Zadanie 6.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2022	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, […] wykresów […]. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 5.2) opisuje przemianę […] izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.6) oblicza […] pracę wykonaną w przemianie izobarycznej.

Zasady oceniania

1 pkt – wpisanie prawidłowej wartości ilorazu prac siły parcia.
0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

Iloraz $\frac{W_1}{W_2}$ – pracy wykonanej przez siłę parcia gazu w ciągu przemian $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ i pracy wykonanej przez siłę parcia gazu w ciągu przemian $X \rightarrow W \rightarrow Z$ – jest równy $\frac{3}{2}$.

Zadanie 6.2. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2022	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, […] wykresów […].	Zdający: 5.2) opisuje przemianę […] izobaryczną i izochoryczną; 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawna odpowiedź.
0 pkt – brak spełnienia powyższego kryterium.

Poprawna odpowiedź

C1

Zadanie 6.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2022	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, […] wykresów […].	Zdający: 5.3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego; 5.5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki […]; 5.7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych.

Zasady oceniania (dla rozwiązań sposobem 1.)

3 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na ciepło pobrane w przemianach $X \to Y \to Z$ **oraz** podanie prawidłowej postaci wzoru, wyrażonego tylko za pomocą wielkości: p_1, V_1, C_V, R.

2 pkt – spełnienie warunków opisanych w kryterium za 1 pkt **oraz** skorzystanie z równania stanu gazu dla przemiany izochorycznej $X \to Y$ i dla przemian izobarycznej $Y \to Z$ **oraz** poprawne wyznaczenie przyrostów temperatur <u>w jednej z przemian</u>, np. zapisy (lub zapisy równoważne, ponad zapisy za 1 pkt):

$$nR(T_Y - T_X) = (3p_1 - 2p_1)V_1 \qquad \text{lub} \qquad nR(T_Z - T_Y) = 3p_1(3V_1 - V_1)$$

1 pkt – zapisanie ciepła pobranego w przemianach $X \to Y \to Z$ jako sumy ciepeł pobranych w przemianie izochorycznej $X \to Y$ i w przemianie izobarycznej $Y \to Z$ **oraz** zapisanie wyrażeń określających związek ciepeł pobranych w obu tych przemianach z przyrostami temperatur w tych przemianach, np. zapis (lub zapisy równoważne):

$$|Q_{XYZ}| = nC_V|\Delta T_{XY}| + nC_p|\Delta T_{YZ}|$$

LUB

– zapisanie ciepła pobranego w przemianach $X \to Y \to Z$ jako sumy ciepeł pobranych w przemianie izochorycznej $X \to Y$ i w przemianie izobarycznej $Y \to Z$ **oraz** poprawne wyznaczenie przyrostów temperatur w jednej z przemian, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$Q_{XYZ} = Q_{XY} + Q_{YZ} \qquad \text{oraz}$$
$$\left(nR(T_Y - T_X) = (3p_1 - 2p_1)V_1 \;\; \text{lub} \;\; nR(T_Z - T_Y) = 3p_1(3V_1 - V_1)\right)$$

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Zasady oceniania (dla rozwiązań sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda wyprowadzenia wzoru na ciepło pobrane w przemianach $X \to Y \to Z$ **oraz** podanie prawidłowej postaci wzoru, wyrażonego tylko za pomocą wielkości: p_1, V_1, C_V, R.

2 pkt – spełnienie warunków opisanych w obu kryteriach za 1 pkt (<u>łącznie</u>, tzn. wykorzystanie I zasady termodynamiki **oraz** wzoru z temperaturami na przyrost energii wewnętrznej **oraz** zapisanie wyrażenia na pracę) **oraz** wyznaczenie z równania stanu gazu temperatury gazu w stanie X i temperatury gazu w stanie Z, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$T_X = \frac{2p_1V_1}{nR}$ oraz $T_Z = \frac{9p_1V_1}{nR}$ oraz spełnione oba kryteria za 1 pkt

1 pkt – poprawne zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany od stanu X do stanu Z **oraz** zapisanie wyrażenia określającego związek między przyrostem energii wewnętrznej od stanu X do stanu Z a przyrostem temperatury od stanu X do stanu Z, np. zapis (lub zapisy równoważne):

$\Delta U_{XYZ} = |Q_{XYZ}| - |W_{XYZ}|$ oraz $\Delta U_{XYZ} = nC_V(T_Z - T_X)$

LUB

– poprawne zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany od stanu X do stanu Z **oraz** zapisanie wzoru pozwalającego wyznaczyć pracę siły parcia od stanu X do stanu Z za pomocą p_1 i V_1, np. zapis (lub zapisy równoważne):

$\Delta U_{XYZ} = |Q_{XYZ}| - |W_{XYZ}|$ oraz $|W_{XYZ}| = 6p_1V_1$

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązania

Sposób 1. (wykorzystanie wzorów na ciepło w przemianach izochorycznej i izobarycznej)

Ciepło pobrane w ciągu przemian jest równe sumie ciepeł w przemianie izochorycznej $X \to Y$ oraz w przemianie izobarycznej $Y \to Z$:

$$|Q_{XYZ}| = |Q_{XY}| + |Q_{YZ}|$$

Do wyznaczenia ciepeł w obu przemianach wykorzystamy wzory wiążące ciepła z przyrostami temperatur:

$$|Q_{XYZ}| = nC_V|\Delta T_{XY}| + nC_p|\Delta T_{YZ}| \qquad \text{gdzie} \qquad C_p = C_V + R$$

Wyznaczymy przyrosty temperatur. Z równania stanu wyprowadzimy związki pomiędzy parametrami stanu na początku i końcu przemiany izochorycznej $X \to Y$ oraz na początku i końcu przemiany izobarycznej $Y \to Z$:

$$nRT = pV \xrightarrow{X\to Y,\ V=V_1} nR(T_Y - T_X) = (3p_1 - 2p_1)V_1 \quad \to \quad n|\Delta T_{XY}| = \frac{p_1V_1}{R}$$

$$nRT = pV \xrightarrow{Y\to Z,\ p=3p_1} nR(T_Z - T_Y) = 3p_1(3V_1 - V_1) \quad \to \quad n|\Delta T_{YZ}| = \frac{6p_1V_1}{R}$$

Otrzymane wyrażenia na przyrosty temperatur podstawimy do wzoru na ciepło, następnie wykonamy przekształcenia algebraiczne:

$$|Q_{XYZ}| = C_V\frac{p_1V_1}{R} + C_p\frac{6p_1V_1}{R}$$

$$|Q_{XYZ}| = C_V\frac{p_1V_1}{R} + (C_V + R)\frac{6p_1V_1}{R} = 7\cdot\frac{C_V}{R}\cdot p_1V_1 + 6p_1V_1 = p_1V_1\left(\frac{7C_V}{R} + 6\right)$$

Sposób 2. (wykorzystanie I zasady termodynamiki dla ciągu przemian $X \to Y \to Z$)

Zapiszemy I zasadę termodynamiki dla ciągu przemian $X \to Y \to Z$. Zastosujemy konwencję, w której energia tracona przez gaz (w formie ciepła lub pracy) ma znak ujemny. W przemianie tej gaz pobiera ciepło (zyskując część energii) i wykonuje pracę (tracąc część energii), zatem:

$$\Delta U_{XYZ} = |Q_{XYZ}| - |W_{XYZ}|$$

Do wyznaczenia zmiany energii wewnętrznej między stanem X i Z wykorzystamy wzory wiążące energię wewnętrzną z temperaturą:

$$\Delta U_{XYZ} = U_Z - U_X = nC_V T_Z - nC_V T_X = nC_V(T_Z - T_X)$$

Do wyznaczenia temperatur w funkcji ciśnienia i objętości wykorzystamy równanie stanu gazu:

$$nRT_X = P_X V_X \quad \rightarrow \quad T_X = \frac{2p_1 V_1}{nR}$$

$$nRT_Z = P_Z V_Z \quad \rightarrow \quad T_Z = \frac{3p_1 \cdot 3V_1}{nR} = \frac{9p_1 V_1}{nR}$$

Praca w przemianie od stanu X do stanu Z jest wykonywana tylko w przemianie izobarycznej, zatem:

$$|W_{XYZ}| = p_{YZ}(V_Z - V_Y) = 3p_1(3V_1 - V_1) = 6p_1 V_1$$

Otrzymane powyżej wzory na: W_{XYX}, T_X, T_Z , ΔU_{XYZ} podstawimy do równania I zasady termodynamiki:

$$nC_V\left(\frac{9p_1 V_1}{nR} - \frac{2p_1 V_1}{nR}\right) = |Q_{XYZ}| - 6p_1 V_1$$

Po przekształceniach otrzymamy wzór na ciepło pobrane w przemian $X \rightarrow Y \rightarrow Z$:

$$|Q_{XYZ}| = nC_V\left(\frac{9p_1 V_1}{nR} - \frac{2p_1 V_1}{nR}\right) + 6p_1 V_1 = \frac{7C_V}{R} p_1 V_1 + 6p_1 V_1$$