

Termodynamik - Slafs

Aron Granberg, Daniel Kempe, Mårten Wiman

Utvidgning

κ = −⁠1 / V⁠ (∂V / ∂p) T [Pa^{−1}]

Isobar volymutvidgningskoefficient

*α*_V = ⁠1 / V⁠ (∂V / ∂T) p [K^{−1}]

Relativa volymändringen

dV / V = −*κ* · *dp* + *α*_V · *dT*

Kinetisk gasteori

m = massan per partikel [kg]

Molara massan

M = *m**N*_A

*ν**R* = *Nk*_{*B*}

n = ⁠N / V⁠

*v*_{*p*} = √2 · √⁠*k*_B*T* / *m*⁠

⟨*v*⟩ = √⁠8 / π⁠ · √⁠*k*_B*T* / *m*⁠

*v*_{*rms*} = √(*v*²) = √3 · √⁠*k*_B*T* / *m*⁠

⟨*E*_{*k*}⟩ = ⁠3 *k*_B*T*⁠⁠⁠2⁠

Ekvipartitionsprincipen

U = *Nk*_{*B*}*T* · ⁠1 / 2⁠ · (#frihetsgrader) [J]

Energi i enatomig gas

U = *N* ⁠⁠*m* ²⁠⁠⁠⁠*v* / 2⁠⁠⁠⁠⁠3⁠⁠*Nk*_{*B*}*T* [J]

Notera *Nk*_{*B*}*T* = *pV*

pV = ⁠2⁠/3 *U*

Konstanter

Massenhet	u	1.66054 · 10 ^{−27}	kg
Avogadros	<i>N</i> _A	6.02214 · 10 ²³	mol ^{−1}
Boltzmanns	<i>k</i> _{<i>B</i>}	1.38065 · 10 ^{−23}	J K ^{−1}
Gaskonstanten	R	8.3145	J mol ^{−1} K ^{−1}
Stefan-Boltzmanns	<i>σ</i>	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
Solens radie	7.0 · 10 ⁸	m
Sveriges area	4.5 · 10 ¹¹	m ²
Solens ytttemperatur	5800	K
Värmekapacitet <i>c</i> _{<i>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
Effekt (aktivt) kärnkraftverk	1-10	GW
Effekt (aktivt) vattenkraftverk	0.2-10	GW
Effekt (aktivt) vindkraftverk	1-5	MW

Medelfri väg

l = ⁠⁠*k*_B*T* / *p*⁠⁠⁠π *d*² √2⁠⁠⁠1 / *n*⁠ *π**d*² √2 [m]

Där *d* = partikelns diameter

Stöttal

ν^{*} = ⁠⁠⁠*p* / √2 π *m* *k*_B*T*⁠⁠⁠1 / *v*⁠⁠⁠1 / *n*⁠ *v* [s^{−1} m^{−2}]

Maxwell-Boltzmanns hastighetsfördelning

n(*v*) = K · *v*² · *e*^{−⁠⁠*m* ²⁠⁠⁠*v* / 2 *k*_B*T*⁠⁠⁠1 / *v*⁠}

om ∫ *n*(*v*)*dv* = ⁠⁠*N* / *V*⁠⁠⁠1 / *V*⁠, dvs om normaliserat

K = ⁠⁠4 π⁠⁠⁠π *n*⁠ ⁠⁠*m* / 2 *k*_B*T*⁠⁠⁠1 / *v*⁠ ⁠3⁠

Värme

Energi för att förändra temp.

ΔQ = *mcΔT* [J]

Molar isokor värmekapacitet ideal gas

*C*_{*V*} = ⁠1 / 2⁠ (∂U / ∂T) V [J mol^{−1} K^{−1}]

Enatomig ideal gas har

*C*_{*V*} = ⁠3⁠/2 *R*

Molar isobar värmekapacitet ideal gas

*C*_{*p*} = *C*_{*V*} + *R* [J mol^{−1} K^{−1}]

Molar isobar värmekapacitet ideal gas

*C*_{*p*} = ⁠1 / 2⁠ (∂H / ∂T) p [J mol^{−1} K^{−1}]

Molar värmekapacitet fast kropp

*C*_{*m*} = 3*R* [J mol^{−1} K^{−1}]

Adiabatiska processer

*C*_{*p*} = isobara molar värmekapaciteten

*C*_{*V*} = isokora molar värmekapaciteten

γ = ⁠*C*_p / *C*_V⁠ = ⁠*c*_p / *c*_V⁠

pV^{*γ*} = konst.

Tp^{(1−*γ*)/*γ*} = konst.

TV^{*γ*−1} = konst.

Adiabatiskt arbete på en gas

W = −∫ ⁠⁠*p*₁ *V*₁ −*p*₂ *V*₂⁠⁠⁠1 / *γ*⁠

Matematik

Sfär: *A* = 4π*r*²; *V* = ⁠⁠4 π⁠⁠⁠π *r*³⁠⁠⁠3⁠

Värmetransport

λ = Värmekonduktivitet

α = Värmeövergångskoefficient

Ledning

U = ⁠⁠λ / *Δ*⁠ [W K^{−1} m^{−2}]

Konvektion

U = *α* [W K^{−1} m^{−2}]

Värmemotstånd

⁠⁠1 / *Ḟ*⁠⁠⁠1 / *Ḟ*⁠ ⁠⁠1 / *Ḟ*⁠⁠⁠1 / *Ḟ*⁠

Värmeflöde

Φ = *U A* (*T*₁ − *T*_u)

Kom ihåg: Vid jämvikt är värmeflödet

konstant, och i t.ex en vägg är värmeflödet

konstant genom hela väggen.

Första huvudsatsen

Arbete på en gas

dW = −*pdV*

Energiutbyte med omgivningen

dQ = *dU* + *pdV*

Derivatn av inre energi

dU = *dQ* + *dW* = *dQ* − *pdV*

Vid isokor process

dU = *νC*_{*V*}*dT*

Arbete på en gas

W = −∫ ⁠⁠*p* *dV*⁠⁠⁠1 / *V*⁠⁠⁠2⁠

Isotermt kompressionsarbete på en gas

*W*_{*T*} = −*νRT* ln (⁠⁠⁠*V*₂ / *V*₁⁠⁠⁠1 / *V*₁⁠

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 = ⁠⁠*dQ* / *T*⁠⁠⁠1 / *T*⁠

Reversibel process i slutet system *ΔS* = 0

Irreversibel process i slutet system *ΔS* > 0

För ideal gas

ΔS = *νC*_{*V*} · ln ⁠⁠*T*₂ / *T*₁⁠⁠⁠1 / *V*₁⁠

Övrigt om entropi

T = 0 ⇒ *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* ∪ *B*} = *S*_{*A*} + *S*_{*B*}

Entalpi

H = *U* + *pV*

dH = *dU* + *pdV* + *Vdp*

Fria energin (Helmholtz funktion)

F = *U* − *TS*

dF = *dU* − *TdS* − *SdT*

Fria entalpin (Gibbs funktion)