

Formelsamling i fysik

University Physics by Benson

Augusti 1999

Contents

Fysikaliska konstanter och enheter	3
SI enheter	3
Grundenheter	3
Härledda enheter	3
Tilläggsenheter	3
Konstanter	4
Grekiska alfabetet	4
Prefix	4
Enhetsomvandlingar för enheter utanför SI	5
Mekanik	6
Beteckningar	6
Likformigt accelererad translationsrörelse	6
Partikelsystem	6
Friktionsrörelse	6
Cirkulär rörelse	6
Energ, effekt och arbete	7
Rotationsrörelse	7
Gravitation	7
Tryck och flöden	7
Termodynamik	8
Beteckningar	8
Värme och temperatur	8
Energitransport	8
Kinetisk gasteori	9
Värmemaskiner	9
Termodynamikens huvudsatser	9
Ellära	11
Beteckningar	11
Elektrostatik	11
Coulombs lag	11
Elektriska fält	11
Elektriskt flöde	12
Elektrisk potential	12
Kondensatorer	12
Elektrisk ström och resistans	12
Statiska magnetfält	13
Kraftverkan på laddningar och ledare i magnetfält	13
Magnetiska dipoler	13
Magnetiskt fält kring ledare	13
Magnetiskt flöde	13
Tidsberoende fält	13
Elektromagnetisk induktion	13
Maxwells ekvationer på integralform	14
Växelströmskretsar	14
Vågrörelselära och optik	15
Beteckningar	15
Harmonisk svängningsrörelse	15
Massa i en fjäder	15
Pendel	16
Mekaniska vågor	16
Ljud	16
Elektromagnetisk strålning	16
Lineär optik	17
Vågoptik	17
Fotometri	17

Modern fysik	18
Relativitetsteori	18
Tidsdilation och längdkontraktion	18
Doppler effekt	18
Lorentz transformation	18
Addition av hastigheter	18
Energi och rörelsemängd	18
Kvantmekanik	18
Svartkroppsstrålning	18
Fotoelektrisk effekt	18
Compton effekt	18
Bohrs atommodell	18
De Broglie vågor	18
Schrödingers vågekvation	18
Heisenbergs osäkerhetsrelationer	18
Atomfysik	19
Kvanttal	19
Väteatomer och vätelika joner	19
Övergångsregler för dipolstrålning	19
Kärnfysik	19
Sönderfall	19
Bindningsenergi	19
Elementarpartikelfysik	19
Kvarkar	19
Några vanliga partiklar	20

Fysikaliska konstanter och enheter

SI enheter

Grundenheter

Beteckning	Namn	Storhet
m	meter	längd
kg	kilogram	massa
s	sekund	tid
A	ampere	elektrisk ström
K	kelvin	termodynamisk temperatur
cd	candela	ljusstyrka
mol	mol	substansmängd
rad	radian	plan vinkel
sr	steradian	rymdvinkel

Härledda enheter

Beteckning	Namn	Definition	Storhet
Hz	herz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$	frekvens
N	newton	$1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$	kraft
J	joule	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$	energi
W	watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	effekt
Pa	pascal	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$	tryck
V	volt	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$	elektrisk potential, spänning
C	coulomb	$1 \text{ C} = 1 \text{ As}$	elektrisk laddning
Ω	ohm	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$	resistans
F	farad	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$	kapacitans
H	henry	$1 \text{ H} = 1 \Omega\text{s}$	induktans
S	siemens	$1 \text{ S} = 1 \text{ A/V}$	konduktans
Wb	weber	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ Vs}$	magnetiskt flöde
T	tesla	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$	magnetiskt flödestäthet
Bq	becquerel	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$	strålningsaktivitet
Gy	gray	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$	absorberad stråldos
Sv	sievert	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$	ekvivalent stråldos
lm	lumen	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$	ljusflöde
lx	lux	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$	belysning

Tilläggsenheter

Beteckning	Namn	Definition	Storhet
min	minut	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$	tid
h	timme	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$	tid
d	dygn	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$	tid
°	grad	$1^\circ = \pi/180 \text{ rad}$	plan vinkel
'	minut	$1' = (1/60)^\circ$	plan vinkel
''	sekund	$1'' = (1/60)'$	plan vinkel
gon	gon	$1 \text{ gon} = (\pi/200) \text{ rad}$	plan vinkel
l	liter	$1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$	volym
t	ton	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$	massa

Konstanter

Konstant	Beteckning	Mätetal	Enhet
Allmänna gaskonstanten	R	8.314510	J/(mol K)
Atommassenheten	u	$1.6605402 \cdot 10^{-27}$	kg
Avogadros tal (partiklar per mol)	N_A	$6.0221367 \cdot 10^{23}$	mol ⁻¹
Bohrradien	a_0	$5.29177249 \cdot 10^{-11}$	m
Boltzmanns konstant	$k_B = R/N_A$	$1.380658 \cdot 10^{-23}$	J/K
Elektronens vilomassa	m_e	$9.1093897 \cdot 10^{-31}$	kg
Elementarladdningen	e	$1.60217733 \cdot 10^{-19}$	C
Gravitationskonstanten	G	$6.67259 \cdot 10^{-11}$	Nm ² /kg ²
Ljuset hastighet i vakuum	c	$2.99792458 \cdot 10^8$	m/s (exakt)
Neutronens vilomassa	m_n	$1.6749286 \cdot 10^{-27}$	kg
Permeabiliteten för vakuum	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	Vs/(Am)
Permittiviteten för vakuum	$\epsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2)$	$8.8541878... \cdot 10^{-12}$	As/(Vm)
Plancks konstant	h	$6.6260755 \cdot 10^{-34}$	Js
	$\hbar = h/2\pi$	$1.0545727 \cdot 10^{-34}$	Js
Protonens vilomassa	m_p	$1.6726231 \cdot 10^{-27}$	kg
Stefan-Boltzmanns konstant	σ	$5.67051 \cdot 10^{-8}$	W/(m ² K ⁴)

Grekiska alfabetet

Gemena	Versaler	Namn	Gemena	Versaler	Namn
α	A	alfa	ν	N	ny
β	B	beta	ξ	Ξ	ksi
γ	Γ	gamma	$\omicron$	O	omikron
δ	Δ	delta	π	Π	pi
ϵ	E	epsilon	ρ	P	ro
ζ	Z	zeta	σ, ς	Σ	sigma
η	H	eta	τ	T	tau
θ, ϑ	Θ	teta	υ	Υ	ypsilon
ι	I	jota	ϕ, φ	Φ	fi
κ	K	kappa	χ	X	chi
λ	Λ	lambda	ψ	Ψ	psi
μ	M	my	ω	Ω	omega

Prefix

Tiopotens	Prefix	Symbol	Tiopotens	Prefix	Symbol
10^{18}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	milli	m
10^9	giga	G	10^{-6}	mikro	μ
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	kilo	k	10^{-12}	piko	p
10^2	hekto	h	10^{-15}	femto	f
10^1	deka	da	10^{-18}	atto	a

Enhetsomvandlingar för enheter utanför SI

Längd	Tid
1 inch (in.) = 2.54 cm (exakt)	1 d = 24 h = $1.44 \cdot 10^3$ min = $8.640 \cdot 10^4$ s
1 foot (ft) = 12 in. = 0.3048 m	1 år (a) = 365.24 d = $3.156 \cdot 10^7$ s
1 mile (mi) = 5280 ft = 1.609 km	
1 km = 0.6215 mi	Kraft
1 fermi (fm) = 10^{-15} m	1 N = 10^5 dyne = 0.2248 lb
1 ångström (Å) = 10^{-10} m	1 lb = 4.448 N
1 nautisk mil = 6076 ft = 1.151 mi = 1852 m	Tyngden av 1 kg är 2.205 lb
1 astronomisk enhet (AU) = $1.4960 \cdot 10^{11}$ m	
1 ljusår = $9.4607 \cdot 10^{15}$ m	Energi
Area	1 J = 10^7 ergs = 0.7376 ft lb
1 m ² = 10^4 cm ² = 10.76 ft ²	1 eV = $1.602 \cdot 10^{-19}$ J
1 ft ² = 0.0929 m ²	1 cal = 4.186 J
1 in. ² = 6.452 cm ²	1 Cal = 4186 J
1 mi ² = 640 acres	1 kWh = $3.600 \cdot 10^6$ J = 3412 Btu
1 hektar (ha) = 10^4 m ² = 2471 acres	1 u är ekvivalent med 931.5 MeV
1 acre = 43560 ft ²	
Volym	Effekt
1 m ³ = 10^6 cm ³ = $6.102 \cdot 10^4$ in. ³	1 hästkraft (hk) = 550 ft lb/s = 745.7 W
1 ft ³ = 1728 in. ³ = $2.832 \cdot 10^{-2}$ m ³	1 W = 1 J/s = 0.7376 ft lb/s = 745.7 W
1 liter = 10^3 cm ³ = 0.0353 ft ³ = 1.0576 US qt	1 Btu/h = 0.2931 W
1 ft ³ = 28.32 liter = 7.481 US gal	
= $2.832 \cdot 10^{-2}$ m ³	Tryck
1 US gal = 3.786 liter = 231 in. ³	1 Pa = 1 N/m ² = $1.450 \cdot 10^{-4}$ lb/in. ²
1 Imperial gal = 1.201 US gal = 277.42 in. ³	1 atm = 760 mm Hg = $1.013 \cdot 10^5$ N/m ²
	= 14.70 lb/in. ²
	1 bar = 10^5 Pa = 0.9870 atm
	1 torr = 1 mm Hg = 133.3 Pa
Massa	
1 u = $1.6605 \cdot 10^{-27}$ kg	
1 metriskt ton (t) = 1000 kg	
1 slug = 14.59 kg	
1 ton (avoirdupois) = 907.2 kg	

Mekanik

Beteckningar

Storhet	Beteckning	SI enhet
Acceleration	$\mathbf{a}$	m/s ²
Arbete	W	J
Densitet	ρ	kg/m ³
Fart	v	m/s
Fjäderkonstant	k	N/m
Friktionskoefficient	μ	
Hastighet	$\mathbf{v}$	m/s
Hävarm	$l \sin \theta$	m
Impuls	$\mathbf{I}$	Ns
Kinetisk energi	K	J
Kraft	$\mathbf{F}$	N
Luftmotståndskoefficient, laminärt	γ	kg/s
Luftmotståndskoefficient, turbulent	C_D	
Massa	M, m	kg
Positionsvektor	$\mathbf{r}$	m
Potentiell energi	U	J
Rörelsemängd	$\mathbf{p}$	kgm/s
Rörelsemängdsmoment	$\mathbf{L}$	kgm ² /s
Tryck	P	Pa
Tröghetsmoment	I	kgm ²
Vinkel	θ	rad
Vinkelacceleration	α	rad/s ²
Vinkelhastighet	ω	rad/s
Viskositet	η	Ns/m
Volym	V	m ³
Vridmoment	τ	Nm

Likformigt accelererad translationsrörelse

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

$$\mathbf{F}_{\text{ext}} = \mathbf{0} \Rightarrow \mathbf{p} \text{ konstant}$$

$$\mathbf{I} = \Delta\mathbf{p} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = \bar{\mathbf{F}}\Delta t$$

Partikelsystem

$$\mathbf{v}_{\text{cm}} = \frac{\sum_i m_i \mathbf{v}_i}{M}$$

$$\mathbf{F}_{\text{ext}} = M\mathbf{a}_{\text{cm}} = \frac{d\mathbf{P}}{dt}$$

$$\mathbf{P} = \sum_i m_i \mathbf{v}_i = M\mathbf{v}_{\text{cm}}$$

$$E_k = E_{k_{\text{cm}}} + E_{k_{\text{rel}}}$$

Friktionsrörelse

$$F_f = \mu N$$

μ : friktionskoefficient

$$F_f = \gamma v$$

γ : luftmotståndskoefficient, laminärt (långsamt, liten kropp)

$$F_f = \frac{1}{2}C_D \rho A v^2 = kv^2$$

C_D : luftmotståndskoefficient, turbulent (snabbt, stor kropp)

Cirkulär rörelse

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

$$\mathbf{F} = m\omega^2 \mathbf{r}$$

Energi, effekt och arbete

$$W = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$$

$$W = \Delta E_p$$

$$U = mgh \text{ eller } \frac{1}{2}kx^2$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = Fv \cos \theta$$

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

$$F = -\frac{dE_p}{dx} = -kx$$

Rotationsrörelse

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

$$\tau = I\alpha$$

$$L = I\omega = rp \sin \theta$$

$$I = \sum_i m_i r_i^2$$

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$\tau = Fl \sin \theta$$

$$\boldsymbol{\tau}_{\text{ext}} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$$

Gravitation

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

På jorden har vi $g = G \frac{M}{R^2}$ dvs $F = mg$

$$E_p = -G \frac{mM}{r}$$

Tryck och flöden

$$P = \frac{F}{A}$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

$$F = \frac{\eta A v}{y}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi R^4 (P_2 - P_1)}{8\eta L}$$

$$P = P_0 + \rho gh$$

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{konstant}$$

η : viskositeten

R : radie

Termodynamik

Beteckningar

Storhet	Beteckning	SI enhet
Antal mol	n	
Antal partiklar	N	
Arbete	W	J
Area	A	m ²
Densitet	ρ	kg/m ³
Diffusionskoefficient	D	m ² /s
Emissionstal	e	
Entropi	S	J/K
Fart	v	m/s
Fasövergångsvärme	L	J/kg
Inre energi	U	J
Kinetisk energi	K	J
Längd	l	m
Längdutvidgningskoefficient	α	K ⁻¹
Massa	m	kg
Molar värmekapacitet	C	J/(mol K)
Specifik värmekapacitet	c	J/(kg K)
Temperatur	T	K
Tryck	P	Pa
Verkningsgrad	ϵ	
Volym	V	m ³
Volymutvidgningskoefficient	β	K ⁻¹
Värme	Q	J
Värmeledningsförmåga	κ	W/(m K)

Värme och temperatur

Värmeutvidgning

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

Längdutvidgning

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

Volymutvidgning

$$\beta = 3\alpha$$

Fasta material

Kalorimetri

$$\Delta Q = cm\Delta T = Cn\Delta T$$

Värmeöverföring

$$\Delta Q = mL$$

Fasövergång

Energitransport

Värmeledning

$$\frac{dQ}{dt} = -\kappa A \frac{dT}{dx}$$

Fouriers lag

$$Q = \frac{\kappa A \Delta T}{l} t$$

Temperaturen varierar linjärt i materialet

Värmestrålning

$$\frac{dQ}{dt} = e\sigma AT^4$$

Stefan-Boltzmanns strålningslag

Diffusion

$$\frac{dm}{dt} = -DA \frac{dC}{dx}$$
$$m = \frac{DA\Delta C}{l}t$$

Ficks diffusionslag. C = Lösningens koncentration i kg/m^3 .

Koncentrationen varierar linjärt i kanalen.

Kinetisk gasteori

Ideala gaser

$$PV = Nk_{\text{B}}T = nRT$$

Allmänna gaslagen

$$U = \frac{3}{2}Nk_{\text{B}}T$$

Inre energin för en ideal en-atomig gas.

$$C_P - C_V = R$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

$$PV^\gamma = \text{konstant}$$

Kvasistatisk, adiabatisk process för en ideal en-atomig gas.

Tryck

$$P = \frac{\rho v_{\text{rms}}^2}{3}$$

$\overline{A}$ = Aritmetiskt medelvärde

$A_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{A^2}}$ = Kvadratisk medelvärde

Medelkinetisk energi per partikel

$$K_{\text{av}} = \frac{mv_{\text{rms}}^2}{2} = \frac{3}{2}k_{\text{B}}T$$

Ekvipartitionsprincipen

Varje frihetsgrad ger bidraget

$$\Delta U = \frac{1}{2}k_{\text{B}}T$$

till den inre energin.

Värmemaskiner

$$\epsilon = \frac{W}{Q_{\text{H}}}$$

Verkningsgrad

$$\epsilon_{\text{C}} = 1 - \frac{T_{\text{C}}}{T_{\text{H}}}$$

Verkningsgrad för en ideal Carnotprocess.

$$\epsilon_{+} = \frac{Q_{\text{H}}}{W}$$

Värmefaktor

$$\epsilon_{-} = \frac{Q_{\text{C}}}{W}$$

Kylfaktor

Termodynamikens huvudsatser

Arbete och entropi

$$dW = PdV$$

$\Rightarrow$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV$$

Kvasistatisk process.

$$dS = \frac{dQ_{\text{R}}}{T}$$

$\Rightarrow$

$$\Delta S = S_f - S_i = \int_i^f \frac{dQ_{\text{R}}}{T}$$

Reversibel process.

Nollte huvudsatsen

Två system som var för sig är i termisk jämvikt med ett tredje system är i termisk jämvikt med varandra.

Första huvudsatsen

Inre energin konserveras i ett slutet system.

$$\Delta U = Q - W$$

ΔU = Förändringen i systemets inre energi.

$Q > 0$ om systemet tillförs värme.

$W > 0$ om systemet uträttar arbete på omgivningen.

Andra huvudsatsen

I ett slutet system ökar entropin.

$$\Delta S \geq 0$$

$\Delta S = 0$ endast för reversibla processer.

Tredje huvudsatsen

Entropin vid absoluta nollpunkten är noll.

Ellära

Beteckningar

Storhet	Symbol	SI enhet
Antal spolvarv	N	
Area	A	m ²
Dipolmoment	μ	Am ²
Effekt	P	W
Elektriskt flöde	Φ_E	A/Vm
Elektrisk ledningsförmåga	σ	A/Vm
Elektrisk potential	V	V
Elektrisk spänning	V	V
Elektrisk ström	I	A
Elektriskt fält	$\mathbf{E}, E$	V/m
Elmängd, laddning	Q, q	C
Energi	W	J
Enhetsvektor	$\hat{\mathbf{r}}$	m
Fart	v	m/s
Fasförskjutning	φ	rad
Frekvens	f	Hz
Hastighet	$\mathbf{v}$	m/s
Impedans	Z	Ω
Induktans	L	H
Kapacitans	C	F
Kapacitivitet	$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$	F/m
Kraft	$\mathbf{F}, F$	N
Kraftmoment	τ	Nm
Längd, avstånd	l, r, d	m
Längdvektor	$\mathbf{l}$	m
Magnetiskt föde	Φ_B	Wb
Magnetisk födestäthet	$\mathbf{B}, B$	T
Permeabilitet	$\mu = \mu_r \mu_0$	
Period	T	s
Positionsvektor	$\mathbf{r}$	m
Reaktans	X	Ω
Relativ kapacitivitet	ϵ_r	
Relativ permeabilitet	μ_r	
Resistans	R	Ω
Resistivitet	ρ	Ωm
Vinkelfrekvens	ω	rad/s

Elektrostatik

Coulombs lag

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

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (\text{Kraftens storlek.})$$

Elektriska fält

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0}$$

Elektriskt fält. q_0 liten testladdning.

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

Fältet från en punktladdning.

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

Fältet från en godtycklig laddningsfördelning.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Fältets storlek mellan två plattor med oändlig utsträckning.

Elektriskt flöde

$$\Phi_E = EA \cos \theta = \mathbf{E} \cdot \mathbf{A}$$

$$\Phi_E = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Flödet från ett homogent fält genom en plan yta.

Flödet genom en godtycklig yta.

Gauss sats. Nettoutflödet genom en godtycklig sluten yta.

Elektrisk potential

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$$

$$U = V_B - V_A = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}.$$

Potentialen från en punktladdning.

Potentialen från en godtycklig laddningsfördelning.

Potentialskillnaden (spänningen) mellan två punkter.

Kondensatorer

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

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

$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2 + \dots + C_N$$

$$W_E = \frac{CU^2}{2}$$

$$w_E = \epsilon \frac{E^2}{2}$$

Kapacitans.

Kapacitansen hos en plattkondensator.

Seriekoppling av kondensatorer.

Parallellkoppling av kondensatorer.

Kondensatorns energiinnehåll.

Det elektriska fältets energitäthet.

Elektrisk ström och resistans

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$\mathbf{J} = \frac{\mathbf{E}}{\rho}$$

$$J = \frac{I}{A}$$

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0))$$

$$V = RI$$

$$P = UI$$

$$U = \mathcal{E} - R_i I$$

$$\sum I = 0$$

Elektrisk ström.

Elektrisk strömätthet.

Strömtäthetens storlek.

Resistansen i en tråd.

Resistivitetsens temperaturberoende.

Ohms lag.

Joules lag. Elektrisk effekt.

Samband mellan ems ($\mathcal{E}$), inre resistans (R_i) och polspänning (U) hos ett galvaniskt element.

Kirchhoff I: Summan av alla strömmar i en knutpunkt är noll.

Kirchhoff II: Summan av potentialändringarna i en sluten krets är noll.

Seriekoppling av resistorer.

Parallellkoppling av resistorer.

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

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

Statiska magnetfält

Kraftverkan på laddningar och ledare i magnetfält

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Kraften på en laddad partikel i ett magnetfält.

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Lorentz kraften. Kraften på en laddad partikel i kombinerade elektriska och magnetiska fält.

$$\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

Kraften på en strömförande rak ledare.

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d}$$

Kraft per längdenhet på två långa parallella strömförander ledare.

$$d\mathbf{F} = Id\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

Kraften på strömelementet $d\mathbf{l}$.

Magnetiska dipoler

$$\boldsymbol{\mu} = I\mathbf{A}$$

Dipolmoment.

$$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}$$

Kraftmoment.

$$W_p = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$$

Potentiell energi.

Magnetiskt fält kring ledare

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

Magnetfält kring en rak (oändligt) lång strömförande ledare.

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

Biot-Savarts lag. Fältet från ett strömelement $d\mathbf{l}$.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$$

Ampères lag.

Magnetiskt flöde

$$\Phi_B = BA \cos \theta = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$$

Flödet från ett homogent fält genom en plan yta.

$$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

Flödet genom en godtycklig yta.

Tidsberoende fält

Elektromagnetisk induktion

$$\mathcal{E} = vBl$$

Induceras ems då en ledare rör sig vinkelrätt mot ett magnetfält.

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Faradays lag. Inducerad spänning i en slinga.

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

Självinduktans.

$$\mathcal{E}_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$$

Ömsesidig induktans.

$$W_L = \frac{LI^2}{2}$$

Induktansens energiinnehåll.

$$w_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

Magnetiska fältets energitäthet.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Vinkelfrekvens för LC -krets.

Maxwells ekvationer på integralform

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Gauss sats.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

Gauss sats för magnetism.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Faradays lag.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \left(I + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)$$

Maxwell-Ampères lag.

Växelströmskretsar

$$I_{\text{eff}} = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}, \quad U_{\text{eff}} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$$

Samband mellan effektivvärde och toppvärde.

$$Z = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$$

Impedans.

$$P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$$

Effekt. $\cos \varphi$ är effektfaktorn.

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

Reaktansen hos en kondensator.

$$X_L = \omega L$$

Reaktansen hos en spole.

$$i(t) = \hat{i} \sin \omega t.$$

Strömmens momentanvärde.

$$u_R(t) = \hat{i} R \sin \omega t.$$

Spänningsfall över en resistans.

$$u_C(t) = \frac{\hat{i}}{\omega C} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}).$$

Spänningsfall över en kapacitans.

$$u_L(t) = \hat{i} \omega L \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}).$$

Spänningsfall över en induktans.

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Total impedans i en seriekrets.

$$\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Fasvinkel i seriekrets.

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Resonansfrekvens i seriekrets.

Vågrörelselära och optik

Beteckningar

Storhet	Symbol	SI enhet
Area	A	m ²
Bildavstånd	q	m
Brytningsindex	n	
Brännvidd	f	m
Densitet	ρ	kg/m ³
Effekt	P	W
Elektriskt fält	E	V/m
Energitäthet	u	J/m ³
Fart	v	m/s
Fjäderkonstant	k	N/m
Frekvens	f	Hz
Förstoring	m	
Intensitet	S	W/m ²
Kraft	F	N
Ljudintensitet	I	W/m ²
Ljudnivå	L	dB
Längd	l	m
Magnetiskt fält	B	T
Massa	m	kg
Objektavstånd	p	m
Period, svängningstid	T	s
Svängningsamplitud	A	m
Vinkelförstoring	M	
Våglängd	λ	m

Harmonisk svängningsrörelse

$$f = \frac{1}{T}$$

Frekvens.

$$\omega = 2\pi f$$

Vinkelfrekvens.

Massa i en fjäder

$$F = -kx$$

Hookes lag.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Rörelseekvation.

$$x(t) = A \sin \omega t$$

Läge.

$$v(t) = A\omega \cos \omega t$$

Hastighet.

$$a(t) = -A\omega^2 \sin \omega t$$

Acceleration.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{2\pi}{\omega}$$

Period.

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

Potentiell energi.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

Total energi.

Pendel

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Svängningstiden för en enkel pendel. (Små utslag.)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}$$

Svängningstiden för en fysisk pendel. I är tröghetsmomentet, l avståndet mellan masscentrum och svängningscentrum. (Små utslag.)

Mekaniska vågor

$$v = \lambda f$$

Vågfart.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Farten hos en transversell våg på en sträng. (μ massa per längdenhet.)

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$$

Vågfunktion för en fortskridande harmonisk våg. ($k = \omega/v$.)

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

Linjära vågekvationen för en fortskridande våg.

Ljud

$$v = \sqrt{\frac{\gamma k_B T}{m}}$$

Ljudhastigheten i en ideal gas. (T temperatur, $\gamma = C_p/C_V$.)

$$f_m = \frac{v+v_m}{v+v_s} f_s$$

Dopplereffekt vid ljudkälla.

$$I = \frac{P}{A}$$

Ljudintensitet.

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

Ljudnivå. ($I_0 = 1.0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$ är hörtröskeln vid 1000 Hz.)

Elektromagnetisk strålning

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Ljusfarten i vakuum.

$$u = \frac{1}{2}(\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{\mu_0} B^2)$$

Det elektromagnetiska fältets energitäthet.

$$S = cu$$

Strålningsintensitet.

$$f' = f \left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

Dopplereffekten för elektromagnetiska vågor.

$$\overline{S} = \overline{S}_0 \cos^2 \theta$$

Malus lag.

Lineär optik

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$f = \frac{1}{2}R$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{q}{p}$$

$$M = \frac{\beta}{\alpha_{25}} = \frac{0.25}{p}$$

$$M_{\infty} = -\frac{f_o}{f_e}$$

Vågoptik

$$\delta = m\lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda}$$

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

$$d' = \frac{n_2}{n_1}d$$

$$\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

$$d \sin \theta = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$a \sin \theta = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2} \quad \alpha = 2\pi a \sin \frac{\theta}{\lambda}$$

$$\sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

Fotometri

$$k = 683 \text{ lm/W}$$

$$\omega = \frac{A_{\perp}}{r^2}$$

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

$$E = I \frac{\cos \theta}{r^2}$$

$$L = \frac{I}{S_{\perp}}$$

Brytningsindex.

Snells lag.

Brännvidd hos en sfärisk spegel.

Linsformeln.

Förstoring.

Vinkelförstoring. (α_{25} : vinkel föremålet upptar på 25 cm avstånd från ögat. β : vinkel den virtuella bilden upptar)

Vinkelförstoring för ett teleskop.

Konstruktive interferens

Fasskillnad och vägskillnad

Intensitetsvariation för en dubbelspalt

Apparent djup i en vätska.

Brewsters lag.

Gitterekvationen. (d är avståndet mellan spalterna.)

Diffraktionsminimum för enkelspalt med spaltvidden a .

Intensitetsvariation för en enkelspalt med spaltvidden a .

Upplösningsförmåga. (D öppningsdiameteren.)

Ljusutbyte ($\lambda = 555 \text{ nm}$)

Rymdvinkel

Ljusstyrka

Belysning

Luminans

Modern fysik

Relativitetsteori

Tidsdilation och längdkontraktion

$$T = \gamma T_0, \quad L = L_0/\gamma, \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Doppler effekt

$$f = \frac{c+v}{c-v} f_0, \quad f = f_0/\gamma$$

Lorentz transformation

$$x = \gamma(x' + vt'), \quad t = \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right)$$

Addition av hastigheter

$$v_{AB} = \frac{v_{AC} + v_{CB}}{1 + v_{AC}v_{CB}/c^2}$$

Energi och rörelsemängd

$$E = mc^2 = \gamma m_0 c^2 = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}, \quad K = E - m_0 c^2$$
$$p = mv = \gamma m_0 v$$

Kvantmekanik

Svartkroppsstrålning

$$u_\lambda = \frac{8\pi hc \lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1}, \quad \lambda_{\max} T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ K m}$$

Fotoelektrisk effekt

$$E = hf = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 + \phi, \quad eV_0 = h(f - f_0)$$

Compton effekt

$$\lambda' - \lambda = \left(\frac{h}{m_0 c}\right) (1 - \cos \theta)$$

Bohrs atommodell

$$E_n = -\frac{mk^2 e^4}{2\hbar^2} \left(\frac{1}{n^2}\right), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

De Broglie vågor

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Schrödingers vågekvation

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

Heisenbergs osäkerhetsrelationer

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar, \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar$$

Atomfysik

Kvanttal

n:	huvudkvanttal	$n = 1, 2, 3, \dots$
l:	banrörelsemängdskvanttal (azimutalt)	$l < n$
m_l :	magnetiskt banrörelsemängdskvanttal	$ m_l \leq l$
s:	spinnrörelsemängdskvanttal (spinn)	$s = \frac{1}{2}$ för alla fermioner
m_s :	magnetiskt spinnkvanttal	$ m_s \leq s$, dvs $m_s = \pm \frac{1}{2}$ (fermioner)
j:	totalt rörelsemängdskvanttal	$j = l - s, l - s + 1, \dots, l + s - 1, l + s$

Väteatomer och vätelika joner

$$E_n = \frac{RZ^2}{(n-\delta)^2} \quad \text{Rydbergs formel}$$

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right) \quad R_M = \frac{R_\infty}{1 + \frac{m}{M}} \quad ; \text{ m: elektronens massa}$$

$$\sqrt{f_{K_\alpha}} = a(Z - 1) \quad \text{Moseley's law, a: konstant}$$

Övergångsregler för dipolstrålning

$\Delta S = 0$	spinnets får ej ändras
$\Delta J = 0, \pm 1$	totala banrörelsemängdsmomentet ändras högst ett steg
$\Delta l = \pm 1$	pariteten måste ändras

Kärnfysik

Sönderfall

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad N : \text{antal moderkärnor}$$

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \lambda : \text{sönderfallskonstant}$$

$$R = \lambda \cdot N \quad R : \text{aktivitet}$$

Bindningsenergi

$$Q = \Delta m \cdot c^2 \quad Q: \text{reaktionsenergi}$$

$$Q = (Zm_p + Nm_n - m_x)c^2$$

Elementarpartikelfysik

Kvarkar

		u	d	s	c	b	t
Baryontal	b	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
Laddning	q	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$
Isospinn	I	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0
"	I_z	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	0	0	0
Särtal	S	0	0	-1	0	0	0
Charmtal	C	0	0	0	1	0	0
"beauty"-tal		0	0	0	0	1	0
"truth"-tal		0	0	0	0	0	1

Några vanliga partiklar

	Namn	Beteckn.	Antipart.	Viloenergi (MeV)	Livstid (s)	Typiskt sönderfall
Leptoner	Electron	e^-	e^+	0.511	Stabil	
	Myon	μ^-	μ^+	105.7	$2.2 \cdot 10^{-6}$	$\mu^- \longrightarrow e^- + \overline{\nu}_e + \nu_\mu$
	Tau	τ^-	τ^+	1784	$3 \cdot 10^{-13}$	$\tau^- \longrightarrow e^- + \overline{\nu}_e + \nu_\tau$
	Neutrino	ν_e	$\overline{\nu}_e$	0?	Stabil	
		ν_μ	$\overline{\nu}_\mu$	0?	Stabil	
		ν_τ	$\overline{\nu}_\tau$	0?	Stabil	
Mesoner	Pion	π^+	π^-	139.6	$2.6 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ \longrightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
		π^0	π^0	135.0	$0.83 \cdot 10^{-16}$	$\pi^0 \longrightarrow \gamma + \gamma$
	Kaon	K^+	K^-	493.7	$1.24 \cdot 10^{-8}$	$K^+ \longrightarrow \pi^+ + \pi^0$
		K_S^0	$\overline{K_S^0}$	497.7	$0.9 \cdot 10^{-10}$	$K_S^0 \longrightarrow \pi^0 + \pi^0$
		K_L^0	$\overline{K_L^0}$	497.7	$5.2 \cdot 10^{-8}$	$K_L^0 \longrightarrow \pi^0 + \pi^0$
	Eta	η^0	η^0	548.8	$7 \cdot 10^{-19}$	$\eta^0 \longrightarrow \gamma + \gamma$
Baryoner	Proton	p^+	$\overline{p^-}$	938.3	Stabil	
	Neutron	n	$\overline{n}$	939.6	900	$n \longrightarrow p + e^- + \overline{\nu}_e$
	Lambda	Λ^0	$\overline{\Lambda^0}$	1115	$2.6 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 \longrightarrow p^+ + \pi^-$
	Sigma	Σ^+	$\overline{\Sigma^-}$	1189	$0.8 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^+ \longrightarrow n + \pi^+$
		Σ^0	$\overline{\Sigma^0}$	1192	$6 \cdot 10^{-20}$	$\Sigma^0 \longrightarrow \Lambda^0 + \gamma$
		Σ^-	$\overline{\Sigma^+}$	1197	$1.5 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^- \longrightarrow n + \pi^-$
	Xi	Ξ^0	$\overline{\Xi^0}$	1315	$2.9 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^0 \longrightarrow \Lambda^0 + \pi^0$
		Ξ^-	$\overline{\Xi^+}$	1321	$1.6 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^- \longrightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
	Omega	Ω^-	Ω^+	1672	$0.8 \cdot 10^{-10}$	$\Omega^- \longrightarrow \Xi^0 + \pi^-$