Zadanie 10.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.2) opisuje przemianę […] izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.6) oblicza […] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

Schemat punktowania
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
D

Zadanie 10.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianie izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne […].

Schemat punktowania
1 p. – poprawne wszystkie zaznaczenia.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź
1. **F** 2. **F** 3. **P**

Zadanie 10.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 5.10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę.

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 1.)
3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane.
2 p. – wykonanie *kroku 1.a.* oraz wykonanie *kroku 1.b.*
1 p. – zapisanie związku pomiędzy pracą całkowitą w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym oraz zapisanie wzoru na sprawność silnika. Zapis może być w formie równoważnego tym dwóm zależnościom podwójnego równania na sprawność albo pojedynczego równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym (*krok 1.a.)*
lub
– zapisanie wzoru na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego wykresem cyklu (*krok 1.b.*).
Uwaga! Oznaczenia wielkości we wzorach zapisanych w kroku 1.a. lub 1.b. nie mogą być sprzeczne z oznaczeniami wielkości szukanych bądź danych.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Uwaga! Należy uznawać rozwiązania, w których założono, że gaz jest np. jednoatomowy albo dwuatomowy (zobacz sposób 2. rozwiązania).

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 1.

Krok 1.a. Zapiszemy związek między pracą całkowitą wykonaną w cyklu a ciepłem pobranym i oddanym w tym cyklu – zgodnie z I zasadą termodynamiki (oznaczenia wartości bezwzględnych nie są wymagane):

$$1) \quad |W_c| = |Q_{pob}| - |Q_{odd}| \quad \text{ponieważ} \quad \Delta U = 0$$

Zapiszemy definicję sprawności cyklu:

$$2) \quad \eta = \frac{|W_c|}{|Q_{pob}|}$$

Powyższe dwa związki można zapisać za pomocą jednego równoważnego im równania z wyeliminowanym ciepłem pobranym:

$$|W_c| = \frac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \qquad \text{lub} \qquad \eta = \frac{|W_c|}{|W_c| + |Q_{odd}|}$$

Krok 1.b. Zapiszemy wzór na pracę całkowitą w cyklu z wykorzystaniem wzorów na pracę w przemianie izobarycznej albo z wykorzystaniem zależności między pracą całkowitą w cyklu i polem obszaru ograniczonego zamkniętą krzywą cyklu:

$$|W_c| = p_2(V_2 - V_1) - p_1(V_2 - V_1) = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Krok 2. Z powyższych zależności wyprowadzamy wzór na ciepło oddane:

$$\begin{cases} |W_c| = \frac{|W_c|}{\eta} - |Q_{odd}| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} |Q_{odd}| = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)|W_c| \\ |W_c| = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) \end{cases}$$

$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$$

Wynik można wyrazić także w następujący sposób:

$$|Q_{odd}| = \left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) \cdot 9p_1 \cdot V_1$$

Schemat punktowania
(dla rozwiązania sposobem 2.)
3 p. – prawidłowe wyprowadzenie i prawidłowa postać wzoru na ciepło oddane, zgodna z założoną wartością C_V dla gazu doskonałego.
2 p. – wykonanie *kroku 1.* oraz skorzystanie z równania stanu gazu dla przemiany izobarycznej oraz izochorycznej.
1 p. – zidentyfikowanie przemian, w których układ oddaje ciepło, oraz zapisanie wyrażenia określającego związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach (*krok 1.)*.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 2. (z założeniem wartości C_V, bez wykorzystania sprawności)

Krok 1. Zapiszemy wyrażenie określające co do wartości bezwzględnej związek całkowitego ciepła oddanego w cyklu z przyrostami temperatur w poszczególnych przemianach:

$$|Q_{odd}| = |Q_{34}| + |Q_{41}| = nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}|$$

Krok 2. Skorzystamy z własności równania stanu dla przemiany izochorycznej oraz dla przemiany izobarycznej:

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad (\text{dla} \quad V = const) \quad \rightarrow \quad \Delta pV = nR\Delta T$$

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad (\text{dla} \quad p = const) \quad \rightarrow \quad p\Delta V = nR\Delta T$$

Założymy, że gaz jest jednoatomowy:

$$C_V = \frac{3}{2}R \qquad C_p = \frac{5}{2}R$$

Krok 3. Obliczymy ciepło oddane, korzystając ze wzorów w *kroku 1.* i *kroku 2.*

$$|Q_{odd}| = nC_V|\Delta T_{34}| + nC_p|\Delta T_{41}| = n\frac{3}{2}R|\Delta T_{34}| + n\frac{5}{2}R|\Delta T_{41}|$$

$$|Q_{odd}| = \frac{3}{2}|\Delta p_{34}|\,V_2 + \frac{5}{2}p_1|\Delta V_{41}| = \frac{3}{2}(p_2 - p_1)\,V_2 + \frac{5}{2}p_1\,(V_2 - V_1)$$

$$|Q_{odd}| = \frac{3}{2}\cdot 3p_1 \cdot 4V_1 + \frac{5}{2}p_1 \cdot 3V_1 = 25{,}5\,p_1V_1$$