Zadanie 8.1. (0–1)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: VI.7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: […] izobaryczną, izochoryczną […] gazów; VI.10) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.13) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach […] cieplnych.

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

Rozwiązanie
B

Zadanie 8.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: VI.7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: […] izobaryczną, izochoryczną […] gazów; VI.9.) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a […] energią wewnętrzną gazu doskonałego; VI.11) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; VI.12) posługuje się pojęciem ciepła molowego gazu; interpretuje związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego.

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 1A. lub 1B.)

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia wartości bezwzględnej zmiany energii wewnętrznej **oraz** podanie prawidłowego wyniku:

$|\Delta U_{41}| = 3p_1V_1$

Uwaga! Zdający może otrzymać 3 pkt, gdy obliczy zmianę energii wewnętrznej i pominie wartość bezwzględną, tzn. gdy otrzyma:

$\Delta U_{41} = -3p_1V_1$

2 pkt – zapisanie związku między zmianą energii wewnętrznej gazu w przemianie $G_4 \to G_1$ a przyrostem temperatury w przemianie $G_4 \to G_1$ **oraz** zapisanie/wykorzystanie związku (wynikającego z równania stanu gazu) między przyrostem temperatury a przyrostem objętości w przemianie izobarycznej $G_4 \to G_1$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{41} = \frac{3}{2}nR\Delta T_{41}$ oraz $p_1\Delta V_{41} = nR\Delta T_{41}$

albo w jednym równaniu

$\Delta U_{41} = \frac{3}{2}p_1\Delta V_{41}$

LUB

– zapisanie zmiany energii wewnętrznej w przemianie $G_4 \to G_1$ jako różnicy energii wewnętrznych w stanach G_1 i G_4 **oraz** wyrażenie energii wewnętrznej w stanach G_1 i G_4 za pomocą parametrów p_1, p_4 i V_1, V_4 *(wzory mogą być zapisane bezpośrednio lub wyprowadzone z równania stanu i wzoru z temperaturą na energię wewnętrzną)* np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{41} = U_1 - U_4$ oraz $\left(U_1 = \frac{3}{2}p_1V_1 \quad \text{i} \quad U_4 = \frac{3}{2}p_4V_4\right)$

albo w jednym równaniu

$\Delta U_{41} = \frac{3}{2}p_1V_1 - \frac{3}{2}p_4V_4$

1 pkt – zapisanie związku między zmianą energii wewnętrznej gazu w przemianie $G_4 \to G_1$ a przyrostem temperatury w przemianie $G_4 \to G_1$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{41} = \frac{3}{2}nR\Delta T_{41}$

LUB

– zapisanie zmiany energii wewnętrznej w przemianie $G_4 \to G_1$ jako różnicy energii wewnętrznych w stanach G_1 i G_4 **oraz** zapisanie/wykorzystanie wzoru (z temperaturą) na energię wewnętrzną dla stanu G_1 lub stanu G_4, np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{41} = U_1 - U_4$ oraz $U_1 = nC_VT_1$ $U_4 = nC_VT_4$

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

Zasady oceniania

(dla rozwiązania sposobem 2.)

3 pkt – poprawna metoda wyznaczenia wartości bezwzględnej zmiany energii wewnętrznej **oraz** podanie prawidłowego wyniku:

$|\Delta U_{41}| = 3p_1V_1$

Uwaga! Zdający może otrzymać 3 pkt, gdy pominie wartość bezwzględną i otrzyma:

$\Delta U_{41} = -3p_1V_1$

2 pkt – zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $G_4 \rightarrow G_1$ z poprawnym uwzględnieniem konwencji znaków (stosowanej konsekwentnie) **oraz** zapisanie związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$ a przyrostem temperatury, **oraz** prawidłowe obliczenie pracy siły parcia w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$ (bezpośrednio ze wzoru lub metodą pola), np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{41} = -|Q_{41}| + |W_{41}|$ oraz $|Q_{41}| = |n\frac{5}{2}R\Delta T_{41}|$ oraz $|W_{41}| = 2p_1V_1$

albo w jednym równaniu

$\Delta U_{41} = -\left|n\frac{5}{2}R\Delta T_{41}\right| + 2p_1V_1$

LUB

– zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $G_4 \rightarrow G_1$ z poprawnym uwzględnieniem konwencji znaków (stosowanej konsekwentnie) **oraz** zapisanie związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$ a przyrostem temperatury, **oraz** prawidłowe zapisanie/wykorzystanie związku (wynikającego z równania stanu gazu) między przyrostem temperatury a przyrostem objętości w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$, np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{41} = -|Q_{41}| + |W_{41}|$ oraz $|Q_{41}| = |n\frac{5}{2}R\Delta T_{41}|$ oraz $p_1 2V_1 = nR\Delta T_{41}$

albo w jednym równaniu

$\Delta U_{41} = -|5p_1V_1| + |W_{41}|$

LUB

– zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $G_4 \rightarrow G_1$ (tu nie wymagamy poprawnej konwencji znaków) **oraz** zapisanie związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$ a przyrostem temperatury, **oraz** prawidłowe zapisanie/wykorzystanie związku (wynikającego z równania stanu gazu) między przyrostem temperatury a przyrostem objętości w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$, **oraz** prawidłowe obliczenie pracy siły parcia w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$, (bezpośrednio ze wzoru lub metodą pola), np. zapisy równoważne poniższym:

$\Delta U_{41} = Q_{41} + W_{41}$ oraz $Q_{41} = n\frac{5}{2}R\Delta T_{41}$ oraz

$p_1 2V_1 = nR\Delta T_{41}$ oraz $|W_{41}| = p_1|\Delta V_{41}| = 2p_1V_1$

1 pkt – zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $G_4 \rightarrow G_1$ **oraz** zapisanie związku między ciepłem pobranym w przemianie izobarycznej $G_4 \rightarrow G_1$ a przyrostem temperatury, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$\Delta U_{41} = Q_{41} + W_{41}$ oraz $Q_{41} = n\frac{5}{2}R\Delta T_{41}$

LUB

– zapisanie I zasady termodynamiki dla przemiany $G_4 \to G_1$ **oraz** prawidłowe obliczenie pracy siły parcia w przemianie izobarycznej $G_4 \to G_1$ (bezpośrednio ze wzoru lub metodą pola), np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$\Delta U_{41} = Q_{41} + W_{41}$ oraz $|W_{41}| = p_1|\Delta V_{41}| = 2p_1V_1$

albo

$\Delta U_{41} = Q_{41} + W_{41}$ oraz $|W_{41}|$ = pole pod $G_1 \to G_4 = 2p_1V_1$

Uwaga! W kryterium za 1 pkt nie wymagamy poprawnego uwzględnienia konwencji znaków w I zasadzie termodynamiki.

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

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1A. (z zastosowaniem wzoru na energię wewnętrzną i równania stanu)

Wyrazimy wzór na energię wewnętrzną poprzez parametry stanu p, i V. W tym celu wykorzystamy wzór z temperaturą na energię wewnętrzną i równanie stanu gazu doskonałego z zadanym C_V:

$$1)\ \left(U = n\frac{3}{2}RT \quad \text{oraz} \quad pV = nRT \right) \quad \to \quad 2)\ \ U = \frac{3}{2}pV$$

Zapiszemy wartość bezwzględną zmiany energii wewnętrznej w przemianie $G_4 \to G_1$:

$$3)\ \ |\Delta U_{41}| = |U_1 - U_4|$$

Różnicę energii wewnętrznych wyrazimy za pomocą wzoru 2):

$$4)\ \ |\Delta U_{41}| = \left|\frac{3}{2}p_1V_1 - \frac{3}{2}p_4V_4\right| \qquad \text{zatem}$$

$$5)\ \ |\Delta U_{41}| = \left|\frac{3}{2}p_1V_1 - \frac{3}{2}p_13V_1\right| = |-3p_1V_1| = 3p_1V_1$$

Sposób 1B. (z zastosowaniem wzoru na energię wewnętrzną i równania stanu)

Wykorzystamy związek między temperaturą (w tym przypadku przyrostem temperatury) a energią wewnętrzną (w tym przypadku przyrostem energii wewnętrznej) gazu doskonałego jednoatomowego:

$$1)\ \ |\Delta U_{41}| = \left|\frac{3}{2}nR\Delta T_{41}\right|$$

Zapiszemy związek – wynikający z równania stanu gazu doskonałego – między przyrostem temperatury ΔT a przyrostem objętości ΔV w przemianie izobarycznej:

$$2)\ \ pV = nRT \quad \xrightarrow{p=\text{const}} \quad 3)\ \ p\Delta V = nR\Delta T$$

Związek wyrażony równaniem 3) wykorzystamy we wzorze 1). Uwzględnimy przy tym, że $p = p_1$ oraz $\Delta V = \Delta V_{41} = V_1 - V_4$:

$$3)\ \ |\Delta U_{41}| = \left|\frac{3}{2}p_1\Delta V_{41}\right| = \left|\frac{3}{2}p_1(V_1 - 3V_1)\right| = \left|\frac{3}{2}p_1(-2V_1)\right| = 3p_1V_1$$

Sposób 2. (z zastosowaniem I zasady termodynamiki)

Zapiszemy I zasadę dynamiki dla przemiany $G_4 \rightarrow G_1$. Przyjmiemy konwencję, zgodnie z którą stratę energii przez układ w postaci ciepła lub pracy oznaczamy znakiem minus, a wzrost energii w postaci ciepła lub pracy oznaczamy znakiem plus. W przemianie $G_4 \rightarrow G_1$ gaz oddaje ciepło (–), a praca jest wykonana nad gazem (+), zatem:

$$1) \quad \Delta U_{41} = -|Q_{41}| + |W_{41}|$$

Do wyznaczenia $|Q_{41}|$ zastosujemy wzór na ciepło w przemianie izobarycznej (gazu jednoatomowego) i związek (wynikający z równania stanu gazu) między przyrostem temperatury a przyrostem objętości w przemianie izobarycznej:

$$2) \quad |Q_{41}| = |n\frac{5}{2}R\Delta T_{41}| \qquad \text{oraz} \qquad nR\Delta T_{41} = p_1\Delta V_{41}$$

Z obu powyższych równań wynika, że:

$$3) \quad |Q_{41}| = \left|\frac{5}{2}p_1\Delta V_{41}\right| = \left|\frac{5}{2}p_1(V_1 - 3V_1)\right| = \left|\frac{5}{2}p_1(-2V_1)\right| = 5p_1V_1$$

Do wyznaczenia $|W_{41}|$ zastosujemy związek między pracą a polem pod wykresem zależności $p(V)$ (albo zastosujemy bezpośrednio wzór na pracę siły parcia):

$$4) \quad |W_{41}| = \text{pole pod } G_1 \rightarrow G_4 = 2p_1V_1$$

Wyrażenia końcowe w równaniach 3) i 4) podstawimy do wzoru 1):

$$5) \quad \Delta U_{41} = -5p_1V_1 + 2p_1V_1 = -3p_1V_1 \qquad \text{zatem} \qquad |\Delta U_{41}| = 3p_1V_1$$