

FORMELBLAD

Grundläggande mekanik och ellära

Medel- och momentanhastighet

$$v_{\text{medel}} = \frac{s}{t}, \quad v_{\text{momentan}} = \frac{ds}{dt}$$

Medel- och momentanacceleration

$$a_{\text{medel}} = \frac{v}{t} = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$$

$$a_{\text{momentan}} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

Rörelsemängd

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Kraft

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a}, \quad m \text{ konst.}$$

Arbete

$$W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Potentiell energi

$$W_{\text{pot}} = - \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = W_{\text{pot}}(B) - W_{\text{pot}}(A)$$

Rörelseenergi

$$W_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Medel- och momentan effekt

$$P_{\text{medel}} = \frac{W}{t}, \quad P_{\text{momentan}} = \frac{dW}{dt}$$

Coulombs lag

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Kraft på laddning i elektriskt fält

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

Kraft på laddning i magnetfält

$$F = q \cdot v \cdot B, \quad v \text{ vinkelrätt mot } B$$

Elektrisk potentiell energi

$$W = q \cdot E \cdot d$$

Spänning

$$U = \frac{W}{q}$$

Energi i kondensator

$$W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U$$

Medel- och momentanström

$$I_{\text{medel}} = \frac{Q}{t}, \quad I_{\text{momentan}} = \frac{dq}{dt}$$

Ohms lag

$$U = R \cdot I$$

Batteri

$$U = E - R_i \cdot I$$

Elektrisk medeleffekt

$$P_{\text{medel}} = \frac{W}{t} = U \cdot I$$

Seriekrets

$$U_{\text{TOT}} = U_1 + U_2 + \dots$$

Resistans seriekrets

$$R_{\text{TOT}} = R_1 + R_2 + \dots$$

Parallellkrets

$$I_{\text{TOT}} = I_1 + I_2 + \dots$$

Resistans parallellkrets

$$\frac{1}{R_{\text{TOT}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Kirchhoffs lag 1

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots = 0$$

Kirchhoffs lag 2

$$U_1 - R_1 I - R_2 I - U_2 = 0$$

Kondensatorns laddning

$$Q = C \cdot U$$

Kapacitans seriekrets

$$\frac{1}{C_{\text{TOT}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

Kapacitans parallellkrets

$$C_{\text{TOT}} = C_1 + C_2 + \dots$$

Magnetfält runt lång rak ledare

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

Inducerad spänning

$$e = -L \cdot \frac{di}{dt}$$

Där L är spolens induktans

Vinkelfrekvens

$$\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}$$

Momentanvärde, växelspanning

$$u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \alpha)$$

Effektivvärde, växelspanning

$$u = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$$

Induktiv reaktans

$$X_L = \omega \cdot L$$

Kapacitiv reaktans

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Resonans

$$X_C = X_L \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Impedans

$$Z = \frac{u}{i}$$

FORMELBLAD

Termodynamik

Värmeutvidgning

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \Delta T \quad \frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T \quad \beta = 3\alpha$$

Värme

$$Q = mc\Delta T \quad l_s = \frac{Q_s}{m} \quad l_a = \frac{Q_a}{m}$$

Vätsketryck

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{vätska}} + p_{\text{luft}} = \rho gh + p_{\text{luft}}$$

Ideala gaslagen

$$pV = NkT \quad \text{eller} \quad pV = nRT$$

där $n = \frac{m_{\text{tot}}}{M} = \frac{N}{N_A}$ och $R = kN_A$

Gasdensitet och partikeldensitet

$$\rho = \frac{m_{\text{tot}}}{V} = \frac{pM}{RT} \quad n_o = \frac{N}{V} = \frac{p}{kT}$$

Barometrisk höjdformeln

$$p = p_0 e^{-\rho_o gh / p_0} \quad h = \frac{p_o}{\rho_o g} \ln \frac{p_o}{p}$$

Relativ luftfuktighet

$$R_{LF} = \frac{p_{\text{vatten}}}{p_{\text{mättnad}}}$$

van der Waals' ekvation

$$\left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

Kritisk punkt

$$V_k = 3nb \quad T_k = \frac{8a}{27Rb} \quad p_k = \frac{a}{27b^2}$$

Molekylradie

$$r = \left(\frac{3b}{16\pi N_A}\right)^{1/3}$$

Ångtryckskurva

$$p = Ae^{-Ml_a / (RT)}$$

Reynolds' tal

$$\text{Re} = \frac{\rho v d}{\eta} \quad \text{Re} < 2300 \text{ laminär}$$

Volymflöde

$$\phi = \frac{dV}{dt} = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Bernoullis ekvation

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g y_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g y_2$$

Poiseuilles lag

$$\phi = \frac{\pi R^4 (p_1 - p_2)}{8\eta L}$$

Tryck (mikroskopiskt)

$$p = \frac{2}{3} n_o \frac{m_{en}}{2} \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} n_o \langle W_{kin} \rangle_{en}$$

Temperatur (mikroskopiskt)

$$\langle W_{kin} \rangle_{en} = \frac{3}{2} kT$$

Inre energi (ändring)

$$\Delta U = \frac{f}{2} Nk\Delta T = \frac{f}{2} nR\Delta T$$

Första huvudsatsen

$$Q = \Delta U + W \quad \text{med} \quad W = \int_1^2 p dV$$

Isokor

$$W \equiv 0$$

Isobar

$$W = p(V_2 - V_1)$$

Isoterm

$$W = Q = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Adiabat

$$W = -\Delta U$$

Molar värmekapacitet

$$C = Mc \quad C_V = \frac{f}{2} R \quad C_p = C_V + R$$

Adiabat (Poissons ekvationer)

$$T_1 V_1^{(\gamma-1)} = T_2 V_2^{(\gamma-1)}$$

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

Kvoten

$$\gamma \equiv \frac{C_p}{C_V} = \frac{c_p}{c_V} = 1 + \frac{2}{f}$$

Kretsprocess

$$Q_{netto} = W_{netto} = \oint p dV$$

Verkningsgrad

$$\eta = \frac{W_{netto}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - |Q_{ut}|}{Q_{in}} = 1 - \frac{|Q_{ut}|}{Q_{in}}$$

Ideal verkningsgrad

$$\eta = \frac{T_{varm} - T_{kall}}{T_{varm}} = 1 - \frac{T_{kall}}{T_{varm}}$$

Köldfaktor (def. och idealt)

$$K_f \equiv \frac{Q_{in}}{|W_{netto}|} \quad K_f = \frac{T_{kall}}{T_{varm} - T_{kall}}$$

Värmefaktor (def. och idealt)

$$V_f \equiv \frac{Q_{ut}}{W_{netto}} \quad V_f = \frac{T_{varm}}{T_{varm} - T_{kall}}$$

Medelvärden

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_{en}}} \quad \langle v \rangle = 2 \langle |v_x| \rangle$$

$$\langle W_{kin} \rangle = \left\langle \frac{m_{en} v^2}{2} \right\rangle = \frac{m_{en}}{2} \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} kT$$

Värmeledning (allmänt och stav)

$$P = -\lambda A \frac{dT}{dx} \quad P = \lambda A \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Värmeövergång

$$P = \alpha A \Delta T$$

Strålning

$$P_{ideal} = \sigma A T^4 \quad P_{verklig} = e P_{ideal}$$

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

TABELLER

$t/^{\circ}\text{C}$	Vatten/kPa
-30	0,0381
-20	0,103
-15	0,165
-10	0,260
-5	0,401
0	0,610
5	0,872
10	1,23
15	1,70
20	2,34
25	3,17
30	4,24
35	5,64
40	7,37
50	12,3
60	19,9
70	31,2
80	47,3
90	70,1
100	101,3
110	143,2
120	198,4
130	270,0

Tabell 1 Mättnads-
tryck för vatten.

Ämne	$\alpha/(10^{-6} \text{K}^{-1})$	Ämne	$\alpha/(10^{-6} \text{K}^{-1})$
Aluminium	23	Glas (typvärde)	6,0
Silver	19	Volfram	4,3
Mässing (Cu+Zn)	19	Marmor (typvärde)	2,5
Koppar	17	Invar (Fe+Ni)	2,0
Järn	12	Grafit	2,0
Stål	11	Diamant	1,2
Platina	9,0	Kvarts	0,4

Tabell 2 Längdutvidningskoefficient vid 20°C och normalt lufttryck.

Ämne	$\beta/(10^{-6} \text{K}^{-1})$	Ämne	$\beta/(10^{-6} \text{K}^{-1})$
Aceton	1490	Glycerin	500
Bensin	950	Vatten	210
Etanol	750	Kvicksilver	180

Tabell 3 Volymutvidningskoefficient vid 20°C och normalt lufttryck.

Fast ämne	$\rho/(10^3 \text{kg/m}^3)$	Vätska	$\rho/(10^3 \text{kg/m}^3)$
Aluminium	2,70	Aceton	0,79
Bly	11,3	Blod	1,06
Guld	19,3	Etanol	0,79
Järn	7,87	Eter	0,72
Koppar	8,93	Glykol	1,12
Platina	21,5	Kvicksilver	13,6
Silver	10,5	Vatten	1,00
Volfram	19,3	Ättika	1,12

Tabell 4 Densitet vid 20°C och normalt lufttryck.

Fasta ämnen	$c/(\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1})$	Vätskor	$c/(\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1})$
Aluminium	0,90	Vatten	4,19
Marmor	0,88	Havsvatten	3,90
Porslin	0,84	Eter	3,72
Glas (typvärde)	0,83	Metanol	2,55
Järn	0,44	Etanol	2,49
Koppar	0,39	Glykol	2,39
Mässing	0,38	Ättika	2,06
Silver	0,24	Olivolja	1,97
Volfram	0,14	Kvicksilver	0,14

Tabell 5 Specifik värmekapacitet vid 20°C och normalt lufttryck.

Vätska	η /(mPa·s)	Gas	η /(μ Pa·s)
Glycerin	1480	Syrgas (O ₂)	20,2
Motorolja	1000	Helium	19,4
Kvicksilver	1,55	Luft	18,4
Etanol	1,20	Kvävgas (N ₂)	17,6
Vatten	1,00	Koldioxid (CO ₂)	14,8
Aceton	0,32	Vätgas (H ₂)	8,7

Tabell 6 Viskositet vid 20°C.

Ämne	l_s /(kJ/kg)	Smältpunkt/°C	l_a /(kJ/kg)	Kokpunkt/°C
Helium			21	−269
Kvävgas N ₂	26	−210	200	−196
Syrgas O ₂	14	−218	210	−183
Metan	17	−182	130	−161
Etanol	105	−114	841	78
Eter	113	−116	377	35
Kvicksilver	12	−39	293	357
Vatten	333	0	2 260	100
Natrium	113	98	4 200	892
Bly	23	328	860	1 744
Aluminium	398	660	10 500	2 467
Platina	101	1769	2 370	3 827

Tabell 7 Specifikt smält- och ångbildningsvärme, smält- och kokpunkter vid och normalt lufttryck.

Gas	Kemisk beteckning	a /(10^{-2} Pa·m ⁶ ·mol ⁻²)	b /(10^{-5} m ³ ·mol ⁻¹)	r /(10^{-10} m)
Ammoniak	NH ₃	42,1	3,71	1,54
Argon	Ar	13,6	3,22	1,47
Helium	He	0,345	2,37	1,33
Koldioxid	CO ₂	36,3	4,27	1,62
Koloxid	CO	15,0	3,99	1,58
Krypton	Kr	23,4	3,98	1,58
Kvicksilver	Hg	81,7	1,70	1,19
Kvävgas	N ₂	14,0	3,94	1,57
Syrgas	O ₂	13,7	3,18	1,47
Vattenånga	H ₂ O	55,2	3,05	1,45
Vätgas	H ₂	2,47	2,66	1,38
Xenon	Xe	42,4	5,11	1,72

Tabell 8 Konstanterna i van der Waals' ekvation samt molekylradier.

Ämne	Beteckning	T_T /K	p_T /kPa
Ammoniak	NH ₃	195,4	6,07
Koldioxid	CO ₂	216,55	517
Kvävgas	N ₂	63,18	12,5
Neon	Ne	24,56	432
Syrgas	O ₂	54,36	0,152
Vatten	H ₂ O	273,16	0,610
Vätgas	H ₂	13,80	7,04

Tabell 9 Trippelpunkt för några vanliga ämnen.

FYSIKALISKA KONSTANTER

Ljusets fart i vakuum	c	299 792 458 m/s
Permeabiliteten i vakuum	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/(Am)
Permittiviteten i vakuum	ε_0	$8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12}$ As/(Vm)
Plancks konstant	h	$6,626\,068\,8(5) \cdot 10^{-34}$ Js
Elementarladdningen	e	$1,602\,176\,46(6) \cdot 10^{-19}$ C
Gravitationskonstanten	G	$6,673\,(10) \cdot 10^{-11}$ Nm ² /kg ²
Tyngdaccelerationen	g	9,806 65 m/s ²
Avogadros tal	N_A	$6,022\,142\,0(5) \cdot 10^{23}$ st/mol
Luftens (skenbara) molmassa	M_{luft}	$29,0 \cdot 10^{-3}$ kg/mol
Allmänna gaskonstanten	R	8,314 472(15) J/(molK)
Boltzmanns konstant	k	$1,380\,650\,3(24) \cdot 10^{-23}$ J/K
Elektronens vilomassa	m_e	$9,109\,381\,9(7) \cdot 10^{-31}$ kg
Elektronens viloenergi	$m_e c^2$	510,998 904 keV
Protonens vilomassa	m_p	$1,672\,621\,58\,(13) \cdot 10^{-27}$ kg
Protonens viloenergi	$m_p c^2$	938,271 997 MeV
Neutronens massa	m_n	$1,674\,927\,16\,(13) \cdot 10^{-27}$ kg
Stefan-Boltzmanns konstant	σ	$5,670\,40(4) \cdot 10^{-8}$ W/(m ² K ⁴)
Wiens förskjutningskonstant	b	$2,897\,769\,(5) \cdot 10^{-3}$ Km
Rydbergskonstanten	R_∞	$1,097\,373\,156\,855(8) \cdot 10^7$ m ⁻¹
för väte	R_H	$1,096\,775\,83(2) \cdot 10^7$ m ⁻¹

Siffror inom parentes visar onoggrannheten (standardavvikelsen) i den sista givna siffran.

Enhetsomvandling.

1 u = 1,660 538 73 · 10 ⁻²⁷ kg
1 u = 931,494 MeV/c ²
1 eV = 1,602 176 46 · 10 ⁻¹⁹ J

PERIODISKA SYSTEMET

																	2								
1																	He								
2																	2								
1,0																	4,0								
3	4															5	6	7	8	9	10				
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne				
2	1															2	2	2	3	1	3				
6,9	9,0															10,8	12,0	14,0	16,0	19,0	20,2				
11	12															13	14	15	16	17	18				
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar				
1	3															1	3	1	4	2	3				
23,0	24,3															27,0	28,1	31,0	32,1	35,5	39,9				
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36								
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr								
3	6	1	5	2	4	1	4	1	5	2	5	2	6	1	6	2	6								
39,1	40,1	45,0	47,9	50,9	52,0	54,9	55,8	58,9	58,7	63,5	65,4	60,7	72,6	74,9	79,0	79,9	83,6								
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54								
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe								
2	4	1	5	1	7	-	7	1	6	2	8	2	10	2	8	1	9								
85,5	87,6	88,9	91,2	92,9	95,9	(99)	101	103	106	108	112	115	119	122	128	127	131								
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86								
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn								
1	7	2	6	2	5	2	7	2	6	1	7	2	4	1	-	-	-								
133	137	139	178	181	184	186	190	192	195	197	201	204	207	209	(210)	(218)	(222)								
87	88	89	104	105	106	107	108	109																	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt																	
(223)	(226)	(227)	(257)	(262)	(263)	(262)	(265)	(266)																	
Lantanider			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71									
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu									
			4	1	7	-	7	2	7	1	7	1	6	1	7	2									
			140	141	144	(147)	150	152	157	159	163	165	167	169	173	175									
Aktinider			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103									
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr									
			(232)	(231)	(238)	(237)	(239)	(243)	(245)	(247)	(249)	(254)	(257)	(258)	(255)	(260)									