G \frac{M_Y \cdot m}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \quad 1 \text{ pkt}$$
$$v = \frac{2\pi R}{T}$$
$$\frac{GM_Y}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}$$
$$M_Y = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2} \quad 1 \text{ pkt}$$



Zadanie 5.2. (0–2)

Dowódca stacji, Wielki Moff Tarkin, zarządza zmianę orbity na wyższą o promieniu $R_2 = 2R$, aby uzyskać lepszy kąt strzału. Przyjmij, że masa gazowego giganta Yavin wynosi $M = 2 \cdot 10^{27}$ kg, masa Gwiazdy Śmierci to $m = 1 \cdot 10^{18}$ kg, a początkowy promień orbity stacji wynosi $R = 4 \cdot 10^8$ m.

Oblicz, o ile dżuli zmieni się energia potencjalna układu Yavin – Gwiazda Śmierci po tym manewrze i wyraźnie zaznacz, czy ta energia wzrośnie, czy zmaleje.

$$E_p = -G \frac{Mm}{r}$$
$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = -\frac{GMm}{2R} - \left(-\frac{GMm}{R}\right) = \frac{GMm}{2R} \quad 1 \text{ pkt}$$
$$\Delta E_p = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{27} \cdot 1 \cdot 10^{18}}{2 \cdot 4 \cdot 10^8} = 1,67 \cdot 10^{26} \text{ J} \quad 1 \text{ pkt}$$

Zadanie 5.3. (0–3)

Wielki Moff Tarkin zauważa, że po przejściu na wyższą orbitę musiała zmienić się wartość prędkości liniowej stacji oraz czas potrzebny na jedno pełne okrążenie gazowego giganta.

Oblicz, ile razy (i czy wzrosła, czy zmalała) zmieniła się wartość prędkości liniowej Gwiazdy Śmierci oraz ile razy zmienił się jej okres obiegu wokół planety w porównaniu do parametrów na początkowej orbicie. Swoją odpowiedź uzasadnij, zapisując odpowiednie równania i wyrowadzenia.

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \sqrt{\frac{GM}{R}} \\ v_2 &= \sqrt{\frac{GM}{2R}} \end{aligned} \right\} v_2 = \frac{v_1}{\sqrt{2}} \rightarrow \text{Wartość prędkości liniowej} \\ \text{zmalała } \sqrt{2} \text{ razy.} \quad 1 \text{ pkt}$$

Z III prawa Keplera

$$\frac{T_1^2}{R^3} = \frac{T_2^2}{(2R)^3} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$\frac{T_1^2}{R^3} = \frac{T_2^2}{8R^3}$$

$$T_2^2 = 8T_1^2$$

$$T_2 = 2\sqrt{2}T_1 \rightarrow \text{Okres obiegu zwiększył się } 2\sqrt{2} \text{ razy.} \quad 1 \text{ pkt.}$$

Albo zastosowanie wzoru

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

Zadanie 6. Zamrażanie w karbonicie (0–1)

W Mieście w Chmurach na planecie Bepin, Han Solo został zamrożony w karbonicie. Załóżmy, że proces ten opiera się na gwałtownym rozprężeniu silnie sprężonego gazu chłodzącego (proces adiabatyczny), który otacza obiekt, błyskawicznie obniżając jego temperaturę.

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

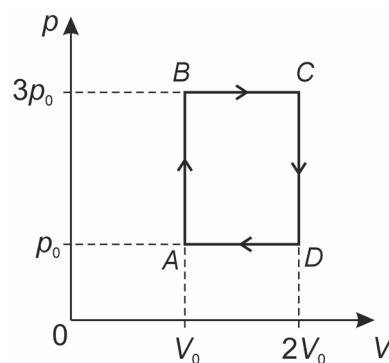
Podczas gwałtownego rozprężania adiabatycznego gazu z butli, temperatura tego gazu

A.	rośnie,	ponieważ	1.	gaz wykonuje pracę kosztem swojej energii wewnętrznej.
☒ B.	maleje,		2.	do gazu dostarczane jest ciepło z otoczenia.
C.	pozostaje stała,		3.	praca wykonana nad gazem zwiększa jego energię wewnętrzną

1 pkt

Zadanie 7. Ścigacz Anakina (0–8)

Podczas wyścigu *Boonta Eve Classic* na pustynnej planecie Tatooine, potężne silniki ścigacza młodego Anakina Skywalkera zasysają gaz, który następnie ulega cyklicznym przemianom termodynamicznym. Przyjmijmy uproszczony model: wewnątrz komory spalania znajduje się jednoatomowy gaz doskonały, który wykonuje zamknięty cykl termodynamiczny składający się z czterech przemian. Na wykresie zależności ciśnienia p od objętości gazu V cykl ten tworzy prostokąt o wierzchołkach oznaczonych jako A, B, C, D.



Zadanie 7.1. (0–1)

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

Podczas przemiany $B \rightarrow C$ gaz w komorze

A.	oddaje ciepło do otoczenia,	ponieważ	1.	jego temperatura rośnie, a gaz wykonuje dodatnią pracę.
B.	pobiera ciepło z otoczenia,		2.	jego objętość rośnie, a energia wewnętrzna maleje.
C.	nie wymienia ciepła z otoczeniem,		3.	gaz nie wykonuje pracy, a jedynie rośnie jego ciśnienie.

1 pkt.

Zadanie 7.2. (0–4)

Oblicz sprawność termodynamiczną silnika ścigacza pracującego w opisanym cyklu. Wynik podaj w procentach.

Wnetyczna = pole prostokąta ABCD = $(3p_0 - p_0) \cdot (2V_0 - V_0) = 2p_0V_0$ 1 pkt

Gaz pobiera ciepło w przemianach $A \rightarrow B$ i $B \rightarrow C$. 1 pkt

$$p_0V_0 = nRT_A \Rightarrow T_A = \frac{p_0V_0}{nR}$$

$$3p_0V_0 = nRT_B \Rightarrow T_B = \frac{3p_0V_0}{nR}$$

$$3p_0 \cdot 2V_0 = nRT_C \Rightarrow T_C = \frac{6p_0V_0}{nR}$$

$$Q_{A \rightarrow B} = nC_V \Delta T = n \cdot \frac{3}{2} R (T_B - T_A) = n \cdot \frac{3}{2} R \cdot \frac{2p_0V_0}{nR} = 3p_0V_0$$

$$Q_{B \rightarrow C} = nC_p \Delta T = n \cdot \frac{5}{2} R (T_C - T_B) = n \cdot \frac{5}{2} R \cdot \frac{3p_0V_0}{nR} = 7,5 p_0V_0$$

} 1 pkt

$$Q_{\text{pobrane}} = Q_{A \rightarrow B} + Q_{B \rightarrow C} = 10,5 p_0V_0$$

$$\eta = \frac{W_{\text{uzi}}}{Q_{\text{pobor}}} = \frac{2p_0V_0}{10,5p_0V_0} = \frac{2}{10,5} \approx 0,19 = 19\%$$
 1 pkt

Zadanie 7.3. (0–2)

Część inżynierów (m.in. Sebulba, rywal Anakina) uważa, że silnik można ulepszyć tak, aby osiągał sprawność maksymalną, równą sprawności idealnego silnika Carnota pracującego między skrajnymi temperaturami osiąganymi w tym cyklu.

Wskaż stan, w którym gaz ma najwyższą temperaturę, oraz stan, w którym ma najniższą temperaturę. Następnie oblicz, ile wynosiłaby teoretyczna sprawność silnika Carnota pracującego między tymi skrajnymi temperaturami.

$$T_{\max} = T_c = \frac{6 p_0 V_0}{nR}$$
$$T_{\min} = T_A = \frac{p_0 V_0}{nR}$$

lub zapisanie $T_{\max} = T_c = 6 \cdot T_A = 6 T_{\min}$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6} \approx 83\%$$

Zadanie 7.4. (0–1)

Młody Skywalker zastanawiał się, w jaki sposób można by jeszcze bardziej zwiększyć sprawność idealnego silnika pracującego w oparciu o cykl Carnota. Analizując prawa termodynamiki, wskaż poprawny sposób na osiągnięcie tego celu.

Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

- A. Zwiększenie temperatury chłodnicy (najniższej temperatury w cyklu) przy zachowaniu stałej temperatury nagrzewnicy.
- B. Zmiana jednoatomowego gazu roboczego w cylindrach na gaz dwuatomowy o większym cieple właściwym.
- ☒ C. Zwiększenie temperatury nagrzewnicy (najwyższej temperatury w cyklu) lub zmniejszenie temperatury chłodnicy.
- D. Jednoczesne, proporcjonalne (np. dwukrotne) zwiększenie zarówno temperatury nagrzewnicy, jak i temperatury chłodnicy.

Zadanie 8. Działo jonowe na Hoth (0–8)

Baza Echo na lodowej planecie Hoth jest chroniona przez potężne działo jonowe, które wystrzeliwuje wiązki naładowanych cząstek (jonów). Z materiałów wywiadowczych wynika, że działo to wykorzystuje jako amunicję jony ksenonu (Xe^+).

Załóżmy, że działo przyspiesza pojedyncze, jednokrotnie zjonizowane atomy ksenonu o masie $m = 2,2 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ i ładunku $q = 1e$ w stałym, jednorodnym polu elektrycznym. Jony początkowo spoczywają, a następnie przebywają w lufie działu odległość d pod wpływem napięcia $U = 11 \text{ MV}$.

Zadanie 8.1. (0–3)

Wyprowadź wzór na prędkość końcową v , z jaką jon opuszcza lufę działu jonowego (zakładamy, że prędkość ta jest nierelatywistyczna). Następnie oblicz wartość tej prędkości i wyraż ją w jednostkach podstawowych SI.

$$W = \Delta E_k \quad qU = \frac{mv^2}{2} \quad v = \sqrt{\frac{2qU}{m}} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 11 \cdot 10^6}{2,2 \cdot 10^{-25}}} = 4 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad 1 \text{ pkt}$$



Zadanie 8.2. (0–3)

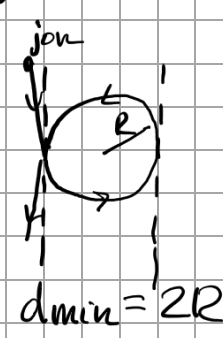
Gwiezdny Niszczyciel Imperium dysponuje magnetyczną tarczą deflektorową chroniącą kadłub przed bronią jonową. Tarcza ta generuje w warstwie wokół statku stałe, jednorodne pole magnetyczne, którego indukcja magnetyczna ma wartość $B = 0,55 \text{ T}$. Linie tego pola są równoległe do płaszczyzny kadłuba.

Załóż, że jony ksenonu (wystrzelone w zadaniu 3.1) uderzają w zewnętrzną granicę osłony pod różnymi, dowolnymi kątami. Wykaż, że ich tor ruchu w polu magnetycznym ulegnie zakrzywieniu, a następnie oblicz, jaką minimalną grubość musi mieć ta osłona magnetyczna, aby jony nie dotarły do kadłuba Niszczyciela niezależnie od kierunku, z jakiego nadlatują. Pomiń efekty relatywistyczne.

Sila Lorentza pełni rolę siły dośrodkowej w ruchu jonów po torze będącym częścią okręgu lub linii śrubowej.

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$R = \frac{2,2 \cdot 10^{-25} \cdot 4 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,55} = 10 \text{ m} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$d_{\min} = 2 \cdot 10 \text{ m} = 20 \text{ m} \quad 1 \text{ pkt}$$


$d_{\min} = 2R$



Zadanie 8.3. (0–2)

Pojedynczy strzał z planetarnego działu jonowego w Bazie Echo ma postać potężnego, skoncentrowanego impulsu trwającego $\Delta t = 0,1$ s. W trakcie tego impulsu wyrzucana chmura jednokrotnie zjonizowanych atomów ksenonu (Xe^+) stanowi w przestrzeni prąd elektryczny o ogromnym średnim natężeniu 3,2 MA.

Oblicz całkowitą masę ksenonu wyrzuconego z lufy działu podczas jednego takiego strzału.

$$Q = I \cdot \Delta t = 320\,000\text{ C}$$

liczba jonów Xe^+

$$N = \frac{Q}{q} = \frac{3,2 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{24} \quad 1 \text{ pkt}$$
$$M = N \cdot m = 2 \cdot 10^{24} \cdot 2,2 \cdot 10^{-25} \text{ kg} = 0,44 \text{ kg} \quad 1 \text{ pkt}$$

Zadanie 9. Miecz świetlny Luke'a Skywalker (0–3)

Wielu fizyków w Galaktyce uważa, że miecz świetlny działałby podobnie do potężnego lasera lub uwięzionej plazmy. Przyjmijmy uproszczony model: zielony miecz świetlny Luke'a Skywalkera emituje fotony o długości fali $\lambda = 532$ nm.

Podczas walki w Pałacu Jabby, Luke przecina metalowe drzwi. Aby stopić zamek o masie $m = 2$ kg wykonany ze stopu o cieple właściwym $c_w = 400$ J/(kg·K) i temperaturze topnienia $T_t = 1500$ °C, miecz musi dostarczyć odpowiednią ilość energii. Temperatura początkowa zamka to 20 °C. Ciepło topnienia materiału pomijamy (rozpatrujemy tylko ogrzanie do temperatury topnienia).



Zadanie 9.1. (0–1)

Oblicz energię pojedynczego fotonu emitowanego przez zielony miecz świetlny. Wynik podaj w elektronowoltach (eV).

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$
$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$
$$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{532 \cdot 10^{-9}} = 3,74 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{3,74 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2,3 \text{ eV} \quad 1 \text{ pkt}$$



Zadanie 9.2. (0–2)

Moc wyjściowa miecza, przekazywana do materiału zamka, wynosi $P = 10 \text{ kW}$. Oblicz, po jakim czasie zamek osiągnie temperaturę topnienia, zakładając, że 100% energii miecza jest pochłaniane przez metal.

$$Q = m c_w \Delta T = 2 \cdot 400 \cdot 1480 = 1184 \text{ kJ} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$P = \frac{Q}{t} \quad t = \frac{Q}{P}$$

$$t = \frac{1184 \text{ 000}}{10 \text{ 000}} \approx 118 \text{ s} \quad 1 \text{ pkt}$$

Zadanie 10. Zasilanie myśliwca TIE (0–6)

Słynne imperialne myśliwce TIE (Twin Ion Engine) zawdzięczają swój charakterystyczny wygląd potężnym panelom słonecznym po bokach kadłuba. Panele te generują prąd wykorzystując zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne. Powłoka paneli jest wykonana z materiału, dla którego graniczna długość fali wywołującej zjawisko fotoelektryczne wynosi $\lambda_{gr} = 620 \text{ nm}$.

Zadanie 10.1. (0–2)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali 600 nm padające na panel może spowodować выбicie z niego elektronów.	☒ P	F
2.	Zwiększenie natężenia padającego światła (przy zachowaniu tej samej długości fali) spowoduje wzrost maksymalnej energii kinetycznej wybitych fotoelektronów.	P	☒ F
3.	Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne jest bezpośrednim dowodem na korpuskularną (cząstkową) naturę światła.	☒ P	F

3 poprawne odp. – 2 pkt, 2 poprawne – 1 pkt, 1 lub 0 popr. – 0 pkt.

Zadanie 10.2. (0–2)

Oblicz pracę wyjścia elektronów z materiału pokrywającego panele słoneczne. Wynik podaj w elektronowoltach (eV).

$$W = \frac{hc}{\lambda_{gr}} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$W = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{620 \cdot 10^{-9}} \approx 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2 \text{ eV} \quad 1 \text{ pkt}$$

Zadanie 10.3. (0–2)

Myśliwiec TIE przelatuje blisko niebieskiego nadolbrzyna – gwiazdy emitującej silne promieniowanie, w którym dominuje długość fali $\lambda = 400 \text{ nm}$. Oblicz maksymalną energię kinetyczną wybijanych z panelu fotoelektronów oraz wartość napięcia hamowania dla tego promieniowania.

$$E_{\text{fotonu}} = \frac{hc}{\lambda} = 3,1 \text{ eV}$$

$$E_{k\text{max}} = E_{\text{fotonu}} - W = 3,1 \text{ eV} - 2,0 \text{ eV} = 1,1 \text{ eV} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$U_k = \frac{E_{k\text{max}}}{e} = 1,1 \text{ V} \quad 1 \text{ pkt}$$

Zadanie 11. Zasilanie droida zwiadowczego (0–6)

Imperialny droid zwiadowczy wystany na lodową planetę Hoth zasilany jest termoelektrycznym generatorem radioizotopowym. Generator ten nie posiada ruchomych części – zamienia on ciepło uwalniane podczas rozpadu promieniotwórczego bezpośrednio na energię elektryczną.

Materiałem radioaktywnym w generatorze jest fikcyjny, niezwykle ciężki pierwiastek o nazwie kortozis (ang. *cortosis*, symbol Ct) o liczbie atomowej 125. Wykorzystywany izotop to ^{315}Ct . Czas połowicznego zaniku tego izotopu $T_{1/2} = 80 \text{ lat}$.

Zadanie 11.1. (0–2)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

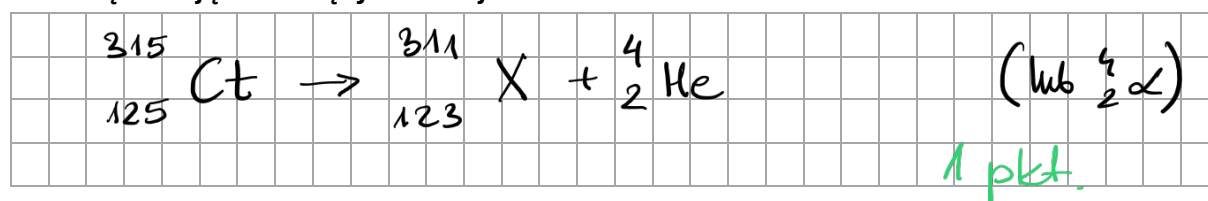
1.	W jądrze izotopu Kortozis-315 znajduje się dokładnie 190 neutronów.	☒ P	F
2.	Całkowity ładunek elektryczny jądra tego izotopu wynosi $315e$ (gdzie e to wartość ładunku elementarnego).	P	☒ F
3.	Obojętny elektrycznie atom pierwiastka kortozis posiada wokół jądra dokładnie 125 elektronów.	☒ P	F

3 poprawne odp. – 2 pkt, 2 poprawne – 1 pkt, 1 lub 0 popr. – 0 pkt.

Zadanie 11.2. (0–2)

Jądro Kortozis-315 ulega samorzutnemu rozpadowi alfa, w wyniku którego powstaje jądro nowego, nieznanego w naszej galaktyce pierwiastka (oznaczymy go symbolem X).

Zapisz pełne równanie tej reakcji jądrowej, uwzględniając liczby masowe i atomowe wszystkich cząstek i jąder biorących w niej udział.



Zadanie 11.3. (0–1)

Zgodnie z procedurami Imperium, droid zostaje uznany za przestarzałego i jego misja zostaje zakończona, gdy masa izotopu Kortozis-315 w jego generatorze spadnie do 12,5% wartości początkowej (co powoduje drastyczny spadek mocy zasilania).

Po jakim czasie od uruchomienia generatora droid będzie wymagał wymiany zasilania? Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

- A. Po 160 latach.
☒ B. Po 240 latach.
 C. Po 320 latach.
 D. Po 640 latach.

$$12,5\% = \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \rightarrow t = 3T_{1/2}$$

1 pkt

Zadanie 11.4. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Cząstka alfa, która jest emitowana podczas rozpadu paliwa w generatorze droida, to w rzeczywistości:

- A. pojedynczy, wysokoenergetyczny pozyton (antyelektron o dodatnim ładunku elektrycznym).
 B. kwant promieniowania elektromagnetycznego o bardzo małej długości fali.
 C. jądro atomu izotopu wodoru (deuteru).
☒ D. jądro atomu ${}^4\text{He}$.

1 pkt

Zadanie 12. Tajemnica Kryształu Kyber (0–4)

Serce każdego miecza świetlnego stanowi rzadki kryształ Kyber, z którym Rycerz Jedi musi nawiązać głęboką więź. W trakcie budowy swojej nowej broni, Rey bada właściwości optyczne znalezionej kryształu. Zauważa, że materiał ten jest niezwykle – jego współczynnik załamania światła wynosi 2,4.



Zadanie 12.1. (0–2)

Oblicz prędkość rozchodzenia się światła wewnątrz kryształu Kyber.

$$v = \frac{c}{n}$$

$$v = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4} = 1,25 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1 pkt

1 pkt



Zadanie 12.2. (0–2)

Aby miecz świetlny działał poprawnie i generował potężne ostrze, energia świetlna we wnętrzu rękojeści musi być wielokrotnie odbijana wewnątrz kryształu, zanim opuści go przez górny emiter. Konstruktorzy wykorzystują tu zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia.

Zapisz warunek zajścia tego zjawiska i oblicz sinus kąta granicznego dla granicy ośrodków: kryształ Kyber – próżnia.

$$\text{Warunek: } \alpha \geq \alpha_{gr}$$

$$\sin \alpha_{gr} = \frac{1}{n} = \frac{1}{2,4} \approx 0,417$$

1 pkt

1 pkt

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)

