

# Formelsamling Fysik

Fysik A 2015/2016

---

## Indholdsfortegnelse

<b>Effekt</b> .....	<b>4</b>
Effekt og energi .....	4
Nyttevirkning.....	4
<b>Varmelære</b> .....	<b>5</b>
Temperatur.....	5
Varmelærens 1. hovedsætning.....	5
Specifik varmekapacitet .....	5
Varmekapacitet.....	5
Faseændring.....	6
Kemisk energi.....	6
<b>Elektricitet</b> .....	<b>7</b>
Coulombs lov.....	7
Strømstyrke.....	7
Kirchhoffs 1. lov:.....	7
Spændingsforskel.....	7
Elektriske komponenter.....	8
Kobling af resistor.....	8
Temperatur afhængighed af resistans.....	9
Spændingskilde.....	9
Elektrisk energi og effekt.....	9
<b>Elektriske og magnetiske felter</b> .....	<b>10</b>
Elektriske felter.....	10
Elektronbevægelse i homogent magnetfelt.....	10
Strømretning og feltlinjernes retning.....	11
Magnetfelter omkring strømførende ledninger .....	11
Magnetfeltets styrke i forskellige spoler .....	11
Gribereglen for spoler .....	12
La Places lov .....	12
Ladede partikler i magnetfelter .....	12
Snoede banekurver.....	12
Induktion .....	13
Induktionsloven.....	13
Lenz' lov .....	13
<b>Radioaktivitet</b> .....	<b>14</b>
Isotoper .....	14
Radioaktive henfald.....	14
Bevarelsessætninger ved kerneprocesser .....	14
Henfaldsloven.....	14
Aktivitet.....	15
Aktivitet og antal kerner .....	15
Absorptionsloven.....	15
Strålingsdosis.....	15
Ækvivalent strålingsdosis.....	16
Fotoner .....	16

Massedefekt.....	16
Ækvivalensen mellem masse og energi .....	16
Bindingsenergi .....	16
Q-værdi.....	17
<b>Mekanik.....</b>	<b>18</b>
Jævn bevægelse / bevægelse med konstant hastighed .....	18
Frit fald .....	18
Lodret kast / bevægelse med konstant acceleration.....	18
Bremseformel .....	19
Skråt kast.....	19
Harmonisk svingning/ harmonisk bevægelse .....	20
Lodrette svingninger .....	21
Energiforhold under harmonisk svingning .....	21
<b>Gravitationslovene.....</b>	<b>22</b>
Tyngdeaccelerationen på et vilkårligt legeme .....	22
Potentiel energi for et legeme, som befinder sig i afstanden r .....	22
Mekanisk energi for et legeme med massen m og farten v i gravitationsfelt.....	23
Undvigelseshastighed for genstand i tyngdefelt .....	23
Fart i jævn cirkelbevægelse .....	23
<b>Centripetalkraft .....</b>	<b>24</b>
Omløbstid for vilkårlig radius fra massemidtpunkt .....	24
Mekanisk energi for legemer i tyngdefelt .....	24
Cirkelbevægelse.....	24
Newtons love.....	25
Kepler's love .....	25
<b>Gasser .....</b>	<b>27</b>
Avogadros lov .....	27
Rumfang af stofmængde af en gas.....	27
Antal molekyler i en gas .....	27
Ændret gastilstande .....	27
Idealgasligningen .....	27
<b>Lyd og lys .....</b>	<b>28</b>
Bølger .....	28
Lyd.....	28
Konstruktiv interferens    Destruktiv interferens.....	29
Gitterligningen.....	29

## Effekt

---

### Effekt og energi

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

P: effekt

$$[P] = W$$

$\Delta E$ : omsat energi

$$[E] = J$$

$\Delta t$ : tidsrum

$$[t] = s$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

### Nyttevirksomhed

$$\eta = \frac{\Delta E_{\text{nyttig}}}{\Delta E_{\text{tilført}}}$$

$\eta$ : nyttevirksomhed

Uden enhed, tit %

$E_{\text{nyttig}}$ : nyttiggjort energi

$$[E] = J$$

$E_{\text{tilført}}$ : tilført energi

$$[E] = J$$

## Varmelære

---

### Temperatur

$$T = t \frac{K}{^{\circ}C} + 273,15 \text{ K}$$

T: kelvintemperatur

$$[T] = \text{K}$$

$$t = T \frac{^{\circ}C}{K} - 273,15 \text{ } ^{\circ}C$$

t: celciustemperatur

$$[t] = \text{ } ^{\circ}C$$

$$-273,15 \text{ } ^{\circ}C = 0 \text{ K}$$

Ved temperaturændringer er der ingen forskel på at regne i K eller  $^{\circ}C$ , men man bør regne i K.

### Varmelærens 1. hovedsætning

$$\Delta E_{\text{term}} = E_{\text{term}2} - E_{\text{term}1} = A + Q$$

$\Delta E_{\text{term}}$ : tilvækst i systemets

$$[E] = \text{J}$$

termiske energi

A: arbejdet, der udføres på systemet

$$[A] = \text{J}$$

Q: varmemængden, som systemet

$$[Q] = \text{J}$$

tilføres

### Specifik varmekapacitet

Når et stof tilføres energi, ændres dets temperatur. Stoffet modtager energi, når temperaturen stiger, og afgiver energi, når temperaturen falder. Sammenhængen er:

$$\Delta E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$\Delta E$ : tilført energi som varme

$$[E] = \text{J}$$

m: massen af stoffet

$$[m] = \text{kg}$$

c: stoffets specifikke varmekapacitet

$$[c] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$\Delta T$ : temperaturtilvæksten

$$[T] = \text{K}$$

Den specifikke varmekapacitet c for et stof, er den energi, der skal tilføres for at opvarme 1 kg af stoffet 1 kelvin. Formlen gælder, hvis der ikke sker faseændringer (fra damp  $\rightarrow$  flydende  $\rightarrow$  fast).

### Varmekapacitet

$$C = m \cdot c$$

C: systemets varmekapacitet

$$[C] = \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

m: massen af stoffet

$$[m] = \text{kg}$$

c: stoffets specifikke varmekapacitet

$$[c] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Systemets varmekapacitet er den energi, der skal til for at opvarme det givne system 1 K.  
 Hvis et system består af to stoffer gælder der at,  $C = m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2$ .

### Faseændring

Når et stof ændrer fase, sker der en energiændring givet ved:

$\Delta E = m \cdot L$	$\Delta E$ : tilført energi som varme	$[E] = J$
	$m$ : massen af stoffet	$[m] = kg$

L kan være enten  $L_{sm}$ ,  $L_{st}$ ,  $L_{fd}$  eller  $L_{ft}$ .  $L_{sm}$ : den specifikke smeltevarme  $[L] = \frac{J}{kg}$

$L_{st}$ : den specifikke størkningsvarme

$L_{fd}$ : den specifikke fordampningsvarme

$L_{ft}$ : den specifikke fortætningsvarme

L er den energi, der skal til for at smelte/størkne/fordampe/fortætte 1 kg af stoffet. Ved smeltning og fordampning skal stoffet tilføres energi, ved størkning og fortætning afgiver stoffet energi:

$$L_{sm} = -L_{st}$$

$$L_{fd} = -L_{ft}$$

### Kemisk energi

Den energi, der frigives ved forbrænding, kan findes som:

$E = B \cdot m$	$E$ : frigiven energi	$[E] = J$
	$m$ : massen	$[m] = kg$
	$B$ : specifik brændværdi	$[B] = \frac{J}{kg}$

$E = B \cdot V$	$E$ : frigiven energi	$[E] = J$
	$B$ : specifik brændværdi	$[B] = \frac{J}{L}$
	$V$ : rumfang	$[V] = L$

## Elektricitet

---

Den samlede elektriske ladning er konstant, dvs. at den elektriske ladning er bevaret i alle processer.

Proton:  $q_{\text{proton}} = e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$

Elektron:  $q_{\text{elektron}} = -e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$

$m_{\text{elektron}} = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{kg}$

### Coulombs lov

$$F = k_c \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

F: Kraften mellem to elektriske [F]=N

ladninger

$q_1$  og  $q_2$ : de to ladninger [q]=C

r: afstanden mellem de to genstande

$$k_c = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

$k_c$ : coulombkonstant

### Strømstyrke

$$I = \frac{Q}{t}$$

I: elektrisk strømstyrke [I]=A =  $\frac{\text{C}}{\text{s}}$

gennem ledning

Q: ladningen der passerer et [Q]=C

tværsnit af lederen i løbet af

tidsrummet t

### Kirchhoffs 1. lov:

I et kredsløb med konstante strømstyrker er den samlede strømstyrke ind mod et knudepunkt lig med den samlede strømstyrke væk fra knudepunktet.

Elektrisk ladning er altid bevaret. ( $I_1 = I_2 + I_3$ )

### Spændingsforskel

$$U_{AB} = \frac{A_{el}}{Q}$$

$U_{AB}$ : Spændingsforskel [U<sub>AB</sub>]=V =  $\frac{\text{J}}{\text{C}}$

$A_{el}$ : det arbejde, som den elektriske [A<sub>el</sub>]=J

kraft udfører på en ladning Q,

der flyttes fra A til B.

Hvis ladningen fordobles vil arbejdet også fordobles. U er derfor ikke afhængig af størrelse Q.

$$A_{el} = E_{pot}(A) - E_{pot}(B)$$

$A_{el}$ : Elektriske arbejder

$E_{pot}$ : Ladningen  $Q$ 's elektriske potentielle energi

$$U_{AB} = \frac{E_{pot}(A) - E_{pot}(B)}{Q}$$

$U_{AB}$ : Spændingsforskellen mellem punkt A og B.  $[U_{AB}] = V$

$E_{pot}/Q$ : tabet i elektrisk potentiel Energi pr. ladning

### Elektriske komponenter

$$U_{AB} = R \cdot I$$

Enhver elektrisk komponent, som opfylder Ohms 1. lov, kaldes en resistor.

$$R = \frac{U}{I}$$

$R$ : Resistans (konstant)

$$[R] = \Omega = \frac{V}{A}$$

### Kobling af resistor

#### Seriekobling:

$$U = U_1 + U_2$$

$U$ : samlet spændingsforskel over to resistorer

$$U = (R_1 + R_2) \cdot I$$

$U$ : Spænding v. 2 resistorer

To resistorer der er koblet i serie, kan erstattes af en enkelt resistor med resistansen  $R$ :

$$R = R_1 + R_2$$

$R$ : seriekoblings erstatningsresistans.

$R_1$  og  $R_2$ : de to resistorers resistanser.

#### Parallelkobling:

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot U$$

$$U = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} \cdot I$$

To resistorer der koblet parallelt, kan erstattes af en enkelt resistor med resistansen  $R$ :

$$R = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} \Leftrightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$R$ : erstatningsresistansen.

$R_1$  og  $R_2$ : de 2 resistorers resistanser.



## Temperatur afhængighed af resistans

Resistansen af en metaltråd afhænger af trådens temperatur:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$$

$\alpha$ : temperaturkoefficienten for resistans ved temperatur  $T_0$ . (denne størrelse er karakteristisk for det metal, som tråden er lavet af)  $[\alpha] = K^{-1}$   $[T] = K$

## Spændingskilde

$$U_i = R_i \cdot I$$

$U_i$ : Spændingsforskel over den indre modstand  $R_i$   $[U]=V$

$$U_y = R_y \cdot I$$

$U_y$ : Spændingsforskel over den ydre modstand  $R_y$

$$\varepsilon = U_i + U_y$$
$$\varepsilon = R_i \cdot I + R_y \cdot I = (R_i + R_y) \cdot I$$

$\varepsilon$ : det samlede tab i elektrisk potentiel energi pr. ladning i kredsen  $[\varepsilon] = V$   
 $\varepsilon$ : Elektromotoriske kraft (hvilespændingen)

$$U_{pol} = \varepsilon - R_i \cdot I$$

$U_{pol}$ : Polspænding over en spændingskilde m. elektromotorisk kraft

$R_i$ : spændingskildens indre resistans

$$U_{pol} = \varepsilon, \text{ når } I = 0$$

## Elektrisk energi og effekt

Grundet energibevarelse bliver energien afsat i komponenten i tidsrummet  $t$

$$E_{komp} = Q \cdot U_{AB} = I \cdot U_{AB} \cdot t$$

$E_{komp}$ : Energien afsat i komponenten

$$P_{komp} = \frac{E_{komp}}{t} = U_{AB} \cdot I$$

$P_{komp}$ : effekten afsat i komponenten  $[P]=W=\frac{J}{s}$

Hvis komponenten er en resistor med resistansen  $R$ :

$$E_{resistor} = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

$$P_{resistor} = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

## Elektriske og magnetiske felter

### Elektriske felter

$$E = \frac{F}{q}$$

E: Feltstyrke

$$[E] = \frac{N}{C}$$

q: Ladning

$$[q] = C$$

F: Kraft

$$[F] = N$$

$$E = \frac{U}{d}$$

d: afstanden ml. to

metalplader

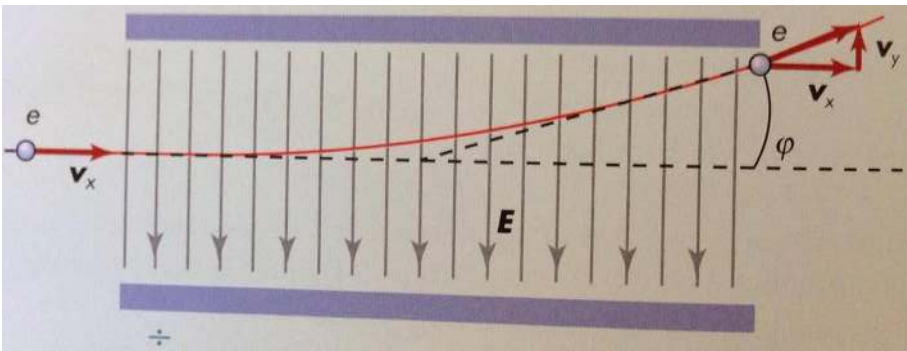
$$[d] = m$$

U: Spændingsforskel

ml. to metalplader

$$[U] = V$$

### Elektronbevægelse i homogent magnetfelt



$$a = \frac{e \cdot E}{m}$$

a: accelerationen

$$[a] = m/s^2$$

E: feltstyrken

ml. to metalplader

$$[E] = \frac{N}{C}$$

m: massen af elektronen

$$[m] = kg$$

e: elektronens ladning

$$[e] = C$$

$$v_x = \frac{l}{t}$$

t: passagetiden

$$[t] = s$$

l: længden af magnetfeltet

$$[l] = m$$

$v_x$ : hastigheden i x-retningen  
(konstant)

$$[v_x] = m/s$$

$$v_y = \frac{e \cdot E \cdot l}{m \cdot v_x}$$

$v_y$ : hastigheden i y-retningen

$$\tan(\alpha) = \frac{v_y}{v_x} = \frac{e \cdot E \cdot l}{m \cdot v_x^2}$$

$\alpha$ : retningsændringen efter

passage af feltet

### Strømretning og feltlinjernes retning

Strømretningen er fra + til -

Feltlinjernes retning er fra nord (rød) til syd (hvid)

### Magnetfelter omkring strømførende ledninger

Højrehåndsreglen:

*Grib om lederen med højre hånd, så tommelfingeren peger i strømretningen. De andre fingre vil da pege i feltlinjernes retning.*

### Magnetfeltets styrke i forskellige spoler

#### Lang lige leder

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

B: Magnetfeltets styrke

[B]=T

a: afstanden fra lederen

[a]=m

I: strømstyrken

[I]=A

l: længden af lederstykket

[l]=m

$$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{T \cdot m}{A}$$

$\mu_0$ : vakuumpermeabiliteten

#### Flad cirkulær spole

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

#### Solenoid (lang spole)

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

#### Torus (lukket spole)

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

#### Helmholtz-spoler

$$B = \mu_0 \cdot \frac{8}{5 \cdot \sqrt{5}} \cdot \frac{N \cdot I}{r}$$

## Gribereglen for spoler

Grib om spolen med højrehånd, så pege, lang, ring og lillefinger peger i strømmens retning. tommelfingeren vil da pege i feltlinjerne retning.

## La Places lov

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin(\theta)$$

F: Kraften på et ret leder stykke [F]=N

B: Magnetfeltets styrke [B]=T

I: strømstyrken [I]=A

L: Længden af lederstykket [L]=m

$\theta$ : vinklen i grader

## Ladede partikler i magnetfelter

$$F = q \cdot v \cdot B$$

F: kraften på en ledningselektron [F]=N

q: partiklens ladning [q]=C

v: farten [v]= $\frac{m}{s}$

I en cirkelbevægelse med konstant fart med  $F_{res} = F_c$ , gælder:

$$F_{res} = m \cdot \frac{v^2}{r} = q \cdot v \cdot B$$

B: Magnetfeltets styrke [B]=T

$$m = \frac{q \cdot r \cdot B}{v}$$

m: massen [m]=kg

r: radius i cirkelbanen [r]=m

I en elektronkanon gælder:

$$\Delta E = q \cdot U_{acc}$$

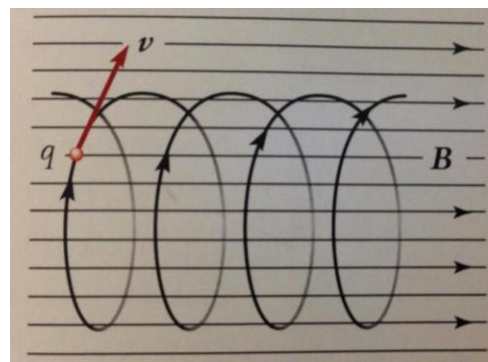
$\Delta E$ : Tilvæksten i elektronernes [ $\Delta E$ ]=J

kinetiske energi

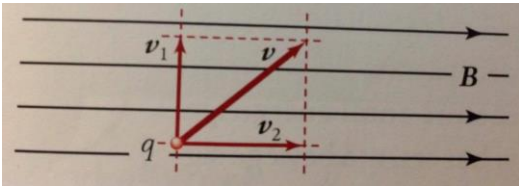
U: Spændingsforskellen [U]=V

$$m = \frac{q \cdot r^2 \cdot B^2}{2 \cdot U_{acc}}$$

## Snoede banekurver



v kan opdeles i komponenter i den snoede kurve.



$$r = \frac{m \cdot v_1}{q \cdot B}$$

r: radius i skruebanen

$$[r]=m$$

$v_1$ : hastigheden vinkelret på

feltlinjerne

$$[v]=\frac{m}{s}$$

$v_2$ : hastigheden parallel med

feltlinjerne, i feltets retning (konstant)

B: Magnetfeltets styrke

$$[B]=T$$

q: partiklens ladning

$$[q]=C$$

### Induktion

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

$\Phi$ : den magnetiske flux gennem  
en plan flade

$$[\Phi]=Wb=T \cdot m^2$$

A: Fladens areal

$$[A]=m^2$$

### Induktionsloven

$$U_{ind} = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$U_{ind}$ : Den inducerede  
spændingsforskel

$$[U_{ind}]=V$$

$\Delta\Phi$ : den magnetiske flux gennem en  
plan flade

$$[\Phi]=Wb=T \cdot m^2$$

$\Delta t$ : tidsændringen

$$[\Delta t]=s$$

N: antal vindinger

### Lenz' lov

Når man ændrer fluxen af et magnetfelt gennem en lukket vinding, induceres en elektrisk strøm i denne, som modvirker fluxændringen.

# Radioaktivitet

---

## Isotoper



X: grundstoffets kemiske betegnelse

A: antal nukleoner (massetallet)

$$A = Z + N$$

Z: antal protoner (atomnummeret)

N: antal neutroner

## Radioaktive henfald

Ved radioaktive henfald bliver moderkernen omdannet til en datterkerne, mens der udsendes en eller flere atomare partikler. Nedenfor angives de forskellige typer radioaktive henfald:

$\alpha$ -henfald:  ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$  X: moderkernen, Y: datterkernen

$\beta^-$ -henfald:  ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + \bar{\nu}$   ${}^0_{-1} e$ : elektron,  $\bar{\nu}$ : antineutrino

$\beta^+$ -henfald:  ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e + \nu$   ${}^0_{+1} e$ : positron

Elektronindfangning:  ${}^A_Z X + {}^0_{-1} e \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + \nu$   $\nu$ : neutrino

$\gamma$ -henfald:  ${}^A_Z X^* \rightarrow {}^A_Z X + \gamma$   $\gamma$ : foton, \*: en exciteret tilstand af kernen

## Bevarelsessætninger ved kerneprocesser

Det samlede antal nukleoner er bevaret.

Den samlede elektriske ladning er bevaret.

Den samlede energi er bevaret.

(Det samlede antal leptoner er bevaret).

(Den samlede bevægelsesmængde er bevaret).

## Henfaldsloven

$$N = N_0 \cdot e^{-k \cdot t} = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$N_0$ : antal radioaktive kerner til  $t=0$  Uden enhed

N: antal radioaktive kerner til tiden t Uden enhed

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$$

k: henfaldskonstant [k]=  $s^{-1}$

$T_{1/2}$ : halveringstiden [ $T_{1/2}$ ]= s

t: tiden [t]= s

## Aktivitet

$$A = A_0 \cdot e^{-k \cdot t} = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$A_0$ : aktiviteten til tiden $t = 0$	$[A_0] = \text{Bq}$
$A$ : aktiviteten til tiden $t$	$[A] = \text{Bq}$
$k$ : henfaldskonstant	$[k] = \text{s}^{-1}$
$T_{1/2}$ : halveringstiden	$[T_{1/2}] = \text{s}$
$t$ : tiden	$[t] = \text{s}$

## Aktivitet og antal kerner

Aktiviteten  $A$  er antal henfald pr. tid. Sammenhængen mellem aktivitet og antal radioaktive kerner  $N$  i en stofprøve, der kun indeholder kerner af ét radioaktivt nuklid, er:

$A = k \cdot N$	$A$ : aktivitet	$[A] = \text{Bq}$
	$k$ : henfaldskonstant	$[k] = \text{s}^{-1}$
	$N$ : antal radioaktive kerner	Uden enhed
$A = -\frac{dN}{dt}$	$A$ : aktivitet	$[A] = \text{Bq}$
	$N$ : antal radioaktive kerner til tiden $t$	Uden enhed
	$t$ : tiden	$[t] = \text{s}$

## Absorptionsloven

Absorption af radioaktiv stråling

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{x_{1/2}}}$$

$I_0$ : intensitet ved tykkelsen $x = 0$	Enhed: varierer
$I$ : intensitet efter passage af tykkelsen $x$	Enhed: varierer
$x_{1/2}$ : halveringstykkelsen	$[x_{1/2}] = \text{m}$
$x$ : tykkelsen af materialet	$[x] = \text{m}$
$\mu$ : den lineære absorptionskoefficient	$[\mu] = \text{m}^{-1}$

## Strålingsdosis

Biologisk virkning af ioniserende stråling

$D = \frac{E}{m}$	$D$ : strålingsdosis	$[D] = \text{Gy} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
	$E$ : energi afsat til ionisation	$[E] = \text{J}$
	$m$ : masse af vævet	$[m] = \text{kg}$

## Ækvivalent strålingsdosis

Den skadelige virkning af radioaktiv stråling afhænger af strålingsdosis, D, og kvalitetsfaktor, Q. Q-faktoren afhænger af strålingens art og er et mål for, hvor skadelig den radioaktive stråling er.

$H = Q \cdot D$	H: ækvivalent strålingsdosis	$[H] = Sv = \frac{J}{kg}$
	Q: kvalitetsfaktor	$[Q] = \frac{Sv}{Gy} = 1$
	D: strålingsdosis	$[D] = Gy = \frac{J}{kg}$

## Fotoner

For elektromagnetisk stråling kommer energien i kvanter på:

$E_{\text{foton}} = h \cdot f = \left(\frac{h \cdot c}{\lambda}\right)$	$E_{\text{foton}}$ : energien af en foton	$[E_{\text{foton}}] = J \text{ (eV)}$
	f: frekvensen	$[f] = Hz \text{ (s}^{-1}\text{)}$
	h: Plancks konstant	$[h] = J \cdot s$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

## Massedefekt

En kerne vejer mindre end de frie nukleoner. Forskellen kaldes massedefekten,  $M_{\text{defekt}}$ .

$M_{\text{defekt}} = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\text{kerne}}$	$M_{\text{defekt}}$ : massedefekten	$[M_{\text{defekt}}] = u \text{ (kg)}$
	Z: antal protoner	Uden enhed
	N: antal neutroner	Uden enhed
	$M_{\text{kerne}}$ : kernens masse	$[M_{\text{kerne}}] = u \text{ (kg)}$
	$m_p$ : protonens masse	$[m_p] = u \text{ (kg)}$
	$m_n$ : neutronens masse	$[m_n] = u \text{ (kg)}$

## Ækvivalensen mellem masse og energi

$E = m \cdot c^2$	E: masseenergi	$[E] = J$
	m: masse	$[m] = kg$
	c: lysets hastighed i vaakum	$[c] = \frac{m}{s}$

## Bindingsenergi

$E_{\text{binding}} = M_{\text{defekt}} \cdot c^2$	$E_{\text{binding}}$ : kernens bindingsenergi	$[E_{\text{binding}}] = J$
	$M_{\text{defekt}}$ : massedefekten	$[M_{\text{defekt}}] = kg \text{ (u)}$



c: lysets hastighed i vaakum

$$[c] = \frac{m}{s}$$

### Q-værdi

$$Q = \Delta E_{kin} = -\Delta m \cdot c^2 = (m_{f\ddot{o}r} - m_{efter}) \cdot c^2$$

$m_{f\ddot{o}r}$ : den samlede masse før

$$[m_{f\ddot{o}r}] = \text{kg (u)}$$

$m_{efter}$ : den samlede masse efter

$$[m_{efter}] = \text{kg (u)}$$

c: lysets hastighed i vaakum

$$[c] = \frac{m}{s}$$

Q: Q-værdien

$$[Q] = \text{J}$$

$E_{kin}$ : kinetisk energi

$$[E_{kin}] = \text{J}$$

Q-værdi ved en kernepoces er tilvæksten i kinetisk energi.  $\Delta m$  er tilvæksten i den samlede masse ved processen.

$$u \cdot c^2 = 931,494043 \text{ MeV} = 1,4924 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

$$Q = E_b(\text{efter}) - E_b(\text{f\ddot{o}r})$$

$E_b$ : bindingsenergi i atom

$$[E_b] = \text{MeV}$$

Aflæses på graf i blå

fusionsbog s.10

$Q > 0$ : eksoterm proces

$Q < 0$ : endoterm proces

Betragtes et kernehenfald som  ${}^2_1D + {}^3_1T \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$  gælder:

$$E_{kin,n} = \frac{1}{2} m_n \cdot v_n^2 = \frac{m_{He}}{m_n} \cdot E_{kin,He} \quad n: \text{neutron v. Reaktion}$$

$$\Delta E_{kin} = E_{kin,n} + E_{kin,He} = \frac{m_{He} \cdot m_n}{m_n} \cdot E_{kin,He}$$

## Mekanik

---

### Jævn bevægelse / bevægelse med konstant hastighed

En jævn bevægelse har en konstant hastighed og  $F_{\text{res}}=0 \text{ N} \rightarrow a=0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$v=v_0$$

v: fart

$$[v]=\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$s=v_0 \cdot t + s_0$$

s: strækningen

$$[s]=\text{m}$$

### Frit fald

Vi ser bort fra luftmodstand, og antager at bevægelsen starter i hvile, således at legemet kun er påvirket af tyngdekraften. Den nedadgående retning defineres som positiv.

$$F_{\text{res}}=F_t = m \cdot g$$

$F_{\text{res}}$ : den resulterende kraft

$$[F_{\text{res}}]=\text{N}$$

$$v=g \cdot t$$

v: fart i frit fald

$$[v]=\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$s=\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

s: længden af faldet

$$[s]=\text{m}$$

### Lodret kast / bevægelse med konstant acceleration

Kaster vi en genstand op i lodret bevægelse, er genstanden kun påvirket af tyngdekraften, da vi ser bort fra luftmodstand. Den positive retning er opadgående.

$$F_{\text{res}}=-F_t = -m \cdot g$$

$F_{\text{res}}$ : den resulterende kraft

$$[F_{\text{res}}]=\text{N}$$

$$a=-g$$

a: acceleration

$$[a]=\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

Grafen er en vandret linje,  
i et (t,a)-koordinatsystem.

$$v=-g \cdot t + v_0$$

v: fart

$$[v]=\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Grafen er en ret aftagende  
linje i et (t,v)-koordinatsystem.

Skæringen med y-aksen angiver  $v_0$   
og skæringen med x-aksen angiver  
kastets toppunkt, da der i toppunktet  
gælder, at  $v=0 \text{ m/s}$

$$s = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

s: strækning

$$[s] = m$$

Grafen er en sur parabel i et (t,s)-koordinatsystem. Ud fra de to skæringer med x-aksen kan svævetiden findes, som den halve tid, da svævetiden angiver hvor lang tid der går fra man hopper til personen er i toppunktet.

$$t_{\text{top}} = \frac{-v_0}{-g}$$

t<sub>top</sub>: maksimal højde

$$[t_{\text{top}}] = m$$

### Bremseformel

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot (s - s_0)$$

a: konstant acceleration

$$[a] = \frac{m}{s^2}$$

v: hastighed

$$[v] = \frac{m}{s}$$

v<sub>0</sub>: starthastighed

$$[v_0] = \frac{m}{s}$$

s: stedfunktionen

$$[s] = m$$

s<sub>0</sub>: positionen til tiden t=0

$$[s_0] = m$$

(s - s<sub>0</sub>): bremselængden

$$[(s - s_0)] = m$$

### Skråt kast

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos(\alpha)$$

v<sub>0x</sub>: starthastighed i x-retning

$$[v_{0x}] = \frac{m}{s}$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin(\alpha)$$

v<sub>0y</sub>: starthastigheden i y-retning

$$[v_{0y}] = \frac{m}{s}$$

$$x = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$$

x: x-koordinaten

$$[x] = m$$

$$y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

y: y-koordinaten

$$[y] = m$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos(\alpha)$$

v<sub>x</sub>: hastigheden i x-retning

$$[v_x] = \frac{m}{s}$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin(\alpha) - g \cdot t$$

v<sub>y</sub>: hastighed i y-retning

$$[v_y] = \frac{m}{s}$$

$$\tan(\varphi) = \frac{v_y}{v_x}$$

$\varphi$ : Banens vinkel med vandret

$$[\varphi] = ^\circ$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

v: hastigheden

$$[v] = \frac{m}{s}$$

$$y_{max} = \frac{v_0 \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot g}$$

$y_{max}$ : stighøjden

$$[y_{max}] = m$$

$$x_{max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{g}$$

$x_{max}$ : kastelængden

$$[x_{max}] = m$$

$\alpha$ : affyringsvinklen

$$[\alpha] = ^\circ$$

### Harmonisk svingning/ harmonisk bevægelse

Når en fjeder forlænges eller sammentrykkes længden  $x$  i forhold til sin hvilestilling, vil størrelsen af fjederkraften være proportional med  $x$ . Denne sammenhæng kaldes Hookes lov:

#### Hookes lov:

$$F = -k \cdot x$$

k: fjederkonstant (altid modsat fortegn af F)

$$[k] = N/m$$

$$k = \frac{m \cdot g}{x}$$

x: længden den sammentrykkes eller forlænges

$$[x] = m$$

F: fjederkraften

$$[F] = N$$

Af newtons 2. lov gælder:

$$a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{-k \cdot x}{m}$$

a: acceleration

$$[a] = \frac{m}{s^2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$\omega$  : vinkelhastighed

$$[\omega] = \text{rad/s} = s^{-1}$$

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

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

f: frekvens

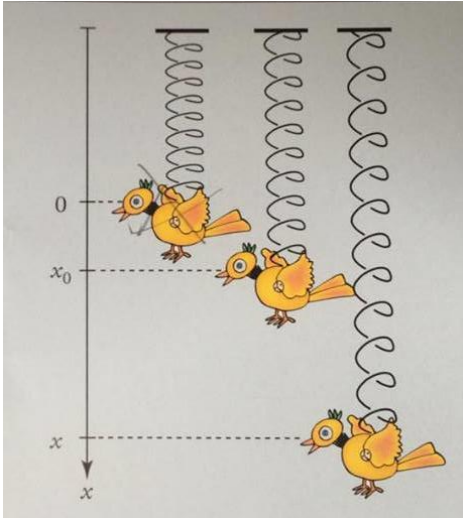
$$[f] = \text{Hz} = s^{-1}$$

T: svingningstid

$$[T] = s$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

## Lodrette svingninger



$$F_{\text{res}} = -k \cdot \Delta x$$

$\Delta x$ : fjederens forlængelse fra den nye  
ligevægtsstilling  $x_0$        $[x]=m$

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

T: Perioden       $[T]=s$

k: fjederkonstant       $[k]=\frac{N}{m}$

## Energiforhold under harmonisk svingning

$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

$E_{\text{pot}}$ : Den potentielle energi der  
fremkommer, når fjederen forlænges  
x fra ligevægtsstillingen.       $[E_{\text{pot}}]=J$

$$E_{\text{mek}} = \frac{1}{2} k \cdot x^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$E_{\text{mek}}$ : Den samlede mekaniske energi  
af systemet inkl. Fjeder og legeme.

## Gravitationslovene

---

### 1.Lov: Kraften, som to legemer vil tiltrække hinanden med

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

F: kraften, som de 2 legemer påvirker [F]= N

hinanden med

G: gravitationskonstanten

$$G = 6,6726 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

M: massen genstand 1 [M]=kg

m: massen genstand 2 [m]=kg

r: afstanden mellem [r]=m

massecentrummerne.

### 2.Lov: Tyngdekraften ved jordens overflade

$$F_t = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} = m \cdot g$$

$F_t$ : Tyngdekraften [F<sub>t</sub>]= N

g: tyngdeaccelerationen. [g]=  $\frac{m}{s^2}$

### Tyngdeaccelerationen på et vilkårligt legeme

$$g = \frac{G \cdot M}{(r+h)^2}$$

G: gravitationskonstanten

$$G = 6,6726 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

M: massen af legemet. [M]=kg

r: Legemets radius. [r]=m

h: Højden over legemets overflade. [h]=m

### Potentiel energi for et legeme, som befinder sig i afstanden r

$$E_{pot}(r) = -G \frac{M \cdot m}{r}$$

M: massen, for den første genstand. [M]=kg

m: massen, for den anden genstand. [m]=kg

r: afstanden mellem  
 massecentrummerne. [r]=m

Bemærk, at som r stiger, kan den potentielle energi aldrig blive 0.

### Mekanisk energi for et legeme med massen m og farten v i gravitationsfelt

$$E_{mek} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$$

G: gravitationskonstanten

$$E_{pot}(r) = -G \frac{M \cdot m}{r}$$

M: massen, for den første genstand. [M]=kg

m: massen, for den anden genstand. [m]=kg

r: afstanden mellem  
 massecentrummerne. [r]=m

v: hastigheden for den 2. genstand

i tyngdefeltet. [v]= $\frac{m}{s}$

Bemærk, at den mekaniske energi er konstant, hvis der ikke er andre former for påvirkninger.

### Undvigelsehastighed for genstand i tyngdefelt

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

R: legemets radius. [R]=m

v<sub>0</sub>: Undvigelsehastigheden [v<sub>0</sub>]= $\frac{m}{s}$

fra jordens overflade.

### Fart i jævn cirkelbevægelse

$$V_c = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

M: massen af legemet. [M]=kg

V<sub>c</sub>: Hastigheden i en cirkelbevægelse [v<sub>c</sub>]= $\frac{m}{s}$

i tyngdefelt.

r: den afstand, som cirkelbanen vil [r]=m

ligge fra legemets massemidtpunkt.

T: Omløbstiden, hvor lang tid det [T]=s

tager at gennemløbe en cirkel

## Centripetalkraft

---

### Omløbstid for vilkårlig radius fra massemidtpunkt

$$T = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi}{G \cdot M}} * r^3 \text{ og}$$

M: massen af legemet.

T: Omløbstiden.

[T]=s

r: den afstand, som cirkelbanen vil

[r]=m

ligge fra legemets massemidtpunkt.

### Mekanisk energi for legemer i tyngdefelt

$$E_{mek} = E_{kin} + E_{pot} = \frac{1}{2} \cdot E_{pot}$$

E<sub>mek</sub>: den mekaniske energi.

[E]=J

$$E_{mek} = \frac{1}{2} \cdot G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$$

E<sub>kin</sub>: den kinetiske energi

E<sub>pot</sub>: den potentielle energi

Om banerne i et tyngdefelt kan det generel vises, at

E<sub>mek</sub><0 vil betyde, at det er en cirkel eller ellipsebane

Hvis E<sub>mek</sub>=0, er banen en parabel

Hvis E<sub>mek</sub>>0 er banen en hyperbelbane.

### Cirkelbevægelse

Når en genstand bevæger sig med samme fart hele tiden, kalder man dens bevægelse en *jævn cirkelbevægelse*.

Når bevægelsen foregår i to dimensioner, må vi være opmærksomme på, at både hastighed og acceleration har en retning.

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

v: fart

[v]= $\frac{m}{s}$

r: radius

[r]=m

T: omløbstiden

[T]=s

Den resulterende kraft i en jævn cirkelbevægelse er altid rettet mod cirkelns centrum.

Accelerationen har samme retning som hastighedsændringen. I en jævn cirkelbevægelse er accelerationen rettet mod centrum af cirkelbanen.



Hastighed har en retning, det har fart ikke. *En partikels fart er størrelsen af dens hastighed.*

I en jævn cirkelbevægelse er farten konstant, men hastigheden ændrer sig hele tiden, da den skifter retning.

$$a = \frac{v^2}{r}$$

a: centripetal acceleration

$$[a] = \frac{m}{s^2}$$

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

F<sub>c</sub>: centripetal kraften

$$[F_c] = N$$

## Newton's love

### 1.Lov:

Et legeme, som ikke påvirkes af kræfter, vil enten ligge stille eller bevæge sig langs en ret linje med konstant fart.  $v$  er konstant hvis ingen kræfter.

### 2.Lov:

Når et legeme med massen  $m$  påvirkes af kræfter vil det få en acceleration  $a$ , som er lig med den resulterende kræft divideret med massen.

$$F_{res} = m \cdot a \Leftrightarrow a = \frac{F_{res}}{m}$$

a: acceleration

$$[a] = \frac{m}{s^2}$$

### 3.Lov

Når et legeme påvirker et andet legeme en vis kraft, vil det andet påvirke det første med en lige så stor kraft, men modsatrettet kraft. Aktion lig reaktion.

## Kepler's love

**Ellipseloven:** planeter bevæger sig i ellipsebane med solen i det ene brændpunkt.

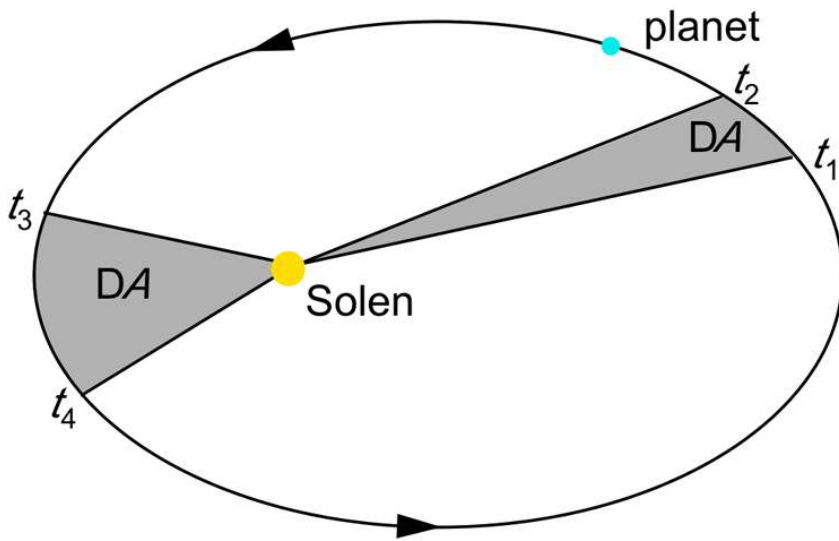
**Arealloven:** Forbindelseslinjen mellem solen og en planet overstryger lige store arealer i lige store tidsrum.

**Den harmoniske Lov:** Forholdet mellem kvadratet på omløbstiden ( $T$ ) og kubus på ellipsens halve storakse ( $a$ ) er det samme for alle planter, altså:

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{konstant.}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M}$$

Heraf ses, at konstanten i den harmoniske lov kan skrives som  $\frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M} = \text{konstant}$ .



## Gasser

---

### Avogadros lov

For to gasarter ved samme temperatur og tryk gælder, at lige store rumfang indeholder lige mange molekyler.

### Rumfang af stofmængde af en gas

$$V_0 = n \cdot 22,42 \frac{L}{mol}^*$$

n: stofmængde [n]=mol

$V_0$ : rumfang [ $V_0$ ]=m<sup>3</sup>

\*gælder kun ved standardbetingelserne, dvs. 1 atm (101,3 kPa) og 273,15 K.

### Antal molekyler i en gas

$$N = n \cdot N_A$$

n: stofmængde [n]=mol

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

(Avogadros konstant)

### Ændret gastilstande

$$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0}$$

p: tryk<sub>slut</sub> [p]= Pa (N/m<sup>2</sup>)

V: rumfang<sub>slut</sub> [V]=m<sup>3</sup>

T: temperatur<sub>slut</sub> [T]=K

$p_0$ : tryk<sub>start</sub> [ $p_0$ ]= Pa (N/m<sup>2</sup>)

$V_0$ : rumfang<sub>start</sub> [ $V_0$ ]=m<sup>3</sup>

$T_0$ : temperatur<sub>start</sub> [ $T_0$ ]=K

Obs! Temperatur skal regnes i kelvin!

### Idealgasligningen

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

p: tryk [p]=Pa (N/m<sup>2</sup>)

V: rumfang [V]=m<sup>3</sup>

n: stofmængde [n]=mol

R:  $8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$  (gaskonstant)

T: temperatur [T]=K

Obs! Temperatur skal regnes i kelvin!

## Lyd og lys

---

### Bølger

$$v = \lambda \cdot f$$

$v$ : udbredeshastigheden

$$[v] = \frac{m}{s}$$

$\lambda$ : bølgelængde

$$[\lambda] = m$$

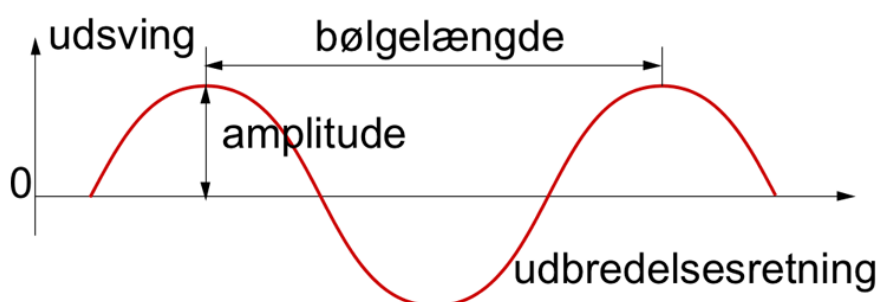
$f$ : frekvensen

$$[f] = \text{Hz}$$

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

$T$ : Perioden/svingningstiden

$$[T] = s$$



### Lyd

Tabelværdier ved 20°C:

$v_{\text{luft}}$	$343 \frac{m}{s}$
$v_{\text{vand}}$	$1482 \frac{m}{s}$
$v_{\text{stål}}$	$5190 \frac{m}{s}$

$$v_{\text{teori, lyd}} = 331 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{T}{273K}}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$v$ : udbredeshastigheden

$$[v] = \frac{m}{s}$$

(konstant)

$\lambda$ : bølgelængde

$$[\lambda] = m$$

$f$ : frekvensen

$$[f] = \text{Hz}$$

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$L$ : Lydniveau

$$[L] = \text{dB}$$

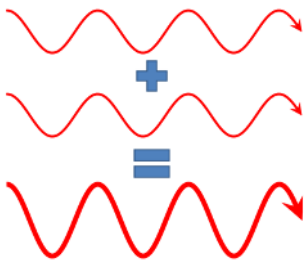
$I$ : Intensitet

$$[I] = \frac{W}{m^2}$$

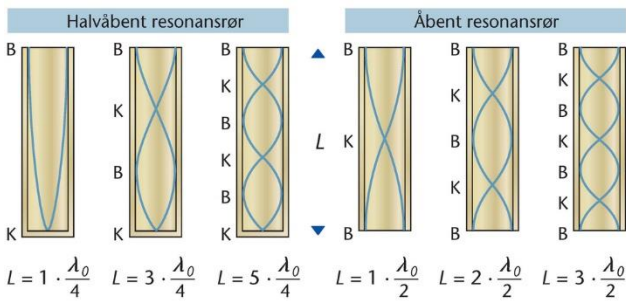
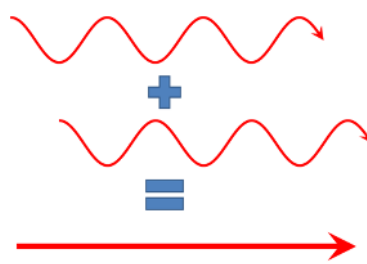
$I_0$ : intensitet ved høregænsen

$$I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

### Konstruktiv interferens



### Destruktiv interferens



### Gitterligningen

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\theta)$$

$n$ : ordennummer

$\lambda$ : bølgelængden

$d$ : afstanden mellem spalterne [d]=m

$\theta_n$ : vinklen hørende til ordenen  $n$