CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Rodzaj dokumentu:	**Zasady oceniania rozwiązań zadań**
Egzamin:	**Egzamin maturalny** **TEST DIAGNOSTYCZNY**
Przedmiot:	**Fizyka**
Poziom:	**Poziom rozszerzony**
Formy arkusza:	MFAP-R0-100, MFAP-R0-200, MFAP-R0-300, MFAP-R0-400, MFAP-R0-700
Termin egzaminu:	13 grudnia 2024 r.
Data publikacji dokumentu:	16 grudnia 2024 r.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Ogólne zasady oceniania arkuszy egzaminacyjnych z fizyki

1. Jeżeli zdający poprawnie rozwiązał zadanie (użył poprawnej metody, uwzględnił warunki zadania, otrzymał poprawny wynik) metodą, której nie uwzględniały zasady oceniania (chodzi o jakościowo inną metodę – np. użycie prawa / wzoru / twierdzenia / metody rachunkowej spoza podstawy programowej – a nie metodę równoważną tym w zasadach oceniania), to otrzymuje maksymalną liczbę punktów.
2. Jeżeli zdający poda w wyniku końcowym wartość wielkości fizycznej bez jednostki, to nie spełnia warunków określonych w zasadach oceniania na maksymalną liczbę punktów.
3. Ocenie podlegają te fragmenty pracy zdającego, które dotyczą polecenia.
4. Jeżeli na pewnym etapie rozwiązania zadania zdający podaje kilka sprzecznych ze sobą rozwiązań i nie wskazuje, które z nich należy uznać za poprawne, to może uzyskać punkty tylko za wcześniejsze poprawne etapy rozwiązania.
5. Jeżeli na pewnym etapie rozwiązania zadania zdający podaje kilka sprzecznych ze sobą rozwiązań i wskazuje, które z nich należy uznać za poprawne, to zapisów w innych rozwiązaniach nie bierze się pod uwagę w ocenianiu.
6. Jeżeli na dowolnym etapie rozwiązania zadania zdający popełnia błąd rachunkowy (albo błąd przepisania wartości z danych albo wcześniejszych etapów rozwiązania), ale stosuje poprawne metody rozwiązania i konsekwentnie doprowadza rozwiązanie zadania do końca, to ocenę rozwiązania obniża się o 1 punkt.
7. Jeżeli w poleceniu jest dyspozycja o zapisaniu wyniku zaokrąglonego do pewnej liczby cyfr znaczących, to oznacza, że wynik musi być podany w postaci rozwinięcia dziesiętnego liczby i z określonym w poleceniu zaokrągleniem. Jeżeli w zadaniu z takim poleceniem zdający przedstawia wynik w postaci ułamka zwykłego, lub w postaci z występującym π lub np. $\sqrt{2}$, albo podaje wynik ze zbyt dużą lub zbyt małą liczbą cyfr znaczących – to nie otrzymuje maksymalnej liczby punktów.
8. Wszelkie wzory / związki / zależności / relacje między wielkościami mogą być równoważnie zapisane za pomocą symboli lub za pomocą liczb, które to liczby są wartościami wielkości występujących w tych wzorach / związkach / zależnościach / relacjach.
9. Jeżeli w zasadach oceniania danego etapu rozwiązania wymienione jest, że zdający korzysta / uwzględnia / zapisuje dane związki / zależności / prawa / wzory, to mogą być one zapisane oddzielnie, albo nawet w jednym równaniu (o ile to możliwe).

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

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

Gdy wymaganie dotyczy treści szkoły podstawowej, dopisano (SP), a gdy zakresu podstawowego szkoły ponadpodstawowej – dopisano (P).

Zadanie 1.1. (0–2)

Wymagania określone w podstawie programowej[1]	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, […], rozkładanie na składowe); I.6) tworzy […] rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk […]. II.11) opisuje ruch niejednostajny po okręgu.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie i podpisanie wektora $\vec{a}_s$ przyśpieszenia stycznego **oraz** wektora $\vec{a}_r$ przyśpieszenia dośrodkowego **oraz** wektora $\vec{a}$ przyśpieszenia całkowitego punktu P.

1 pkt – poprawne narysowanie i podpisanie wektora $\vec{a}_s$ przyśpieszenia stycznego **oraz** wektora $\vec{a}_r$ przyśpieszenia dośrodkowego

LUB

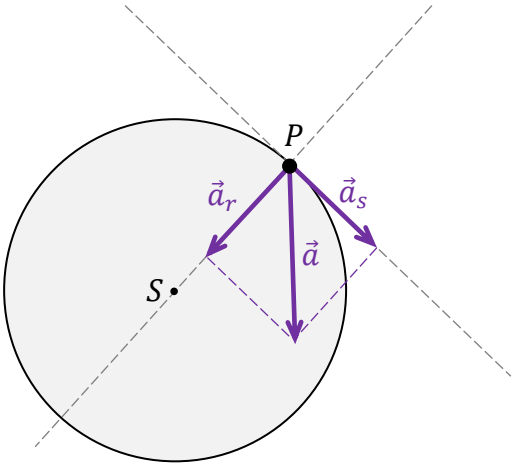
– narysowanie i podpisanie tylko wektora $\vec{a}$ przyśpieszenia w odpowiednim obszarze pomiędzy styczną i promieniem okręgu

LUB

– poprawne narysowanie wektora przyśpieszenia **oraz** jego składowych stycznej i dośrodkowej bez podpisania tych wektorów.

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie



[1] Rozporządzenie Ministra Edukacji z dnia 28 czerwca 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego dla liceum ogólnokształcącego, technikum oraz branżowej szkoły II stopnia (Dz.U. z 2024 r. poz. 1019).

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 1.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.9) stosuje […] związki między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym; II.11) opisuje ruch niejednostajny po okręgu. III.4) […] posługuje się pojęciami przyspieszenia kątowego […].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech stwierdzeniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

PPF

Zadanie 1.3. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej oraz przemieszczenia kątowego, prędkości kątowej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami; II.11) opisuje ruch niejednostajny po okręgu. III.4) […] posługuje się pojęciami przyspieszenia kątowego […].

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zasady oceniania[2]

3 pkt – poprawna metoda obliczenia całkowitej liczby obrotów platformy w czasie $60\ s$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $N = 14$

2 pkt – zapisanie równań (albo jednego równania) ruchu obrotowego przyśpieszonego jednostajnie, pozwalających (pozwalającego) wyznaczyć prędkość kątową po pierwszym obrocie **oraz** poprawna identyfikacja danych (za pomocą symboli lub podstawionych wartości) w tych równaniach (lub jednym równaniu) **oraz** zapisanie równania pozwalającego wyznaczyć kąt podczas obrotu jednostajnego w zależności od prędkości kątowej i czasu trwania ruchu obrotowego jednostajnego, np. zapisy równoważne poniższym:

$$2\pi = \frac{1}{2}\epsilon t_1^2 \quad \text{oraz} \quad \omega = \epsilon \cdot 8\ \text{s} \quad \text{oraz} \quad \alpha_{jednostajny} = \omega \cdot 52\ \text{s}$$

albo

$$2\pi = \frac{1}{2}\omega \cdot 8\ \text{s} \quad \text{oraz} \quad \alpha_{jednostajny} = \omega \cdot 52\ \text{s}$$

1 pkt – zapisanie równania ruchu obrotowego przyśpieszonego jednostajnie pozwalającego wyznaczyć prędkość kątową po pierwszym obrocie **oraz** poprawna identyfikacja danych (za pomocą symboli lub wartości), np. zapisy równoważne poniższym:

$$2\pi = \frac{1}{2}\omega \cdot t_1$$

LUB

– zapisanie równania ruchu obrotowego przyśpieszonego jednostajnie pozwalającego wyznaczyć przyśpieszenie kątowe podczas pierwszego obrotu, w zależności od kąta obrotu i czasu trwania ruchu obrotowego przyśpieszonego **oraz** poprawna identyfikacja danych (za pomocą symboli lub podstawionych wartości), np. zapisy równoważne poniższym:

$$2\pi = \frac{1}{2}\epsilon t_1^2$$

LUB

– zapisanie równania ruchu obrotowego przyśpieszonego jednostajnie pozwalającego wyznaczyć prędkość kątową po pierwszym obrocie, w zależności od przyśpieszenia kątowego i czasu trwania tego ruchu **oraz** poprawna identyfikacja danych (za pomocą symboli lub wartości), np. zapisy równoważne poniższym:

$$\omega = \epsilon t_1$$

LUB

– zapisanie częściowej strategii prowadzącej do obliczenia liczby obrotów platformy podczas ruchu obrotowego jednostajnego, tzn. zapisanie równania pozwalającego wyznaczyć kąt obrotu w zależności od prędkości kątowej i czasu trwania ruchu obrotowego jednostajnego **oraz** poprawna identyfikacja czasu ($52\ s$) **oraz** zapisanie wyrażenia na liczbę obrotów, np. zapisy równoważne poniższym:

$$N_{jednostajny} = \frac{\omega \cdot 52\ \text{s}}{2\pi}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

---

[2] Pod opisem warunków za przyznanie punktów, w niektórych przypadkach podano przykładowe zapisy (lub przykładowe zapisy równoważne), które spełniają te warunki w minimalnym stopniu.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie: https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Przykładowe pełne rozwiązanie[3]

Sposób 1.

Obliczymy przyśpieszenie kątowe platformy podczas pierwszego obrotu:

$$\alpha_1 = \frac{1}{2}\epsilon t_1^2 \quad \text{oraz} \quad \alpha_1 = 2\pi \quad \rightarrow \quad \epsilon = \frac{2\alpha_1}{t_1^2} = \frac{2 \cdot 2\pi}{8^2} = \frac{\pi}{16}\ \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Obliczymy prędkość kątową platformy po pierwszym obrocie:

$$\omega = \epsilon t_1 \quad \rightarrow \quad \omega = \frac{\pi}{16}\ \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot 8\ \text{s} = \frac{\pi}{2}\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Obliczymy kąt, o jaki obróci się platforma podczas trwania ruchu obrotowego ze stałą prędkością kątową:

$$\alpha_2 = \omega t_2 \quad \text{oraz} \quad t_2 = 60\ \text{s} - 8\ \text{s} \quad \rightarrow \quad \alpha_2 = \frac{\pi}{2}\ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 52\ \text{s} = 26\,\pi\ \text{rad}$$

Obliczymy liczbę obrotów platformy podczas trwania ruchu obrotowego ze stałą prędkością kątową:

$$N_2 = \frac{\alpha_2}{2\pi} = \frac{26\pi}{2\pi} = 13$$

Liczba wszystkich obrotów platformy w czasie $60\ \text{s}$ jest równa:

$$N = N_1 + N_2 = 1 + 13 = 14$$

Sposób 2.

Obliczymy prędkość kątową platformy po pierwszym obrocie:

$$\alpha_1 = \frac{1}{2}\omega t_1 \quad \rightarrow \quad \omega = \frac{2\alpha_1}{t_1} = \frac{2 \cdot 2\pi}{8}\ \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{\pi}{2}\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Obliczymy kąt, o jaki obróci się platforma podczas trwania ruchu obrotowego ze stałą prędkością kątową:

$$\alpha_2 = \omega t_2 \quad \text{oraz} \quad t_2 = 60\ \text{s} - 8\ \text{s} \quad \rightarrow \quad \alpha_2 = \frac{\pi}{2}\ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 52\ \text{s} = 26\,\pi\ \text{rad}$$

Obliczymy liczbę obrotów platformy podczas trwania ruchu obrotowego ze stałą prędkością kątową:

$$26\,\pi\ \text{rad} = N_2 \cdot 2\pi\ \text{rad} \quad \rightarrow \quad N_2 = \frac{26\pi}{2\pi} = 13$$

Liczba wszystkich obrotów platformy w czasie $60\ \text{s}$ jest równa:

$$N = N_1 + N_2 = 1 + 13 = 14$$

[3] Przykładowe rozwiązania mogą zawierać dodatkowe wyjaśnienia/komentarze, które nie podlegają ocenie. Wymagane elementy rozwiązania zdającego podlegające ocenie są wyszczególnione i opisane w kryteriach punktacji zasad oceniania.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 2.1. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach ([…] mnożenie przez liczbę […]); I.6) tworzy […] rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk […]; I.7) wyodrębnia z tekstów […], rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II.12) wyznacza graficznie siłę wypadkową […]; II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.25) stosuje do obliczeń prawo Archimedesa i objaśnia warunki pływania ciał.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne narysowanie na diagramie 1. siły grawitacji o wartości równej 6 umownych jednostek i zwrocie w dół **oraz** poprawne narysowanie na diagramie 2. siły wyporu o wartości równej 8 umownych jednostek i zwrocie w górę, **oraz** poprawne narysowanie na diagramie 2. siły grawitacji o wartości równej 8 umownych jednostek i zwrocie w dół.

2 pkt – poprawne narysowanie na diagramie 2. siły wyporu o wartości równej 8 umownych jednostek i zwrocie w górę

LUB

– poprawne narysowanie na diagramie 1. siły grawitacji o wartości równej 6 umownych jednostek i zwrocie w dół **oraz** narysowanie na diagramie 2. siły wyporu o wartości większej od 6 i różnej od 8 umownych jednostek i zwrocie w górę

LUB

– narysowanie na diagramie 2. równoważących się sił: wyporu (skierowanej w górę) i grawitacji (skierowanej w dół) o równych wartościach, większych od 6 i różnych od 8 umownych jednostek

1 pkt – poprawne narysowanie na diagramie 1. siły grawitacji o wartości równej 6 umownych jednostek i zwrocie w dół

LUB

– narysowanie na diagramie 2. siły wyporu o wartości większej od 6 i różnej od 8 umownych jednostek i zwrocie w górę

LUB

– narysowanie na diagramie 2. równoważących się sił: wyporu (skierowanej w górę) i grawitacji (skierowanej w dół) o równych wartościach, mniejszych od 6 umownych jednostek.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Rozwiązanie

Diagram 1.

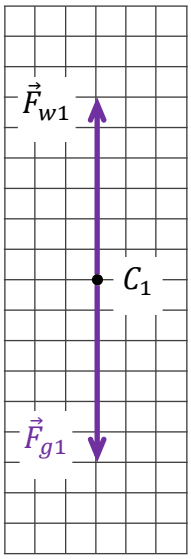
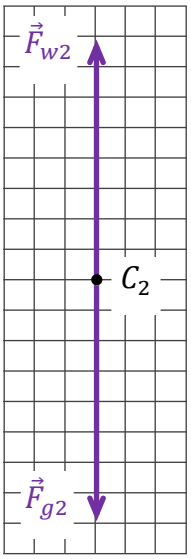


Diagram 2.



Zadanie 2.2. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […], rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu. II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.25) stosuje do obliczeń prawo Archimedesa i objaśnia warunki pływania ciał.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia gęstości cieczy **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $\rho_X = 1{,}125\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$ $\left(\text{lub } \frac{9}{8}\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}\right)$ (wynik może być zaokrąglony do $1{,}1\ \mathrm{g/cm^3}$)

2 pkt – zapisanie warunku równowagi sił, gdy ciało $\mathcal{C}_1$ pływa w wodzie **oraz** gdy pływa w cieczy X, **oraz** zastosowanie wzoru na siłę wyporu i uwzględnienie warunku zadania, gdy ciało $\mathcal{C}_1$ pływa w wodzie albo w cieczy X, np. zapisy równoważne poniższym:

$\left(F_{g1} = F_{w1\,w} \text{ oraz } F_{g1} = F_{w1\,X}\right)$ oraz $\left(F_{w1\,w} = \rho_w g\left(\frac{3}{4}V\right) \text{ albo } F_{w1\,X} = \rho_X g\left(\frac{2}{3}V\right)\right)$

albo

$F_{w1\,w} = F_{w1\,X}$ oraz $\left(F_{w1\,w} = \rho_w g\left(\frac{3}{4}V\right) \text{ albo } F_{w1\,X} = \rho_X g\left(\frac{2}{3}V\right)\right)$

LUB

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

– zapisanie gotowych warunków pływania, gdy ciało $\mathcal{C}_1$ o gęstości ρ pływa w wodzie **oraz** gdy pływa w cieczy X, np. zapisy równoważne poniższym:

$\frac{\rho}{\rho_w} = \frac{3}{4}$ oraz $\frac{\rho}{\rho_X} = \frac{2}{3}$

1 pkt – zapisanie warunku równowagi sił, gdy ciało $\mathcal{C}_1$ pływa w wodzie albo w cieczy X, np. zapisy równoważne poniższym:

$F_{g1} = F_{w1\,w}$ albo $F_{g1} = F_{w1\,X}$

LUB

– zastosowanie wzoru na siłę wyporu i uwzględnienie warunku zadania, gdy ciało $\mathcal{C}_1$ pływa w wodzie albo w cieczy X, np. zapisy równoważne poniższym:

$F_{w1\,w} = \rho_w g\left(\frac{3}{4}V\right)$ albo $F_{w1\,X} = \rho_X g\left(\frac{2}{3}V\right)$

LUB

– zapisanie gotowego warunku pływania, gdy ciało $\mathcal{C}_1$ o gęstości ρ pływa w wodzie albo w cieczy, np. zapisy równoważne poniższym:

$\frac{\rho}{\rho_w} = \frac{3}{4}$ albo $\frac{\rho}{\rho_X} = \frac{2}{3}$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy warunek równowagi sił (grawitacji i wyporu), gdy ciało $\mathcal{C}_1$ pływa w wodzie:

$$1)\ F_{g1} = F_{w1\,w}$$

Zapiszemy warunek równowagi sił (grawitacji i wyporu), gdy ciało $\mathcal{C}_1$ pływa w cieczy X:

$$2)\ F_{g1} = F_{w1\,X}$$

W równaniach 1) i 2) wykorzystamy wzór na siłę wyporu wynikający z prawa Archimedesa oraz uwzględnimy warunki zadania:

$$3)\ F_{g1} = \rho_w g\left(\frac{3}{4}V\right) \quad \text{oraz} \quad 4)\ F_{g1} = \rho_X g\left(\frac{2}{3}V\right)$$

Lewe strony równań 3) i 4) są takie same, zatem:

$$5)\ \rho_w g\left(\frac{3}{4}V\right) = \rho_X g\left(\frac{2}{3}V\right) \quad \rightarrow \quad \frac{3}{4}\rho_w = \frac{2}{3}\rho_X \quad \rightarrow$$

$$6)\ \rho_X = \frac{9}{8}\rho_w \quad \rightarrow \quad \rho_X = \frac{9}{8}\cdot 1\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} = 1{,}125\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 3.1. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie […]); I.7) wyodrębnia z tekstów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. II.1) opisuje ruch względem różnych układów odniesienia. III.2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne wpisanie wartości v_A prędkości punktu A oraz poprawne wpisanie wartości v_B prędkości punktu B.

1 pkt – poprawne wpisanie wartości v_A prędkości punktu A

LUB

– poprawne wpisanie wartości v_B prędkości punktu B.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie

$$v_A = \ldots 5 \ldots \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_B = \ldots 2{,}5 \cdot \sqrt{2} \ldots \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Uwaga dodatkowa

Wpisanie liczby zaokrąglonej do co najmniej dwóch cyfr znaczących: $v_B = 3{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ należy uznać jako poprawne wpisanie wartości v_B prędkości punktu B.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 3.2. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał; II.17) opisuje opory ruchu ([…] tarcie statyczne, […]); […] omawia rolę tarcia na wybranych przykładach. III.2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi; III.4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; posługuje się pojęciami przyspieszenia kątowego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami.

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 1.)

4 pkt – poprawna metoda wyznaczenia współrzędnej T_x siły tarcia tylko za pomocą F **oraz** poprawna weryfikacja założenia o zwrocie siły tarcia **oraz** poprawne narysowanie siły tarcia.

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia współrzędnej T_x siły tarcia (zgodnie z założonym zwrotem siły tarcia) tylko za pomocą F **oraz** zapisanie prawidłowego wyniku równoważnego poniższemu:

$|T_x| = \frac{1}{3}F$ lub $\left(T = -\frac{1}{3}F \text{ gdy założono } T_x = -T\right)$

2 pkt – poprawne zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu postępowego walca **oraz** zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego walca, **oraz** zapisanie siły wypadkowej i wypadkowego momentu sił w obu równaniach ruchu zgodnie z założonym zwrotem siły tarcia, **oraz** uwzględnienie związku między przyśpieszeniem liniowym a przyśpieszeniem kątowym walca, np. zapisy równoważne poniższym:

$ma = F - T$ oraz $I_0 \cdot \frac{a}{R} = R(F + T)$

1 pkt – poprawne zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu postępowego walca **oraz** zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego walca względem osi symetrii, **oraz** zapisanie wartości siły wypadkowej jako $F_w = F - T$ lub zapisanie wzoru na wypadkowy moment sił $M = R(F + T)$, wszystko zgodnie z założonym zwrotem siły tarcia (przeciwnym do zwrotu osi x), np. zapisy równoważne poniższym:

$ma = F - T$ oraz $I_0\epsilon = M$

albo

$ma = F_w$ oraz $I_0\epsilon = R(F + T)$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

4 pkt – poprawna metoda wyznaczenia współrzędnej T_x siły tarcia tylko za pomocą F **oraz** poprawna weryfikacja założenia o zwrocie siły tarcia **oraz** poprawne narysowanie tej siły.

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia współrzędnej T_x siły tarcia (zgodnie z założonym zwrotem siły tarcia) tylko za pomocą F **oraz** zapisanie wyniku równoważnego poniższemu:

$|T_x| = \frac{1}{3}F$ lub $\left(T = \frac{1}{3}F \text{ gdy założono } T_x = T\right)$

2 pkt – poprawne zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu postępowego walca **oraz** zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego walca, **oraz** zapisanie siły wypadkowej i wypadkowego momentu sił w obu równaniach ruchu zgodnie z założonym zwrotem siły tarcia, **oraz** uwzględnienie związku między przyśpieszeniem liniowym a przyśpieszeniem kątowym walca, np. zapisy równoważne poniższym:

$ma = F + T$ oraz $I_0 \cdot \frac{a}{R} = R(F - T)$

1 pkt – poprawne zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu postępowego walca **oraz** zapisanie równania ruchu wyrażającego II zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego walca względem osi symetrii, **oraz** zapisanie wartości siły wypadkowej jako $F_w = F + T$ lub zapisanie wzoru na wypadkowy moment sił $M = R(F - T)$, wszystko zgodnie z założonym zwrotem siły tarcia (zgodnym ze zwrotem osi x), np. zapisy równoważne poniższym:

$ma = F + T$ oraz $I_0\epsilon = M$

albo

$ma = F_w$ oraz $I_0\epsilon = R(F - T)$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1.

Na walec w kierunku poziomym działają siły: siła tarcia statycznego $\vec{T}$ oraz siła $\vec{F}$. Obie siły mają niezerowe momenty względem osi obrotu walca.

Przyjmiemy arbitralnie, że siła tarcia statycznego ma zwrot przeciwny do zwrotu osi x. Zatem przyjmiemy do równań ruchu, że:

$$T_x = -T$$

dla pewnej liczby T (o której początkowo myślimy jako o wartości siły tarcia). Nasze założenie zweryfikujemy na podstawie analizy znaku wyznaczonej współrzędnej T_x siły tarcia $\vec{T}$.

Zapiszemy równania wynikające z II zasady dynamiki dla ruchu postępowego walca oraz dla ruchu obrotowego walca (względem osi symetrii). Przy założeniu, że siła tarcia ma przeciwny zwrot do siły $\vec{F}$, to wartości obu sił się odejmą, a wartości momentów obu sił się dodadzą (obie siły „kręcą” prawoskrętnie):

$$\begin{cases} ma = F - T \\ I_0\epsilon = R(F + T) \end{cases}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zastosujemy związek $a = \epsilon R$ między przyśpieszeniem liniowym a przyśpieszeniem kątowym w przypadku toczenia się bez poślizgu oraz wzór na moment bezwładności walca:

$$\begin{cases} ma = F - T \\ \frac{1}{2}mR^2\frac{a}{R} = R(F+T) \end{cases} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} ma = F - T \\ \frac{1}{2}ma = F + T \end{cases}$$

Z powyższego układu równań wyznaczymy T:

$$\frac{1}{2}(F-T) = F + T \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}F - \frac{1}{2}T = F + T \quad \rightarrow \quad -\frac{1}{2}F = \frac{3}{2}T$$

Ostatecznie otrzymujemy:

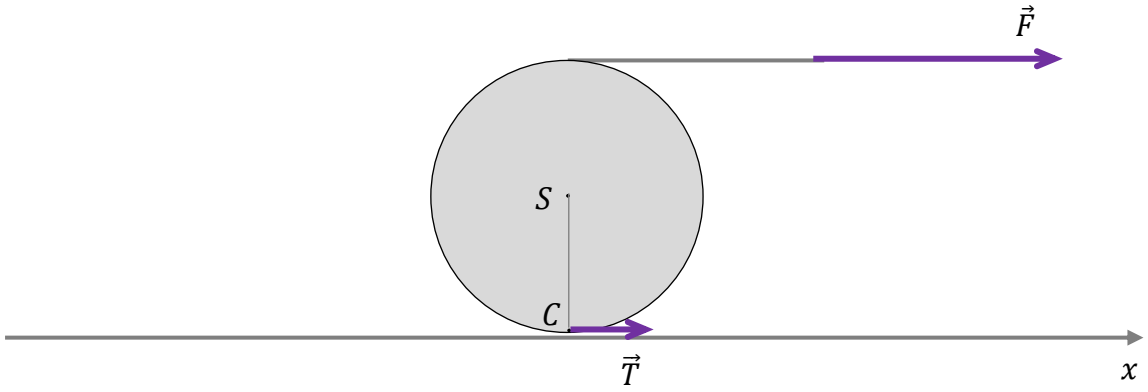
$$T = -\frac{1}{3}F$$

Ustalenie zwrotu siły tarcia

Przeanalizujemy znak współrzędnej siły tarcia. Zweryfikujemy nasze założenie o zwrocie siły tarcia z wynikiem, który otrzymaliśmy po rozwiązaniu równań:

$$\left(T_x = -T \quad \text{oraz} \quad T = -\frac{1}{3}F\right) \quad \rightarrow \quad T_x = \frac{1}{3}F$$

Współrzędna T_x siły tarcia okazała się dodatnia, zatem siła tarcia ma zwrot zgodny ze zwrotem osi x.



Sposób 2.

Na walec w kierunku poziomym działają siły: siła tarcia statycznego $\vec{T}$ oraz siła $\vec{F}$. Obie siły mają niezerowe momenty względem osi obrotu walca.

Przyjmiemy arbitralnie, że siła tarcia statycznego ma zwrot zgodny ze zwrotem osi x. Zatem przyjmiemy do równań ruchu, że:

$$T_x = +T$$

dla pewnej liczby T (o której początkowo myślimy jako o wartości siły tarcia). Nasze założenie zweryfikujemy na podstawie analizy znaku wyznaczonej współrzędnej T_x siły tarcia $\vec{T}$.

Zapiszemy równania wynikające z II zasady dynamiki dla ruchu postępowego walca oraz dla ruchu obrotowego walca (względem osi symetrii). Przy założeniu, że siła tarcia ma ten sam zwrot co siła $\vec{F}$, to wartości obu sił się dodadzą, a wartości momentów obu sił się odejmą (siła $\vec{F}$ „kręci” prawoskrętnie, a $\vec{T}$ „kręci” lewoskrętnie):

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

$$\begin{cases} ma = F + T \\ I_0\epsilon = R(F - T) \end{cases}$$

Zastosujemy związek $a = \epsilon R$ między przyśpieszeniem liniowym a przyśpieszeniem kątowym w przypadku toczenia się bez poślizgu oraz wzór na moment bezwładności walca:

$$\begin{cases} ma = F + T \\ \frac{1}{2}mR^2\frac{a}{R} = R(F - T) \end{cases} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} ma = F + T \\ \frac{1}{2}ma = F - T \end{cases}$$

Z powyższego układu równań wyznaczymy wartość T siły tarcia:

$$\frac{1}{2}(F + T) = F - T \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2}F + \frac{1}{2}T = F - T \quad \rightarrow \quad \frac{3}{2}T = \frac{1}{2}F$$

Ostatecznie otrzymujemy:

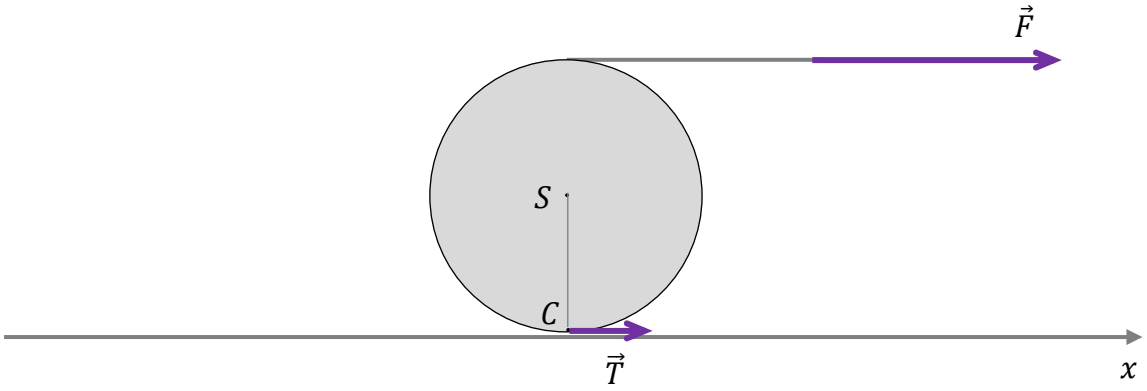
$$T = \frac{1}{3}F$$

Ustalenie zwrotu siły tarcia

Przeanalizujemy znak współrzędnej siły tarcia. Zweryfikujemy nasze założenie o zwrocie siły tarcia z wynikiem, który otrzymaliśmy po rozwiązaniu równań:

$$\left(T_x = +T \quad \text{oraz} \quad T = \frac{1}{3}F\right) \quad \rightarrow \quad T_x = \frac{1}{3}F$$

Współrzędna T_x siły tarcia okazała się dodatnia, zatem siła tarcia ma zwrot zgodny ze zwrotem osi x.



Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 4.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych […]. I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […], rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. IV.4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi; IV.5) […] stosuje do obliczeń III prawo Keplera dla orbit kołowych […].

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech stwierdzeniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
PPF

Zadanie 4.2. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […], rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. IV.1) posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego […].

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
D

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 4.3. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: II.20) […] wykorzystuje równość między pracą siły wypadkowej i zmianą energii kinetycznej oraz zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń. IV.4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu […]; IV.7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu pod wpływem siły grawitacji […].

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda wyznaczenia pracy W_{AB} siły ciągu silników tylko przez wielkości: r_A, m, M_Z, G **oraz** podanie prawidłowego wzoru:

$$W_{AB} = \frac{GM_Z m}{3r_A}$$

3 pkt – zapisanie pracy siły ciągu silników jako różnicy energii mechanicznych **oraz** zapisanie energii mechanicznej satelity S_A (na orbicie O_A oraz na orbicie O_B) jako sumy energii kinetycznej i energii potencjalnej grawitacji, **oraz** poprawne zastosowanie wzorów (zgodnie z oznaczeniami) na oba rodzaje energii, **oraz** identyfikacja siły grawitacji jako siły dośrodkowej z wykorzystaniem wzorów na te siły (albo zapisanie wzoru na prędkość orbitalną), np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_{AB} = \left(\frac{1}{2}mv_B^2 + \left(-\frac{GM_Z m}{r_B}\right)\right) - \left(\frac{1}{2}mv_A^2 + \left(-\frac{GM_Z m}{r_A}\right)\right)$$

oraz

$$\left(\frac{mv_A^2}{r_A} = \frac{GM_Z m}{r_A^2} \quad \text{albo} \quad v_A = \sqrt{\frac{GM_Z}{r_A}}\right)$$

LUB

– spełnienie warunków opisanych w drugim kryterium za 2 pkt **oraz** wyprowadzenie wzoru na energię mechaniczną z wyeliminowaną prędkością (na orbicie O_A lub na orbicie O_B), np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + \left(-\frac{GM_Z m}{r_A}\right) \quad \text{oraz} \quad \left(\frac{mv_A^2}{r_A} = \frac{GM_Z m}{r_A^2} \quad \text{albo} \quad v_A = \sqrt{\frac{GM_Z}{r_A}}\right) \rightarrow$$

$$E_A = -\frac{1}{2}\frac{GM_Z m}{r_A}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

2 pkt – zapisanie pracy siły ciągu silników jako różnicy energii mechanicznych **oraz** zapisanie energii mechanicznej satelity S_A (na orbicie O_A oraz na orbicie O_B) jako sumy energii kinetycznej i energii potencjalnej grawitacji, **oraz** poprawne zastosowanie wzorów (zgodnie z oznaczeniami) na oba rodzaje energii, np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_{AB} = \left(\frac{1}{2}mv_B^2 + \left(-\frac{GM_Zm}{r_B}\right)\right) - \left(\frac{1}{2}mv_A^2 + \left(-\frac{GM_Zm}{r_A}\right)\right)$$

LUB

– zapisanie energii mechanicznej satelity S_A (na orbicie O_A lub na orbicie O_B) jako sumy energii kinetycznej i energii potencjalnej grawitacji **oraz** poprawne zastosowanie wzorów (zgodnie z oznaczeniami) na oba rodzaje energii, **oraz** identyfikacja siły grawitacji jako siły dośrodkowej z wykorzystaniem wzorów na te siły (albo zapisanie wzoru na prędkość orbitalną), np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + \left(-\frac{GM_Zm}{r_A}\right) \quad \text{oraz} \quad \left(\frac{mv_A^2}{r_A} = \frac{GM_Zm}{r_A^2} \quad \text{albo} \quad v_A = \sqrt{\frac{GM_Z}{r_A}}\right)$$

1 pkt – zapisanie pracy siły ciągu silników jako różnicy energii mechanicznych (z oznaczenia lub innych zapisów musi wynikać, że chodzi o energię mechaniczną), np. zapisy równoważne poniższym:

$$W_{AB} = E_{mech\,B} - E_{mech\,A} \quad \text{albo} \quad (W_{AB} = E_B - E_A \quad \text{oraz} \quad E_A = E_{kin\,A} + E_{pot\,gr\,A})$$

LUB

– zapisanie energii mechanicznej satelity S_A (na orbicie O_A lub na orbicie O_B) jako sumy energii kinetycznej i energii potencjalnej grawitacji **oraz** poprawne zastosowanie wzorów (zgodnie z oznaczeniami) na oba rodzaje energii, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + \left(-\frac{GM_Zm}{r_A}\right)$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Praca, jaką wykonała siła ciągu silników podczas przemieszczania satelity S_A z orbity O_A na orbitę O_B, jest równa różnicy energii mechanicznych E_B i E_A, jakie ma satelita na orbitach O_B i O_A. Zatem:

$$1)\ W_{AB} = E_B - E_A$$

Wyprowadzimy wyrażenie na energię mechaniczną, gdy satelita porusza się swobodnie z prędkością orbitalną o wartości v_A po orbicie O_A.

Energia mechaniczna jest równa sumie energii kinetycznej i energii potencjalnej grawitacji:

$$2)\ E_A = E_{kin\,A} + E_{pot\,graw\,A} = \frac{1}{2}mv_A^2 + \left(-\frac{GM_Zm}{r_A}\right)$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Następnie wyznaczymy wartość prędkości orbitalnej v_A. Wykorzystamy fakt, że siła grawitacji pełni rolę siły dośrodkowej:

$$3)\ \frac{mv_A^2}{r_A} = \frac{GM_Zm}{r_A^2} \quad \rightarrow \quad 3a)\ \ v_A^2 = \frac{GM_Z}{r_A}$$

Związek 3a) podstawimy do wzoru 2) na energię mechaniczną satelity na orbicie O_A:

$$4)\ E_A = \frac{1}{2}m\frac{GM_Z}{r_A} - \frac{GM_Zm}{r_A} = -\frac{1}{2}\frac{GM_Zm}{r_A}$$

Analogiczny wzór na energię mechaniczną obowiązuje dla satelity krążącego po orbicie O_B:

$$5)\ E_B = -\frac{1}{2}\frac{GM_Zm}{r_B}$$

Wyznaczymy pracę W_{AB}, jaką wykonała siła ciągu silników podczas przemieszczania satelity S_A z orbity O_A na orbitę O_B. Wzory 4) i 5) podstawimy do 1) oraz uwzględnimy relację pomiędzy promieniami orbit:

$$W_{AB} = -\frac{1}{2}\frac{GM_Zm}{r_B} - \left(-\frac{1}{2}\frac{GM_Zm}{r_A}\right) = \frac{GM_Zm}{2}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$$

$$W_{AB} = \frac{GM_Zm}{2}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{3r_A}\right) = \frac{GM_Zm}{2r_A}\left(1 - \frac{1}{3}\right) = \frac{GM_Zm}{2r_A}\cdot\frac{2}{3} = \frac{GM_Zm}{3r_A}$$

Zadanie 5.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. VI.8) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: […] izobaryczną, izochoryczną […]; VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.14) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach […] cieplnych.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

PP

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 5.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. VI.8) […] rozróżnia przemiany: […] izobaryczną, izochoryczną […]; VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.12) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne dokończenie zdania: wpisanie prawidłowej wartości ilorazu $\frac{T_2}{T_4}$.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Poprawna odpowiedź

Iloraz temperatur $\frac{T_2}{T_4}$ gazu w stanach G_2 i G_4, jest równy $\frac{1}{2}$

Zadanie 5.3. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. VI.12) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; VI.13) posługuje się pojęciem ciepła molowego gazu; interpretuje związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego; VI.14) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach […] cieplnych; VI.15) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda obliczenia sprawności silnika cieplnego **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego (w postaci ułamka lub w procentach): $\eta \approx 0{,}12$

3 pkt – zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie pracy całkowitej jako różnicy pracy siły parcia w przemianie $\mathrm{G}_2 \to \mathrm{G}_3$ i pracy przeciwko sile parcia w przemianie $\mathrm{G}_4 \to \mathrm{G}_1$ (lub jako pola figury ograniczonej krzywą cyklu), **oraz** zapisanie ciepła pobranego jako sumy ciepeł pobranych w przemianach $\mathrm{G}_1 \to \mathrm{G}_2$ i $\mathrm{G}_2 \to \mathrm{G}_3$, **oraz** wykorzystanie wzorów na pracę w przemianach izobarycznych, **oraz** wykorzystanie wzorów na ciepła w przemianach izochorycznej i izobarycznej, **oraz** wykorzystanie równania stanu do obliczenia różnic temperatur ΔT_{12} i ΔT_{23}, np. zapisy równoważne poniższym (zgodnie z ogólnymi zasadami mogą to być zapisy łączone):

$\eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}}$ oraz

$W_{calkowita} = 3p_1(3V_1 - V_1) - 2p_1(3V_1 - V_1)$ oraz

$Q_{pobrane} = n\frac{3}{2}R\Delta T_{12} + n\frac{5}{2}R\Delta T_{23}$ oraz

$\Delta p_{12}V_1 = nR\Delta T_{12}$ i $3p_1\Delta V_{23} = nR\Delta T_{23}$

2 pkt – zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie pracy całkowitej jako różnicy pracy siły parcia w przemianie $\mathrm{G}_2 \to \mathrm{G}_3$ i pracy przeciwko sile parcia w przemianie $\mathrm{G}_4 \to \mathrm{G}_1$ (lub jako pola figury ograniczonej krzywą cyklu), **oraz** zapisanie ciepła pobranego jako sumy ciepeł pobranych w przemianach $\mathrm{G}_1 \to \mathrm{G}_2$ i $\mathrm{G}_2 \to \mathrm{G}_3$, **oraz** wykorzystanie wzorów na pracę w przemianach izobarycznych, **oraz** wykorzystanie wzorów na ciepła w przemianach izochorycznej i izobarycznej, np. zapisy równoważne poniższym:

$\eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}}$ oraz

$W_{calkowita} = 3p_1\Delta V_{23} - 2p_1|\Delta V_{41}|$ oraz

$Q_{pobrane} = n\frac{3}{2}R\Delta T_{12} + n\frac{5}{2}R\Delta T_{23}$

1 pkt – zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie pracy całkowitej jako różnicy pracy siły parcia w przemianie $\mathrm{G}_2 \to \mathrm{G}_3$ i pracy przeciwko sile parcia w przemianie $\mathrm{G}_4 \to \mathrm{G}_1$ (lub jako pola figury ograniczonej krzywą cyklu), np. zapisy równoważne poniższym:

$\eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}}$ oraz $W_{calkowita} = |W_{23}| - |W_{41}|$

LUB

– zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie ciepła pobranego jako sumy ciepeł pobranych w przemianach $\mathrm{G}_1 \to \mathrm{G}_2$ i $\mathrm{G}_2 \to \mathrm{G}_3$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}}$ oraz $Q_{pobrane} = Q_{12} + Q_{23}$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy definicję sprawności silnika cieplnego:

$$1)\quad \eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}}$$

Praca całkowita jest równa różnicy wartości bezwzględnych pracy siły parcia podczas rozprężania izobarycznego $\mathrm{G}_2 \rightarrow \mathrm{G}_3$ i pracy siły parcia podczas sprężania izobarycznego $\mathrm{G}_4 \rightarrow \mathrm{G}_1$:

$$2)\ W_{calkowita} = |W_{23}| - |W_{41}| \ \rightarrow\ W_{calk} = 3p_1(3V_1 - V_1) - 2p_1(3V_1 - V_1)$$

$$2a)\ W_{calkowita} = 2V_1p_1$$

Ciepło pobrane z otoczenia w cyklu jest równe sumie ciepeł pobranych z grzejnicy w przemianach $\mathrm{G}_1 \rightarrow \mathrm{G}_2$ i $\mathrm{G}_2 \rightarrow \mathrm{G}_3$:

$$3)\quad Q_{pobrane} = Q_{12} + Q_{23}$$

Wykorzystamy wzory na ciepła w przemianach: izochorycznej $\mathrm{G}_1 \rightarrow \mathrm{G}_2$ oraz izobarycznej $\mathrm{G}_2 \rightarrow \mathrm{G}_3$:

$$4)\quad Q_{pobrane} = nC_V\Delta T_{12} + nC_p\Delta T_{23}$$

Wykorzystamy związek między ciepłem molowym przy stałej objętości a ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu oraz informację w zadaniu o cieple molowym przy stałej objętości:

$$5)\quad C_p = C_V + R \qquad \text{zatem}$$

$$6)\quad Q_{pobrane} = n\frac{3}{2}R\Delta T_{12} + n\frac{5}{2}R\Delta T_{23}$$

Wykorzystamy związki wynikające z równania stanu gazu doskonałego oraz własności przemiany izochorycznej $\mathrm{G}_1 \rightarrow \mathrm{G}_2$ oraz własności przemiany izobarycznej $\mathrm{G}_2 \rightarrow \mathrm{G}_3$:

$$7)\quad pV = nRT \qquad \text{zatem}$$

$$8)\quad \Delta p_{12}V_1 = nR\Delta T_{12} \ \text{ dla przemiany } \ \mathrm{G}_1 \rightarrow \mathrm{G}_2$$

$$9)\quad 3p_1\Delta V_{23} = nR\Delta T_{23} \ \text{ dla przemiany } \ \mathrm{G}_2 \rightarrow \mathrm{G}_3$$

Związki 8) i 9) podstawimy do wzoru 6) na ciepło pobrane:

$$10)\quad Q_{pobrane} = \frac{3}{2}\Delta p_{12}V_1 + \frac{5}{2}3p_1\Delta V_{23} \quad \rightarrow$$

$$10a)\quad Q_{pobrane} = \frac{3}{2}(3p_1 - 2p_1)V_1 + \frac{5}{2}3p_1(3V_1 - V_1) = \frac{3}{2}p_1V_1 + \frac{5}{2}\cdot 3p_1 2V_1 \ \rightarrow$$

$$10b)\quad Q_{pobrane} = \frac{3}{2}p_1V_1 + 15p_1V_1 = 16{,}5p_1V_1$$

Wyniki otrzymane w 10b) oraz 2a) podstawimy do wzoru 1) na sprawność silnika cieplnego:

$$11)\quad \eta = \frac{2p_1V_1}{16{,}5p_1V_1} = \frac{2}{16{,}5} = 0,(121) \approx 12\%$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 6.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. IX.2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza); IX.12) opisuje cechy prądu przemiennego […]; IX.10) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej; stosuje regułę Lenza; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne narysowanie strzałki $\overrightarrow{AB}$ (od A do B) oznaczającej, w którą stronę płynie prąd w chwili $t = 0$ s **oraz** poprawne oznaczenie biegunowości (+X oraz −Y) źródła napięcia obwodu zewnętrznego w chwili $t = 0$ s.

1 pkt – poprawne narysowanie strzałki $\overrightarrow{AB}$ (od A do B) oznaczającej, w którą stronę płynie prąd w chwili $t = 0$ s

LUB

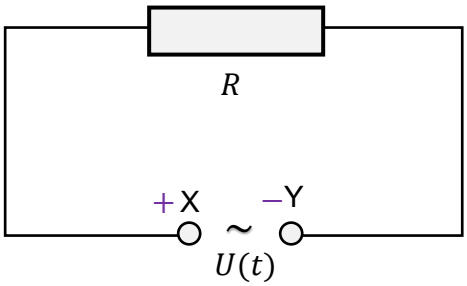
– niepoprawne narysowanie strzałki $\overrightarrow{BA}$ (od B do A) oznaczającej, w którą stronę płynie prąd w chwili $t = 0$ s **oraz** konsekwentne z tym zwrotem strzałki oznaczenie biegunowości (−X oraz +Y) źródła napięcia obwodu zewnętrznego w chwili $t = 0$ s.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

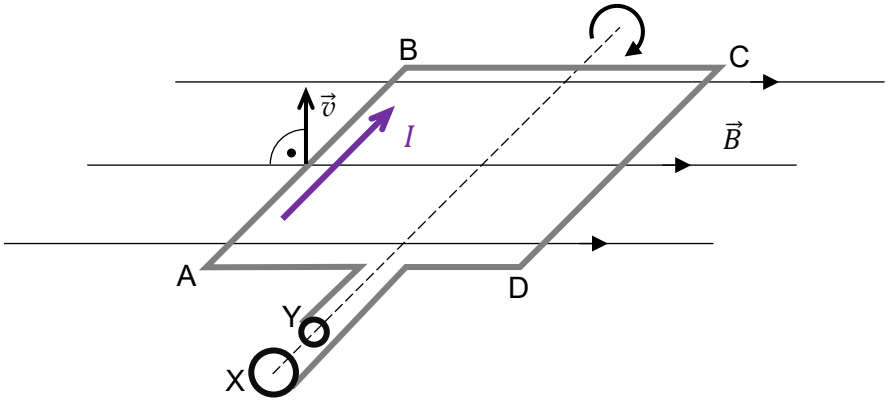
Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Pełne rozwiązanie

Rysunek 1. (schemat obwodu)



Rysunek 2. (ramka prądnicy w chwili $t = 0\ s$)



Zadanie 6.2. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] wykresy […] zilustrowania zjawisk bądź problemu […]; I.7) wyodrębnia z tekstów […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. IX.2) […] analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza); IX.11) oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia; IX.12) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zasady oceniania

4 pkt – poprawne ustalenie trzech wielkości: I_{max} **oraz** T, **oraz** $I(t=0)$, **oraz** prawidłowe narysowanie wykresu – o kształcie sinusoidy – zależności natężenia prądu od czasu.

3 pkt – poprawne ustalenie trzech wielkości: I_{max} **oraz** T, **oraz** $I(t=0)$:
$I_{max} \approx 3{,}4\ \text{A}$, $T = 0{,}02\ \text{s}$, $I(t=0) = I_{max}$
LUB
– poprawne ustalenie okresu **oraz** poprawne ustalenie I_{max} albo $I(t=0)$, **oraz** konsekwentne z tym (tzn. z błędnym I_{max} albo błędnym $I(t=0)$) narysowanie wykresu – o kształcie sinusoidy – zależności natężenia prądu od czasu.

2 pkt – poprawne ustalenie dwóch wielkości spośród: I_{max}, T, $I(t=0)$
LUB
– poprawne ustalenie okresu **oraz** błędne ustalenie I_{max} i $I(t=0)$, **oraz** konsekwentne z tym narysowanie wykresu zależności natężenia prądu od czasu.

1 pkt – poprawne ustalenie jednej wielkości: I_{max} albo T albo $I(t=0)$.

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Uwaga dodatkowa

Ustalenie fazy początkowej jest równoważne ustaleniu napięcia lub natężenia prądu w chwili $t = 0\ s$, np. poniższe zapisy są równoważne:

$$\phi_0 = \frac{\pi}{2} \quad \text{lub} \quad I(t=0) = I_{max} \quad \text{lub} \quad U(t=0) = U_{max}$$

Przykładowe pełne rozwiązanie

Ustalimy wielkości dotyczące prądu zmiennego przepływającego przez opornik R:

- Obliczymy amplitudę I_{max} natężenia prądu. W tym celu najpierw obliczymy amplitudę napięcia:

$$U_{max} = \sqrt{2}U_{sk} \quad \rightarrow \quad U_{max} = \sqrt{2} \cdot 24\ \text{V} \approx 33{,}9\ \text{V}$$

zatem

$$I_{max} = \frac{U_{max}}{R} \quad \rightarrow \quad I_{max} \approx \frac{33{,}9\ \text{V}}{10\ \Omega} \approx 3{,}4\ \text{A}$$

- Obliczymy okres T zmian natężenia prądu:

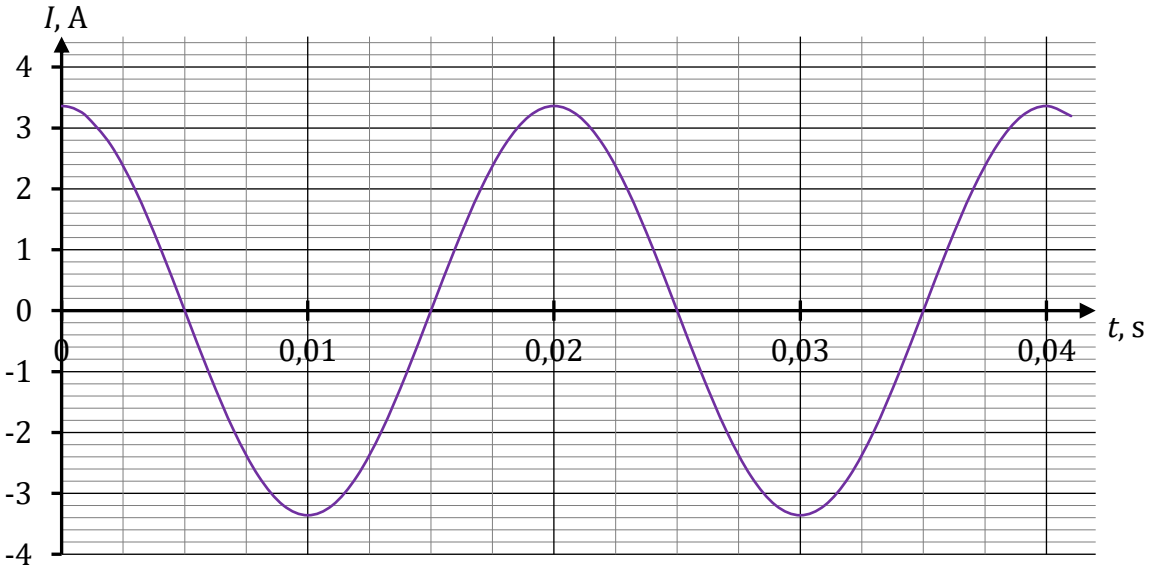
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi\ \text{rad}}{100\pi\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 0{,}02\ \text{s}$$

- Określimy natężenie prądu w chwili $t = 0$ (równoważnie – fazę początkową):

$$I(t=0) = I_{max}$$

Narysujemy wykres zależności natężenia prądu od czasu.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/



Poniżej przedstawiamy dodatkowy komentarz dotyczący sposobu ustalenia natężenia prądu w chwili $t = 0$ s (równoważnie – ustalenia fazy początkowej).

Sposób 1.

Rozważamy ruch boku AB ramki w polu magnetycznym. Napięcie indukowane na boku AB zależy od składowej prędkości prostopadłej do linii pola magnetycznego $\vec{B}$. W sytuacji zilustrowanej na rysunku 2. (w chwili $t = 0$ s) wektor prędkości jest prostopadły do linii pola magnetycznego (wartość składowej prędkości prostopadłej do pola jest największa). Zatem napięcie indukowane na boku ramki jest wtedy największe. Z tego wynika też, że:

$$U(t = 0) = U_{max} \quad \rightarrow \quad I(t = 0) = I_{max}$$

Sposób 2.

Rozważamy ruch ładunku elektrycznego q w polu magnetycznym – ładunku wyodrębnionego w boku AB ramki. Siła Lorentza działająca na ten ładunek zależy od składowej prędkości prostopadłej do linii pola magnetycznego $\vec{B}$. W sytuacji zilustrowanej na rysunku 2. (w chwili $t = 0$) wektor prędkości jest prostopadły do linii pola magnetycznego. Zatem siła Lorentza działająca na ładunek będzie wtedy największa. Z tego wynika, że:

$$I(t = 0) = I_{max}$$

Sposób 3.

Przeanalizujemy wzór na siłę elektromotoryczną prądnicy:

$$U_{ind} = U_{max} \sin \angle(\vec{S}, \vec{B}) \qquad \text{gdzie} \qquad \angle(\vec{S}, \vec{B}) = \omega t + \phi_0$$

($\vec{S}$ oznacza wektor prostopadły do powierzchni ramki). Z rysunku 2. wynika, że w chwili $t = 0$ mamy:

$$\angle(\vec{S}, \vec{B}) = \phi_0 = 90°$$

Zatem:

$$U_{ind}(t = 0) = U(t = 0) = U_{max} \sin(\omega \cdot 0 + 90°) = U_{max}$$

Z tego (oraz z założenia o pominięciu indukcyjności obwodu) wynika, że:

$$I(t = 0) = I_{max}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Sposób 4.

Zastosujemy prawo indukcji elektromagnetycznej Faradaya. Siła elektromotoryczna indukcji (napięcie indukowane) w obwodzie zamkniętym jest równa co do wartości bezwzględnej szybkości zmiany strumienia pola magnetycznego przez powierzchnię obwodu (ramki):

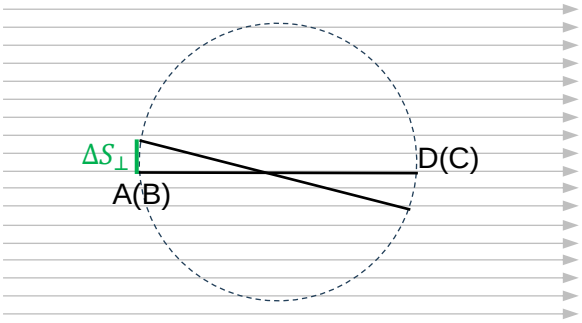
$$|U_{ind}| = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta(BS\cos\alpha)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{B\Delta S_{\perp}}{\Delta t}$$

Pole magnetyczne jest stałe, zatem szybkość zmiany strumienia będzie proporcjonalna do szybkości zmiany pola powierzchni (ramki), w płaszczyźnie prostopadłej do pola magnetycznego, które to pole przenika tę powierzchnię.

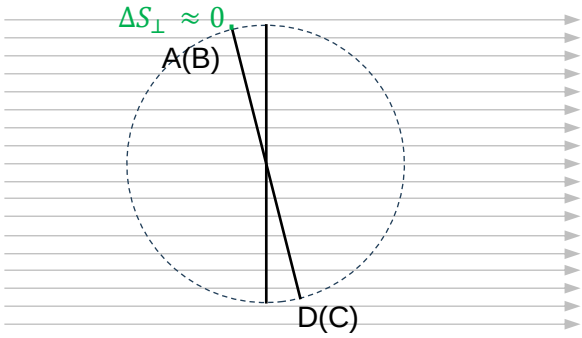
Rozważmy obrót ramki widzianej z boku (wierzchołki oznaczone w nawiasach są w głębi), gdy ramka przechodzi przez położenie równoległe do linii pola (rysunek 1.) oraz w sytuacji, gdy ramka przechodzi przez położenie prostopadłe do linii pola (rysunek 2.).

W każdej z tych sytuacji na rysunkach 1.–2. pokazano ustawienie ramki w pewnej chwili i po upływie krótkiego – ustalonego dla obu sytuacji – czasu Δt. Ponadto pionowym zielonym odcinkiem zaznaczono $\Delta S_{\perp}$ – zmianę powierzchni (ramki) w płaszczyźnie prostopadłej do pola magnetycznego, które przenika powierzchnię ramki, w czasie Δt.

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Widzimy, że największa $\Delta S_{\perp}$ – zmiana (w czasie Δt) pola powierzchni (ramki) w płaszczyźnie prostopadłej do linii pola magnetycznego, które przenika ramkę – jest w sytuacji na rysunku 1. (porównaj zielone odcinki – na rysunku 2. jest on bardzo krótki).

W sytuacji na rysunku 2., zmiana ta jest bliska zero (gdy Δt dąży do zera, to zmiana jest równa zero).

Z powyższej geometrycznej analizy prawa Faradaya wynika, że U_{ind} jest maksymalne w chwili, gdy ramka przechodzi przez położenie równoległe do linii pola magnetycznego – w zadaniu jest to m.in. chwila $t = 0\ s$. Zatem:

$$I(t = 0) = I_{max}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 6.3. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.2) posługuje się […] kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych. IX.11) oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia; IX.12) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia napięcia skutecznego po zmianie prędkości kątowej ramki **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $\widetilde{U}_{sk} = 28{,}8\ \mathrm{V}$

1 pkt – zapisanie wzoru na amplitudę siły elektromotorycznej prądnicy w dwóch przypadkach: przed i po zmianie prędkości kątowej, np. zapisy równoważne poniższym:

$U_{max} = NBS\omega$ oraz $\widetilde{U}_{max} = NBS\widetilde{\omega}$

LUB

– zapisanie odpowiedniego równania, wynikającego z proporcjonalności amplitudy napięcia do prędkości kątowej obrotu ramki prądnicy, zawierającego napięcia oraz prędkości kątowe przed i po zmianie, np. zapisy równoważne poniższym:

$\frac{\widetilde{U}_{max}}{U_{max}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega}$ albo $\frac{\widetilde{U}_{sk}}{U_{sk}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega}$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Wykorzystamy wzór na amplitudę siły elektromotorycznej (napięcia) prądnicy:

$$U_{max} = NBS\omega$$

Zgodnie z powyższym wzorem, amplituda napięcia po zmianie prędkości kątowej wynosi:

$$\widetilde{U}_{max} = NBS\widetilde{\omega}$$

Zatem:

$$\frac{\widetilde{U}_{max}}{U_{max}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega} \quad \rightarrow \quad \frac{\widetilde{U}_{sk}}{U_{sk}} = \frac{\widetilde{\omega}}{\omega} \quad \rightarrow \quad \widetilde{U}_{sk} = \frac{120\pi\ \frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}}{100\pi\ \frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}} \cdot 24\ \mathrm{V} = 28{,}8\ \mathrm{V}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 7. (0–4)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] rysunków schematycznych […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. IX.7) (SP) opisuje bieg promieni równoległych do osi optycznej przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą […]. X.16) rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki […].

Zasady oceniania

Rozwiązanie będzie podlegało ocenie, gdy zdający spełni co najmniej jeden z poniższych warunków lub ich kombinację, określoną dalej w schemacie punktowania.

A1 – narysowanie na rysunku 1. promienia biegnącego od S1 do S2 i przecinającego oś optyczną w punkcie F_{1P} **oraz** narysowanie bez konstrukcji promienia biegnącego za S2, oddalającego się od osi optycznej.

A2 – narysowanie na rysunku 2. promienia biegnącego od S1 do S2 i przecinającego oś optyczną w punkcie F_{1P} **oraz** narysowanie bez konstrukcji promienia biegnącego za S2, zbliżającego się do osi optycznej.

B1 – narysowanie na rysunku 1. promienia biegnącego od S1 do S2 i przecinającego oś optyczną w punkcie F_{1P} **oraz** narysowanie promienia biegnącego za S2, wyznaczonego konstrukcyjnie, oddalającego się od osi optycznej.

B2 – narysowanie na rysunku 2. promienia biegnącego od S1 do S2 i przecinającego oś optyczną w punkcie F_{1P} **oraz** narysowanie promienia biegnącego za S2, wyznaczonego konstrukcyjnie, zbliżającego się do osi optycznej.

Schemat punktowania

4 pkt – spełnienie warunku **B1** **oraz** warunku **B2**.
3 pkt – spełnienie warunku **B1** **oraz** warunku **A2**
LUB
– spełnienie warunku **B2** **oraz** warunku **A1**
2 pkt – spełnienie warunku **B1**
LUB
– spełnienie warunku **B2**
LUB
– spełnienie warunków **A1** **oraz** **A2**.
1 pkt – spełnienie warunku **A1**
LUB
– spełnienie warunku **A2**.
0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

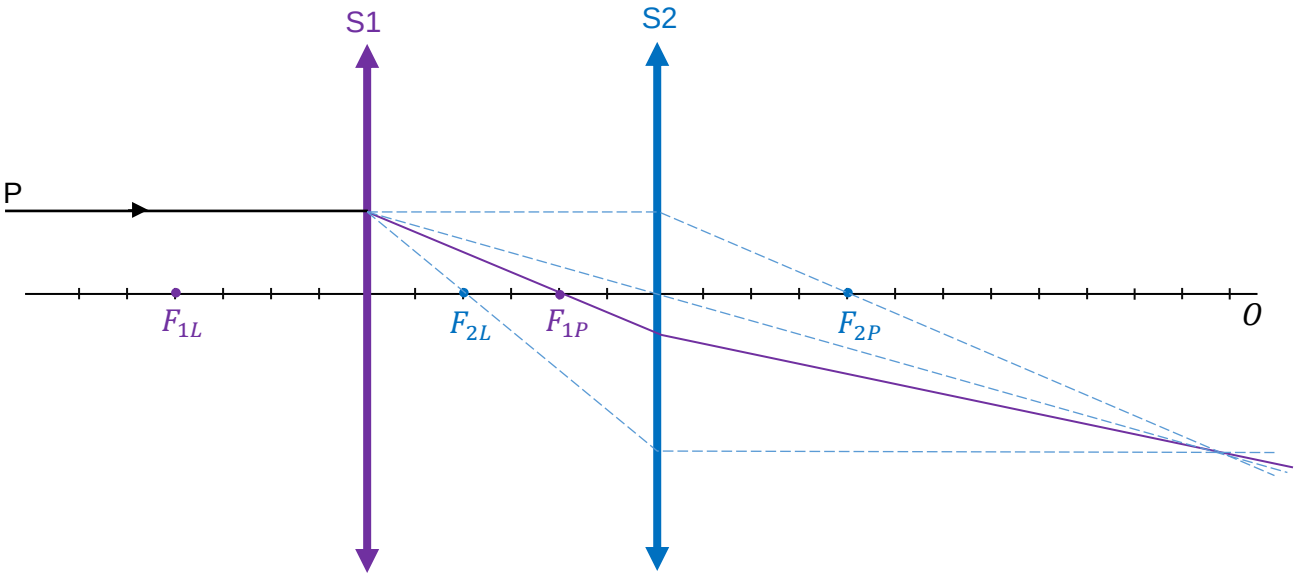
Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Przykładowe pełne rozwiązanie

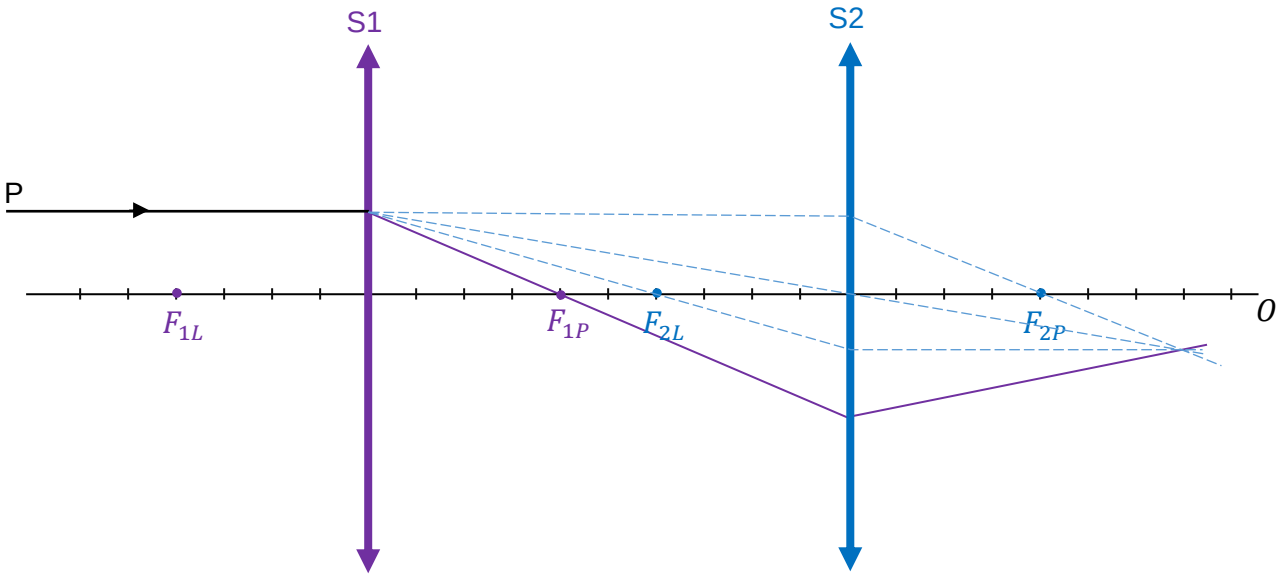
Sposób 1.

W konstrukcji wystarczy użyć jednego promienia charakterystycznego soczewki S2 (promienie narysowane niebieską kreska przerywaną).

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Uwaga! Zamiast rozpatrywać wiązkę promieni wybiegającą z punktu na soczewce S1 można rozpatrywać inne wiązki, np. promienie równoległe (w tym jakiś charakterystyczny), które po przejściu przez S2 skupiają się w punkcie lecącym w płaszczyźnie ogniska soczewki (zobacz sposób 2. rozwiązania).

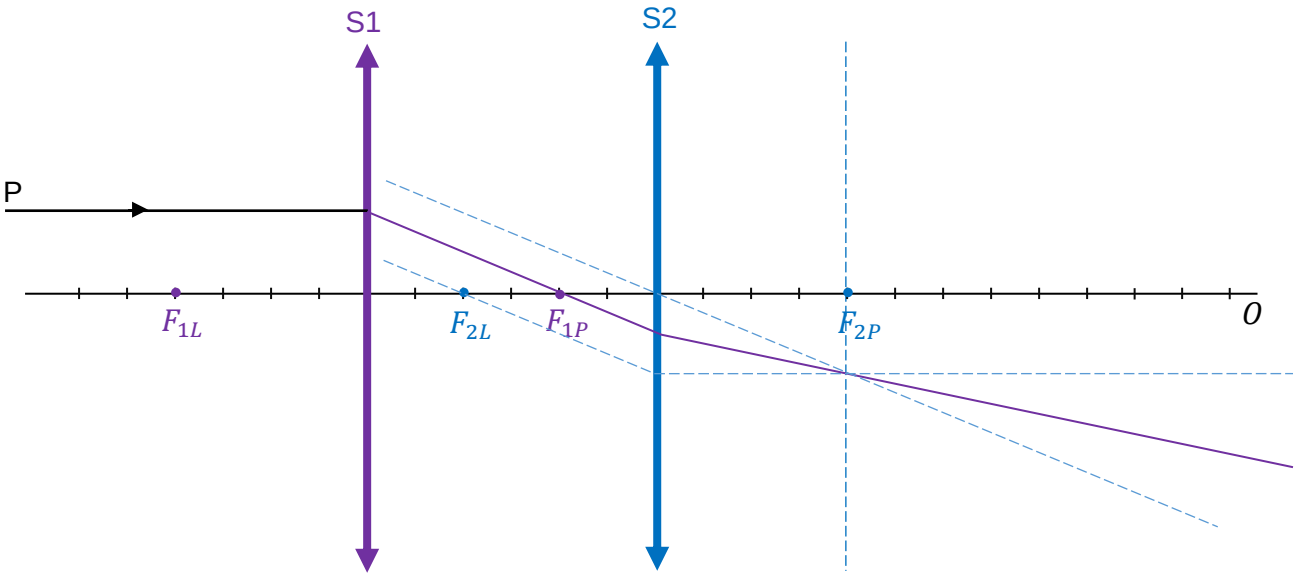
Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Sposób 2.

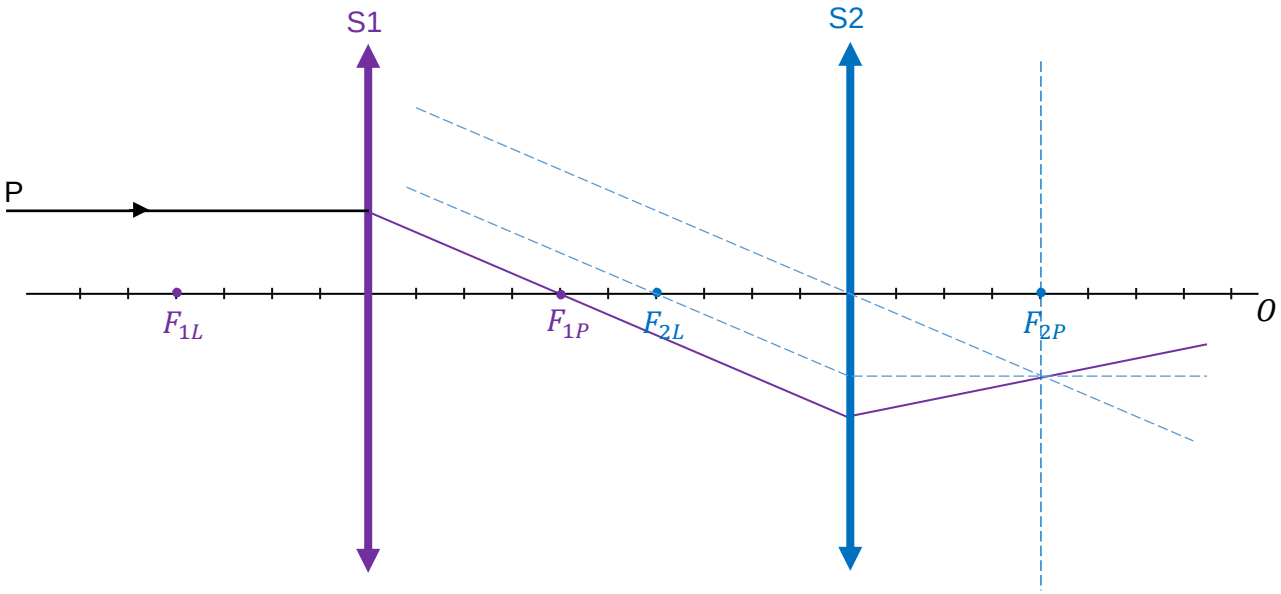
Korzystamy z faktu, że wiązka promieni równoległych podających na soczewkę po przejściu przez nią skupi się w punkcie leżącym w płaszczyźnie ogniska tej soczewki.

W konstrukcji wystarczy użyć jednego promienia charakterystycznego soczewki S2 (promienie narysowane niebieską kreska przerywaną).

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 8.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] rysunki schematyczne […] dla zilustrowania zjawisk bądź problemu […]. IV.10) […] opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk); stosuje do obliczeń prawo Hubble'a jako proporcjonalność prostą między odległością względną dalekich galaktyk a ich prędkością względną.

Zasady oceniania

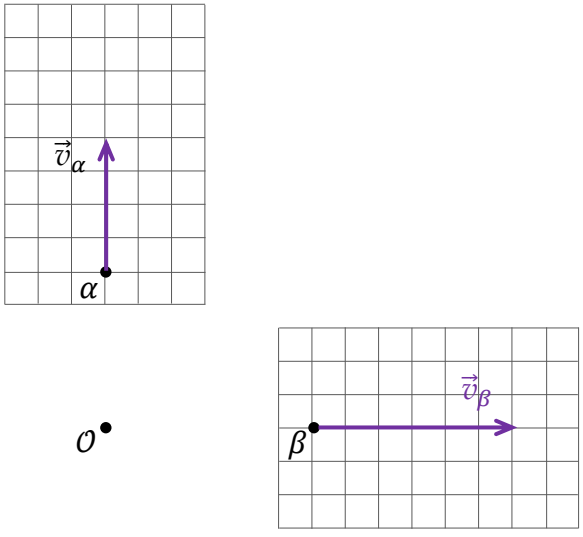
2 pkt – narysowanie wektora prędkości $\vec{v}_\beta$, zaczepionego w punkcie β, o wartości równej 6 umownych jednostek **oraz** skierowanego poziomo w prawo.

1 pkt – narysowanie wektora prędkości $\vec{v}_\beta$, zaczepionego w punkcie β, o wartości większej od 4 i różnej od 6 umownych jednostek **oraz** skierowanego poziomo w prawo.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie

Diagram 2.



Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Komentarz do rysunku na diagramie 2.

1) Z prawa Hubble'a wynika, że prędkość oddalania się galaktyki od dowolnego ustalonego obserwatora jest wprost proporcjonalna do odległości między galaktyką a obserwatorem. Zatem:

$$\frac{v_\alpha}{v_\beta} = \frac{d_\alpha}{d_\beta}$$

gdzie d_α i d_β są odległościami galaktyk α i β od obserwatora $\mathcal{O}$.

Z powyższego wzoru i danych na diagramach 1. oraz 2. wynika, że:

$$\frac{4 \text{ umowne jednostki prędkości}}{v_\beta} = \frac{6 \text{ umownych jednostek odległości}}{9 \text{ umownych jednostek odległości}}$$

$$v_\beta = 6 \text{ umownych jednostek predkosci}$$

2) Rozszerzanie Wszechświata przebiega tak samo we wszystkich kierunkach przestrzeni (izotropowo). To oznacza w modelu płaskiej przestrzeni, że wektor prędkości galaktyki względem obserwatora ma kierunek wzdłuż linii obserwator–galaktyka. Zatem wektor $\vec{v}_\beta$ jest na diagramie skierowany poziomo w prawo.

Zadanie 8.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.6) tworzy […] rysunki schematyczne […] dla zilustrowania zjawisk bądź problemu […]. IV.10) […] opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk); […].

Zasady oceniania

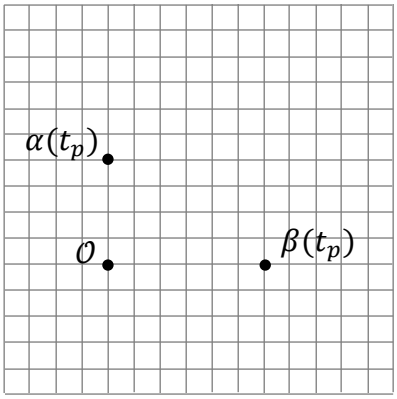
1 pkt – oznaczenie położenia $\beta(t_p)$ w odległości 6 umownych jednostek odległości, poziomo w prawo od obserwatora $\mathcal{O}$.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Rozwiązanie

Diagram 3.



Komentarz do rysunku na diagramie 3.

Wykorzystamy zasadę izotropowości przestrzeni, z której wynika, że Wszechświat rozszerza się tak samo we wszystkich kierunkach.

To oznacza m.in., że kierunki oddalania się galaktyk i stosunki odległości są zachowane. Zatem:

$$\frac{d_\alpha(t_p)}{d_\beta(t_p)} = \frac{d_\alpha}{d_\beta} \quad \rightarrow \quad \frac{4}{d_\beta(t_p)} = \frac{6 \text{ umownych jednostek odległości}}{9 \text{ umownych jednostek odległości}}$$

Zatem:

$$d_\beta(t_p) = 6 \text{ umownych jednostek odległości}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 9.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] diagramów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. VIII.4) (SP) posługuje się pojęciami […] częstotliwości, długości fali […] do opisu fal […]. XI.2) […] posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię; XI.3) […] interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu […]; XI.6) opisuje zjawiska jonizacji […] jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej.

Zasady oceniania
2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech stwierdzeniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie
PPF

Zadanie 9.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] diagramów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VIII.4) (SP) posługuje się pojęciami […] częstotliwości, długości fali […] do opisu fal […]. XI.3) […] interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła […]; XI.4) […] oblicza różnice energii między poziomami energetycznymi w atomie wodoru.

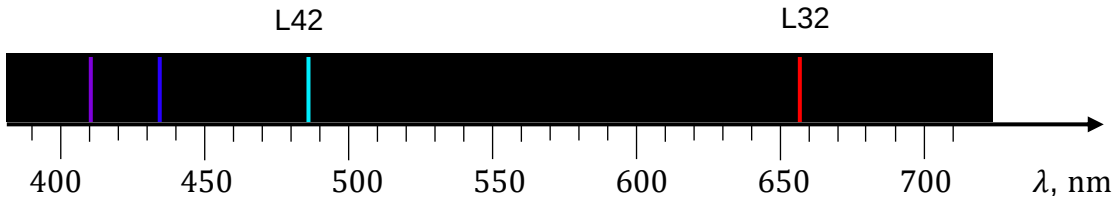
Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne wpisanie symbolów L32 oraz L42 nad – odpowiednio – nad linią czerwoną oraz nad linią cyjanowoniebieską.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie



Komentarz do rozwiązania

Z diagramu 1. wynika, że przejściu $3 \rightarrow 2$ (czyli linii L32) odpowiada emisja fotonu o najmniejszej energii w zakresie światła widzialnego (strzałka $3 \rightarrow 2$ jest najkrótsza spośród $n \rightarrow 2$). Foton o najmniejszej energii ma największą długość fali. Największej długości fali odpowiada linia widmowa czerwona. Linia L42 musi leżeć najbliżej linii L32.

Informacja dodatkowa

Długości fal odpowiadające odpowiednim liniom widmowym dla światła widzialnego są następujące:

$\lambda_{32} \approx 656\ \text{nm}$ $\lambda_{42} \approx 486\ \text{nm}$ $\lambda_{52} \approx 434\ \text{nm}$ $\lambda_{62} \approx 410\ \text{nm}$

Zadanie 9.3. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.2) posługuje się […] kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; I.15) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zaokrąglony do zadanej liczby cyfr znaczących. VIII.4) (SP) posługuje się pojęciami […] częstotliwości, długości fali i prędkości rozchodzenia się fali do opisu fal oraz stosuje do obliczeń związki między tymi wielkościami wraz z ich jednostkami. XI.2) […] posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię; XI.4) […] oblicza różnice energii między poziomami energetycznymi w atomie wodoru. XI.5) […] stosuje zasadę zachowania energii […] do opisu emisji i absorpcji przez swobodne atomy […].

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia długości fali emitowanego fotonu **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką, zaokrąglonego do trzech cyfr znaczących: $\lambda_{31} \approx 103\ \text{nm}$

2 pkt – zapisanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem energii atomu wodoru w stanie $n = 1$, w stanie $n = 3$ i energii emitowanego fotonu **oraz** zapisanie/wyprowadzenie wzoru na energię emitowanego fotonu z uwzględnieniem λ_{31} – długości fali emitowanego fotonu, **oraz** zastosowanie wzoru na energię atomu wodoru w stanie $n = 3$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$h\frac{c}{\lambda_{31}} = \frac{E_1}{3^2} - E_1$$

1 pkt – zapisanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem energii atomu wodoru w stanie $n = 1$, w stanie $n = 3$ i energii emitowanego fotonu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_3 = E_1 + E_{f31}$$

LUB

– zapisanie/wyprowadzenie wzoru na energię emitowanego fotonu z uwzględnieniem λ_{31} – długości fali emitowanego fotonu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{f31} = hf_{31} = h\frac{c}{\lambda_{31}}$$

LUB

– obliczenie energii atomu wodoru w stanie $n = 3$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_3 = -\frac{13{,}606}{3^2}\ \text{eV} = -1{,}51\ \text{eV}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Energię układu atom-elektron w stanie $n = 3$ oznaczymy jako E_3, a energię w stanie $n = 1$ oznaczymy o jako E_1. Energię emitowanego fotonu oznaczymy jako E_{f31}. Zapiszemy zasadę zachowania energii (zgodnie z założeniem zadania, energię kinetyczną odrzutu atomu pomijamy):

1) $E_3 = E_1 + E_{f31}$

2) $E_{f31} = E_3 - E_1 \quad \rightarrow$

3) $E_{f31} = E_1\left(\frac{1}{3^2} - 1\right) = -13{,}606 \cdot \left(-\frac{8}{9}\right)\ \text{eV} \approx 12{,}09\ \text{eV}$

Wykorzystamy wzór Plancka na energię fotonu oraz związek falowy:

4) $E_{f31} = hf_{31} = h\frac{c}{\lambda_{31}}$

Przyrównamy do siebie wyrażenia 3) i 4) na energię fotonu:

5) $h\frac{c}{\lambda_{31}} = 12{,}09\ \text{eV}$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

6) $$\frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s} \cdot 2{,}998 \cdot 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\lambda_{31}} = 12{,}09 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

7) $$\lambda_{31} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s} \cdot 2{,}998 \cdot 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{12{,}09 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}} \approx 1{,}03 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m} = 103\ \mathrm{nm}$$

Zadanie 10.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.2) posługuje się […] tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych. XII.5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej; XII.6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania reakcji fuzji dwóch protonów, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej **oraz** zapisanie symbolu lub nazwy powstałego jądra:
$^{2}_{1}\mathrm{H}$ lub H lub *wodór* lub *deuter* lub $^{2}_{1}\mathrm{D}$

1 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania reakcji fuzji dwóch protonów, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej
LUB
– poprawne zapisanie symbolu lub nazwy jądra izotopu pierwiastka X.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

$$\mathrm{p + p \rightarrow {}^{2}_{1}X + e^{+} + {}^{0}_{0}\nu_e}$$

gdzie X oznacza jądro izotopu pierwiastka ..... *wodór* $^{2}_{1}\mathrm{H}$ lub *deuter* lub $^{2}_{1}\mathrm{D}$ lub *wodór*

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Zadanie 10.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: XII.3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; XII.6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

FP

Zadanie 10.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.18) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VII.2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba; VII.9) oblicza zmianę energii ładunku w polu centralnym […]. XII. 5) […] opisuje skład jądra atomowego […]; XII.17) wskazuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel jako źródło energii gwiazd; analizuje reakcję termojądrową na podstawie podanego schematu reakcji.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne uzasadnienie, w którym odwołano się do konieczności pokonania dużej energii (albo siły) wzajemnego odpychania elektrycznego protonów, gdy zbliżają się one na odległości zasięgu oddziaływań jądrowych.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

Pełne rozwiązanie

Żeby mogło dojść do fuzji, to protony muszą zbliżyć się na odległość zasięgu oddziaływań jądrowych – rzędu femtometrów. Żeby protony mogły zbliżyć się w ogóle na tak małą odległość, to muszą najpierw pokonać wzajemne odpychanie elektryczne, które jest bardzo duże na tak małych odległościach. Zatem energia kinetyczna dwóch protonów musi być co najmniej równa energii potencjalnej oddziaływania (odpychania) elektrycznego protonów. Energia ta na odległościach rzędu femtometrów jest bardzo duża ($E_{pot\ el} \propto \frac{1}{r}$), zatem i energia kinetyczna protonów musi być bardzo duża.

Zadanie 10.4. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.2) posługuje się […] tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; I.15) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zaokrąglony do zadanej liczby cyfr znaczących. XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych […]; XII.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową […]; XII.17) […] analizuje reakcję termojądrową na podstawie podanego schematu reakcji.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia energii uwalnianej podczas fuzji dwóch protonów **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego wyrażonego w MeV i zaokrąglonego do dwóch cyfr znaczących: $\Delta E_{kin} \approx 0{,}42\ \mathrm{MeV}$

2 pkt – poprawne zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla fuzji dwóch protonów z uwzględnieniem energii kinetycznej i energii spoczynkowej obu protonów oraz energii kinetycznej i energii spoczynkowej produktów fuzji: jądra X i cząstki e^+ neutrina ν_e, **oraz** zastosowanie wzoru Einsteina na energie spoczynkowe (z uwzględnieniem <u>każdej masy</u> oprócz masy neutrina), np. zapisy równoważne poniższym:

$$2m_\mathrm{p}c^2 + E_{kin\ 2\mathrm{p}} = m_\mathrm{X}c^2 + m_\mathrm{e}c^2 + E_{kin\ \mathrm{X,e,\nu}} \qquad (E_{0\,\nu} \approx 0)$$

albo

$$\Delta E_{kin} = (2m_\mathrm{p} - m_\mathrm{X} - m_\mathrm{e})c^2 \qquad (m_\nu \approx 0)$$

1 pkt – zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla fuzji dwóch protonów z uwzględnieniem (wystarczy poprzez oznaczenie) energii kinetycznej i energii spoczynkowej substratów fuzji (dwóch protonów) oraz energii kinetycznej i energii spoczynkowej produktów fuzji (jądra X, cząstki e^+ i neutrina ν_e), np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{kin\ przed} + E_{0\ przed} = E_{kin\ po} + E_{0\ po}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/

albo

$$2E_{0\,\mathrm{p}} + E_{kin\,2\mathrm{p}} = E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\beta} + E_{kin\,\mathrm{X},\beta,\nu} \qquad (E_{0\,\nu} \approx 0)$$

LUB

– zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla fuzji dwóch protonów z uwzględnieniem (wystarczy poprzez oznaczenie) różnicy energii kinetycznych całkowitych produktów fuzji i substratów fuzji oraz różnicy całkowitych energii spoczynkowych substratów fuzji i produktów fuzji, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\Delta E_{kin} = E_{0\,przed} - E_{0\,po}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy zasadę zachowania energii. Energia całkowita układu przed fuzją jest równa energii całkowitej układu po fuzji:

$$E_{kin\,przed} + E_{0\,przed} = E_{kin\,po} + E_{0\,po}$$

Uwzględnimy fakt, że energia całkowita jest sumą energii kinetycznych oraz energii spoczynkowych wszystkich jąder i cząstek przed i po fuzji:

$$2E_{0\,\mathrm{p}} + E_{kin\,2\mathrm{p}} = E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\mathrm{e}} + E_{0\,\nu} + E_{kin\,\mathrm{X},\mathrm{e},\nu}$$

Wykorzystamy dalej związek między masą a energią spoczynkową (wzór Einsteina) i uwzględnimy założenie zadania o pominięciu masy neutrina (czyli pomijamy energię spoczynkową neutrina: $E_{0\,\nu} \approx 0$):

$$2m_{\mathrm{p}}c^2 + E_{kin\,2\mathrm{p}} = m_{\mathrm{X}}c^2 + m_{\mathrm{e}}c^2 + E_{kin\,\mathrm{X},\mathrm{e},\nu} \quad \rightarrow$$

$$E_{kin\,\mathrm{e},\beta,\nu} - E_{kin\,2\mathrm{p}} = (2m_{\mathrm{p}} - m_{\mathrm{X}} - m_{\mathrm{e}})c^2 \quad \rightarrow$$

$$\Delta E_{kin} = (2 \cdot 1{,}007276\ \mathrm{u} - 2{,}013553\ \mathrm{u} - 0{,}000549\ \mathrm{u}) \cdot c^2 \quad \rightarrow$$

$$\Delta E_{kin} = 0{,}00045 \cdot \mathrm{u} \cdot c^2 = 0{,}00045 \cdot 931{,}5\ \mathrm{MeV} \approx 0{,}42\ \mathrm{MeV}$$

Więcej arkuszy znajdziesz na stronie:
https://www.instytutkorepetycji.pl/arkusze-egzaminacyjne/