Zadanie 6.1. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. VI.7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: […] izobaryczną, izochoryczną […] gazów; VI.10) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne wpisanie relacji w trzech nierównościach.
2 pkt – poprawne wpisanie relacji w dwóch nierównościach.
1 pkt – poprawne wpisanie relacji w jednej nierówności.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

1. ΔT_{AB} ..... $<$ ..... ΔT_{BC}
2. $|W_{BC}|$ ..... $>$ ..... $|W_{DA}|$
3. $|\Delta U_{AB}|$ ..... $<$ ..... $|\Delta U_{CD}|$

Zadanie 6.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. II.21) posługuje się pojęciem sprawności urządzeń […].

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne dokończenie zdania.
0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie
Sposób 1.

Dla ilorazu $\frac{p_x}{p_1} = \frac{7}{2}$, praca całkowita (tzw. praca użyteczna) wykonana w cyklu stanowi ...20 %... pobranego ciepła w cyklu.

Sposób 2.

Dla ilorazu $\frac{p_x}{p_1} = \frac{7}{2}$, praca całkowita (tzw. praca użyteczna) wykonana w cyklu stanowi ..... $\frac{1}{5}$ ... pobranego ciepła w cyklu.

Sposób 3.

Dla ilorazu $\frac{p_x}{p_1} = \frac{7}{2}$, praca całkowita (tzw. praca użyteczna) wykonana w cyklu stanowi ..... 0,2 ..... pobranego ciepła w cyklu.

Zadanie 6.3. (0–4)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. VI.10) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.14) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych.

Zasady oceniania

4 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na sprawność cyklu **oraz** podanie prawidłowego wyniku wynikającego z wyprowadzenia.

3 pkt – zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie pracy całkowitej jako różnicy pracy siły parcia w przemianie $B \to C$ i pracy przeciwko sile parcia w przemianie $D \to A$ (lub jako pola figury ograniczonej krzywą cyklu), **oraz** zapisanie ciepła pobranego jako sumy ciepeł pobranych w przemianach $A \to B$ i $B \to C$, **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_{AB} i ΔT_{BC}, np. zapisy równoważne poniższym:

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

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

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

$\Delta p_{AB} V_1 = nR\Delta T_{AB}$ $p_x \Delta V_{BC} = nR\Delta T_{BC}$

2 pkt – zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie pracy całkowitej jako różnicy pracy siły parcia w przemianie $B \to C$ i pracy przeciwko sile parcia w przemianie $D \to A$ (lub jako pola figury ograniczonej krzywą cyklu), **oraz** zapisanie ciepła pobranego jako sumy ciepeł pobranych w przemianach $A \to B$ i $B \to C$, **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

$W_{calkowita} = p_x \Delta V_{BC} - p_1 \Delta V_{DA}$ oraz

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

1 pkt – zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie pracy całkowitej jako różnicy pracy siły parcia w przemianie $B \to C$ i pracy przeciwko sile parcia w przemianie $D \to A$ (lub jako pola figury ograniczonej krzywą cyklu), np. zapisy równoważne poniższym:

$\eta = \frac{W_{calkowita}}{Q_{pobrane}}$ oraz $W_{calkowita} = |W_{BC}| - |W_{DA}|$

LUB

– zapisanie wzoru na sprawność silnika cieplnego **oraz** zapisanie ciepła pobranego jako sumy ciepeł pobranych w przemianach $A \to B$ i $B \to C$, np. zapisy równoważne poniższym:

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

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy definicję sprawności silnika cieplnego:

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

Praca całkowita jest równa różnicy wartości bezwzględnych prac podczas rozprężania izobarycznego i sprężania izobarycznego:

$$2)\ W_{calkowita} = |W_{BC}| - |W_{DA}| \quad \rightarrow \quad W_{calk} = p_x(2V_1 - V_1) - p_1(2V_1 - V_1)$$

$$2a)\ W_{calkowita} = (p_x - p_1)V_1$$

Ciepło pobrane z otoczenia w cyklu jest równe sumie ciepeł pobranych z otoczenia w przemianach $A \rightarrow B$ i $B \rightarrow C$:

$$3)\quad Q_{pobrane} = Q_{AB} + Q_{BC}$$

Wykorzystamy wzory na ciepła w przemianach izochorycznej oraz izobarycznej:

$$4)\quad Q_{pobrane} = nC_V\Delta T_{AB} + nC_p\Delta T_{BC}$$

Wykorzystamy związek między ciepłem molowym przy stałej objętości a ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu:

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

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

Wykorzystamy związki wynikające z równania stanu gazu doskonałego oraz własności przemiany izochorycznej $A \rightarrow B$ oraz własności przemiany izobarycznej $B \rightarrow C$:

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

$$8)\quad \Delta p_{AB}V_1 = nR\Delta T_{AB}$$

$$9)\quad p_x\Delta V_{BC} = nR\Delta T_{BC}$$

Związki 8) i 9) podstawimy do równania 6):

$$10)\quad Q_{pobrane} = \frac{3}{2}\Delta p_{AB}V_1 + \frac{5}{2}p_x\Delta V_{BC}$$

$$10a)\quad Q_{pobrane} = \frac{3}{2}(p_x - p_1)V_1 + \frac{5}{2}p_xV_1 = \frac{8}{2}p_xV_1 - \frac{3}{2}p_1V_1$$

Wyniki otrzymane w 10a) oraz 2a) podstawimy do wzoru 1):

$$11)\quad \eta = \frac{(p_x - p_1)V_1}{\left(\frac{8}{2}p_x - \frac{3}{2}p_1\right)V_1} = \frac{p_x - p_1}{\frac{8}{2}p_x - \frac{3}{2}p_1} = \frac{2p_x - 2p_1}{8p_x - 3p_1}$$