

Utvidgning

$$\kappa = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T\text{ [Pa}^{-1}\text{]}$$

Isobar volymutvidgningskoefficient

$$\alpha_V = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p\text{ [K}^{-1}\text{]}$$

Relativa volymändringen

$$\frac{dV}{V} = -\kappa \cdot dp + \alpha_V \cdot dT$$

Kinetisk gasteori

m = massan per partikel [kg]

Molara massan

$$M = mN_A$$

$$\nu R = Nk_B$$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$v_p = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{k_B T}{m}}$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8}{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{k_B T}{m}}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{k_B T}{m}}$$

$$\langle E_k \rangle = \frac{3k_B T}{2}$$

Ekvipartitionsprincipen

$$U = Nk_B T \cdot \frac{1}{2} \cdot (\text{\#frihetsgrader})\text{ [J]}$$

Energi i enatomig gas

$$U = N \frac{m \langle v^2 \rangle}{2} = \frac{3}{2} Nk_B T\text{ [J]}$$

Notera *Nk_BT = pV*

$$pV = \frac{2}{3} U$$

Medelfri väg

$$l = \frac{k_B T}{\sqrt{2} \pi d^2 p} = \frac{1}{n \sigma \sqrt{2}}$$

Där *d* = partikelns diameter

Stöttal

$$\nu^* = \frac{p}{\sqrt{2} \pi m k_B T} = \frac{1}{4} n \langle v \rangle\text{ [s}^{-1}\text{ m}^{-2}\text{]}$$

Maxwell-Boltzmanns hastighetsfördelning

$$n(v) = K \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}$$

om *∫ n(v) = ^N_V*, dvs om normaliserat

$$K = 4 \pi n \left(\frac{m}{2 \pi k_B T}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Värme

Energi för att förändra temp.

$$\Delta Q = mc \Delta T\text{ [J]}$$

Molar isokor värmekapacitet ideal gas

$$C_V = \frac{1}{\nu} \frac{dU}{dT}\text{ [J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}\text{]}$$

Enatomig ideal gas har

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

Molar isobar värmekapacitet ideal gas

$$C_p = C_V + R\text{ [J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}\text{]}$$

Molar värmekapacitet fast kropp

$$C_m = 3R\text{ [J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}\text{]}$$

Adiabatiska processer

C_p = isobara molara värmekapaciteten

C_v = isokora molara värmekapaciteten

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{c_p}{c_V}$$

$$pV^\gamma = \text{konst.}$$

$$Tp^{(1-\gamma)/\gamma} = \text{konst.}$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{konst.}$$

Adiabatiskt arbete på en gas

$$W = - \int_0^1 p dV = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{1 - \gamma}$$

Matematik

$$\text{Sfär: } A = 4 \pi r^2; V = \frac{4 \pi r^3}{3}$$

Värmetransport

λ = Värmekonduktivitet

α = Värmeövergångskoefficient

Ledning

$$U = \frac{\lambda}{d}\text{ [W K}^{-1}\text{ m}^{-2}\text{]}$$

Konvektion

$$U = \alpha\text{ [W K}^{-1}\text{ m}^{-2}\text{]}$$

Värmemotstånd

$$\frac{1}{\mathcal{C}} = \sum \frac{1}{\mathcal{C}_i}$$

Värmefflöde

$$\Phi = UA\left(T_i - T_u\right)$$

Kom ihåg: Vid jämvikt är värmeffödet

konstant, och i t.ex en vägg är värmeffödet

konstant genom hela väggen.

Första huvudsatsen

Arbete på en gas

$$dW = -pdV$$

Energiutbyte med omgivningen

$$dQ = dU + pdV$$

Derivatan av inre energi

$$dU = dQ + dW = dQ - pdV$$

Vid isokor process

$$dU = \nu C_V dT$$

Arbete på en gas

$$W = - \int_1^2 p dV$$

Isotermt kompressionsarbete på en gas

$$W_T = -\nu RT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Isobart kompressionsarbete på en gas

$$W_p = -p_2(V_2 - V_1)$$

Isokort arbete på en gas

$$W_V = 0$$

Andra huvudsatsen

Tillförs *dQ* reversibelt till ett system så är

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

Reversibel process i slutet system Δ*S* = 0

Irreversibel process i slutet system Δ*S* > 0

Övrigt om entropi

$$T = 0 \Rightarrow S = 0$$

W = antal möjliga mikroskopiska tillstånd

$$S = k_B \ln W$$

Om *S_A* är entropi för system *A* och *S_B*

entropi för system B så har *S_A* och *S_B* sett

som ett enda system entropin

$$S_{A \cup B} = S_A + S_B$$

$$\text{Need proof } \Delta S = \nu C_V \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} + \nu R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Entalpi

$$H = U + pV$$

$$dH = dU + pdV + Vdp$$

Fria energin (Helmholtz funktion)

$$F = U - TS$$

$$dF = dU - TdS - SdT$$

Fria entalpin (Gibbs funktion)

$$G = F + pV$$

ska vi kunna detta?

$$dG = -SdT + Vdp + \mu N$$

Vid isoterm process så är

$$dW = dF$$

Vid fasövergång är *H* ej kontinuerlig (med avseende på temperatur), *G* är kontinuerlig men dess derivata är inte det

$$H = G + TS$$

Carnotprocesser

$$T_H \geq T_C$$

Q_H Värme som tillförs vid *T_H*

Q_C Värme som tillförs vid *T_C*

$$\frac{|Q_H|}{T_H} = \frac{|Q_C|}{T_C}$$

−*W* = *Q_H* + *Q_C* (termer kan vara negativa)

$$|W| = |Q_H| - |Q_C|$$

$$\left(p + \frac{a_0}{v^2}\right) \cdot (v - b_0) = RT$$

Van der Waals tillståndsekvation

Strålning

ε = emissivitet; α = absorptionsfaktor

ρ = reflexionsfaktor; τ = transmissionsfaktor

$$\nu = \text{frekvens} = \frac{c}{\lambda}$$

$$\text{Svartkropp} \Rightarrow \varepsilon = 1$$

$$\sigma = \frac{2 \pi^5 k_B^4}{15 c^2 h^3}$$

$$\varepsilon(\nu) + \rho(\nu) + \tau(\nu) = 1$$

$$\varepsilon(\nu) = \alpha(\nu)$$

Kirchoffs lag

Strålningstäthet

Strålningsintensitet

Wiens förskjutningslag frekvens

Wiens förskjutningslag våglängd **skippa?**

Wiens förskjutningslag våglängd

$$u(\nu, T) = \frac{8 \pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \nu}{k_B T}} - 1}\text{ [J s m}^{-3}\text{]}$$

Planck-fördelningen

$$U(T) = V \frac{\pi^5}{15} \cdot \frac{8h}{c^3} \left(\frac{k_B T}{h}\right)^4\text{ [J]}$$

Total energi hålrumsstrålning

$$\varphi = \frac{1}{4V} U(T) c = \sigma T^4$$

Strålningstäthet hålrumsstrålning

$$E = h \nu = \frac{hc}{\lambda}\text{ [J]}$$

Fotonenergi

Konstanter

Massenhet	u	1.66054 · 10 ^{−27}	kg
Avogadros	<i>N_A</i>	6.02214 · 10 ²³	mol ^{−1}
Boltzmanns	<i>k_B</i>	1.38065 · 10 ^{−23}	J K ^{−1}
Gaskonstanten	R	8.3145	J mol ^{−1} K ^{−1}
Stefan-Boltzmanns	σ	5.6704 · 10 ^{−8}	W m ^{−2} K ^{−4}
Plancks	<i>h</i>	6.62607 · 10 ^{−34}	J s
Ljushastigheten	<i>c</i>	299 792 458	m s ^{−1}

Vettiga värden

Arbete vid sömn		1	W kg ^{−1}
Lätt arbete utvecklar vid 25% eff.		55-75	W
Energibehov människa (3000 kcal)		12	MJ d ^{−1}
Jordens radie	6.4 · 10 ⁶	m	
Månens radie	1.7 · 10 ⁶	m	
Sveriges area	4.5 · 10 ¹¹	m ²	
Värmekapacitet <i>c_{luft}</i>	1.007	kJ kg ^{−1} K ^{−1}	
Energidensitet Li-ion batteri	0.3 – 0.9	MJ kg ^{−1}	
Energidensitet trä	16	MJ kg ^{−1}	
Energidensitet kol	24	MJ kg ^{−1}	
Energidensitet fett	37	MJ kg ^{−1}	
Energidensitet bensin	44	MJ kg ^{−1}	
Energidensitet uran	8.1 · 10 ⁷	MJ kg ^{−1}	
Sveriges elkonsumption	1.5 · 10 ¹⁰	W	
Världens elkonsumption	2.1 · 10 ¹²	W	
Sveriges energikonsumption	7.4 · 10 ¹⁰	W	
Världens energikonsumption	1.5 · 10 ¹³	W	

Kemi

Atom	Atomnummer	Substans	<i>C_V</i> / <i>R</i>
Kol	6	<i>He</i>	1.52
Kväve	7	<i>H₂</i>	2.44
Syre	8	<i>N₂</i>	2.49
Neon	10	<i>O₂</i>	2.51
Glöm inte bort att		<i>CO</i>	2.53

molekyler är flera atomer

Ämne	Densitet	[kg m ^{−3}]
Kol		1050
Vatten		1000
Järn		7844
Luft		1.275
Helium		0.1785
Väte		0.0899
Nysnö		60
Packad snö		400
Is		850

Tillståndsekvationer för gaser

M = molara massan [kg mol^{−1}]; *m* = totala massan i systemet [kg]

$$\rho = \frac{m}{V}; p = \frac{\rho RT}{M} = \frac{Nk_B T}{V} = \frac{\nu RT}{V}; \nu = \frac{m}{M}$$

b ≈ molekylens volym; *a* ≈ växelverkan mellan partiklar

$$p = \frac{Nk_B T}{V - Nb} - a \left(\frac{N}{V}\right)^2$$

Van der Waals tillståndsekvation

$$b_0 = bN_A; a_0 = aN_A^2; v = \frac{V}{\nu}$$