

# FYSIK I OVERBLIK

## KOMPENDIUM I FYSIK

FYSIKFORLAGET  
2012

---

## **Om dette eksemplar**

Dette eksemplar er fremstillet af Nota til Balder Westergaard Holst. Eksemplaret er personligt og må ikke deles. Misbrug kan medføre udelukkelse fra Nota og retsforfølgelse. Eksemplaret indeholder data, så det kan spores tilbage til brugerden.

**Fysik i overblik  
kompendium i fysik, 7. udgave**  
(C) 2013 Fysikforlaget

**Redaktion**

Kim Bertelsen  
Frank Lisberg Borum  
Gert Hansen  
Nils Kruse  
Randi Larsen

**Layout og illustrationer**

Niels Elbrønd Hansen

**Omslagsfoto**

Airbus 300 Zero-G

**Copyright**

Kopiering fra denne bog må kun finde sted på institutioner, der har indgået aftale med Copy–Dan, og kun inden for de i aftalen nævnte rammer.

**Tryk**

Zeuner Grafisk as, Odder

2. oplag

ISBN 978-87-7792-045-5

**Salg**

LMFK–Sekretariatet, Slotsgade 2<sup>3</sup>, 2200 København N  
[www.lmfp.dk](http://www.lmfp.dk)  
tlf. 35 39 00 64

# Indholdsfortegnelse

Forord .....	4
Energi og varme .....	5
Elektricitet og magnetisme .....	7
Bølger .....	11
Atomer og atomkerner .....	13
Mekanik .....	17
Kosmologi .....	27
Tabeller .....	28
Kernekort .....	34
Grundstoffersnes periodesystem .....	36

# Forord

*Fysik i overblik, kompendium i fysik*, 7. udgave er tænkt som en lille, overskuelig håndbog, som eleverne altid kan have ved hånden i den daglige undervisning i fysik. Bogen er ikke en koncentreret lærebog, men en fagligt opdateret oversigt over relevante formler, notationer og benævelser i overensstemmelse med læreplanerne for fysik.

Udover formler har vi valgt at medtage en række hyppigt brugte naturkonstanter samt visse udvalgte tabeller. Det skal bemærkes, at disse tabeller med henblik på den skriftlige prøve i fysik A ikke kan erstatte *Databog fysik og kemi*. I den foreliggende 7. udgave har vi valgt at tilføje formler for areal og volumen af objekter, som eleverne ofte støder på i undervisningen i fysik.

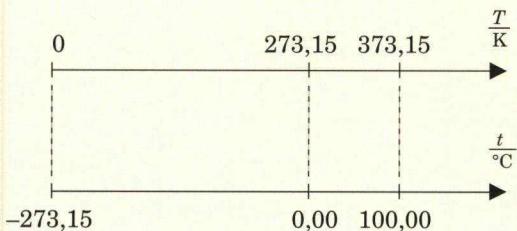
Bogen er revideret af en arbejdsgruppe bestående af Kim Bertelsen, Frank Lisberg Borum, Gert Hansen, Nils Kruse og Randi Larsen.

*September 2012*

Forfatterne

# Energi og varme

## Temperatur



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

$T$  er temperaturen målt i kelvin, og  $t$  er temperaturen målt i grader celsius. Temperaturforskelle har samme talværdi i de to skalaer.

Temperaturen  $-273,15\ ^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$  er det absolutte nulpunkt.

## Varmekapacitet

$Q$  er den varme, som tilføres et system med varmekapaciteten  $C$ , når temperaturtilvæksten er  $\Delta T$ .

$$Q = C \cdot \Delta T$$

## Specifik varmekapacitet

$C$  er varmekapaciteten for en stofmængde, der består af et stof med den specifikke varmekapacitet  $c$ .

Stofmængdens masse er  $m$ .

$$C = m \cdot c$$

## Specifik smeltevarme

$Q$  er den varme, som en stofmængde modtager eller afgiver, når den smelter eller størkner.

$L_s$  er stoffets specifikke smeltevarme, og  $m$  er stofmængdens masse.

$$Q = m \cdot L_s$$

### Specifik fordampningsvarme

$Q$  er den varme, som en stofmængde modtager eller afgiver, når den fordamper eller fortættes.

$$Q = m \cdot L_f$$

$L_f$  er stoffets specifikke fordampningsvarme, og  $m$  er stofmængdens masse.

### Nyttevirkning

$\Delta E_{nytte}$  er den nyttiggjorte energi ved en proces med nyttevirkning  $\eta$ .

$$\eta = \frac{\Delta E_{nytte}}{\Delta E_{tilført}}$$

$\Delta E_{tilført}$  er den tilførte energi.

# Elektricitet og magnetisme

## ELEKTRISK STRØMSTYRKE

### Strømstyrke

$q$  er størrelsen af den elektriske ladning, der i tidsrummet  $\Delta t$  strømmer gennem et tværsnit af en leder, hvor strømstyrken er  $I$ .

$$q = I \cdot \Delta t$$

## ELEKTRISK ENERGI OG EFFEKT

### Elektrisk energi

$E$  er den elektriske energi, som omsættes i en komponent, når størrelsen af spændingsfaldet over komponenten er  $U$ .

$$E = U \cdot q$$

$q$  er størrelsen af den elektriske ladning, der strømmer gennem komponenten, mens energien  $E$  omsættes.

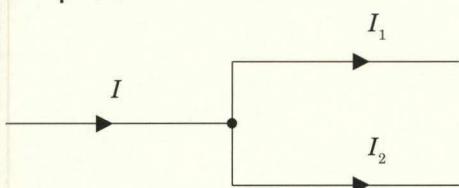
### Elektrisk effekt

$P$  er den effekt, hvormed der omsættes elektrisk energi i en komponent, når størrelsen af spændingsfaldet over komponenten er  $U$ , og strømstyrken gennem den er  $I$ .

$$P = U \cdot I$$

## ELEKTRISKE KREDSLØB

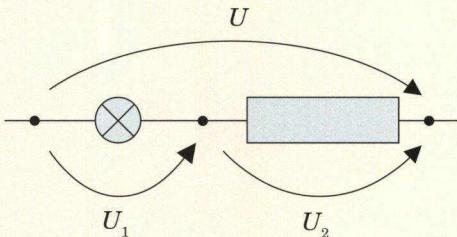
### Knudepunkt



$$I = I_1 + I_2$$

Den samlede strømstyrke hen mod et knudepunkt er lig den samlede strømstyrke væk fra knudepunktet.

### Det samlede spændingsfald



$$U = U_1 + U_2$$

Det samlede spændingsfald  $U$  over to serieforbundne komponenter er summen af spændingsfaldene over de enkelte komponenter.

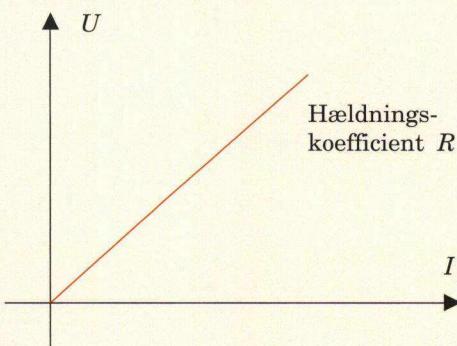
## RESISTANS

### En komponents resistans

$R$  er komponentens resistans, når  $U$  er spændingsfaldet over komponenten, og  $I$  er strømstyrken gennem den.

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

### Ohms lov for en resistor

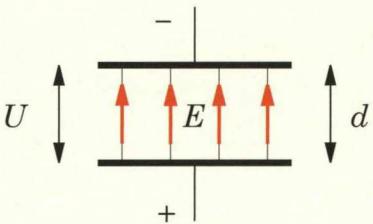


$$U = R \cdot I$$

( $I, U$ )-karakteristikken for en resistor er en ret linje gennem begyndelsespunktet. Den rette linjes hældningskoefficient er resistorens resistans  $R$ .

## ELEKTRISK FELT

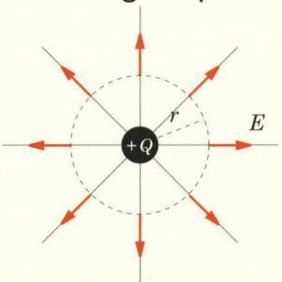
### Elektrisk felt mellem to plader



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

$E$  er størrelsen af det elektriske felt i mellemrummet mellem to parallelle plader.  $U$  er spændingsfaldet mellem pladerne, og  $d$  er afstanden mellem pladerne.

### Elektrisk felt omkring en punktladning



$$E = k_c \cdot \frac{|Q|}{r^2}$$

$E$  er størrelsen af det elektriske felt i afstanden  $r$  fra en punktladning  $Q$ .  $k_c$  er Coulomb konstanten.

### Kraft på en punktladning

$F$  er størrelsen af kraften på en punktladning  $q$ , der befinder sig i et punkt, hvor det elektriske felt har størrelsen  $E$ .

$$F = |q| \cdot E$$

Når  $q$  er positiv, har kraften og det elektriske felt samme retning. Når  $q$  er negativ, er kraften og det elektriske felt modsatrettede.

### Energiændring

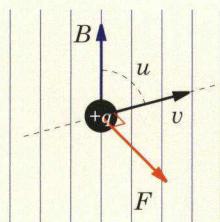
$\Delta E_{\text{kin}}$  er ændringen i kinetisk energi for en punktladning  $q$ , som gennemløber spændingsfaldet  $U$ .

$$\Delta E_{\text{kin}} = U \cdot q$$

## MAGNETFELT

### Kraft på en punktladning

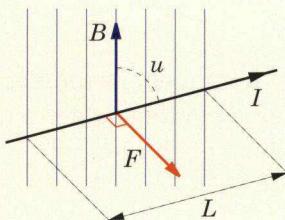
$F$  er størrelsen af kraften på en punktladning  $q$ , som bevæger sig med farten  $v$  i et magnetfelt med størrelsen  $B$ .  $u$  er vinklen mellem  $v$  og  $B$ .



$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin(u)$$

### Laplaces lov

$F$  er størrelsen af kraften på en leder med længden  $L$ , hvor strømstyrken er  $I$ . Lederen befinner sig i et magnetfelt med størrelsen  $B$ .  $u$  er vinklen mellem strømretningen og  $B$ .

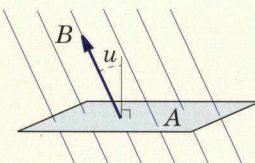


$$F = I \cdot L \cdot B \cdot \sin(u)$$

## INDUKTION

### Magnetisk flux

$\Phi_B$  er den magnetiske flux gennem et område med arealet  $A$ , som befinner sig i et magnetfelt med størrelsen  $B$ .  $u$  er vinklen mellem normalen og  $B$ .



$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos(u)$$

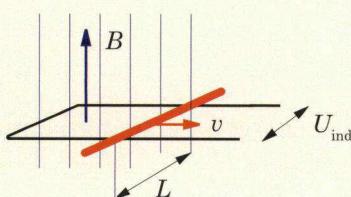
### Faradays induktionslov

$U_{\text{ind}}$  er det inducerede spændingsfald i en leder, som omkranser et område.  $\Phi_B$  er den magnetiske flux gennem området til tiden  $t$ .

$$U_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

### Induceret spændingsfald

$U_{\text{ind}}$  er det inducerede spændingsfald i et lederykk med længden  $L$ , hvor lederykket bevæger sig med farten  $v$  vinkelret på et magnetfelt med størrelsen  $B$ .



$$U_{\text{ind}} = B \cdot L \cdot v$$

# Bølger

## HARMONISKE BØLGER

### Frekvens og periode

$f$  er frekvensen, og  $T$  er perioden for en harmonisk bølge.

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

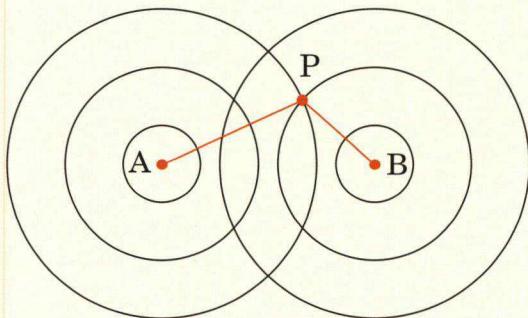
### Udbredelsesfart

$v$  er udbredelsesfarten for en harmonisk bølge.  $\lambda$  er bølgelængden, og  $f$  er frekvensen.

$$v = \lambda \cdot f$$

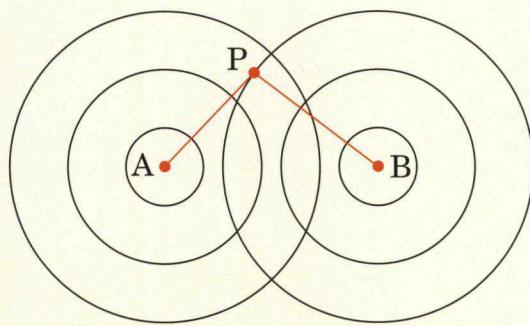
## INTERFERENS

### Konstruktiv interferens



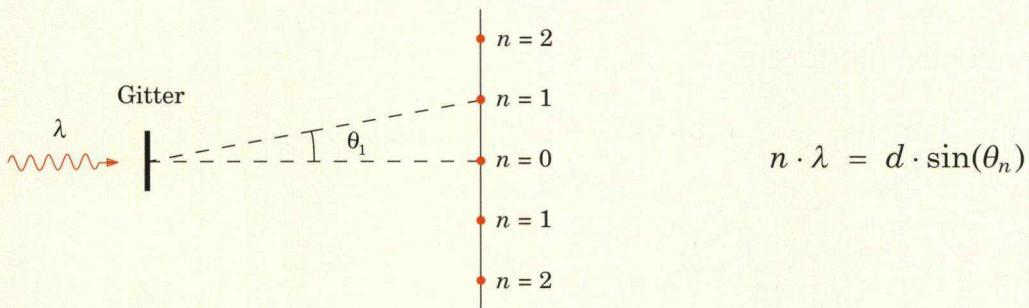
To bølger med samme bølgelængde  $\lambda$  udsendt i takt fra A og B forstærker hinanden i et punkt P, når vejlængdeforskellen hen til P for de interfererende bølger er  $0 \cdot \lambda, 1 \cdot \lambda, 2 \cdot \lambda, 3 \cdot \lambda, \dots$ .

## Destruktiv interferens



To bølger med samme bølgelængde  $\lambda$  udsendt i takt fra A og B svækker hinanden i et punkt P, når vejlængdeforskellen hen til P for de interfererende bølger er  $\frac{1}{2} \cdot \lambda, \frac{3}{2} \cdot \lambda, \frac{5}{2} \cdot \lambda, \dots$

## Gitter



Når en bølle med bølgelængden  $\lambda$  rammer vinkelret ind på et gitter, er der konstruktiv interferens i de retninger, som svarer til afbøjningsvinklerne  $\theta_n$ .

Tallet  $n$  er ordenen.

Gitterkonstanten  $d$  er afstanden mellem to nabospalter i gitteret.

# Atomer og atomkerner

## ELEKTROMAGNETISK STRÅLING

### Udbredelsesfart

Elektromagnetisk stråling udbreder sig i vakuum med lysets fart  $c$ .

$$c = \lambda \cdot f$$

$\lambda$  er strålingen's bølgelængde, og  $f$  er frekvensen.

### En fotons energi

$E_\gamma$  er energien af en foton i elektromagnetisk stråling med bølgelængde  $\lambda$  og frekvens  $f$ .

$$E_\gamma = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$c$  er lysets fart, og  $h$  er Planck konstanten.

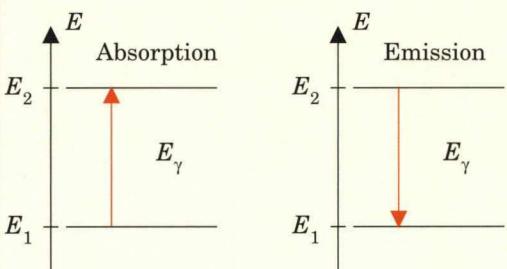
### En fotons bevægelsesmængde

$p$  er bevægelsesmængden af en foton i elektromagnetisk stråling med bølgelængde  $\lambda$  og frekvens  $f$ .

$$p = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$c$  er lysets fart, og  $h$  er Planck konstanten.

### Emission og absorption



$$E_\gamma = E_2 - E_1$$

Et atomart system kan overgå fra en energitilstand til en anden ved at udsende eller absorbere en foton med energien  $E_\gamma$ .

$E_1$  og  $E_2$  er energierne i de to tilstande.

# ATOMKERNER

## Atomkerners bestanddele

$A$  er nukleontallet,  $Z$  er protontallet, og  $N$  er neutrontallet. 
$$A = Z + N$$
  
 $A$  kaldes også massetallet.  
 $Z$  kaldes også atomnummeret.

# KERNEREAKTIONER

## Bevarelsessætninger

Ved radioaktive henfald og alle andre kernereaktioner er følgende størrelser bevaret:

- Det samlede nukleontal
- Den samlede elektriske ladning
- Det samlede leptontal
- Den samlede energi
- Den samlede bevægelsesmængde

## Ækvivalensen mellem masse og energi

$E$  er den energi, som et system tillægges alene på grund af systemets masse  $m$ . 
$$E = m \cdot c^2$$

$c$  er lysets fart.

## Q-værdi

$\Delta m$  er tilvæksten i den samlede masse ved en proces med Q-værdien  $Q$ .

$c$  er lysets fart.

$\Delta E_{\text{kin}}$  er tilvæksten i kinetisk energi for de partikler, der indgår i processen.

$$Q = \Delta E_{\text{kin}} = -\Delta m \cdot c^2$$

# RADIOAKTIVE HENFALD

## Henfaldsskemaer

${}^A_Z X$  er moderkernen, og  ${}^A_Z Y$  er datterkernen.

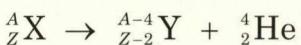
${}^0_{-1} e$  er en elektron, og  ${}^0_{+1} e$  er en positron.

$\nu_e$  er en neutrino, og  $\bar{\nu}_e$  er en antineutrino.

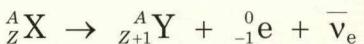
$\gamma$  er en foton.

\* betegner en exciteret tilstand af kernen.

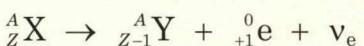
$\alpha$  - henfald :



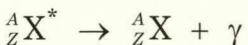
$\beta^-$  - henfald :



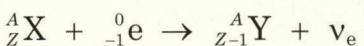
$\beta^+$  - henfald :



$\gamma$  - henfald :



Elektronindfangning :



## Henfaldsloven

$N$  er antal kerner til tiden  $t$  i en prøve, der kun indeholder ét radioaktivt nuklid, og som til tiden  $t = 0$  s indeholder  $N_0$  kerner.

$k$  er henfaldskonstanten, og  $T_{\frac{1}{2}}$  er halveringstiden.

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

## Henfaldskonstanten

$k$  er henfaldskonstanten, og  $T_{\frac{1}{2}}$  er halveringstiden.

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

## Aktivitet

$A$  er aktiviteten, og  $N$  er antal kerner til tiden  $t$ .

$$A = -\frac{dN}{dt}$$

## Aktivitet og antal kerner

$A$  er aktiviteten, og  $N$  er antal kerner.  
 $k$  er henfaldskonstanten.

$$A = k \cdot N$$

## Aktivitet som funktion af tiden

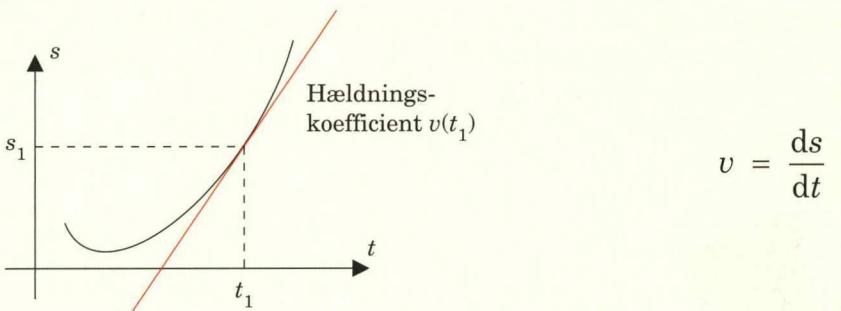
$A$  er aktiviteten til tiden  $t$  fra en prøve, der kun indeholder ét radioaktivt nuklid, og som til tiden  $t = 0$  s har aktiviteten  $A_0$ .  
 $k$  er henfaldskonstanten, og  $T_{\frac{1}{2}}$  er halveringstiden.

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

# Mekanik

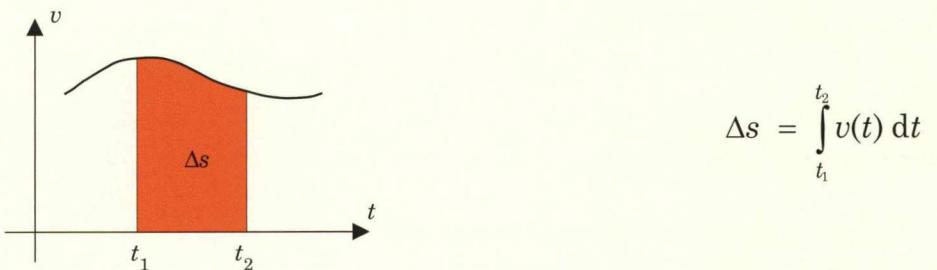
## BEVÆGELSE I ÉN DIMENSION

### Hastighed



Hastigheden  $v$  er differentialkvotienten af stedfunktionen  $s(t)$ .

Hastigheden til tiden  $t_1$  er hældningskoefficienten for tangenten til  $(t,s)$ -grafen i punktet  $(t_1, s_1)$ .



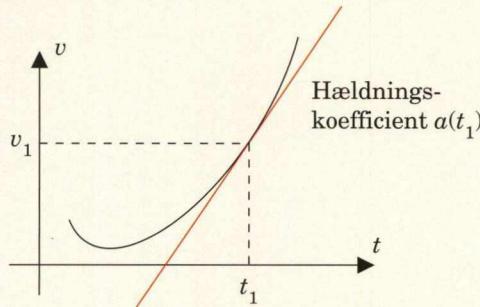
For en partikel, der bevæger sig i én retning, er den tilbagelagte vejlængde  $\Delta s$  i tidsrummet fra  $t_1$  til  $t_2$  lig med arealet under  $(t,v)$ -grafen fra  $t_1$  til  $t_2$ .

### Gennemsnitshastighed

$v_{gns}$  er gennemsnitshastigheden i tidsrummet  $\Delta t$ .  
 $\Delta s$  er den tilbagelagte vejstrækning i dette tidsrum.

$$v_{gns} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

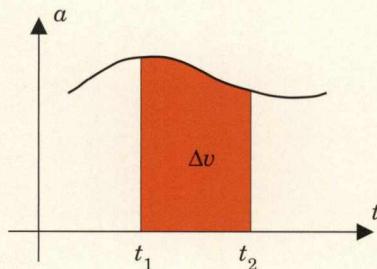
## Acceleration



$$a = \frac{dv}{dt}$$

Accelerationen  $a$  er differentialkvotienten af hastighedsfunktionen  $v(t)$ .

Accelerationen til tiden  $t_1$  er hældningskoefficienten for tangenten til  $(t, v)$ -grafen i punktet  $(t_1, v_1)$ .



$$\Delta v = \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt$$

For en partikel, der bevæger sig i én retning, er hastighedstilvæksten  $\Delta v$  i tidsrummet fra  $t_1$  til  $t_2$  lig med arealet under  $(t, a)$ -grafen fra  $t_1$  til  $t_2$ .

## Gennemsnitsacceleration

$a_{gns}$  er gennemsnitsaccelerationen i tidsrummet  $\Delta t$ .  
 $\Delta v$  er hastighedstilvæksten i dette tidsrum.

$$a_{gns} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

## Jævn bevægelse

$s(t)$  er stedfunktionen for en bevægelse med konstant hastighed  $v$  og begyndelsessted  $s_0$ .

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

## Jævnt voksende bevægelse

$s(t)$  er stedfunktionen for en bevægelse med konstant acceleration  $a$ , begyndelseshastighed  $v_0$  og begyndelsesstedet  $s_0$ .

$v(t)$  er den tilhørende hastighedsfunktion.

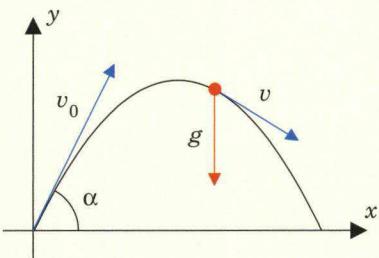
$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

$$v = a \cdot t + v_0$$

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

## BEVÆGELSE I TO DIMENSIONER

### Skråt kast i et homogent tyngdefelt



$(x, y)$  er stedkoordinaterne for en partikel, der bevæger sig i et homogent tyngdefelt med tyngdeaccelerationen  $g$ .

Begyndelsesstedet er  $(0 \text{ m}, 0 \text{ m})$ .

Begyndelseshastigheden har størrelsen  $v_0$  og danner vinklen  $\alpha$  med  $x$ -aksen.

$v_x$  og  $v_y$  er hastighedskoordinaterne, og  $v$  er farten.

$a_x$  og  $a_y$  er accelerationskoordinaterne.

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

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

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

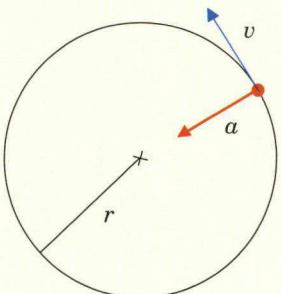
$$v_y = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin(\alpha)$$

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

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$

### Jævn cirkelbevægelse



$v$  er farten i en cirkelbevægelse med konstant fart, radius  $r$  og omløbstid  $T$ .

$a$  er størrelsen af accelerationen.

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

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot r$$

# BEVÆGELSESMÆNGDE OG KRAFT

## Bevægelsesmængde

$p$  er en partikels bevægelsesmængde i en given retning.  
 $m$  er partiklens masse, og  $v$  er dens hastighed i den givne retning.

$$p = m \cdot v$$

## Newton's 2. lov

$F$  er den samlede kraft på en partikel i en given retning.  
 $m$  er partiklens masse, og  $a$  er dens acceleration i den givne retning.

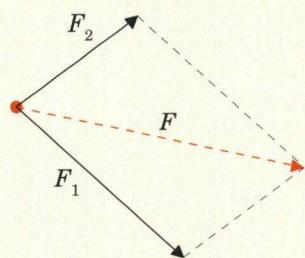
$$F = m \cdot a$$

## Bevægelsesmængde og kraft

$\Delta p$  er tilvæksten i en partikels bevægelsesmængde i en given retning i et tidsrum  $\Delta t$ .  $F$  er den samlede kraft på partiklen i den givne retning.

$$\Delta p = F \cdot \Delta t$$

## Kræfters addition

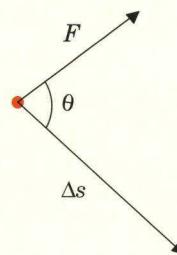


To enkeltkræfter  $F_1$  og  $F_2$  kan erstattes af en samlet kraft  $F$ .

Den samlede krafts størrelse og retning bestemmes ved kræfternes parallelogram.

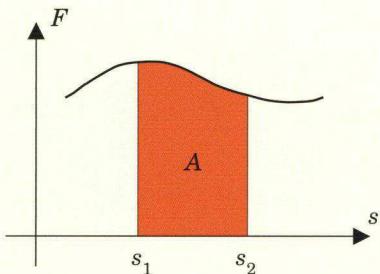
# ARBEJDE OG ENERGI

## Arbejde



$$A = F \cdot \Delta s \cdot \cos(\theta)$$

$A$  er det arbejde, som en konstant kraft  $F$  udfører på en partikel, der forskydes strækningen  $\Delta s$  i en retning, som danner vinklen  $\theta$  med kraftens retning.



$$A = \int_{s_1}^{s_2} F(s) \, ds$$

Det arbejde, som en varierende kraft udfører på en partikel, der forskydes i kraftens retning fra stedet  $s_1$  til stedet  $s_2$ , er lig arealet under  $(s, F)$ -grafen fra  $s_1$  til  $s_2$ .

## Ydre krafts arbejde

$A_{\text{ydre}}$  er den samlede ydre krafts arbejde på et system.  
 $\Delta E$  er tilvæksten i systemets energi.

$$A_{\text{ydre}} = \Delta E$$

## Kinetisk energi

$E_{\text{kin}}$  er den kinetiske energi af en partikel med masse  $m$  og fart  $v$ .

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

## Den samlede krafts arbejde på en partikel

$A$  er den samlede krafts arbejde på en partikel.  
 $\Delta E_{\text{kin}}$  er tilvæksten i partiklens kinetiske energi.

$$A = \Delta E_{\text{kin}}$$

## Mekanisk energi

$E_{\text{mek}}$  er den mekaniske energi af en partikel, der har den kinetiske energi  $E_{\text{kin}}$  og den potentielle energi  $E_{\text{pot}}$ .

$$E_{\text{mek}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$$

For et isoleret system uden gnidning og luftmodstand er den mekaniske energi bevaret.

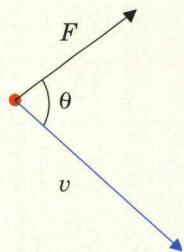
## EFFEKT

### Effekt

$P$  er den effekt, hvormed der omsættes energi.  
 $\Delta E$  er den energi, der omsættes i tidsrummet  $\Delta t$ .

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

### En krafts effekt



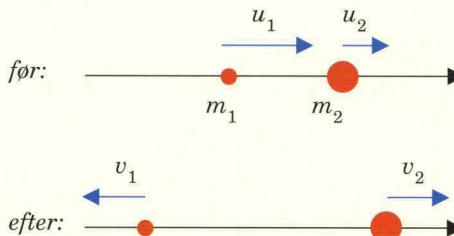
$$P = F \cdot v \cdot \cos(\theta)$$

$P$  er den effekt, hvormed en kraft  $F$  udfører arbejde på en partikel, når kraften danner vinklen  $\theta$  med partiklens hastighed.

$v$  er partiklens fart.

# STØD

## Bevarelse af bevægelsesmængde



$$m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 =$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

Ved et stød mellem to partikler er den samlede bevægelsesmængde bevaret langs enhver retning.

I et centralt stød bevæger partiklerne sig langs samme rette linje før og efter stødet.

I et elastisk stød er den kinetiske energi bevaret.

I et fuldstændig uelastisk stød har partiklerne efter stødet samme hastighed.

# TYNGDEKRAFT

## Tyngdekraft

$F_t$  er størrelsen af tyngdekraften på et legeme med massen  $m$  i et tyngdefelt med tyngdeaccelerationen  $g$ .

$$F_t = m \cdot g$$

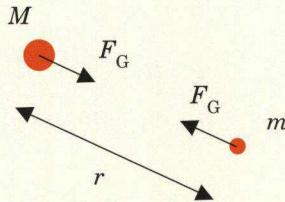
## Potentiel energi i et homogent tyngdefelt

$E_{pot}$  er den potentielle energi af en partikel med massen  $m$  i højden  $h$  over nulniveauet i et tyngdefelt med tyngdeaccelerationen  $g$ .

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

# GRAVITATION

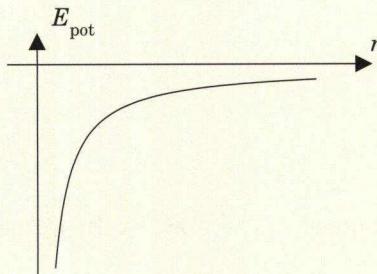
## Gravitationskraft



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

$F_G$  er størrelsen af gravitationskraften mellem to partikler med masserne  $m$  og  $M$  i afstanden  $r$  fra hinanden.  
 $G$  er gravitationskonstanten.

## Potentiel energi i et gravitationsfelt



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

$E_{\text{pot}}$  er den potentielle energi af to partikler med masserne  $m$  og  $M$  i afstanden  $r$  fra hinanden.  
Nulpunktet er valgt i det uendeligt fjerne.  
 $G$  er gravitationskonstanten.

# ELASTISK KRAFT

## Hookes lov

$F$  er størrelsen af en elastisk kraft på en partikel, der befinder sig i afstanden  $x$  fra ligevægtsstillingen.  
Kraften er rettet mod ligevægtsstillingen.  
 $k$  er fjederkonstanten.

$$F = k \cdot x$$

## Potentiel energi i et system med en elastisk kraft

$E_{\text{pot}}$  er den potentielle energi af en partikel, der befinder sig i afstanden  $x$  fra ligevægtsstillingen.  
 $k$  er fjederkonstanten.

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

## HARMONISK SVINGNING

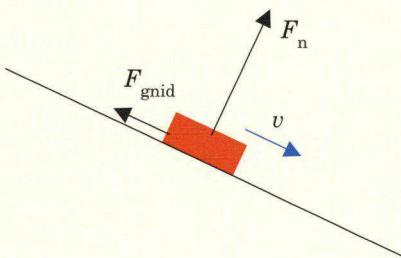
### Svingningstid

$T$  er svingningstiden for en partikel med masse  $m$ , som udfører en harmonisk svingning under påvirkning af en elastisk kraft.  
 $k$  er fjederkonstanten.

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

## GNIDNING OG LUFTMODSTAND

### Gnidning



$$F_{\text{gnid}} = \mu \cdot F_n$$

$F_{\text{gnid}}$  er størrelsen af gnidningskraften mellem to faste flader, der bevæger sig i forhold til hinanden.

$F_n$  er størrelsen af normalkraften, og  $\mu$  er gnidningskoefficienten.

### Luftmodstand

$F_{\text{luft}}$  er størrelsen af luftmodstanden på en genstand, som bevæger sig gennem luften med fartan  $v$ .  
 $\rho$  er luftens densitet,  $A$  er genstandens største tværsnitsareal vinkelret på bevægelsesretningen.  
 $c_w$  er formfaktoren.

$$F_{\text{luft}} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

## DENSITET OG OPDRIFT

### Densitet

$m$  er massen af en stofmængde med densitet  $\rho$  og volumen  $V$ .

$$m = \rho \cdot V$$

### Archimedes' lov

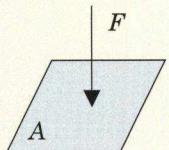
$F_{\text{op}}$  er størrelsen af den kraft, opdriften giver på en genstand, der fortrænger volumenet  $V$  af en væske eller en gas med densiteten  $\rho$ .

$g$  er tyngdeaccelerationen.

$$F_{\text{op}} = \rho \cdot V \cdot g$$

## TRYK

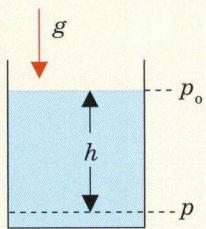
### Tryk og kraft



$F$  er kraften på en flade med arealet  $A$ , der er påvirket af trykket  $p$ .

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

### Trykket i en væskesøje



$p$  er trykket i en væskesøje i dybden  $h$  under overfladen.  
 $p_0$  er trykket ved overfladen.  
 $\rho$  er densiteten af væsken, og  
 $g$  er tyngdeaccelerationen.

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

### Trykket i en gassøje

$p$  er trykket i en gassøje i højden  $h$  over bunden.  
 $p_B$  er trykket ved bunden.  $\rho$  er densiteten af gassen, og  
 $g$  er tyngdeaccelerationen.

$$p = p_B - \rho \cdot g \cdot h$$

# Kosmologi

## Hubbleloven

$v_0$  er en galakses nuværende fart væk fra os.  
 $r_0$  er den nuværende afstand til galaksen, og  $H_0$  er Hubble konstanten.

$$v_0 = H_0 \cdot r_0$$

## Rødforskydning for en galakse

$z$  er rødforskydningen for en galakse.  $\lambda_{\text{obs}}$  er den bølgelængde, der observeres for en spektrallinje i strålingen fra galaksen. Laboratoriebølgelængden  $\lambda_{\text{lab}}$  er den bølgelængde, der observeres for den tilsvarende spektrallinje i laboratoriet.

$$z = \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{lab}}}{\lambda_{\text{lab}}}$$

## Universets udvidelse

$r_0$  er den nuværende afstand til en galakse med rødforskydning  $z$ .  
Da den nu modtagne stråling blev udsendt fra galaksen, var afstanden til galaksen  $r_e$ .

$$r_0 = r_e \cdot (1 + z)$$

## Flughastighed for nære galakser

$v_0$  er en galakses nuværende fart væk fra os.  
 $z$  er galaksens rødforskydning, og  $c$  er lysets fart.

$$v_0 = c \cdot z, z < 0,1$$

# Tabeller

## KONSTANTER

Lysets fart i vacuum	$c$	$299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Avogadro konstanten	$N_A$	$6,0221 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Elementarladdningen	$e$	$1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Gravitationskonstanten	$G$	$6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$
Planck konstanten	$h$	$6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Coulomb konstanten	$k_C$	$8,9876 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$
Elektronens masse	$m_e$	$9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg} =$ $0,000\,548\,580 \text{ u}$
Protonens masse	$m_p$	$1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} =$ $1,007\,276\,467 \text{ u}$
Neutronens masse	$m_n$	$1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} =$ $1,008\,664\,916 \text{ u}$

Jordens masse	$M_J$	$5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Jordens middelradius	$R_J$	$6,373 \cdot 10^6 \text{ m}$
Jordens middelafstand til Solen	$r_J$	$1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Solens masse	$M_S$	$1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Månenens masse	$M_M$	$7,348 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
Månenens middelafstand til Jorden	$r_M$	$3,844 \cdot 10^8 \text{ m}$

Tyngdeaccelerationen i Danmark	$g$	$9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Lydens fart i luft ved 20 °C	$v_{20}$	$343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Hubble konstanten	$H_0$	$71 \frac{\text{km/s}}{\text{Mpc}} = 21 \frac{\text{km/s}}{10^6 \text{ ly}} =$ $2,3 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1} = 7,2 \cdot 10^{-11} \text{ år}^{-1}$

## DEKADISKE PRÆFIKSER

Værdi	Navn	Symbol	Værdi	Navn	Symbol
$10^1$	deca	da	$10^{-1}$	deci	d
$10^2$	hekto	h	$10^{-2}$	centi	c
$10^3$	kilo	k	$10^{-3}$	milli	m
$10^6$	mega	M	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^9$	giga	G	$10^{-9}$	nano	n
$10^{12}$	tera	T	$10^{-12}$	pico	p
$10^{15}$	peta	P	$10^{-15}$	femto	f
$10^{18}$	exa	E	$10^{-18}$	atto	a
$10^{21}$	zetta	Z	$10^{-21}$	zepto	z
$10^{24}$	yotta	Y	$10^{-24}$	yocto	y

## SI-ENHEDER

Størrelse	Navn på enhed	Symbol for enhed	Omregning
længde	meter	m	grundenhed
masse	kilogram	kg	grundenhed
tid	sekund	s	grundenhed
strømstyrke	ampere	A	grundenhed
stofmængde	mol	mol	grundenhed
temperatur	kelvin	K	grundenhed
frekvens	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
kraft	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
tryk	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
energi	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
effekt	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$
elektrisk ladning	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
elektrisk spændingsfald	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}$
resistans	ohm	$\Omega$	$1 \text{ } \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$
aktivitet	becquerel	Bq	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
magnetfelt	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$

## ANDRE ENHEDER

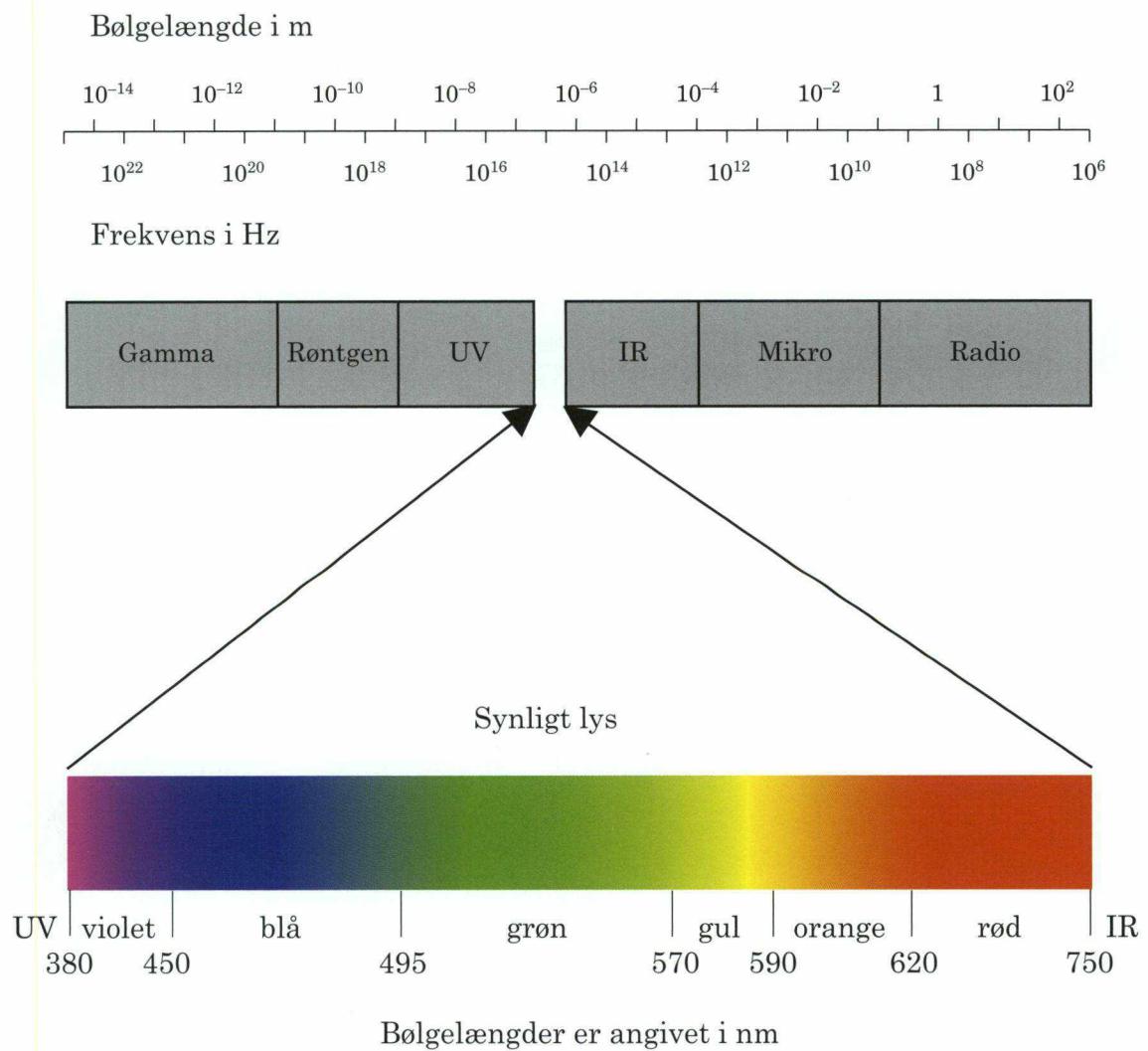
Størrelse	Navn på enhed	Symbol for enhed	Omregning
længde	lysår	ly	$1 \text{ ly} = 9,4607 \cdot 10^{15} \text{ m}$
	parsec	pc	$1 \text{ pc} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$
	astronomisk enhed	AE	$1 \text{ AE} = 1,4960 \cdot 10^{11} \text{ m}$
volumen	liter	L	$1 \text{ L} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
masse	atommasseenhed	u	$1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
	ton	t	$1 \text{ t} = 1 \cdot 10^3 \text{ kg}$
tid	år	år	$1 \text{ år} = 365,25 \text{ dage}$
energi	elektronvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
	kilowatttime	kWh	$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
	energiækvivalent	$u \cdot c^2$	$1 \text{ u} \cdot c^2 = 1,4924 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ $= 931,49 \text{ MeV}$
fart		$\frac{\text{km}}{\text{h}}$	$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
densitet		$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$ $= 1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
tryk	atmosfære	atm	$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$

## STOFEGENSKABER

	Densitet $\rho$	Specifik varmekapacitet $c_p$	Specifik smeltevarme $L_s$	Specifik fordampningsvarme $L_f$
vand, 20 °C	998 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	4,182 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	—	—
vand, 100 °C	—	—	—	2 257 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
is, 0 °C	917 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	2,10 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	334 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	—
luft, 20 °C *)	1,205 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	1,005 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	—	—

\*) ved 101,3 kPa

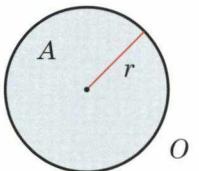
## DET ELEKTROMAGNETISKE SPEKTRUM



Der findes ingen standard for tildeling af farver og bølgelængder til synligt lys.

## AREAL OG VOLUMEN

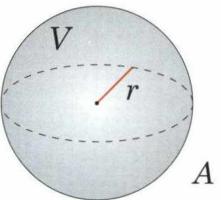
## CIRKEL



Omkreds  $O = 2\pi \cdot r$

Areal  $A = \pi \cdot r^2$

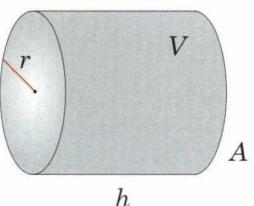
## KUGLE



Overfladeareal  $A = 4\pi \cdot r^2$

Volumen  $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$

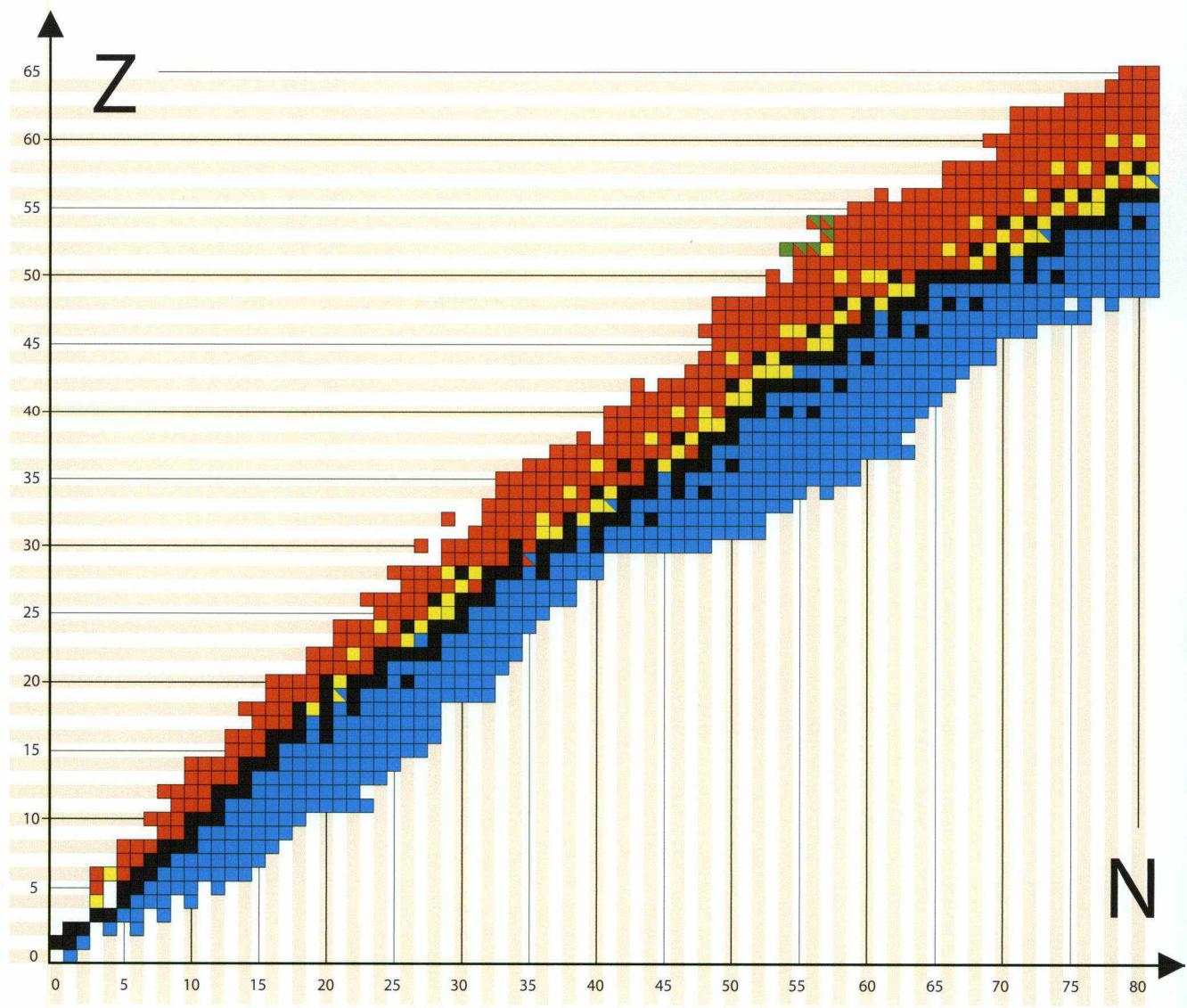
## CYLINDER

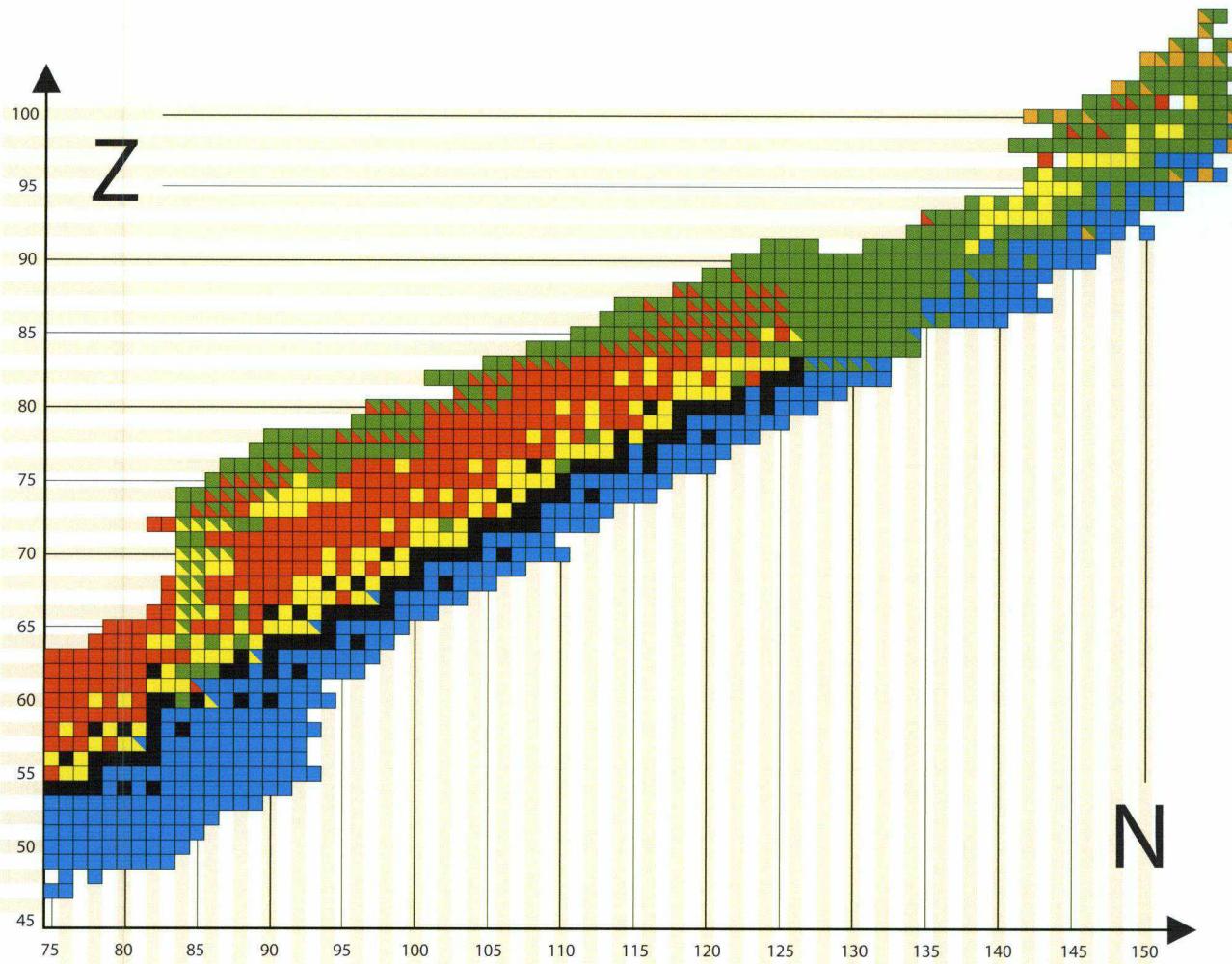


Overfladeareal  $A = 2\pi \cdot r^2 + 2\pi \cdot r \cdot h$

Volumen  $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$

# Kernekort





- stabil
- $\beta^+$
- elektronindfangning (EC)
- $\beta^-$
- $\alpha$
- spontan fission

# Grundstoffersne

1,00794	
<b>1 H</b>	
0,082 g/L *)	

Hydrogen

6,941	9,01218
<b>3 Li</b>	<b>4 Be</b>
0,533	1,846

Lithium Beryllium

22,989768	24,3050
<b>11 Na</b>	<b>12 Mg</b>
0,966	1,738

Natrium Magnesium

39,0983	40,078	44,955910	47,88	50,9415	51,996	54,93805	55,847	58,9332
<b>19 K</b>	<b>20 Ca</b>	<b>21 Sc</b>	<b>22 Ti</b>	<b>23 V</b>	<b>24 Cr</b>	<b>25 Mn</b>	<b>26 Fe</b>	<b>27 Co</b>
0,862	1,53	2,992	4,508	6,09	7,194	7,473	7,873	8,86
Kalium	Calcium	Scandium	Titan	Vanadium	Krom	Mangan	Jern	Kobolt
85,4678	87,62	88,90585	91,224	92,90638	95,94	(97,9072)	101,07	102,90550
<b>37 Rb</b>	<b>38 Sr</b>	<b>39 Y</b>	<b>40 Zr</b>	<b>41 Nb</b>	<b>42 Mo</b>	<b>43 Tc</b>	<b>44 Ru</b>	<b>45 Rh</b>
1,533	2,583	4,475	6,507	8,578	10,222	11,496	12,36	12,42
Rubidium	Strontium	Yttrium	Zirkon	Niobium	Molybdæn	Tecnetium	Ruthenium	Rhodium
132,9054	137,33	*	178,49	180,9479	183,84	186,207	190,23	192,22
<b>55 Cs</b>	<b>56 Ba</b>	*	<b>72 Hf</b>	<b>73 Ta</b>	<b>74 W</b>	<b>75 Re</b>	<b>76 Os</b>	<b>77 Ir</b>
1,93	3,594		13,276	16,67	19,254	21,023	22,58	22,55
Cæsium	Barium		Hafnium	Tantal	Wolfram	Rhenium	Osmium	Iridium
(223,019)	(226,0254)	**	<b>104 Rf</b>	<b>105 Db</b>	<b>106 Sg</b>	<b>107 Bh</b>	<b>108 Hs</b>	<b>109 Mt</b>
Francium	Radium		Rutherfordium	Dubnium	Seaborgium	Bohrium	Hassium	Meitnerium

*	138,9055	140,115	140,90765	144,24	(144,9127)	150,36	151,965
	<b>57 La</b>	<b>58 Ce</b>	<b>59 Pr</b>	<b>60 Nd</b>	<b>61 Pm</b>	<b>62 Sm</b>	<b>63 Eu</b>
	6,174	6,711	6,779	7,01	7,22	7,536	5,248
	Lanthan	Cerium	Praseodym	Neodym	Promethium	Samarium	Europium
**	(227,028)	232,0381	(231,0359)	238,0289	(237,0482)	(244,0642)	(243,061)
	<b>89 Ac</b>	<b>90 Th</b>	<b>91 Pa</b>	<b>92 U</b>	<b>93 Np</b>	<b>94 Pu</b>	<b>95 Am</b>
	10,06	11,725	15,37	19,05	20,45	19,814	13,67
	Actinium	Thorium	Protactinium	Uran	Neptunium	Plutonium	Americium

Atommasse / u  
Atomnr. Symbol  
Densitet / 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>  
Navn

\*) ved 25 °C  
og 101,325 kPa

# periodesystem

4,002602
<b>2 He</b>
0,164 g/L *) Helium

10,811 <b>5 B</b> 2,466 Bor	12,011 <b>6 C</b> 2,266 Carbon	14,00674 <b>7 N</b> 1,145 g/L *) Nitrogen	15,9994 <b>8 O</b> 1,308 g/L *) Oxygen	18,998403 <b>9 F</b> 1,553 g/L *) Fluor	20,1797 <b>10 Ne</b> 0,825 g/L *) Neon
26,98154 <b>13 Al</b> 2,698 Aluminium	28,0855 <b>14 Si</b> 2,329 Silicium	30,973762 <b>15 P</b> 1,82 (gult) Fosfor	32,066 <b>16 S</b> 2,086 Svovl	35,453 <b>17 Cl</b> 2,898 g/L *) Klor	39,948 <b>18 Ar</b> 1,633 g/L *) Argon
58,6934 <b>28 Ni</b> 8,907 Nikkel	63,546 <b>29 Cu</b> 8,933 Kobber	65,39 <b>30 Zn</b> 7,135 Zink	69,723 <b>31 Ga</b> 5,905 Gallium	72,61 <b>32 Ge</b> 5,323 Germanium	74,9216 <b>33 As</b> 5,776 Arsen
106,42 <b>46 Pd</b> 11,995 Palladium	107,8682 <b>47 Ag</b> 10,5 Sølv	112,411 <b>48 Cd</b> 8,647 Cadmium	114,818 <b>49 In</b> 7,29 Indium	118,710 <b>50 Sn</b> 7,285 Tin	121,757 <b>51 Sb</b> 6,692 Antimon
195,08 <b>78 Pt</b> 21,5 Platin	196,9665 <b>79 Au</b> 19,281 Guld	200,59 <b>80 Hg</b> 13,546 Kviksølv	204,3833 <b>81 Tl</b> 11,871 Tallium	207,2 <b>82 Pb</b> 11,343 Bly	208,9804 <b>83 Bi</b> 9,803 Bismuth
					(208,9824)
					(209,987)
					(222,0176)
<b>110 Ds</b> Darmstadtium	<b>111 Rg</b> Roentgenium				

157,25 <b>64 Gd</b> 7,87 Gadolinium	158,92534 <b>65 Tb</b> 8,267 Terbium	162,50 <b>66 Dy</b> 8,531 Dysprosium	164,93032 <b>67 Ho</b> 8,797 Holmium	167,26 <b>68 Er</b> 9,044 Erbium	168,93421 <b>69 Tm</b> 9,325 Thulium	173,04 <b>70 Yb</b> 6,966 Ytterbium	174,967 <b>71 Lu</b> 9,842 Lutetium
(247,070) <b>96 Cm</b> 13,51 Curium	(247,070) <b>97 Bk</b> 14,790 Berkelium	(251,080) <b>98 Cf</b> Californium	(252,082) <b>99 Es</b> Einsteinium	(257,0951) <b>100 Fm</b> Fermium	(258,0986) <b>101 Md</b> Mendelevium	(259,1009) <b>102 No</b> Nobelium	(260,1054) <b>103 Lr</b> Lawrencium

ISBN 978-87-7792-045-5



9 788777920455 >