CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

MFA 2020

WYPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD	PESEL
S G	

miejsce na naklejkę

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI

POZIOM ROZSZERZONY

DATA: **18 maja 2020 r.**
GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**
CZAS PRACY: **180 minut**
LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 21 stron (zadania 1–14). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
7. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijki oraz kalkulatora prostego.
8. Na tej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.

NOWA FORMUŁA

MFA-R1_1P-202

MFA 2020

Zadanie 1.

Hokeista uderzył kijem w nieruchomy krążek. Po uderzeniu krążek uzyskał poziomą prędkość początkową o wartości $v_1 = 14$ m/s. Dalej krążek poruszał się po powierzchni lodu ruchem jednostajnie opóźnionym prostoliniowym. Od momentu uzyskania prędkości $\vec{v}_1$ po uderzeniu aż do chwili zatrzymania się krążek przebył drogę $s_1 = 28$ m.

W zadaniach 1.1.–1.3. przyjmij, że siła tarcia kinetycznego, działająca na krążek poruszający się po lodzie, ma stałą wartość, proporcjonalną do wartości ciężaru krążka. Pomiń inne siły działające na krążek w kierunku poziomym.

Zadanie 1.1. (0–2)

Oblicz czas ruchu krążka od momentu uzyskania prędkości $\vec{v}_1$ aż do zatrzymania się.

$$a = \frac{v_1 - 0}{t_1}$$

$$a = \frac{14}{t_1}\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$$

$$s_1 = v_1 \cdot t_1 - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2$$

$$28 = 14 \cdot t_1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{14}{t_1} \cdot t_1^2$$

$$28 = 14 \cdot t_1 - 7 \cdot t_1$$

$$28 = 7 \cdot t_1$$

$$t_1 = 4\ \mathrm{s}$$

Zadanie 1.2. (0–2)

Hokeista ponownie uderzył kijem w ten sam nieruchomy krążek. Po tym uderzeniu krążek uzyskał poziomą prędkość początkową o wartości v_2 dwukrotnie mniejszej od v_1.

Oblicz drogę, jaką przebył krążek od momentu uzyskania prędkości $\vec{v}_2$ aż do chwili zatrzymania się.

$$a = \frac{14}{4}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 3{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$v_2 = \frac{v_1}{2}$$

$$v_2 = 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$a = \frac{v_2 - 0}{t_2}$$

$$3{,}5 = \frac{7}{t_2}\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$$

$$t_2 = 2\ \mathrm{s}$$

$$s_2 = v_2 \cdot t_2 - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_2^2$$

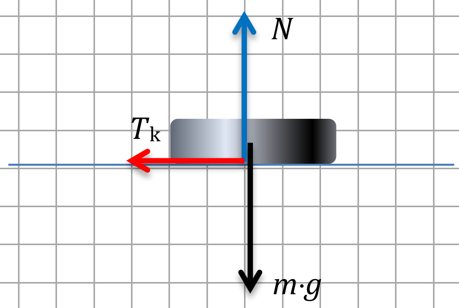
$$s_2 = 7 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 3{,}5 \cdot 2^2\ (\mathrm{m})$$

$$s_2 = 7\ \mathrm{m}$$

Zadanie 1.3. (0–2)

Zgodnie z założeniami dla modelu zjawiska, opisanymi w treści zadania 1., można wykazać, że wartość a przyśpieszenia w ruchu jednostajnie opóźnionym krążka nie będzie zależała od jego masy m, a jedynie będzie zależna od wartości przyśpieszenia ziemskiego g i od współczynnika tarcia kinetycznego μ.

Wykaż, że wartość *a* przyśpieszenia krążka nie zależy od jego masy *m*. W tym celu wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć *a* tylko za pomocą *μ* i *g*.



$m \cdot a = T_k$ $\quad$ bo $\quad$ $N = m \cdot g$

$m \cdot a = \mu \cdot N$

$m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g$

$a = \mu \cdot g$

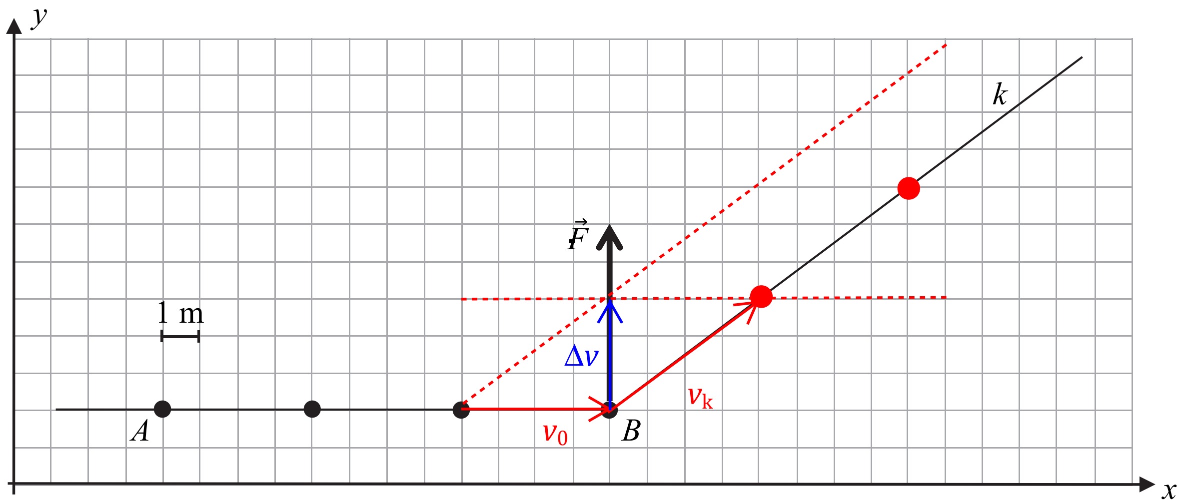
Q.E.D.

<table>
<tr><td rowspan="3">Wypełnia egzaminator</td><td>Nr zadania</td><td>1.1.</td><td>1.2.</td><td>1.3.</td></tr>
<tr><td>Maks. liczba pkt</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Uzyskana liczba pkt</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Zadanie 2.

Ciało, które potraktujemy jako punkt materialny, początkowo poruszało się ruchem jednostajnym wzdłuż prostej AB w układzie inercjalnym. Gdy ciało znalazło się w punkcie B, zostało uderzone. Na skutek zadziałania siły $\vec{F}$ w punkcie B nastąpiła zmiana pędu ciała – po uderzeniu ciało poruszało się ruchem jednostajnym wzdłuż prostej k z inną wartością prędkości niż przed uderzeniem.

Na poniższym rysunku zilustrowano fragment toru ruchu ciała w układzie współrzędnych (x, y). Ponadto na fragmencie prostej AB przedstawiono położenia ciała w czterech wybranych chwilach, pomiędzy którymi upływał jednakowy odstęp czasu $\Delta t = 1$ s. Analogicznych położeń ciała wzdłuż fragmentu prostej k nie przedstawiono. Narysowano wektor siły $\vec{F}$, która zadziałała w punkcie B. Długość każdego boku kratki na rysunku odpowiada rzeczywistej długości 1 m.



Do dalszej analizy opisanego ruchu przyjmij, że:

- czas działania siły $\vec{F}$ był na tyle krótki, że na rysunku pominięto zakrzywioną część toru ruchu od punktu B, gdy na ciało działała siła
- siła $\vec{F}$ była stała.

Zadanie 2.1. (0–1)

Na powyższym rysunku, na fragmencie prostej k, narysuj: położenie ciała w chwili $t_1 = 1$ s oraz położenie ciała w chwili $t_2 = 2$ s, licząc czas od momentu, gdy ciało znalazło się w punkcie B.

Zadanie 2.2. (0–2)

Oblicz wartość v_k prędkości, z jaką ciało poruszało się wzdłuż prostej *k* po uderzeniu.

$$v_0 = \frac{4\ \text{m}}{1\ \text{s}} = 4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta v = 3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\vec{v_0} + \Delta\vec{v} = \vec{v_\text{k}} \qquad (\Delta\vec{v} = \vec{v_\text{k}} - \vec{v_0})$$

$$v_0^2 + \Delta v^2 = v_\text{k}^2$$

$$v_k = 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zadanie 2.3. (0–3)

Czas działania siły $\vec{F}$ wynosił $\Delta t_B = 0{,}01$ s. Masa ciała była równa $m = 0{,}2$ kg.

Oblicz wartość siły $\vec{F}$.

$$F = m \cdot a$$

$$F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t_\text{B}}$$

$$F = 0{,}2\ \text{kg} \cdot \frac{3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}01\text{s}}$$

$$F = 60\ \text{N}$$

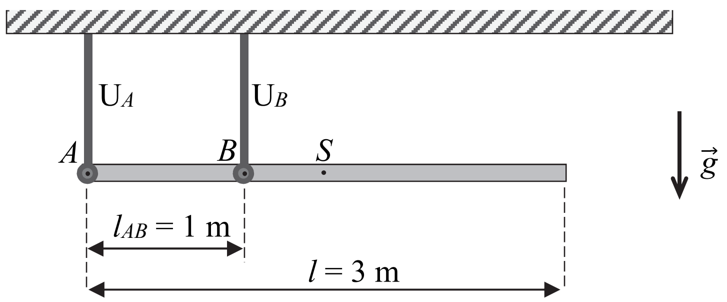
Wypełnia egzaminator	Nr zadania	2.1.	2.2.	2.3.
	Maks. liczba pkt	1	2	3
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 3.

Drewnianą jednorodną belkę o ciężarze $Q = 120$ N i długości $l = 3$ m podwieszano pod sufitem na uchwytach U_A i U_B. Uchwyt U_A łączy się z belką w punkcie A, a uchwyt U_B – w punkcie B. Mocowanie pojedynczego uchwytu do belki umożliwiało jej obrót w płaszczyźnie rysunku. Belkę zawieszono na dwóch uchwytach tak, że utrzymywała się nieruchomo w pozycji poziomej. Odległość między uchwytami wynosi $l_{AB} = 1$ m.

Na rysunku 1. przedstawiono opisaną sytuację, ponadto oznaczono punkt S – środek masy belki.

Rysunek 1.



Zadanie 3.1. (0–2)

Na rysunku 2. narysuj i oznacz wektory sił $\vec{F}_A$ i $\vec{F}_B$, ~~z~~ ☹ jakimi uchwyty działają na belkę odpowiednio w punktach A i B – gdy belka znajduje się w opisanym położeniu równowagi. Zachowaj relację (większy, równy, mniejszy) między wartościami sił i zapisz tę relację – wstaw w wykropkowane miejsce obok rysunku jeden ze znaków: >, =, <.

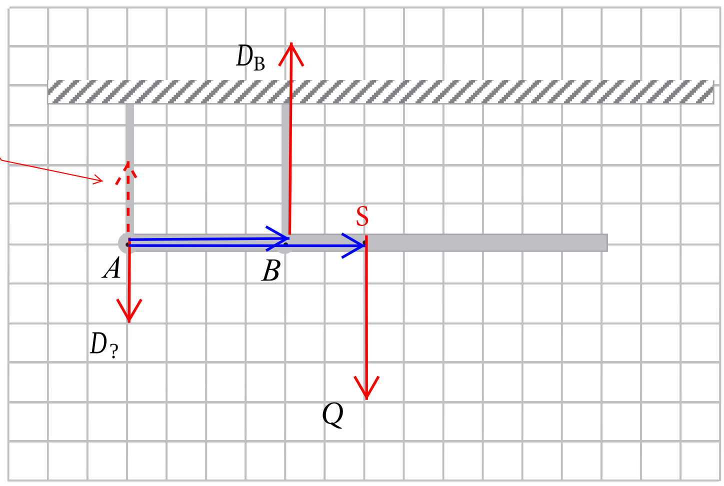
Zadanie złośliwe dla tych, którzy nie mają *intuicji mechanicznej* i pewnego doświadczenia w tej materii. Mam nadzieję, że jeżeli uczeń narysuje obie siły, jakimi uchwyty działają na belkę, **do góry**, a potem po obliczeniach wynik skomentuje, to będzie mu to zaliczone (wtedy siła F_A wychodzi "ujemna").

F_A ....<......... F_B

☹

Indeksy piszemy prostą czcionką, a nie *kursywą*!

Rysunek 2.



Zadanie 3.2. (0–3)

Zapisz odpowiednie równania opisujące warunki równowagi belki. Oblicz wartości F_A i F_B sił, ~~z~~ jakimi uchwyty U_A i U_B działają na belkę.

$$\text{A:}\quad \begin{cases} Q + F_{\mathrm{A}} = F_{\mathrm{B}} \\ F_{\mathrm{B}} \cdot l_{\mathrm{AB}} = Q \cdot \dfrac{l}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 120\ \mathrm{N} + F_{\mathrm{A}} = F_{\mathrm{B}} \\ F_{\mathrm{B}} \cdot 1\ \mathrm{m} = 120\ \mathrm{N} \cdot \dfrac{3}{2}\ \mathrm{m} \end{cases}$$

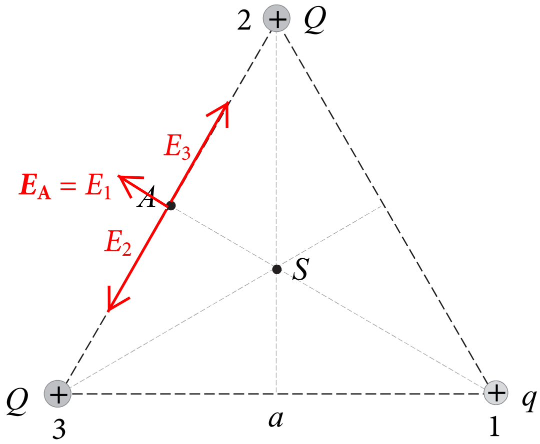
$$\begin{cases} F_{\mathrm{B}} = 180\ \mathrm{N} \\ F_{\mathrm{A}} = 60\ \mathrm{N} \end{cases}$$

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

Zadanie 4.

Trzy punktowe ładunki elektryczne dodatnie umieszczono w wierzchołkach trójkąta równobocznego o długości boku a. Wartości ładunków wynoszą: Q, Q, q, przy czym $Q > q$. Punkt A jest środkiem boku łączącego te wierzchołki trójkąta, w których znajdują się jednakowe ładunki Q (zobacz rysunek 1.). Punkt S jest punktem przecięcia się wysokości trójkąta.

Rysunek 1.



Zadanie 4.1. (0–2)

Na rysunku 1. narysuj $\vec{E}_A$ – wektor wypadkowego natężenia pola elektrycznego w punkcie A. Zapisz wzór pozwalający wyznaczyć wartość E_A tego wektora tylko poprzez q, a oraz przez odpowiednie stałe fizyczne.

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \underbrace{\vec{E}_2 + \vec{E}_3}_{\vec{0}} = \vec{E}_1$$

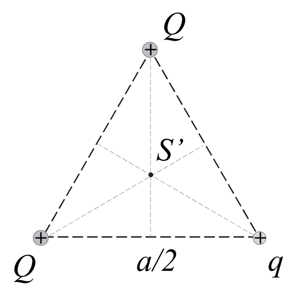
$$E_A = E_1$$

$$E_A = \frac{k \cdot q}{r^2} \rightarrow r = \frac{a \cdot \sqrt{3}}{2} \rightarrow E_A = \frac{4}{3} \cdot \frac{k \cdot q}{a^2}$$

Zadanie 4.2. (0–1)

Każdy z boków trójkąta równobocznego zmniejszono dwa razy. W odpowiednich wierzchołkach nowego trójkąta umieszczono te same ładunki co poprzednio (zobacz rysunek 2.). Punkt S' jest punktem przecięcia się wysokości tego trójkąta.

Rysunek 2.



Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród A–D.

Wartość wypadkowego natężenia pola elektrycznego w punkcie S', w sytuacji przedstawionej na rysunku 2., w porównaniu do wartości natężenia pola w punkcie S, w sytuacji przedstawionej na rysunku 1., jest

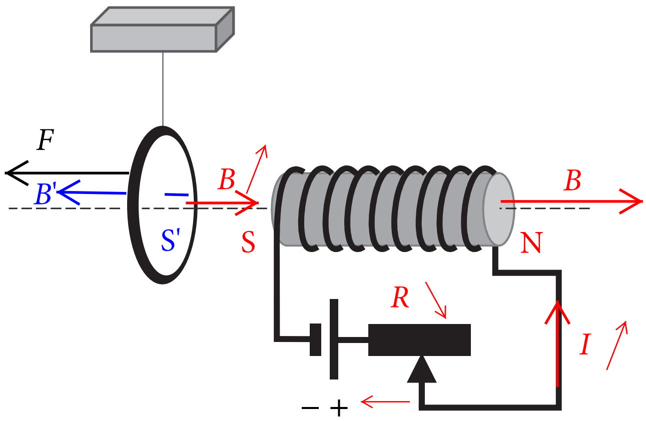
A. dwa razy mniejsza. **B.** dwa razy większa.

C. cztery razy mniejsza. **D.** cztery razy większa.

Zadanie 5. (0–3)

Lekki, aluminiowy pierścień zawieszono na nitce w pobliżu zwojnicy. Środek pierścienia i środki pętli zwojnicy leżą na jednej prostej. Wewnątrz zwojnicy znajduje się pręt wykonany z ferromagnetyka. Do zwojnicy podłączono źródło stałego napięcia i opornik suwakowy. Gdy w obwodzie płynął prąd stały, to pierścień wisiał pionowo. Tę sytuację przedstawiono na rysunku poniżej. Następnie suwak opornika przesuwano w różne strony i obserwowano zachowanie się pierścienia.

Uwaga! Bliżej patrzącego jest część pierścienia narysowana grubszą linią.



a) (0–2)

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

To dla Tych , którzy nie rozróżniają strony prawej od lewej.

1. Gdy suwak opornika jest przesuwany w lewo według rysunku (w stronę źródła napięcia), to indukcja pola magnetycznego zwojnicy (*rośnie* / *maleje* / *pozostaje stała*).

Ale podpowiedzi do wczesniejszych zadań!

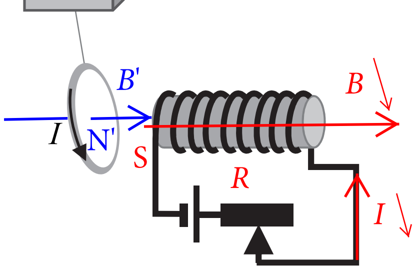
2. Jeżeli indukcja pola magnetycznego wytwarzanego przez zwojnicę rośnie, to pierścień (*jest przyciągany* / *jest odpychany* / *nie jest ani przyciągany, ani odpychany*) przez zwojnicę.

b) (0–1)

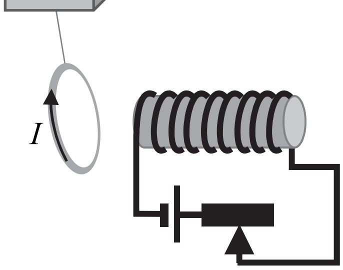
Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród A–C.

W sytuacji, gdy pierścień jest przyciągany przez zwojnicę, to prąd w pierścieniu jest taki, jak przedstawiono na rysunku

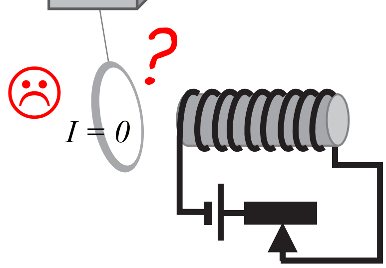
A.



B.



C.



Wypełnia egzaminator	Nr zadania	4.1.	4.2.	5.
	Maks. liczba pkt	2	1	3
	Uzyskana liczba pkt			

Zadanie 6.

Silnik cieplny to urządzenie działające cyklicznie, które w wyniku wymiany ciepła z otoczeniem wykonuje pracę. Załóżmy, że T_1 jest temperaturą źródła ciepła, z którego silnik pobiera ciepło w każdym cyklu pracy, a T_2 jest temperaturą chłodnicy, do której silnik oddaje ciepło w każdym cyklu. Zgodnie z zasadami termodynamiki, sprawność η dowolnego silnika pracującego pomiędzy danymi temperaturami źródła ciepła i chłodnicy nie może przekraczać sprawności tzw. silnika idealnego, danej wzorem (temperatury wyrażone są w kelwinach):

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Zaprojektowano dwa różne silniki cieplne S_1 oraz S_2, w których wykorzystuje się sprężanie i rozprężanie ustalonej masy gazu. Każdy z silników w jednym cyklu pracy pobiera po 100 J ciepła ze źródła o temperaturze 477 °C i oddaje pewną ilość ciepła (inną dla każdego z silników) do chłodnicy o temperaturze 17 °C. Do działania każdego z silników wykorzystano różne cykle termodynamiczne, tak aby:

- w cyklu pracy silnika S_1 ilość ciepła oddanego do chłodnicy była możliwie najmniejsza – tzn. tak mała, jak na to pozwalają prawa termodynamiki
- w cyklu pracy silnika S_2 praca sił parcia gazu podczas jego rozprężania wynosiła 34,8 J, a praca podczas sprężania gazu (przeciwko sile parcia) była równa 8,7 J.

Zadanie 6.1. (0–3)

a) (0–2)

Oblicz ciepło, jakie oddaje do chłodnicy silnik S_1 w jednym cyklu pracy.

Dla obu silników:
$Q_1 = 100\ \mathrm{J}$
$T_1 = (477 + 273)\mathrm{K} = 750\ \mathrm{K}$
$T_2 = (17 + 273)\mathrm{K} = 290\ \mathrm{K}$
Dla silnika S_1:
Q_2 ma być jak najmniejsze,
czyli silnik ma być prawie idealny
Dla silnika S_2:
$|W_1| = 34{,}8\ \mathrm{J}$
$W_2 = 8{,}7\ \mathrm{J}$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

$$\underline{\eta = \eta_{\max}}$$

$$1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{|Q_2|}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \longrightarrow |Q_2| = Q_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$|Q_2| = 100\ \mathrm{J} \cdot \frac{290\ \mathrm{K}}{750\ \mathrm{K}}$$

$$|Q_2| \approx 38{,}7\ \mathrm{J}$$

b) (0–1)

Wyjaśnij na podstawie informacji podanej w treści zadania 6., dlaczego ilość ciepła oddanego w cyklu pracy silnika S_1 nie może być mniejsza od pewnej wartości granicznej.

... bo to **przeczyłoby II zasadzie termodynamiki**. Sprawnośc silnika pracującego między daymi teperaturami nie może być większa od sprawności silnika idealnego

?☹

Zadanie 6.2. (0–2)

Oblicz ciepło oddane do chłodnicy w jednym cyklu pracy silnika S₂.

$|W| = |W_1| - W_2$

$|W| = 26{,}1\ \mathrm{J}$

$Q_1 = |W| + |Q_2|$

$|Q_2| = Q_1 - |W|$

$|Q_2| = 100\ \mathrm{J} - 26{,}1\ \mathrm{J}$

$|Q_2| = 73{,}9\ \mathrm{J}$

Zadanie 6.3. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród A–D.

Sprawność silnika S_2 wynosi w przybliżeniu $\eta = \dfrac{|W|}{Q_1} = \dfrac{26{,}1\ \mathrm{J}}{100\ \mathrm{J}} \approx 0{,}261$

A. $\eta_2 \approx 0{,}35$ **B.** $\eta_2 \approx 0{,}09$ **C.** $\eta_2 \approx 0{,}26$ **D.** $\eta_2 \approx 0{,}61$

Zadanie 7. (0–1)

Oceń prawdziwość każdego dokończenia poniższego zdania. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

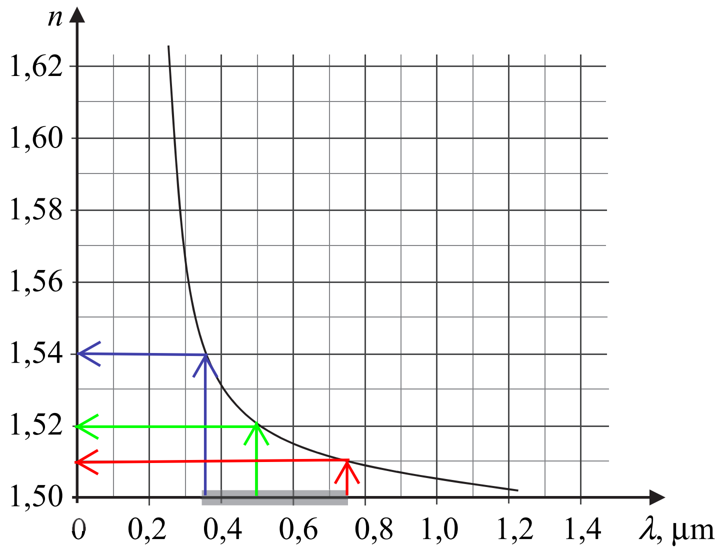
Izotermiczne sprężanie ustalonej masy gazu doskonałego powoduje, że

1.	rośnie średnia energia kinetyczna cząsteczek gazu.	**P**	**F**
2.	maleje średnia odległość pomiędzy cząsteczkami gazu.	**P**	**F**
3.	cząsteczki gazu częściej uderzają o jednostkową powierzchnię ścianki naczynia.	**P**	**F**

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

Zadanie 8.

Bezwzględny współczynnik załamania światła w ośrodku materialnym zależy w ogólności od częstotliwości światła, a więc zależy też od długości fali światła w próżni. Na wykresie poniżej przedstawiono zależność wartości n bezwzględnego współczynnika załamania światła od długości fali λ tego światła <u>w próżni</u> – dla pewnego rodzaju szkła. Na osi λ zaznaczono szary odcinek odpowiadający w przybliżeniu zakresowi długości fal światła widzialnego w próżni. Przyjmij, że długości fal światła fioletowego i czerwonego odpowiadają krańcom zaznaczonego odcinka (światło czerwone w próżni ma większą długość fali od światła fioletowego).



Zadanie 8.1. (0–1)

Wartość prędkości i częstotliwość światła fioletowego po wniknięciu do szkła oznaczymy jako v_F oraz f_F, a wartość prędkości i częstotliwość światła czerwonego po wniknięciu do szkła oznaczymy jako v_C oraz f_C.

Uzupełnij zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź wybraną spośród A–C, a następnie odpowiedź wybraną spośród 1–3.

Zależność między wartościami prędkości v_F oraz v_C określa relacja A | B | C, a zależność między częstotliwościami f_F oraz f_C określa relacja 1 | 2 | 3.

A.	$v_F > v_C$	**1.**	$f_F > f_C$
B.	$v_F = v_C$	**2.**	$f_F = f_C$
C.	$v_F < v_C$	**3.**	$f_F < f_C$

$$v = \frac{c}{n} \quad \Rightarrow \quad n_C < n_F \quad \Leftrightarrow \quad v_C > v_F$$

W próżni $c = \lambda \cdot f$, więc $\lambda_C > \lambda_F \quad \Rightarrow \quad f_C < f_F$.

Powyższe relacje są nadal prawdziwe w ośrodkach!

Zadanie 8.2. (0–2)

Światło o długości fali w próżni $\lambda = 0{,}50$ μm przechodzi do szkła, dla którego zależność $n(\lambda)$ przedstawiono na powyższym wykresie.

Oblicz długość fali λ_{sz}, jaką będzie miało to światło w szkle.

$\lambda = 0{,}5\ \mu\text{m} \quad \Rightarrow \quad n = 1{,}52$

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

$$\lambda_{sz} \cdot \cancel{f} = \frac{\lambda \cdot \cancel{f}}{n}$$

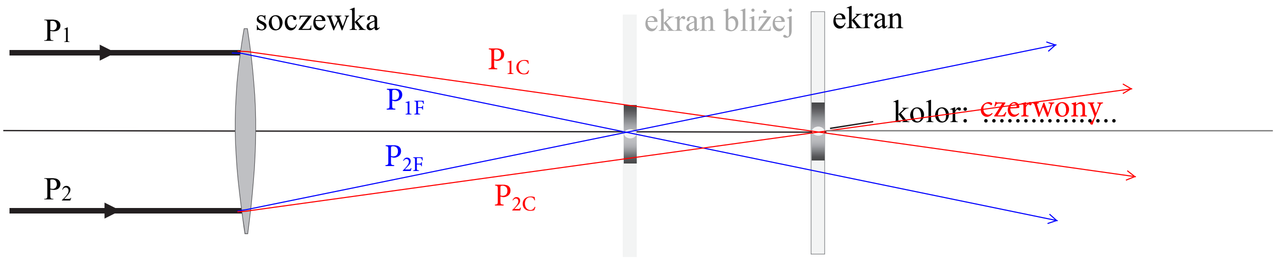
$$\lambda_{sz} = \frac{\lambda}{n} = \frac{0{,}5\ \mu\text{m}}{1{,}52} \approx 0{,}33\ \mu\text{m}$$

Dodatkowe informacje do zadań 8.3.–8.4.

Równoległą wiązkę mieszaniny światła czerwonego i fioletowego biegnącego w powietrzu skierowano na soczewkę skupiającą wykonaną ze szkła opisanego w treści zadania 8. Na ekranie ustawionym za soczewką zaobserwowano plamkę. Przy pewnym ustawieniu ekranu obserwuje się, że środek plamki jest fioletowy, a zewnętrzna część plamki jest czerwona. Z kolei przy ustawieniu ekranu w pewnej innej odległości od soczewki środek plamki jest czerwony, a zewnętrzna część plamki jest fioletowa.

Rysunek 1. przedstawia soczewkę i ekran w tym spośród dwóch opisanych ustawień, w którym odległość ekranu od soczewki <u>jest większa</u>. Na ekranie oznaczono plamkę. Skrajne promienie wiązki przed soczewką oznaczono jako P_1 i P_2.

Rysunek 1.



Zadanie 8.3. (0–1)

Zapisz na rysunku 1. kolor środka plamki na ekranie. Dorysuj – od soczewki do ekranu – bieg promieni fioletowych (oznacz je jako P_{1F}, P_{2F}) oraz czerwonych (oznacz je jako P_{1C}, P_{2C}), po przejściu promieni P_1, P_2 przez soczewkę.

Zadanie 8.4. (0–2)

Przyjmij, że obie wypukłości soczewki są sferyczne, soczewka jest umieszczona w powietrzu, a bezwzględny współczynnik załamania światła w powietrzu jest równy 1.

Oblicz stosunek ogniskowej soczewki dla światła fioletowego do ogniskowej soczewki dla światła czerwonego.

$$\begin{cases} \dfrac{1}{f_C} = \left(\dfrac{n_C}{n_0} - 1\right) \cdot \left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right) \\[2ex] \dfrac{1}{f_F} = \left(\dfrac{n_F}{n_0} - 1\right) \cdot \left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right) \end{cases} \quad \div$$

$$\frac{f_F}{f_C} = \frac{\left(\frac{n_C}{n_0} - 1\right)}{\left(\frac{n_F}{n_0} - 1\right)} = \frac{1{,}51 - 1}{1{,}54 - 1} = 0{,}94$$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	8.1.	8.2.	8.3.	8.4.
	Maks. liczba pkt	1	2	1	2
	Uzyskana liczba pkt				

Zadanie 9.

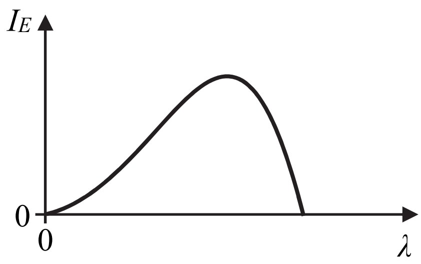
Wiązka elektronów jest przyśpieszana w lampie rentgenowskiej napięciem $U = 2\,500$ V. Elektrony, przyśpieszone w polu elektrycznym, padają na anodę, gdzie następnie wyhamowują. Utracona przez poszczególne elektrony energia kinetyczna – w części lub całości – jest zamieniana w energię promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez lampę. Jeżeli jakiś elektron całkowicie wyhamuje bez przekazywania energii kinetycznej atomom anody, to cała energia kinetyczna elektronu może zostać zamieniona na energię jednego kwantu promieniowania.

W zadaniach 9.1.–9.4. przyjmij, że prędkości początkowe elektronów oderwanych od katody wynoszą zero, a przyśpieszane elektrony poruszają się w próżni. Polecenia dotyczą widma ciągłego promieniowania, tzn. pomija się widmo emisyjne atomów anody.

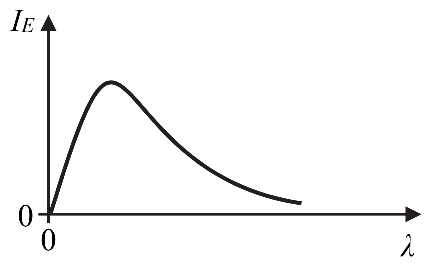
Zadanie 9.1. (0–1)

Spośród rysunków A–D zaznacz rysunek z wykresem prawidłowo przedstawiającym zależność natężenia promieniowania rentgenowskiego (na jednostkowy przedział długości fali) od długości fali tego promieniowania.

Osie na poniższych wykresach wyskalowano liniowo. Symbol I_E, opisujący oś pionową, oznacza natężenie promieniowania (na jednostkowy przedział długości fali).

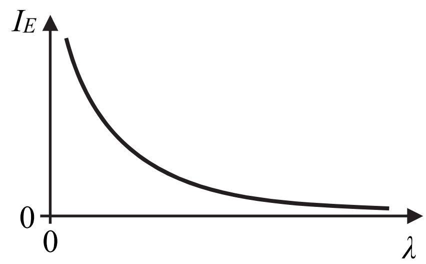


A.



B.

C.



D.

Zadanie 9.2. (0–1)

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

1.	Minimalna długość fali promieniowania rentgenowskiego jest wprost proporcjonalna do napięcia przyśpieszającego elektrony.	**P**	**F**
2.	Zwiększenie napięcia przyśpieszającego elektrony spowoduje, że graniczna długość fali promieniowania rentgenowskiego zmaleje.	**P**	**F**
3.	Maksymalna energia kwantu promieniowania rentgenowskiego zależy od liczby elektronów w wiązce bombardującej anodę.	**P**	**F**

Zadanie 9.3. (0–2)

Oblicz wartość prędkości elektronów padających na anodę. KLASYKA! ☺

$$\Delta E_k = W$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} - 0 = q \cdot U$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = e \cdot U$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 2500\ \mathrm{V}}{9{,}11 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg}}} \approx 29{,}6 \cdot 10^6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$\underline{v \approx 2{,}96 \cdot 10^7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 3 \cdot 10^7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}$$

Zadanie 9.4. (0–2)

Oblicz najmniejszą długość fali promieniowania rentgenowskiego wytwarzanego przez tę lampę.

$$\frac{h \cdot c}{\lambda_\mathrm{m}} = e \cdot U - 0$$

$$\frac{h \cdot c}{\lambda_\mathrm{m}} = e \cdot U$$

$$\lambda_\mathrm{m} = \frac{h \cdot c}{e \cdot U}$$

$$\lambda_\mathrm{m} = \frac{1240}{2500}\ \mathrm{nm} \approx 0{,}496\ \mathrm{nm} \approx 0{,}5\ \mathrm{nm} = 5\ \mathrm{Å}$$

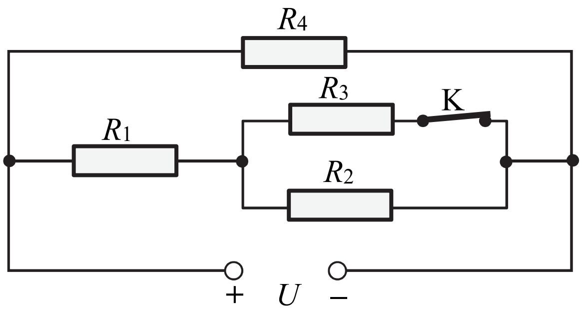
☺

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	9.1.	9.2.	9.3.	9.4.
	Maks. liczba pkt	1	1	2	2
	Uzyskana liczba pkt				

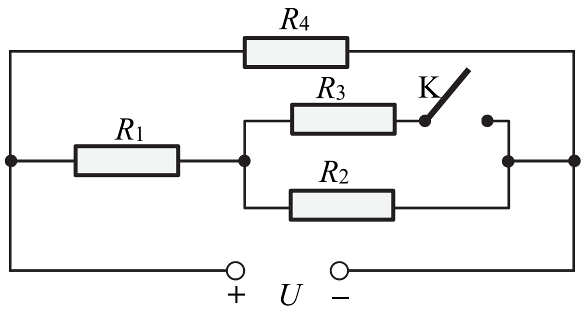
Zadanie 10.

Cztery oporniki R_1, R_2, R_3, R_4 o jednakowym oporze elektrycznym R połączono w obwód, który następnie podłączono do źródła stałego napięcia elektrycznego U. Na rysunku 1. przedstawiono schemat obwodu w sytuacji, gdy klucz K jest zamknięty, a na rysunku 2. – gdy klucz K jest otwarty. Przyjmij, że napięcie U zasilające obwód jest takie samo w obu sytuacjach.

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Zadanie 10.1. (0–1)

Rozważamy sytuację, gdy klucz K w obwodzie jest zamknięty (zobacz rysunek 1.). Natężenia prądów płynących przez oporniki R_1, R_2, R_3, R_4 oznaczymy odpowiednio: I_1, I_2, I_3, I_4.

Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród A–D.

Prawidłowe relacje między natężeniami prądów płynących przez poszczególne oporniki to:

A. $I_1 > I_2$ oraz $I_3 > I_4$

B. $I_4 > I_1$ oraz $I_1 > I_2$

C. $I_4 > I_2$ oraz $I_3 > I_1$

D. $I_1 > I_4$ oraz $I_4 > I_3$

wystarczyło to zauważyć i koniec ...

Zadanie 10.2. (0–3)

Po otwarciu klucza K w obwodzie (zobacz rysunek 2.) ustalił się nowy rozkład napięć na opornikach i nowy rozkład natężeń prądów przepływających przez oporniki.

Uzupełnij tabelę. Wpisz właściwe określenia (wybrane spośród podanych w nawiasach) dotyczące zmian natężenia prądu płynącego przez dany opornik po otwarciu klucza K oraz zmian napięcia na danym oporniku po otwarciu klucza K.

Co za szyk ! ☹

Opornik	**Natężenie prądu** (*zmalało / wzrosło / się nie zmieniło*)	**Napięcie** (*zmalało / wzrosło / się nie zmieniło*)
R_1	*zmalało*	*zmalało*
R_2	*wzrosło*	*wzrosło*
R_4	*nie zmieniło się*	*nie zmieniło się*

Zadanie 11.

Badano próbkę zawierającą jądra pewnego izotopu ulegające samorzutnej przemianie beta minus. Detektor cząstek beta minus (elektronów) rejestrował promieniowanie pochodzące z tej próbki w ciągu kolejnych pięciu dni. Detektor włączał się każdego dnia zawsze o tej samej porze i rejestrował promieniowanie przez 5 minut. Wyniki pomiarów z kolejnych dni – po odjęciu zliczeń pochodzących od innych źródeł – przedstawiono w tabeli poniżej.

Dzień	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**
Liczba zliczeń	1 374	1 346	1 372	1 360	1 358

Zbyteczny tekst!?
No nie!

Pole powierzchni, na jaką padały cząstki beta minus zliczane przez detektor, stanowi 1/16 pola sfery o środku w miejscu źródła cząstek i promieniu równym odległości detektora od źródła promieniowania. Załóż sferycznie symetryczny rozkład emitowanego promieniowania oraz brak pochłaniania promieniowania przez ośrodek pomiędzy źródłem a detektorem. Przyjmij, że wszystkie cząstki padające na powierzchnię detektora były zliczane.

Zadanie 11.1. (0–1)

Oceń prawdziwość każdego dokończenia poniższego zdania. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

W wyniku emisji cząstki beta minus przez jądro atomowe zawsze

1.	maleje liczba neutronów w jądrze atomowym.	**P**	**F**
2.	zmniejsza się liczba masowa jądra atomowego.	**P**	**F**
3.	zwiększa się liczba protonów w jądrze atomowym.	**P**	**F**

Zadanie 11.2. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania wybrane spośród A–D.

Na podstawie wyników pomiarów można stwierdzić, że czas połowicznego rozpadu tego izotopu

A. wynosi w przybliżeniu 5 dni.
B. wynosi w przybliżeniu 5 minut.
C. jest wiele razy dłuższy niż 5 dni.
D. jest wiele razy krótszy niż 5 minut.

Zadanie 11.3. (0–2)

Średnią aktywność promieniotwórczą A próbki w czasie Δt określimy jako stosunek ΔN liczby jąder, które uległy przemianie w czasie Δt, do tego czasu. Jednostką aktywności jest 1 Bq (bekerel), przy czym $1\ \text{Bq} = \frac{1\ \text{rozpad}}{1\ \text{s}}$.

Oblicz średnią aktywność promieniotwórczą badanej próbki w czasie 5 minut – podczas działania detektora w pierwszym dniu. Wynik podaj w bekerelach.

$$A = \frac{|\Delta N|}{\Delta t}$$

$$A = \frac{1374 \cdot \mathbf{16}}{5\ \text{min}} = \frac{21984}{5 \cdot 60\ \text{s}} \approx 73{,}28\ \text{Bq}$$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	10.1.	10.2.	11.1.	11.2.	11.3.
	Maks. liczba pkt	1	3	1	1	2
	Uzyskana liczba pkt					

Zadanie 12.

Obiekt PSR 1257+12 jest gwiazdą neutronową o średnicy kilkunastu kilometrów. Ta gwiazda jest pulsarem milisekundowym, który obraca się wokół osi własnej 160 razy na sekundę. Wokół niego krążą pierwsze odkryte – przez polskiego astronoma Aleksandra Wolszczana – planety poza Układem Słonecznym. Układ składa się z pulsara jako gwiazdy centralnej i trzech planet krążących wokół tego pulsara. Jedną z nich jest planeta o nazwie Draugr, która okrąża pulsar po orbicie kołowej o promieniu $r = 0{,}19$ au, w czasie $T = 25{,}3$ doby (ziemskiej).

Masa pulsara jest znacznie większa od masy każdej z okrążających go planet. Pomiń wzajemne oddziaływanie planet. Przyjmij, że 1 au = 150 mln km (au – jednostka astronomiczna).

Zadanie 12.1. (0–3)

Oblicz masę pulsara na podstawie informacji dotyczącej ruchu orbitalnego planety Draugr, podanej w treści zadania 12. KLASYKA! ☺

$r = 0{,}19 \text{ au} = 0{,}19 \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \text{ m}$

$T = 25{,}3 \text{ d} = 2{,}19 \cdot 10^6 \text{s}$

$m \cdot a_d = F_g$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{G \cdot M}{r}$$

$$\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}\right)^2 = \frac{G \cdot M}{r}$$

$$\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2}{T^2} = \frac{G \cdot M}{r}$$

$$M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{G \cdot T^2}$$

$$M \approx \frac{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot (28{,}5 \cdot 10^9)^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot (2{,}19 \cdot 10^6)^2} \text{ kg} \approx 28539 \cdot 10^{26} \text{ kg}$$

$$M \approx 2{,}9 \cdot 10^{30} \text{kg} \approx 3 \cdot 10^{30} \text{kg}$$

Dodatkowe informacje do zadań 12.2. i 12.3.

Opisany pulsar powstał w wyniku zapadania się jądra gwiazdy, którego rozmiary były znacznie większe niż obecne rozmiary pulsara. W wyniku zapadania grawitacyjnego promień tego jądra się zmniejszył, a częstotliwość obrotu wzrosła. Obecnie pulsar obraca się wokół własnej osi około 160 razy na sekundę.

Do obliczeń przyjmij uproszczony model zjawiska oparty na następujących założeniach dotyczących końcowego etapu zapadania się jądra gwiazdy:

- przyjmij, że masa M jądra gwiazdy się nie zmienia
- pomiń ewentualne straty momentu pędu
- przyjmij, że zapadające się jądro gwiazdy jest ciałem o momencie bezwładności równym kMR_t^2, gdzie R_t jest chwilowym promieniem jądra gwiazdy, a k pozostaje stałe
- pomiń efekty relatywistyczne i wpływ innych obiektów.

Zadanie 12.2. (0–2)

Oblicz częstotliwość obrotu jądra gwiazdy dookoła osi własnej w chwili, gdy miało ono promień 10 razy większy niż obecnie. Wykorzystaj odpowiednie zasady i wzory fizyczne.

$f = 160\text{ Hz}$

$I = k \cdot M \cdot R^2$

$L_0 = L$

$I_0 \cdot \omega_0 = I \cdot \omega$

$k \cdot M \cdot R_0^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_0 = k \cdot M \cdot R^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f$

$R_0^2 \cdot f_0 = R^2 \cdot f$

$$f_0 = \frac{R^2}{R_0^2} \cdot f = \left(\frac{R}{R_0}\right)^2 \cdot f$$

$$f_0 = \left(\frac{1}{10}\right)^2 \cdot 160\text{ Hz}$$

$$f_0 = 1{,}6\text{ Hz}$$

Kto takie indeksy stosuje przy energii kinetycznej?

Zadanie 12.3. (0–2)

☹

Wyznacz wartość liczbową stosunku E_{kin1} / E_{kin10} – energii kinetycznej jądra gwiazdy w chwili obecnej do energii kinetycznej jądra gwiazdy w chwili, gdy jego promień był 10 razy większy niż obecnie. Wykorzystaj odpowiednie zasady i wzory fizyczne.

Energię kinetyczną określamy w układzie odniesienia, w którym oś obrotu pulsara jest nieruchoma.

To można rozwiązać na wiele spsosobów. Można *naturalnie* korzystając z wyników z poprzedniego zadania, ale można też *sprytnie* na ogólnych wzorach, np.:

$$\frac{E_{k1}}{E_{k10}} = \frac{\frac{I \cdot \omega^2}{2}}{\frac{I_0 \cdot \omega_0^2}{2}} = \frac{I \cdot \omega^2}{I_0 \cdot \omega_0^2} = \frac{I_0}{I} \cdot \frac{I^2 \cdot \omega^2}{I_0^2 \cdot \omega_0^2} = \frac{I_0}{I} \cdot \frac{L^2}{L_0^2} = \frac{I_0}{I} \cdot \cancel{\frac{L^2}{L_0^2}}$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k10}} = \frac{I_0}{I}$$

☺ !

$$\frac{E_{k1}}{E_{k10}} = \frac{k \cdot M \cdot R_0^2}{k \cdot M \cdot R^2}$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k10}} = \left(\frac{R_0}{R}\right)^2$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k10}} = 10^2 = 100$$

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

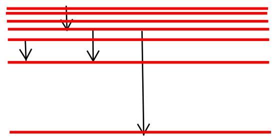
Zadanie 13. (0–1)

Emisja fotonu przez atom wodoru następuje wtedy, gdy elektron przechodzi z poziomu energetycznego $n = a$ na niższy poziom energetyczny $n = b$ (gdzie $a > b$). Takie przejście oznaczymy jako $a \rightarrow b$. Rozważmy wybrane przejścia elektronu pomiędzy stanami w atomie wodoru:

$3 \rightarrow 2$ $\qquad$ $7 \rightarrow 4$ $\qquad$ $4 \rightarrow 3$ $\qquad$ $4 \rightarrow 1$

Ustal, któremu spośród przedstawionych przejść elektronu pomiędzy stanami w atomie wodoru towarzyszy emisja fotonu <u>o największej długości fali</u>. Zapisz to przejście poniżej.

?



$7 \longrightarrow 4$ ....

Zadanie 14. (0–2)

Do wytwarzania neutronów można wykorzystać próbkę zawierającą polon ^{218}Po oraz beryl ^{9}Be. Polon ulega przemianie α, dlatego próbka zawierająca ten izotop jest źródłem cząstek α (jąder helu), które następnie uderzają w jądra berylu. W wyniku reakcji cząstki α z jądrem berylu powstają jeden neutron oraz jedno jądro.

Uzupełnij dwa poniższe równania reakcji opisanych w treści zadania 14. Wpisz w wykropkowane miejsca właściwe liczby atomowe, liczby masowe oraz symbole pierwiastków. Skorzystaj z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych*.

1) $\qquad {}^{218}_{84}Po \longrightarrow {}^{214}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha$

2) $\qquad {}^{4}_{2}\alpha + {}^{9}_{4}Be \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$

Wypełnia egzaminator	Nr zadania	13.	14.
	Maks. liczba pkt	1	2
	Uzyskana liczba pkt		

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*