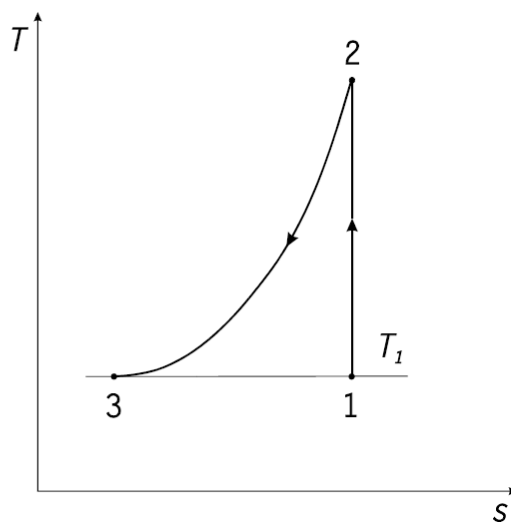
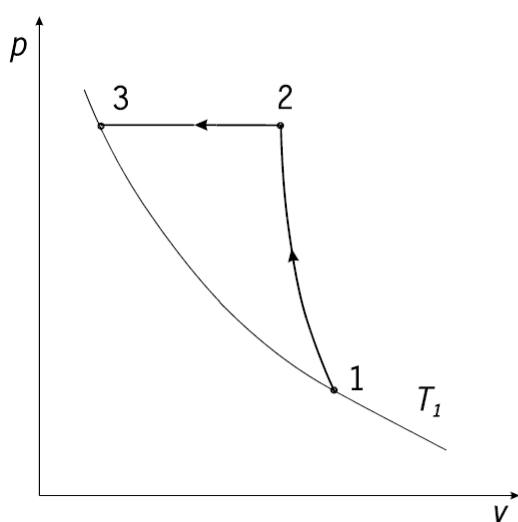


Powietrze o parametrach $p_1 = 1 \text{ bar}$ i $t_1 = 25^\circ\text{C}$ zostało sprężone izentropowo do ciśnienia $p_2 = 6 \text{ bar}$, a następnie schłodzone izobarycznie do temperatury początkowej. Jaki jest jednostkowy przyrost energii wewnętrznej gazu po obu tych przemianach? Ile wynosi jednostkowa praca bezwzględna przemiany? Do obliczeń przyjmując, że powietrze zachowuje się jak dwuatomowy gaz doskonały o masie molowej $M = 29 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$.



Energia wewnętrzna jest funkcją stanu, stąd przyrost energii wewnętrznej właściwej po przemianach 1-2 i 2-3 jest równy

$$\Delta u_{1-3} = u_3 - u_1 = c_v (T_3 - T_1) \quad (1)$$

Ponieważ $T_3 = T_1$

$$\Delta u_{1-3} = 0 \quad (2)$$

Jednostkową pracę bezwzględną przemiany 1-2-3 można wyznaczyć z równania pierwszej zasady termodynamiki

$$l_{1-3} = q_{1-3} - \Delta u_{1-3} \quad (3)$$

gdzie

$$q_{1-3} = q_{1-2} + q_{2-3} \quad (4)$$

Ciepło jednostkowe przemiany izentropowej 1-2 jest równe zero, stąd po uwzględnieniu (2) równanie (3) przechodzi w

$$l_{1-3} = q_{2-3} \quad (5)$$

Ciepło jednostkowe przemiany izobarycznej 2-3 wynosi

$$q_{2-3} = c_p(T_3 - T_2) \quad (6)$$

Temperaturę T_2 wyznaczamy z równania izentropy 1-2, w którym wykładnik izentropy κ dla dwuatomowego gazu doskonałego wynosi 1,4.

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 298 \cdot \left(\frac{6}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 497,2 \text{ K} \quad (7)$$

Temperatura bezwzględna powietrza w punkcie 1 przemiany jest równa

$$T_1 = t_1 + 273,15 = 25 + 273,15 = 298,15 \text{ K} \quad (8)$$

Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu można obliczyć z zależności

$$c_p = \kappa c_v \quad (9)$$

lub

$$c_p = c_v + R \quad (10)$$

Ciepło właściwe przy stałej objętości c_v zgodnie z prawem ekwipartycji energii jest równe

$$c_v = \frac{1}{2} f R \quad (11)$$

Indywidualna stała gazowa R

$$R = \frac{(MR)}{M} = \frac{8314}{29} = 286,7 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] \quad (12)$$

Liczba „energetycznych” stopni swobody f dla dwuatomowego gazu doskonałego wynosi 5.

$$c_v = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 286,7 = 716,8 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] \quad (13)$$

$$c_p = 1,4 \cdot 716,8 = 1003,5 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

$$l_{1-3} = q_{2-3} = 1003,5 \cdot (298,15 - 497,2) = - 199747 \left[\frac{J}{kg} \right]$$

Znak minus przy pracy jednostkowej przemiany oznacza, że praca ta została doprowadzona do powietrza.