Zadanie 6.1. (0–2)

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowe wszystkie odpowiedzi.
1 p. – zaznaczenie odpowiedzi 1. **F**, 2. **P** lub 3. **F**, 4. **F**.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź
1. **F** 2. **P** 3. **F** 4. **F**

Zadanie 6.2. (0–2)

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – prawidłowa metoda oszacowania (lub obliczenia) pracy (szacowanie na podstawie metody pola powierzchni ograniczonej krzywą cyklu lub obliczenie z wykorzystaniem wzoru).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie
Sposób 1. (szacowanie pola: przybliżenie krzywej 3–4 dwoma odcinkami prostymi)
Wykorzystamy twierdzenie, zgodnie z którem praca całkowita w cyklu jest równa polu powierzchni figury ograniczonej krzywą $p(V)$ cyklu. Pole pod izotermą oszacujemy przybliżając krzywą 3–4 dwoma odcinkami prostymi: 3–5 i 5–4, gdzie punkt 5 ma współrzędne ($1{,}4\cdot 10^5$ Pa; $14\cdot 10^5$ m^3).

$$W_{calk} = W_{23} + W_{35} + W_{54} - W_{41}$$

$$W_{calk} \approx 2 \cdot 5\ \text{J} + \frac{1}{2} \cdot (2 + 1{,}4) \cdot 4\ \text{J} + \frac{1}{2} \cdot (1{,}4 + 1) \cdot 6\ \text{J} - 1 \cdot 15\ \text{J} \approx 9\ \text{J}$$

Sposób 2. (szacowanie pola: przybliżenie krzywej 3–4 jednym odcinkiem prostym)
Wykorzystamy twierdzenie, zgodnie z którem praca całkowita w cyklu jest równa polu powierzchni figury ograniczonej krzywą $p(V)$ cyklu. Pole pod izotermą oszacujemy z nadmiarem przybliżając krzywą 3–4 jednym odcinkiem prostym.

$$W_{calk} = W_{23} + W_{34} - W_{41}$$

$$W_{calk} \approx 2 \cdot 5\ \text{J} + \frac{1}{2} \cdot (2+1) \cdot 10\ \text{J} - 1 \cdot 15\ \text{J} \approx 10\ \text{J}$$

Sposób 3. (z wykorzystaniem wzoru)
Wykorzystamy wzór na ciepło pobrane w przemianie izotermicznej.

$$W_{calk} = W_{23} + W_{34} - W_{41} = W_{34} - 5\ \text{J}$$

Obliczamy W_{34} ze wzoru na ciepło pobrane w przemianie izotermicznej

$$W_{34} = nRT_3 \ln\frac{V_4}{V_3} \xrightarrow{\text{równanie stanu}} W_{34} = p_3 V_3 \ln\frac{V_4}{V_3} = 2 \cdot 10 \cdot \ln\frac{20}{10}\ \text{J} \approx 13{,}9\ \text{J}$$

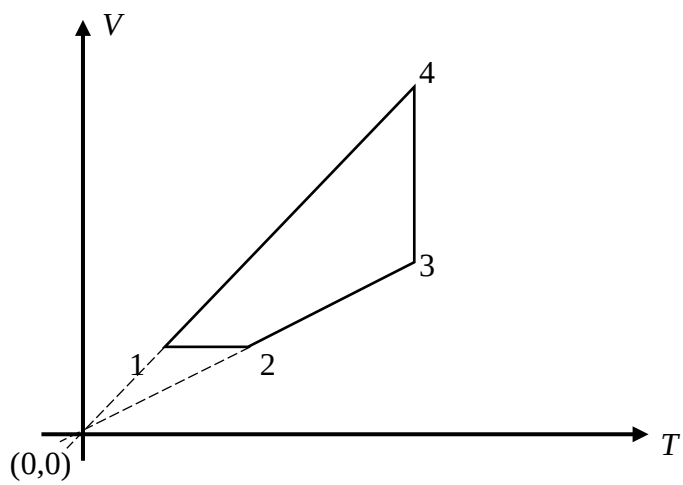
Obliczamy pracę całkowitą w cyklu

$$W_{calk} = 13{,}9\ \text{J} - 5\ \text{J} = 8{,}9\ \text{J}$$

Zadanie 6.3. (0–2)

Schemat punktowania
2 p. – prawidłowo narysowany i oznaczony cykl.
1 p. – prawidłowo narysowane i oznaczone obie izobary 4–1 i 2–3 (muszą się przedłużać do punktu (0;0)) oraz prawidłowy kierunek cyklu, a stan 1 oznaczony najbliżej punktu (0;0)
lub
– prawidłowo narysowane izochora 1–2 i izoterma 3–4 oraz prawidłowy kierunek cyklu, a stan 1 oznaczony najbliżej do punktu (0;0).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie



Zadanie 6.4. (0–3)

Schemat punktowania

3 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia ciepła (lub jego wartości bezwzględnej) oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką (*krok 3.*).

2 p. – prawidłowe wykonanie *kroku 1.a.* oraz *kroku 1.b.* łącznie z identyfikacją ciepła molowego przy stałym ciśnieniu jako: $c_p = c_V + R$ (*krok 2.*).

1 p. – prawidłowe zapisanie wzoru na ciepło w przemianie izobarycznej z użyciem ciepła molowego przy stałym ciśnieniu oraz odpowiedniej różnicy temperatur ΔT_{41} (*krok 1.a.*)
lub
– skorzystanie z równania stanu gazu doskonałego w celu wyznaczenia ΔT_{41} i doprowadzenie do wyrażenia równoważnego wyrażeniu $p\Delta V_{41} = nR\Delta T_{41}$ (*krok 1.b.*).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Krok 1.a.

Zapiszemy wzór na ciepło w przemianie izobarycznej:

$$Q_{41} = nc_p\Delta T_{41}$$

Krok 1.b.

Skorzystamy z równania stanu gazu doskonałego dla $p = p_{14}$, w celu wyznaczenia ΔT_{41}:

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad p_{14}\Delta V_{14} = nR\Delta T_{14} \qquad \rightarrow \quad \frac{p_{14}\Delta V_{14}}{R} = n\Delta T_{14}$$

Krok 2.

Zapiszemy wzór na ciepło korzystając z kroków 1.a. i 1.b. z wykorzystaniem wzoru na ciepło molowe przy stałym ciśnieniu:

$$Q_{41} = \frac{c_p}{R}p_{14}\Delta V_{14} = \frac{(c_V + R)}{R}p_{14}\Delta V_{14}$$

Krok 3.

Wykonujemy obliczenia:

$$Q_{41} = \frac{(20{,}8 + 8{,}31)}{8{,}31} \cdot 1 \cdot 15\ \text{J} \approx 52{,}5\ \text{J}$$