

### Energibalansen

Generelt  $\Delta E = \Delta U$

$$\Delta E = E_f - E_0 = E_{inn} - E_{ut} + Q + W$$

$$\Delta U = U_f - U_0 = U_{inn} - U_{ut} + Q + W$$

$$W = W_{flow} + W_n$$

$$\Delta U = H_{inn} - H_{ut} + Q + W_n$$

### Arbeid

Generelt  $W = W_{flow} + W_{\Delta V} + W_s + W_{el} + W_{annet}$

Strømningsarbeid  $W_{flow} = p_{inn}V_{inn} - p_{ut}V_{ut}$

Nyttig non-flow arbeid  $W_n = W_{\Delta V} + W_s + W_{el} + W_{annet}$

Mekanisk akselarbeid  $W_s$

Elektrokjemisk arbeid  $W_{el}$

Endring i systemets volum  $W_{\Delta V}$

### Strømmens entalpi

Definisjon summen av indre energi (U) og strømningsarbeid ( $W_{flow}$ )

Beregninger  $H_{inn} = U_{inn} + p_{inn}V_{inn}$

$$H_{ut} = U_{ut} + p_{ut}V_{ut}$$

### Stasjonær adiabatisk prosess uten akselarbeid

Definisjon Adiabatisk:  $Q = 0$

Akselarbeid:  $W_s = 0$

Beregninger  $H_{inn} = H_{ut}$

### Spesialtilfelle I: Lukket system

$$H_{inn} = H_{ut} = 0 \text{ og } W_{flow} = 0 \text{ (dvs } W = W_n)$$

$$U_f - U_0 = Q + W$$

$$W = W_n = W_{\Delta V} + W_{el} + W_{annet} = -\int_{V_0}^{V_f} p_{ex} dV + W_{el} + W_{annet}$$

Ingen masseutveksling

### Spesialtilfelle II: Isolert system

Isolert system ingen utveksling av arbeid eller varme med omgivelsene

$$Q = W = 0$$

$$U_f = U_0$$

### Spesialtilfelle III: Ingen akkumulering

$$U_f - U_0 = 0$$

$$V_f = V_0 \text{ og da er } W_{\Delta V} = -\int_{V_0}^{V_f} p_{ex} dV = 0$$

$$\text{Da er } H_{ut} - H_{inn} = Q + W_n$$

Systemets variable endres ikke med tiden

### Energibalansen med reaksjon

$$n_{A,ut} = n_{A,inn} + \sum_j \nu_{A,j} \xi_j \quad [\text{mol A; mol A/s}]$$

$$H_{ut} = H_{inn} + Q + W_n \quad [\text{J; J/s}]$$

### Entalpieregninger: blandeprosesser

Standardmetoden

1. Sett opp massebalanse
2. Sett opp den ekvivalente balansen der  $H_{inn} = H_{ut}$
3. Utvid med  $mC_p(T_i - T_{ref})$
4. Løs for den ukjente

Direkte evaluering

1. Sett opp entalpiendring for delprosesser
2. Sett opp  $H_{inn} - H_{ut} = 0$
3. Løs for den ukjente

### Beregninger: blandingsvarme

Formel  $\Delta T = T_{mix} - T_0$

$$\Delta T = -\Delta_{mix}H(T_0) / C_p$$

OBS Husk at  $\Delta_{mix}H_m(T_0)$  må multipliseres med antall mol løst stoff

$$\Delta_{mix}H(T_0) = \Delta_{mix}H_m(T_0) * n \text{ (løst stoff)}$$

Antakelser

1. Antar varmekapasitet som for vann
2. Antar lik temperatur før blanding

### Beregninger: forbrenningsreaksjoner

$$\Delta H_{rxn} = \Delta H_{rxn}^0 + \sum_{\text{produkter}} n C_{p,m} \Delta T - \sum_{\text{reaktanter}} n C_{p,m} \Delta T$$

### Beregninger: forbrenning med massebalanse

1. Hvis ikke oppgitt, sett antall mol som basis
2. Sett opp massebalanser
3. Beregn reaksjonsomfang og sammensetning utstrøm

$$n_A = n_{A,0} + \nu_A \xi$$

4. Bruk til å beregne  $\Delta H_{rxn}$  (se egen formel)

Må i tillegg ha info om  $C_p$  og  $\Delta H^0$

### Ventil: Isentalpsik trykkavspenning

**Isentalpisk**      Prosess uten endringer i entalpi og ingen varmeoverføring

$$Q = 0 \text{ og } H_2 = H_1$$

**Ideell gass**       $T_1 = T_2$

**Reell gass**       $T_1 \neq T_2$

**Joule-Thomson-effekt**      Når reell gass ekspanderes i en ventil, fås temperaturfall

**Flash-effekt**      Når væske ekspanderes i en ventil, fås fordamping og temperaturfall

