(31.08.11) Størrelser og enheter. SI-systemet [YF 1] ②

- Fysisk størrelse: Målbar (som regel!) størrelse for fysisk fenomen.

Eks: Lengde, $\underbrace{\ell}_{\text{symbol}} = \underbrace{17.3}_{\text{måltall}} \ \underbrace{\text{km}}_{\text{enhet, inkl. dekadisk prefiks (k)}}$

Vanlig notasjon: $[\ell] = \text{m}$

"enheten til lengde er meter"

- SI-enheter:

Grunnenheter (7 stk):

Navn	Symbol (f.eks.)	Enhet	
lengde	$\ell, s, \ldots$	m	De viktige i MekFys.
masse	$m, M, \ldots$	kg	
tid	$t, \ldots$	s	
elektrisk strømstyrke	I	A	(ElMag)
temperatur	T	K	(Termisk)
stoffmengde	n	mol	(Kjemi, MekFys...)
Lysstyrke	I	cd	(Sjelden!)

Sammensatte enheter:

hastighet (fart)	v	$\text{m/s} = \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	
akselerasjon	a	$\text{m/s}^2 = \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	
kraft	F	$\text{kg m/s}^2 \overset{\text{def}}{=} \text{N}$	= avledete enheter
trykk	p	$\text{N/m}^2 \overset{\text{def}}{=} \text{Pa}$	
energi	$W, E, \ldots$	$\text{Nm} \overset{\text{def}}{=} \text{J}$	

Dekadiske prefikser:

Navn	Symbol	Tallfaktor
femto	f	10^{-15}
piko	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
mikro	μ	10^{-6}
milli	m	10^{-3}
centi	c	10^{-2}
desi	d	10^{-1}
kilo	k	10^{3}
mega	M	10^{6}
giga	G	10^{9}
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}

Omregning til og fra SI-enheter; eksempler:

- Hvor fort er 10 m/s angitt i km/h ? (1 h = 1 time)

  $$10 \text{ m/s} = 10 \cdot \underbrace{(10^{-3}\text{ km/m})}_{=1} \cdot \underbrace{(3600 \text{ s/h})}_{=1} \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

- Hva er energimengden 1 kWh (evt 1 kWt) i SI-enheter?

  1 W = 1 J/s (effekt; energi pr tidsenhet)

  $$1 \text{ kWt} = 1 \cdot 1000 \text{ J/s} \cdot 3600 \text{ s} = 3.6 \cdot 10^{6} \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$$

Kinematikk [YF 2 og 3, LL1]

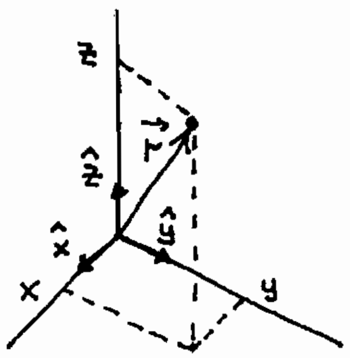
= beskrivelsen av bevegelse

[Senere: Dynamikk – Hva forårsaker bevegelsen? Krefter, Newtons lover.]

Ser først på punktpartikler; kan betraktes som modell / tilnærming for virkelige legemer.

[Senere: Stive legemers dynamikk. Rotasjon etc.]

Posisjon:



$$\vec{r}(t) = x(t)\,\hat{x} + y(t)\,\hat{y} + z(t)\,\hat{z}$$

= posisjon angitt i fast (dvs: tidsuavhengig) kartesisk koordinatsystem (høyrehendt)

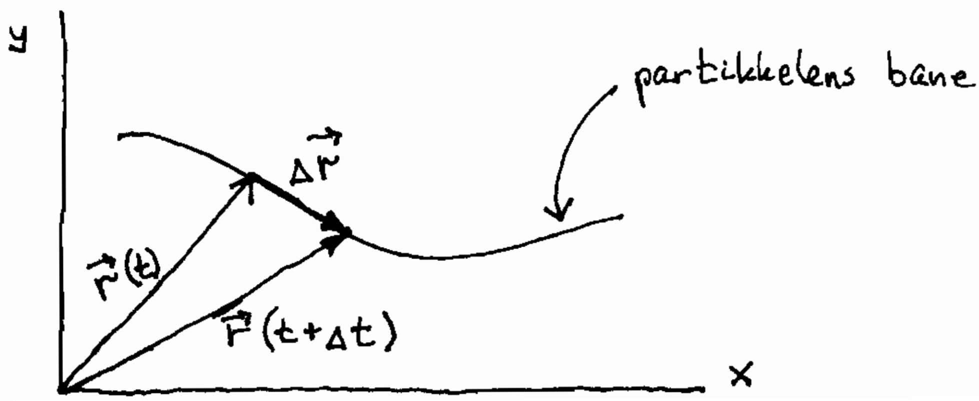
$\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ = enhetsvektorer i hhv (positiv) x-; y-; z-retning

$|\hat{x}| = |\hat{y}| = |\hat{z}| = 1$; $[\hat{x}] = [\hat{y}] = [\hat{z}] = 1$ (dvs dimensjonsløs)

Alternativ notasjon:

$\hat{x} = \hat{\imath} = \vec{e}_x = \vec{u}_x$; $\hat{y} = \hat{\jmath} = \ldots$; $\hat{z} = \hat{k} = \ldots$

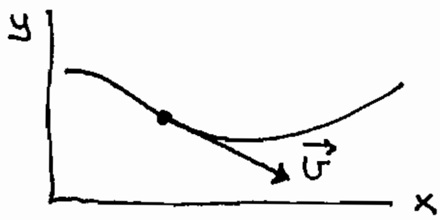
Bevegelse i (f.eks) xy-planet [enklere å tegne i 2D enn 3D]:



<u>Hastighet</u> = forflytning pr tidsenhet:

$$\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\vec{r}(t+\Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

(Vanlig notasjon: $\frac{d}{dt}(\ldots) = (\dot{\ldots})$, $\frac{d^2}{dt^2}(\ldots) = (\ddot{\ldots})$ etc)



$\vec{v}$ er rettet <u>tangentielt</u> til banen

<u>Akselerasjon</u> = hastighetsendring pr tidsenhet:

$$\vec{a}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dot{\vec{v}} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\vec{r}}{dt}\right) = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \ddot{\vec{r}}$$

På <u>komponentform</u> (her: <u>kartesiske</u> komponenter):

$$\begin{array}{ccccccc} \vec{v} & = & v_x \hat{x} & + & v_y \hat{y} & + & v_z \hat{z} \\ \| & & \| & & \| & & \| \\ \frac{d\vec{r}}{dt} & = & \frac{dx}{dt}\hat{x} & + & \frac{dy}{dt}\hat{y} & + & \frac{dz}{dt}\hat{z} \end{array}$$

Tilsvarende: $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$ etc.

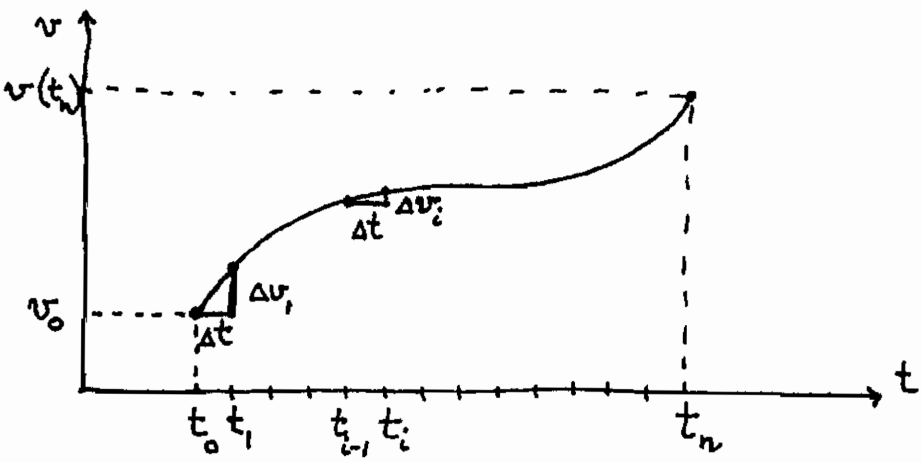
Vi finner altså $\vec{a}$ og $\vec{v}$ fra hhv $\vec{v}$ og $\vec{r}$ ved <u>derivasjon</u> (mhp tida t).

Omvendt kan vi finne $\vec{v}$ og $\vec{r}$ fra hhv $\vec{a}$ og $\vec{v}$ ved <u>integrasjon</u> (mhp t).

Ser for enkelhets skyld på 1D, dvs bevegelse langs rett linje, f.eks x-aksen: (6)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \Delta v = a \cdot \Delta t$$

Anta $v = v_0$ ved $t = t_0$:



$$\Rightarrow v(t_n) = v_0 + \Delta v_1 + \dots + \Delta v_i + \dots + \Delta v_n$$

$$= v_0 + \sum_{i=1}^{n} \Delta v_i$$

$$\approx v_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot \Delta t$$

Når vi nå lar $\Delta t \to 0$, vil $\sum \to \int$ og $\Delta t \to dt$

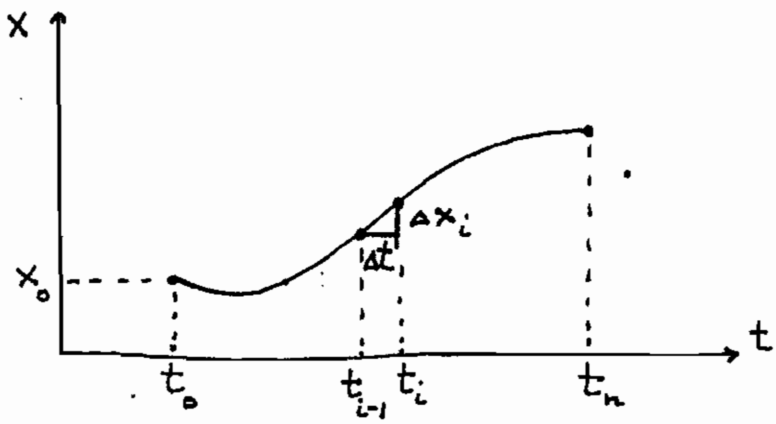
$$\Rightarrow v(t_n) = v_0 + \int_{t_0}^{t_n} a(t)\,dt$$

$$\Rightarrow v(t_n) - v_0 = \int_{v(t_0)}^{v(t_n)} dv = \int_{t_0}^{t_n} a(t)\,dt$$

Tilsvarende:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \implies \Delta x = v \cdot \Delta t$$

Anta $x = x_0$ ved $t = t_0$:



$$\begin{aligned}
\implies x(t_n) &= x_0 + \Delta x_1 + \ldots + \Delta x_n \\
&= x_0 + \sum_{i=1}^{n} \Delta x_i \\
&\approx x_0 + \sum_{i=1}^{n} v_i \cdot \Delta t \\
&\xrightarrow{\Delta t \to 0} x_0 + \int_{t_0}^{t_n} v(t)\,dt
\end{aligned}$$

$$\implies x(t_n) - x_0 = \int_{x(t_0)}^{x(t_n)} dx = \int_{t_0}^{t_n} v(t)\,dt$$

$\boxed{\text{Hit } 31.08.11}$

Kinematikk (forts.)

Oppsummering fra sist, inkl. generalisering til 3D av integral-sammenhengene:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}} \qquad (v_x = \dot{x} \text{ etc.})$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \ddot{\vec{r}} \qquad (a_x = \ddot{x} \text{ etc})$$

$$\int_{\vec{r}(t_0)}^{\vec{r}(t)} d\vec{r} = \int_{t_0}^{t} \vec{v}(t)\,dt \qquad \left(\int_{x(t_0)}^{x(t)} dx = \int_{t_0}^{t} v_x(t)\,dt \text{ etc} \right)$$

$$\int_{\vec{v}(t_0)}^{\vec{v}(t)} d\vec{v} = \int_{t_0}^{t} \vec{a}(t)\,dt \qquad \left(\int_{v_x(t_0)}^{v_x(t)} dv_x = \int_{t_0}^{t} a_x(t)\,dt \text{ etc} \right)$$

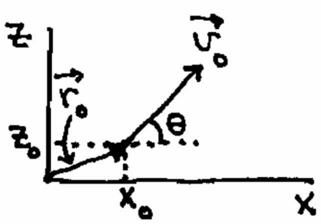
Viktig spesialtilfelle: $\vec{a}$ = konstant

Anta $\vec{r}(t_0) = \vec{r}_0$ og $\vec{v}(t_0) = \vec{v}_0$ (gitte initialbetingelser)

Da er:
$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}\cdot(t-t_0)$$
$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0\cdot(t-t_0) + \frac{1}{2}\vec{a}\cdot(t-t_0)^2$$

Eks: Kast i tyngdefeltet, $\vec{a} = -g\hat{z}$.

Ved $t_0 = 0$:



$$\Rightarrow \quad x(t) = x_0 + v_0 t \cos\theta$$
$$z(t) = z_0 + v_0 t \sin\theta - \frac{1}{2} g t^2$$

Eliminasjon av t gir banen:

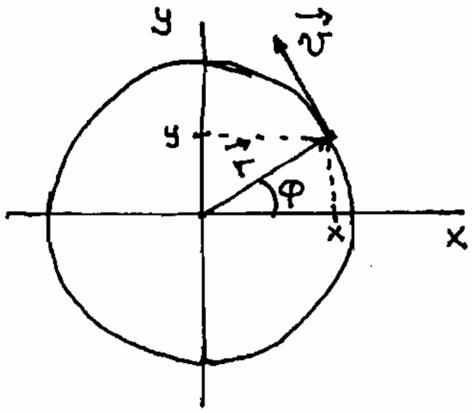
$$z(x) = z_0 + [x(t) - x_0]\tan\theta - \frac{g}{2}\frac{[x(t)-x_0]^2}{v_0^2\cos^2\theta}$$

= PARABEL

Annet viktig spesialtilfelle:

<u>Sirkelbevegelse [YF 3.4, LL 1.7, eks 1.6]</u>

Anta først konstant $v = |\vec{v}|$ (<u>uniform</u> sirkelbev.) og bev. i xy-planet:



Ser fra figur:

$x = r \cos\varphi$

$y = r \sin\varphi$

med $r = |\vec{r}| = $ konst.

Uunnværlig størrelse:

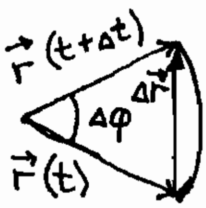
<u>Vinkelhastighet</u> (≡ vinkelfrekvens) = vinkelendring pr tidsenhet

$$\boxed{\omega = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi}}$$

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

(evt. rad/s)

Vinkel = buelengde delt på radius: $\boxed{\Delta\varphi = \frac{\Delta s}{r}}$

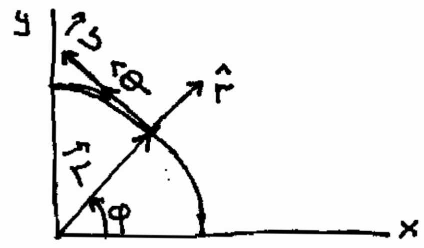


Δs = sirkelbueelement

Når $\Delta t \to 0$, vil også $\Delta\varphi \to 0$, $\Delta\vec{r} \perp \vec{r}$, og $|\Delta\vec{r}| \approx \Delta s = r\,\Delta\varphi$

Dermed: $\underline{v} = |\vec{v}| = \left| \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{r\,\Delta\varphi}{\Delta t} = r\dot{\varphi} = \underline{r\omega}$

Hva med $\vec{v}$, inkl. retningen? $\Delta\vec{r}$ og $\vec{v}$ har samme retning, og $\Delta\vec{r} \perp \vec{r}$. Altså er $\vec{v}$ tangentiell til sirkelbanen:



$$\Rightarrow \quad \vec{v} = r\omega\,\hat{\varphi}$$

($\hat{\varphi}$ = enhetsvektor i "φ-retning", dvs retning som øker φ uten å endre r)

Når v, og dermed ω, er konstant, øker φ lineært med t:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \Rightarrow d\varphi = \omega\, dt \xrightarrow[\text{ved } t=0]{\text{anta } \varphi=0} \varphi(t) = \omega t$$

Dermed:

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{x} + y(t)\hat{y} = r\cos\omega t \cdot \hat{x} + r\sin\omega t \cdot \hat{y}$$

Kartesiske komponenter av $\vec{v}$:

$$\dot{x}(t) = -r\omega\sin\omega t, \qquad \dot{y}(t) = r\omega\cos\omega t$$

Akselerasjon ved uniform sirkelbevegelse

$$\ddot{x}(t) = -r\omega^2\cos\omega t = -\omega^2 x(t)$$
$$\ddot{y}(t) = -r\omega^2\sin\omega t = -\omega^2 y(t)$$

$$\Rightarrow \vec{a}(t) = \ddot{x}(t)\hat{x} + \ddot{y}(t)\hat{y} = -\omega^2[x(t)\hat{x} + y(t)\hat{y}] = -\omega^2\vec{r}(t)$$

$$\boxed{\vec{a}(t) = -\omega^2\vec{r}(t)}$$

Sentripetalaks.
(retning inn mot sentrum)

Da $v = \omega r$: $a = |\vec{a}| = \omega^2 r = v^2/r$ (mer kjent?)

Kan også skrive: $\vec{a} = -\omega^2 r\, \hat{r}(t) = -(v^2/r)\, \hat{r}(t)$

[Merk at $\hat{r}$ og $\hat{\varphi}$ avhenger av stedet (x,y) og dermed av tida t, i motsetning til $\hat{x}$ og $\hat{y}$ som ligger fast i et fast kartesisk koordinatsystem.]

Noen flere nyttige størrelser:

Vinkelakselerasjon: $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \dot{\omega} = \ddot{\varphi}$, $[\alpha] = s^{-2}$

Periode: T = tid pr omdreining, $[T] = s$

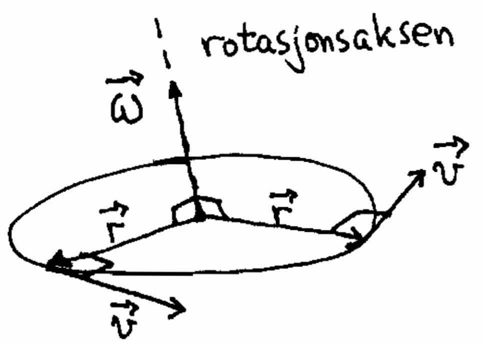
Frekvens: f = antall omdreininger pr tidsenhet, $[f] = Hz$ $(= s^{-1})$

Dette gir diverse sammenhenger, f.eks:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

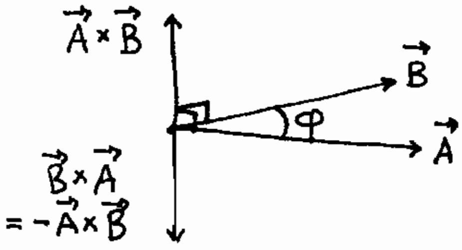
Vinkelhastighet som vektor



Ved å la $\vec{\omega}$ peke langs rotasjonsaksen kan vi skrive

$$\boxed{\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}}$$

Kryssprodukt:



$$|\vec{A}\times\vec{B}| = A\cdot B\cdot \sin\varphi$$

Retning med høyrehåndsregel.

For sirkelbevegelsen ser vi at $\vec{\omega} \perp \vec{r}$ (og $\vec{\omega}\perp\vec{v}$)

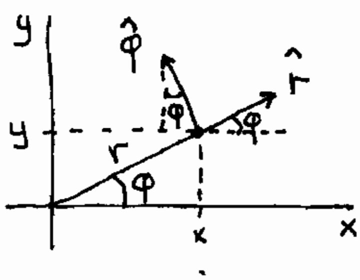
$$\Rightarrow |\vec{\omega}\times\vec{r}| = \omega\cdot r\cdot \sin\frac{\pi}{2} = \omega r = v \;; \quad \text{OK!}$$

Hvis $\vec{\omega}$ opp : $\vec{\omega}\times\vec{r}$ tangentielt mot klokka
Hvis $\vec{\omega}$ ned : ———"——— med —"— } se fig. s 11

Merk: $\hat{x}\times\hat{y} = \hat{z}$, $\hat{y}\times\hat{z} = \hat{x}$, $\hat{z}\times\hat{x} = \hat{y}$

$\hat{x}\times\hat{x} = \hat{y}\times\hat{y} = \hat{z}\times\hat{z} = 0$

Litt (mer) om <u>polarkoordinater</u>:



Ser fra figur: $x = r\cos\varphi$, $y = r\sin\varphi$,
$r=\sqrt{x^2+y^2}$, $\tan\varphi = x/y$

Ser også: $\hat{r} = \hat{x}\cos\varphi + \hat{y}\sin\varphi$, $\hat{\varphi} = -\hat{x}\sin\varphi + \hat{y}\cos\varphi$

[Øving 2: Trening med $\hat{r}, \hat{\varphi}, \dot{\hat{r}}, \dot{\hat{\varphi}}$ når $\varphi = \omega t$, dvs sirkelbev.]

Merk: $\hat{r}\cdot\hat{\varphi} = 0$, $\hat{r}\cdot\hat{r} = \hat{\varphi}\cdot\hat{\varphi} = 1$,

$\hat{r}\times\hat{\varphi} = \hat{z}$, $\hat{z}\times\hat{r} = \hat{\varphi}$ etc.

Hit 05.09.11

07.09.11

Newtons Lover [YF 4, LL 2]

- Empiriske lover, dvs basert på eksperimenter
- For litt historikk, se YF 4-intro, LL 1 - Essay (Impetus)

Newtons 1. lov (N1): $\boxed{\vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{konst.}}$

Når netto ytre kraft $\vec{F}$ er null, forblir legemet i ro eller i rettlinjet bevegelse med uendret hastighet.

Newtons 2. lov (N2): $\boxed{\vec{F} = m\vec{a}}$

Når det virker en netto ytre kraft $\vec{F}$ på et legeme, får legemet en akselerasjon proporsjonal med nettokraften. m = legemets masse.

Generalisering av N2 dersom massen ikke er konstant:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad ; \quad \vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \qquad [= m\vec{a} \text{ hvis } m \text{ \underline{er} konst.}]$$

Eks: Rakett som forbrenner drivstoff.
[Kommer tilbake til dette senere.]

Newtons 3. lov (N3): $\boxed{\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}}$

Når A virker på B med kraften $\vec{F}_{AB}$, virker B på A med kraften $\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$, dvs motsatt rettet og like stor i absoluttverdi.

— · —

- $[F] = \text{kg m/s}^2 \equiv \text{N}$ (newton)
- Krefter virker alltid <u>mellom</u> to legemer / partikler (jf N3!), vi sier at legemene <u>vekselvirker</u> med hverandre. (Eng: "interact")

Fundamentale vekselvirkninger (v.v.) [YF 5.5, LL 2.1]

Gravitasjons v.v. [FY3452]

Tiltrekkende kraft mellom to legemer pga masse.
Lang rekkevidde. Meget svak.

Elektromagnetiske v.v. [FY1003/TFY4155, TFY4240, ...]

Tiltr. eller frastøtende kraft pga elektrisk ladning.
Lang rekkevidde (som grav.). Mye sterkere enn gravitasjon.

Svake v.v. [FY3402]

Kort rekkevidde. Årsak til β-decay (en form for radioaktiv stråling):
$$\underset{\text{(nøytron)}}{n} \rightarrow \underset{\text{(proton)}}{p} + \underset{\text{(elektron)}}{e} + \underset{\text{(antinøytrino)}}{\bar{\nu}}$$

Sterke v.v. [FY3466]

Kort rekkevidde. Holder kjernepartikler sammen i atomkjernen.
Mye sterkere enn el.magn. krefter på avstander $\sim 10^{-15}$ m.

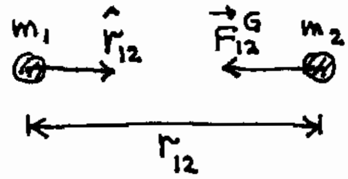
60- og 70-åra: Felles teori for el.magn. og svake v.v.:
Elektrosvak v.v. Verifisert eksperimentelt.

Senere: GUT (Grand Unified Theory)
Strengteori
TOE (Theory of everything)
⋮
Ikke verifisert eksperimentelt.

I MekFys er bare gravitasjon og elektromagn. krefter relevante.

Newtons gravitasjons lov:

$$\vec{F}_{12}^{G} = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

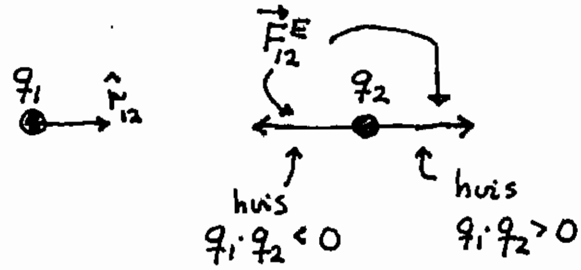


$G \approx 6.67 \cdot 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$ = gravitasjonskonstanten

[G <u>måles</u> i labøkt nr 4]

Coulombs lov:

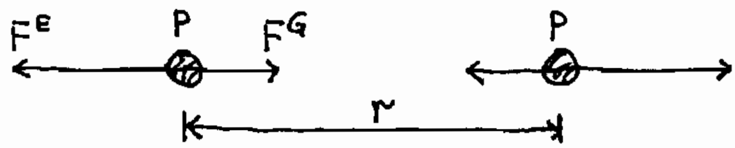
$$\vec{F}_{12}^{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$



$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9\ Nm^2/C^2$, $[q] = C$ = coulomb

(ε_0 = vakuumpermittiviteten; mer i FY1003/TFY4155)

Eks: For to protoner, hva er $|F^G/F^E|$?



$m_p \approx u \approx 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg , $q_p = e \approx 1.6 \cdot 10^{-19}$ C

$$\Rightarrow |F^G/F^E| \approx \frac{G u^2}{e^2/4\pi\varepsilon_0} \approx \frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot (1.67 \cdot 10^{-27})^2}{(1.6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot 9 \cdot 10^9} \sim \underline{10^{-36}}$$

$\Rightarrow$ Dagliglivet kun styrt av F^E ?!

Nei! Atomer har Z protoner og Z elektroner

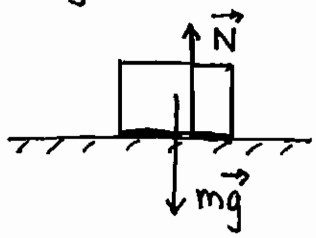
$\Rightarrow q_{Atom} = Ze - Ze = 0$

$\Rightarrow$ elektriske krefter er i stor grad "nøytralisert" pga at tiltr. og frastøt. krefter <u>kansellerer</u>

$\Rightarrow$ gravitasjon ("tyngdekrefter") styrer dagliglivet sammen med el.magn. krefter

Elektrostatiske krefter i MekFys, eksempler:

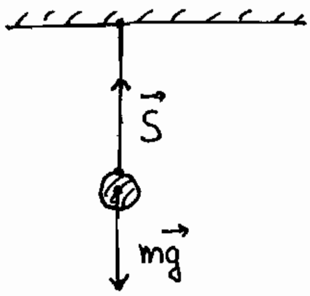
Trykk-krefter



Kloss i ro $\Rightarrow$ $N = mg$ (pga N1)

Normalkraft N skyldes frastøt. coulombkrefter mellom kloss og underlag.

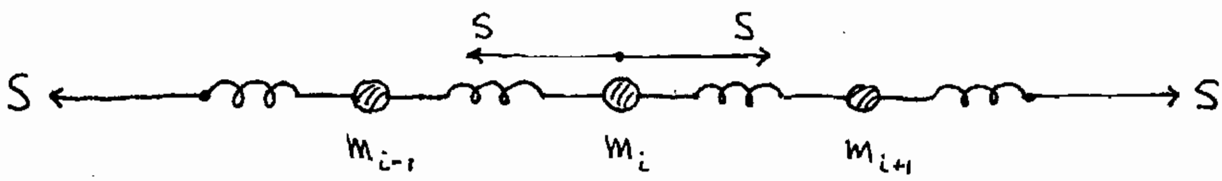
Strekk-krefter



Kule i ro $\Rightarrow$ $S = mg$ (pga N1)

Snorkraft S skyldes tiltrekkende coulombkrefter mellom snor og kule.

Inne i strukket snor, stang eller fjær (modell):

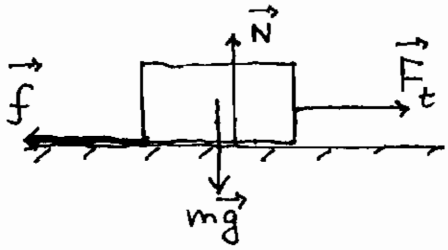


m_i i ro $\Rightarrow$ snorkraft S like stor i begge retninger

Hvis $M_{snor} \cdot g \ll S$, har vi tilnærmet <u>masseløs snor</u>.

Da må S være like stor langs hele snora. Ofte nyttig!

Friksjonskrefter



$\vec{F}_t$ = ytre trekk-kraft

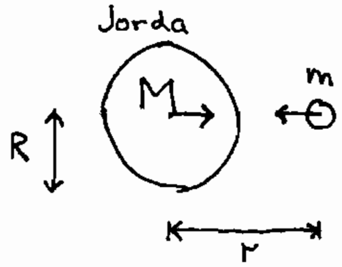
$\vec{f}$ = friksjonskraft

Hvis kloss er i ro: $f = F_t$ (N1)

Hvis kloss akselererer: $f < F_t$

Alle disse (trykk-, strekk-, friksjonskrefter) er <u>kontaktkrefter</u>. Sammen med tyngdekraften styrer de mye av hverdagen omkring oss.

Masse og tyngde [YF 4.4, LL 2.5]



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

Masse m <u>på</u> jordoverflaten trekkes mot jorda med <u>tyngdekraften</u> (M = jordmassen, R = jordradien)

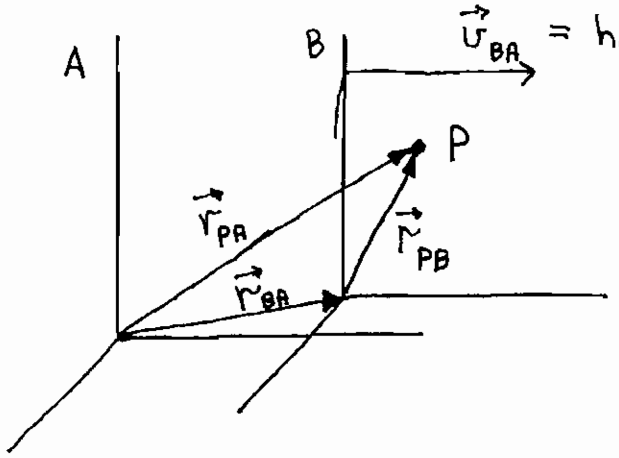
$F = mg$, $\quad g = \frac{GM}{R^2} \approx 9.8\ m/s^2$ = tyngdeaks.

Hvis mg er eneste kraft: Fritt fall

$\Rightarrow \quad mg = ma \qquad$ (N2)

$\Rightarrow \quad a = g \approx 9.8\ m/s^2$

Neutons lover og bevegelse i ulike referansesystem
[YF 3.5 + 4.2, LL 1.9 + 2.7]



$\vec{v}_{BA}$ = hastighet til B målt i A

A: Labsystem (i ro)

B: system i bevegelse

P: objekt

$$\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA} \Rightarrow \vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA} \Rightarrow \vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB} + \vec{a}_{BA}$$

Vi ser at kun hvis $\vec{a}_{BA} = 0$, dvs $\vec{v}_{BA}$ = konst., vil observatører i A og B måle samme akselerasjon for objektet P, $\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}$.
Da er A og B inertialsystemer relativt hverandre.
Hvis N1 gjelder i A, vil da N1 også gjelde i B.
Videre, hvis en netto ytre kraft $\vec{F}$ virker på P, vil samme ligning, $\vec{F} = m\vec{a}$, med $\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB} = \vec{a}$, beskrive den observerte bevegelsen til P for observatørene i både A og B. Dette er i samsvar med relativitetsprinsippet, som slår fast at fysikkens lover må ha samme form i alle inertialsystemer.

Jorda roterer omkring sin egen akse (og omkring sola).
⇒ Jordoverflaten er bare tilnærmet inertialsystem.
I roterende ref. system oppleves krefter som skyldes rotasjonen: sentrifugalkraft og corioliskraft.

$\boxed{\text{tat 07.09.11}}$ [Kanskje mer om det senere!]