Zadanie 5.1. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VI.7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną […]; VI.9) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a […] energią wewnętrzną gazu doskonałego; VI.10) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.11) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

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

Pełne rozwiązanie
PFF

Zadanie 5.2. (0–3)

Wymaganie 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 […] kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; I.7) wyodrębnia z tekstów, […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VI.7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną […]; VI.10) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.11) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia ciepła całkowitego wymienionego przez gaz z otoczeniem w przemianie $\mathcal{B}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku z jednostką.

2 pkt – zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $\mathcal{B}$ z uwzględnieniem ciepła oddanego i pobranego **oraz** zapisanie (lub uwzględnienie w zapisie I zasady termodynamiki), że zmiana energii wewnętrznej jest równa zero (albo że energie wewnętrzne w stanach X i Y są sobie równe), **oraz** użycie poprawnej metody do obliczenia pracy siły parcia, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$\Delta U_{\mathcal{B}} = |Q_{\mathcal{B}\,pob}| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| - |W_{\mathcal{B}}|$ oraz $U_X = U_Y$ oraz

$|W_{\mathcal{B}}| =$ pole figury pod wykresem $\mathcal{B}$

albo

$|Q_{\mathcal{B}\,pob}| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| = |W_{\mathcal{B}}|$ oraz $|W_{\mathcal{B}}| =$ pole figury pod wykresem $\mathcal{B}$

1 pkt – zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $\mathcal{B}$ z uwzględnieniem ciepła oddanego i pobranego **oraz** zapisanie (lub uwzględnienie w zapisie I zasady termodynamiki), że zmiana energii wewnętrznej jest równa zero (albo że energie wewnętrzne/temperatury w stanach X i Y są sobie równe), np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$\Delta U_{\mathcal{B}} = |Q_{\mathcal{B}\,pob}| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| - |W_{\mathcal{B}}|$ oraz $U_X = U_Y$

albo

$\Delta U_{\mathcal{B}} = |Q_{\mathcal{B}\,pob}| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| - |W_{\mathcal{B}}|$ oraz $T_X = T_Y$

albo

$|Q_{\mathcal{B}\,pob}| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| = |W_{\mathcal{B}}|$

LUB

– zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $\mathcal{B}$ z uwzględnieniem ciepła oddanego i pobranego **oraz** zastosowanie poprawnej metody obliczenia pracy siły parcia, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$\Delta U_{\mathcal{B}} = |Q_{\mathcal{B}\,pob}| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| - |W_{\mathcal{B}}|$ oraz $|W_{\mathcal{B}}| =$ pole figury pod wykresem $\mathcal{B}$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Do obliczenia ciepła wykorzystamy I zasadę termodynamiki dla przemiany $\mathcal{B}$:

$$1) \quad \Delta U_{\mathcal{B}} = |Q_{\mathcal{B}\,pob}| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| - |W_{\mathcal{B}}|$$

Zgodnie z przyjętą konwencją, pracę siły parcia oraz ciepło oddane oznaczyliśmy ze znakiem minus, ponieważ gaz traci energię gdy się rozpręża i gdy oddaje ciepło. Zauważmy, że zmiana energii wewnętrznej zależy tylko od stanu początkowego i końcowego:

$$2) \quad \Delta U_{\mathcal{B}} = \Delta U_{XY} = U_Y - U_X$$

Zależność energii wewnętrznej gazu doskonałego od temperatury wyraża wzór: $U = nc_V T$. Zgodnie z równaniem stanu gazu, temperatury w stanach X oraz Y dane są wyrażeniami:

$$3)\quad T_X = \frac{p_X V_X}{nR} = \frac{p_1 V_1}{nR} \qquad \text{oraz} \qquad 4)\quad T_Y = \frac{p_Y V_Y}{nR} = \frac{0{,}5p_1 \cdot 2V_1}{nR} = \frac{p_1 V_1}{nR}$$

Z równań 3) i 4) wynika, że temperatury w obu stanach są takie same, a zatem i energie wewnętrzne w tych stanach są takie same. To oznacza, że zmiana energii wewnętrznej jest równa zero:

$$5)\quad T_X = T_Y \qquad \rightarrow \qquad 6)\quad U_X = U_Y \qquad \rightarrow \qquad 7)\quad \Delta U_{XY} = 0$$

Zależność 7) uwzględnimy w równaniu 1):

$$8)\quad 0 = \left|Q_{\mathcal{B}\,pob}\right| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| - |W_{\mathcal{B}}| \qquad \rightarrow \qquad 9)\quad \left|Q_{\mathcal{B}\,pob}\right| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| = |W_{\mathcal{B}}|$$

Pracę siły parcia obliczymy, wykorzystując podany w *Wybranych wzorach […]* (strona 17) związek pracy siły parcia z polem pod wykresem zależności $p(V)$.

$$10)\quad \left|Q_{\mathcal{B}\,pob}\right| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| = |W_{\mathcal{B}}| = \text{pole figury pod wykresem } \mathcal{B}$$

Figurą pod wykresem przemiany $\mathcal{B}$ jest trapez, zatem

$$11)\quad \left|Q_{\mathcal{B}\,pob}\right| - |Q_{\mathcal{B}\,odd}| = \frac{1}{2}(p_1 + 0{,}5p_1)(2V_1 - V_1)$$

$$12)\quad \left|Q_{\mathcal{B}\,pob}\right| = |Q_{\mathcal{B}\,odd}| + \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}p_1 V_1 \approx 0{,}094\ \text{J} + \frac{3}{4}\cdot 6{,}0\ \text{J} \approx 4{,}6\ \text{J}$$

Zadanie 5.3. (0–3)

Wymaganie 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; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VI.7) […] rozróżnia przemiany: izotermiczną […]; VI.10) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.11) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda wykazania, że temperatura w przemianie $\mathcal{B}$ przekracza $350\ \text{K}$, tzn.: (1) zapisanie związku między temperaturą a iloczynem pV, (2) stwierdzenie, że iloczyn pV jest większy (albo większy-równy) dla punktów na wykresie $\mathcal{B}$, (3) obliczenie temperatury w przemianie izotermicznej **oraz** zapisanie wniosku wynikającego z (1)–(3).

2 pkt – zapisanie związku między temperaturą a iloczynem pV **oraz** zapisanie, że ten iloczyn obliczony dla punktów na wykresie $\mathcal{B}$ jest większy (albo większy-równy) od iloczynu obliczonego dla punktów na wykresie $\mathcal{A}$ **oraz** poprawna metoda obliczenia temperatury w przemianie izotermicznej, np. zapisy lub (zapisy równoważne):

$pV \propto T$ oraz $p_B V_B \geq p_A V_A$ oraz $nRT_A = p_1 V_1$

1 pkt – zapisanie związku między temperaturą a iloczynem pV **oraz** zapisanie, że ten iloczyn obliczony dla punktów na wykresie $\mathcal{B}$ jest większy od iloczynu obliczonego dla punktów na wykresie $\mathcal{A}$ (poza punktami X, Y), np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$pV \propto T$ oraz $p_B V_B > p_A V_A$

LUB

– poprawna metoda obliczenia temperatury w przemianie izotermicznej, tzn. poprawne zastosowanie równania stanu gazu doskonałego, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$T_A = \frac{p_1 V_1}{nR}$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zgodnie z równaniem stanu gazu doskonałego, temperatura jest proporcjonalna do iloczynu ciśnienia i objętości. Zatem dla każdego stanu w przemianie $\mathcal{A}$ i każdego stanu w przemianie $\mathcal{B}$ mamy:

1) $p_A V_A \propto T_A$ oraz $p_B V_B \propto T_B$

Ponadto przemiana $\mathcal{A}$ jest izotermiczna, zatem:

2) $T_A = \text{const} \propto p_1 V_1$

Zauważmy, że dla każdego punktu na wykresie $\mathcal{B}$ i każdego punktu na wykresie $\mathcal{A}$ – poza wspólnymi punktami X, Y – mamy:

3) $p_B V_B > p_A V_A = p_1 V_1$ zatem 4) $T_B > T_A$

Natomiast w punktach X oraz Y mamy równość iloczynów:

5) $p_{BX} V_{BX} = p_{AX} V_{AX} = p_{BY} V_{BY} = p_{AY} V_{AY} = p_1 V_1$

Na podstawie punktów 3)–5) stwierdzamy, że dla każdego stanu w obu przemianach zachodzi:

6) $T_B \geq T_A$

Obliczymy temperaturę T_A w przemianie izotermicznej. W tym celu wystarczy obliczyć temperaturę w stanie X:

7) $T_A = T_X = \frac{p_X V_X}{nR}$

Zatem:

8) $T_A = \frac{p_1 V_1}{nR} = \frac{6{,}0\ \text{J}}{0{,}0020\ \text{mol} \cdot 8{,}31\ \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}} \approx 361, \ldots\ \text{K} \approx 360\ \text{K}$

Wartość temperatury obliczoną w punkcie 8) uwzględnimy w relacji 6):

9) $T_B \geq 360\ \text{K} > 350\ \text{K}$ dla każdego stanu w przemianie $\mathcal{B}$

To oznacza, że temperatura gazu w każdym stanie przemiany $\mathcal{B}$ przekracza $350\ \text{K}$