

$$T[^\circ\text{C}] = T[\text{K}] - 273,15$$

$$T[\text{K}] = T[^\circ\text{C}] + 273,15[\text{K}]$$

$$T[^\circ\text{F}] = \frac{9}{5}T[^\circ\text{C}] + 32$$

$$T[^\circ\text{C}] = \frac{5}{9}(T[^\circ\text{F}] - 32)$$

Oznaczenie	Wartość [Pa]
atm (fiz. 0°C)	101325
at (tech. 20°C)	98 099,5
bar	100000
psi	6892,7
1mm _{H2O}	9,80665
1mm _{Hg}	133,322

$$\text{ciśnienie } p = \frac{F}{A} \quad 1[\text{Pa}] = 1 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = 1 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \right]$$

$$p = \rho * g * h$$

g - przyspieszenie ziemskie, h - wysokość słupa cieczy

$$\text{ciśnienie bezwzględne } p = p_m + p_{\text{ot}}$$

$$\text{objętość właściwa } v = \frac{V}{m} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{gęstość } \rho = \frac{1}{v} = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

I zasada termodynamiki

Dla układu zamkniętego:

$$\Delta U = Q - L,$$

ΔU – zmiana energii,

Q – ciepło doprowadzone, L – praca układu

$$Q_{1-2} = U_2 - U_1 + L_{1-2} \quad [\text{J}]$$

Dla układu otwartego:

$$Q = \Delta H + L_t, \quad \Delta H - \text{zmiana entalpii} [\text{J}],$$

L_t - praca techniczna

$$Q_{1-2} = H_2 - H_1 + L_{t1-2} [\text{J}]$$

Pojemność cieplna (ciepło właściwe)

$$Q_{1-2} = m c (T_2 - T_1), \quad c - \text{ciepło właściwe,} \\ m - \text{masa układu,}$$

Prawo Avogadra - 1mol gazu o $T = 273,15\text{K}$

i $p = 101325\text{Pa}$ zajmuje $V_0 = 22,414 \text{ dm}^3/\text{mol}$

$$\text{Gęstość gazu } \rho = \frac{M}{V_0} \quad M - \text{masa molowa} [\text{g/mol}],$$

V_0 – objętość molowa

Równanie Clapeyrona

$$\frac{pV}{T} = \text{const}, \quad \frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2}$$

$$pV = m R T \quad R - \text{stała gazowa, } R = \frac{\tilde{R}}{M} \left[\frac{\text{J}}{\text{kg K}} \right]$$

$$pV = n \tilde{R} T \quad \text{dla } n \text{ kilomoli}$$

$$p v = R T;$$

$$\tilde{R} = 8314 \left[\frac{\text{J}}{\text{kmol K}} \right]$$

$$\text{Ciepło właściwe } c = \frac{q}{\Delta T}$$

$$c_{v=\frac{q_v}{\Delta T}} \quad \text{Ciepło właściwe w stałej objętości}$$

$$c_{p=\frac{q_p}{\Delta T}} \quad \text{Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu}$$

$$c_p - c_v = R \quad \kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

$$c_v I_{T_1}^{T_2} = \frac{c_v I_0^{T_2} \cdot T_2 - c_v I_0^{T_1} \cdot T_1}{T_2 - T_1} \quad \text{zmienne ciepło właściwe}$$

Gaz	C_p	C_v	$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$
jednoatomowy	$5/2 R$	$3/2 R$	1,67
dwuatomowy	$7/2 R$	$5/2 R$	1,40
wieluatomowy	$8/2 R$	$6/2 R$	1,33

$$g_i = \frac{m_i}{m} - \text{udział masowy składnika } i,$$

$$y_i = \frac{n_i}{n} - \text{udział molowy składnika } i,$$

$$r_i = \frac{V_i}{V} - \text{udział objętościowy składnika } i;$$

$$r_i = \frac{\frac{g_i}{M_i}}{\sum_i \frac{g_i}{M_i}}; \quad g_i = \frac{r_i M_i}{\sum_i r_i M_i}; \quad y_i = r_i$$

$$\sum g_i = 1, \quad \sum y_i = 1, \quad \sum r_i = 1$$

$$p_m = \sum_{i=1}^k p_i = p \sum_{i=1}^k y_i - \text{ciśnienie mieszaniny,}$$

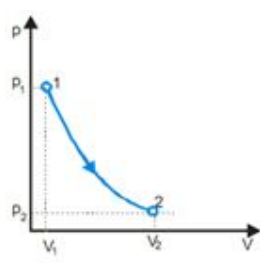
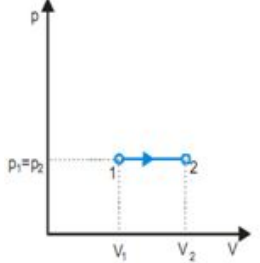
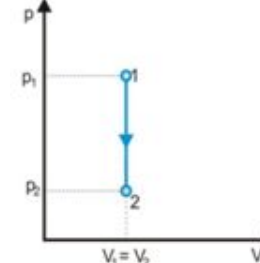
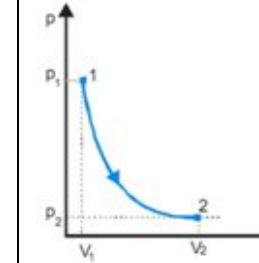
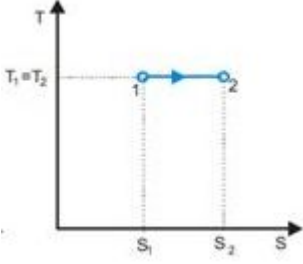
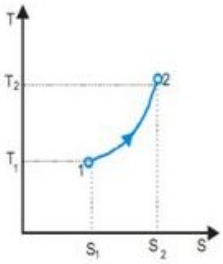
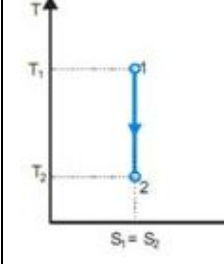
$$R_m = \sum_{i=1}^k g_i \cdot R_i - \text{stała gazowa mieszaniny,}$$

$$M_m = \sum M_i \cdot r_i - \text{masa cząsteczkowa mieszaniny,}$$

$$\rho = \sum r_i \cdot \rho_i - \text{gęstość mieszaniny}$$

$$c_{pm} = \sum g_i c_{pi}, \quad c_{vm} = \sum g_i c_{vi} - \text{ciepło właściwe mieszaniny dla 1kg}$$

$$\tilde{c}_{pm} = \sum y_i \tilde{c}_{pi}, \quad \tilde{c}_{vm} = \sum y_i \tilde{c}_{vi} - \text{dla 1 kilomola gazu;}$$

Przemiana	Izotermiczna	Izobaryczna	Izochoryczna	Adiabatyczna
stała	$T = T_1 = T_2 = \text{const}$	$p = p_1 = p_2 = \text{const}$	$v = v_1 = v_2 = \text{const}$	Brak wymiany ciepła z otoczeniem
Równania stanu	$p_1 v_1 = p_2 v_2 = RT$	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$p_1 v_1^k = p_2 v_2^k$ $T_1 v_1^{k-1} = T_2 v_2^{k-1}$ $T_1 p_1^{\frac{k-1}{k}} = T_2 p_2^{\frac{k-1}{k}}$
Jednostkowe ciepło przemiany $\left[\frac{J}{kg} \right]$	$q_{1-2} = l_{1-2} = l_{t1-2}$ $= RT \ln \frac{p_1}{p_2} = RT \ln \frac{v_2}{v_1} =$ $p_1 v_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = p_2 v_2 \ln \frac{p_1}{p_2} =$ $p_2 v_2 \ln \frac{v_2}{v_1} = p_1 v_1 \ln \frac{v_2}{v_1};$	$q_{1-2} = c_p(T_2 - T_1)$ $= \frac{k}{k-1} p(v_2 - v_1) =$ $\frac{k}{k-1} R(T_2 - T_1) =$	$q_{1-2} = \Delta u = u_2 - u_1 =$ $c_v(T_2 - T_1)$	$q_{1-2} = 0$
Praca bezwzględna właściwa	$l_{1-2} = l_{t1-2} = q_{1-2}$	$l_{1-2} = p(v_2 - v_1) = R(T_2 - T_1) = \frac{k-1}{k} \cdot q_{1-2}$	$l_{1-2} = 0$	$l_{1-2} = u_1 - u_2 =$ $= c_v(T_1 - T_2)$
Praca techniczna właściwa	$l_{t1-2} = q_{1-2} = l_{1-2}$	$l_{t1-2} = 0$	$l_{t1-2} = v(p_1 - p_2)$	$l_{t1-2} = h_1 - h_2 =$ $= c_p(T_1 - T_2)$
Zmiana energii właściwa	$\Delta u = 0$	$\Delta u = c_v(T_2 - T_1)$	$\Delta u = q_{1-2} = u_2 - u_1 =$ $c_v(T_2 - T_1)$	$\Delta u = c_v(T_2 - T_1)$
Entalpia właściwa $[J/kg]$	$\Delta h = 0$	$\Delta h = c_p(T_2 - T_1)$	$\Delta h = c_p(T_2 - T_1)$	$\Delta h = c_p(T_2 - T_1)$
Entropia właściwa $\left[\frac{J}{K kg} \right]$	$\Delta s = R \ln \frac{p_1}{p_2}$	$\Delta s = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} = c_p \ln \frac{v_2}{v_1}$	$\Delta s = c_v \ln \frac{T_2}{T_1}$	$\Delta s = 0;$
				
				

Przemiana politropowa

$$p_1 v_1^z = p_2 v_2^z; \quad \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^z; \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{z-1}{z}}; \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{z-1}$$

$$z = \frac{c - c_p}{c - c_v}; \quad c = c_v \frac{z-k}{z-1}; \quad z = \frac{l_{g \frac{p_2}{p_1}}}{l_{g \frac{v_2}{v_1}}}$$

$$l_{1-2} = \frac{1}{z-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) = \frac{R}{z-1} (T_1 - T_2); \quad l_{t1-2} = z \cdot l_{1-2};$$

$$q_{1-2} = c_v \frac{z-k}{z-1} (T_2 - T_1); \quad \Delta u = c_v (T_1 - T_2); \quad \Delta h = c_p (T_2 - T_1); \quad \Delta s = c \ln \frac{T_2}{T_1};$$