

**Idealni plin**  $du = c_v dT$   $dh = c_p dT$   
 $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$   $p \cdot V = n \cdot R_\mu \cdot T$

**Specifični toplinski kapacitet**  $c_p = c_v + R$   $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$   $c_n = c_v \frac{n - \kappa}{n - 1}$

#### Promjene stanja idealnog plina

- izohorna:  $w_{12} = 0$   $q_{12} = c_v (T_2 - T_1)$

- izobarna:  $w_{12} = p \cdot (v_2 - v_1) = R \cdot (T_2 - T_1)$   
 $q_{12} = c_p (T_2 - T_1)$

- izotermna:  $w_{12} = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = pv \ln \frac{p_1}{p_2} = q_{12}$

- politropska:  $p \cdot v^n = \text{konst.}$   $\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{n-1} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{n-1}{n}}$

$q_{12} = c_n (T_2 - T_1)$   $w_{12} = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{1 - n} = \frac{R(T_2 - T_1)}{1 - n}$

- adijabatska:  $n = \kappa$   $q_{12} = 0$   $w_{12} = -c_v \Delta T$   $w_{12} = -c_p \Delta T$

**Entalpija**  $h = u + pv$

#### I. Glavni stavak termodinamike

Zatvoreni sustav:  $q_{12} + u_1 + \frac{c_1^2}{2} + gz_1 = w_{12} + u_2 + \frac{c_2^2}{2} + gz_2$

Otvoreni sustav:  $q_{12} + h_1 + \frac{c_1^2}{2} + gz_1 = w_{12} + h_2 + \frac{c_2^2}{2} + gz_2$   
 $\dot{m} = \text{konst.}$

#### II. Glavni stavak termodinamike

**Promjena entropije**  $ds_{realno} = \frac{dq}{T} + ds_{proizvedena}$

$\Delta s = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$   $\Delta s = c_n \ln \frac{T_2}{T_1}$

**Gubitak meh. rada**:  $T_{ok} \Delta s_{uk}$

#### Eksergija (max. rad):

- eks. stupanj djelovanja:  $\zeta = \frac{w}{eks}$

$eks_{ZS} = w_{max} = u - u_{ok} - T_{ok}(s - s_{ok}) + p_{ok}(v - v_{ok})$  [J/kg]

$eks_{OS} = w_{max} = h - h_{ok} - T_{ok}(s - s_{ok})$  [J/kg]

**Kružni procesi**  $w = q_{dov} + q_{odv}$

Termički stupanj djelovanja Carnotov kružni proces

$\eta_t = \frac{w}{q_{dov}}$   $\eta_t = 1 - \frac{T_{odv}}{T_{dov}}$

#### Ljevokretni kružni proces

Faktor preobrazbe: - topl. pumpe  $\left| \frac{q_{dov}}{w} \right|$  - hladnjaka  $\left| \frac{q_{odv}}{w} \right|$

**Veličina stanja mješavine zasićene vode i pare** (npr. za entalpiju, x - udio pare):  $h = h' + x(h'' - h')$

#### Hidroenergija

Snaga:  $P_{HE} = 9,81 \cdot \rho \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta$  [W]

Jedn. strujanja:  $\frac{p}{\rho} + g \cdot h + \frac{c^2}{2} + w_r = w_0 = \text{konst.}$

Godišnja bruto energija vodotoka:  $W = 8760 \cdot 9,81 \cdot \eta \int_{H_u}^{H_i} Q_{sr} dH$  [kWh]

#### Nuklearna energija

Zakon i konstanta radioaktivnog raspada:  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$   $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$

Toplinska snaga reaktora:  $P = 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} N_{U-235} \cdot \sigma_f \cdot \phi$  [W]

Broj jezgara elementa i u masi m:  $N_i = m_i \cdot N_A / A_i$

Obogaćenje:  $e = m(U-235) / m(U)$

Broj jezgara U-235 ako je poznata masa UO<sub>2</sub> i obogaćenje e:  $N_{U-235} = e \cdot m_{UO_2} \cdot \frac{238}{270} \cdot \frac{N_A}{235}$

Ostatna toplinska snaga u ovisnosti o vremenu  $t$  (dan) nakon  $t_0$  dana pogona na snazi  $P_0$ :

$P(t) = 0,0061 \cdot P_0 [(t - t_0)^{-0.2} - t^{-0.2}]$

#### Potrošnja električne energije

Faktor opterećenja:  $m = W_{stvarno} / (T_{promatrano} \cdot P_{max})$

Faktor ravnomjernosti:  $m_D = P_{min} / P_{max}$

Dnevna krivulja trajanja opterećenja aproksimirana s tri pravca:

Točka prijeloma:  $(x, y) = (\alpha \cdot T_v, P_K + \beta \cdot P_v)$

Uvjeti:  $0 \leq \alpha \leq 1$   $0 \leq \beta \leq 1$   $\alpha + \beta = 2 \cdot \frac{W_v}{T_v \cdot P_v}$

#### Energija Sunca

Ozračenost pod kutem  $\beta$ :  $\overline{H}_\beta = \overline{H}_{b\beta} + \overline{H}_{d\beta} + \overline{H}_{r\beta}$

Korisna toplina:  $Q_k = F \cdot A [a \cdot G - k \cdot \Delta T] \cdot \Delta t$

Faktor punjenja:  $F = I_m \cdot U_m / (I_{KS} \cdot U_0)$

#### Energija vjetra

Snaga vjetroagregata:  $P = \eta \cdot c_p \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$

Standardna gustoća zraka:  $\rho = 1,225$  [kg/m<sup>3</sup>]

Energija:  $W_{god.} = 8760 \cdot r \cdot \sum_{v_i=v_p}^{v_m} P_i \cdot f_i = r \cdot \sum_{v_i=v_p}^{v_m} P_i \cdot t_i$

#### Izgaranje fosilnih goriva i emisije

$M(C) = 12$  g/mol  $M(O_2) = 32$  g/mol  $M(S) = 32$  g/mol

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>

Volumen plina:

$V_\mu = 22,4$  m<sup>3</sup>/kmol

$V = \frac{m \cdot V_\mu}{M}$