

Formularium – Mechanica II – deel Thermodynamica - 2004-2005

(definitieve versie)

Merk op: dit formularium is als geheugensteuntje voor de belangrijkste geziene formules. NIET mee te brengen op examen. Op het examen wordt slechts dat deel van het formularium ter beschikking gesteld door de docent, nodig voor het oplossen van de examen **oefening**-opgaven, dus zal ook NIET te gebruiken zijn voor het theorie deel. Eventuele grafieken en tabellen worden tijdens het examen ter beschikking gesteld.

Hoofdstuk 3: Eerste hoofdwet

Gesloten systeem:

$$Q = U_2 - U_1 + W$$

$$dQ = dU + dW$$

Omkeerbaar proces:

$$dW = pdV \quad W = \int_1^2 pdV \quad W = \oint pdV$$

$$dQ = dU + pdV$$

Ideaal gas:

$$U_2 - U_1 = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

$$dQ = mc_v dT + pdV = mc_p dT - Vdp$$

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

Hoofdstuk 4: Toestandsveranderingen van ideale gassen

Isobaar:

$$W = p(V_2 - V_1) = m \cdot R \cdot (T_2 - T_1)$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) = \frac{k}{k-1} \cdot p \cdot (V_2 - V_1)$$

Isochoor:

$$W = 0$$

$$Q = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1) = \frac{V}{k-1} \cdot (p_2 - p_1)$$

Isotherm:

$$Q = W = mRT \ln \frac{V_2}{V_1} = p \cdot V \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = mRT \ln \frac{p_1}{p_2} = p \cdot V \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Adiabaat:

$$Q = 0$$

$$W = -(U_2 - U_1) = -m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1) = \frac{-1}{k-1} \cdot (p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1)$$

Wetten van Poisson:

$$pV^k = cst \quad TV^{k-1} = cst \quad \frac{T^k}{p^{k-1}} = cst$$

Polytroop:

$$\text{Wetten van Poisson: } pV^n = cst \quad TV^{n-1} = cst \quad \frac{T^n}{p^{n-1}} = cst$$

$$W = \frac{-1}{n-1} mR(T_2 - T_1) = \frac{-1}{n-1} \cdot (p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1)$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \quad c = c_v - \frac{R}{n-1}$$

$$\frac{Q}{W} = \frac{k-n}{k-1}$$

Hoofdstuk 5: Positieve kringprocessen

Eerste hoofdwet: $\Sigma W = \Sigma Q$

$$\eta_{th} = \frac{\Sigma W}{\Sigma Q^+} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

Otto proces: $\eta_{th} = 1 - \frac{1}{c^{k-1}}$ compressieverhouding $c = \frac{V_1}{V_2}$

Carnot proces: $\eta_{th} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

Hoofdstuk 6: Open systemen

$$Q = W_i + \Delta H + \Delta E_k + \Delta E_p$$

Turbine: $w_i = h_1 - h_2$

Pomp: $W_i = -V \cdot (p_2 - p_1)$

Bernoulli: $p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c^2 + \rho \cdot g \cdot z = cst$ met snelheid c en hoogte z

Hoofdstuk 7: De tweede hoofdwet

Omkeerbaar proces:

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0$$

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad dS = \frac{dQ}{T}$$

$$S_2 - S_1 = mc \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (dQ = m \cdot c \cdot dT, c \text{ constant})$$

$$S_2 - S_1 = \frac{Q}{T} \quad (\text{isotherm})$$

Bijzondere omkeerbare polytropen:

Isobaar: $S_2 - S_1 = mc_p \ln \frac{T_2}{T_1} = mc_p \ln \frac{v_2}{v_1}$

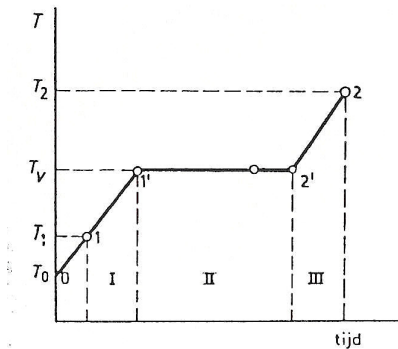
Isochoor: $S_2 - S_1 = mc_v \ln \frac{T_2}{T_1} = mc_v \ln \frac{p_2}{p_1}$

Isotherm: $S_2 - S_1 = mR \ln \frac{v_2}{v_1} = mR \ln \frac{p_1}{p_2}$

Omkeerbare Adiabaat of isentroop: $S_2 = S_1$

Overgang vloeistof-damp (figuur):

$$s_2 - s_1 = c \ln \frac{T_v}{T_1} + \frac{r}{T_v} + c_p \ln \frac{T_2}{T_v}$$



Natte damp:

$$s = xs_d + (1-x)s_{vl} \quad v = xv_d + (1-x)v_{vl}$$

Hoofdstuk 8: Enthalpie

$$H = U + pV$$

Eerste hoofdwet:

$$dQ = dH - Vdp$$

Toegevoerde warmte bij isobaar:

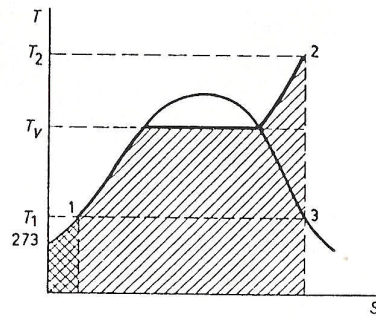
$$Q = H_2 - H_1$$

Toegevoerde warmte bij isobaar - Ideaal gas:

$$Q = H_2 - H_1 = mc_p(T_2 - T_1)$$

Overgang vloeistof-damp (figuur):

$$q_{1-2} = c(T_v - T_1) + r + c_p(T_2 - T_v) = h_2 - h_1$$



Natte damp: $h = xh_d + (1-x)h_v$

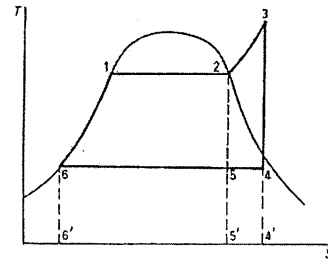
Hoofdstuk 9: Het kringproces in een turbine-installatie

warmtetoever bij **isobare verhitting:** $q_1 = h_3 - h_6$

geleverde arbeid bij **isentropie expansie:** $w_{i3-4} = h_3 - h_4$

warmteafvoer bij **isobare koeling:** $q_2 = h_6 - h_4$

$$\eta_{th} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1}$$



Hoofdstuk 10: Negatieve kringprocessen – de compressiekoelmachine

koudefactor: $\varepsilon = \frac{Q_2}{|W|}$

negatief Carnot proces: $\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$

warmtepomp - winstfactor: $WF = \frac{|Q_1|}{|W|} = \frac{Q_2 + |W|}{|W|} = \varepsilon + 1$