Krefter. Newtons lover

YF kap. 4

Dynamikk

- Om samanhengen mellom bevegelse og krefter
- Nye konsept: kraft, masse
- Newtons 3 lover: Vart ikkje utleia frå meir fundamentale lover, men deduserte frå eksperiment. Dannar grunnlaget for klassisk ("Newtonsk", ikkje-relativistisk) mekanikk

Krefter

- Ei kraft er ein vekselverknad mellom to lekamar eller mellom ein lekam og omgjevnadene
- Krefter er vektorar: har både storleik og retning
- Eining: Newton (N)
- Krafttypar:
  - Kontaktkrefter: involverer direkte kontakt mellom to lekamar
  - Langtrekkjande krefter: verkar mellom lekamar som ikkje er i kontakt

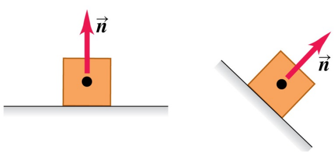
4 vanlege krefter i mekanikken

- Normalkraft
- Friksjonskraft
- Snorkraft
- Tyngdekraft

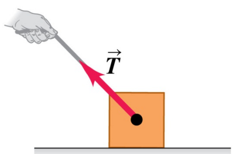
Normalkraft, Friksjonskraft, Snorkraft: Kontaktkrefter

Tyngdekraft: Langtrekkjande kraft

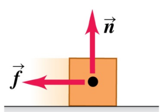
Normalkraft: Kraft på lekam frå underlaget, verkar når lekamen skyv på underlaget, har retning normalt underlaget



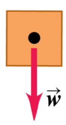
Snorkraft (drakraft, trekkraft)



I tillegg til normalkrafta n, kan det verke ei friksjonskraft f med retning parallelt underlaget.



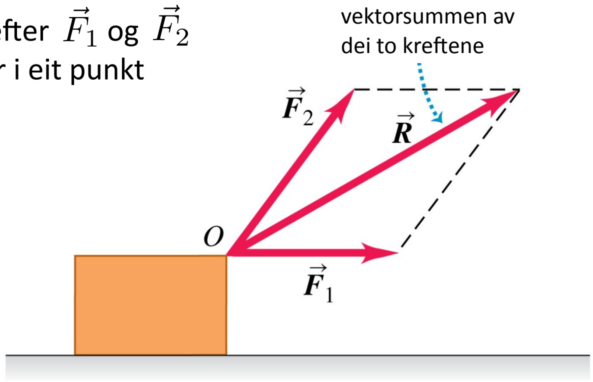
Tyngdekraft



Superposisjon av krefter

Dersom fleire krefter verkar i eit punkt på ein lekam, har dei same effekt som vektorsummen av kreftene i punktet.

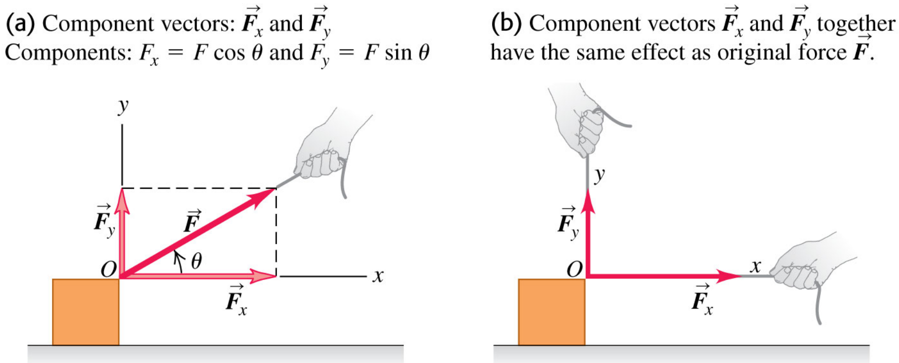
Eks:
To krefter $\vec{F}_1$ og $\vec{F}_2$ verkar i eit punkt



$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Dekomponering av ei kraft

– Dekomponer krafta langs aksar som står vinkelrett på kvarandre.
– Finn kraftkomponentane langs desse aksane vha. trigonometri.



Totalkraft/nettokraft på ein lekam

Dersom kreftene $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \ldots$ verkar på ein lekam, er den totale (netto) krafta på lekamen lik vektorsummen av alle kreftene:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots = \sum_i \vec{F}_i$$

Komponentar:

$$R_x = \sum_i F_{i,x}, \qquad R_y = \sum_i F_{i,y}$$

Newtons 2. lov (N2)

$$\boxed{\sum \vec{F} = m\,\vec{a}}$$

Med ord: Ei netto kraft som verkar på ein lekam gir den ein akselerasjon som er proporsjonal med krafta og omvendt proporsjonal med massen til lekamen.

Massen m er ein intrinsikk eigenskap til lekamen.

Einingar:

$$[m] = \mathrm{kg} \quad \Rightarrow \quad [F] = [m][a] = \mathrm{kg\ m/s^2} \equiv \mathrm{N} \quad (\mathrm{Newton})$$

Frå N2:

$$\boxed{\sum \vec{F} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \vec{a} = 0, \quad \text{dvs. } \vec{v} = \text{konstant}}$$

som er Newtons 1. lov (N1)

N1 er altså eit spesialtilfelle av N2

Med ord: Ein lekam forblir i ro eller i rettlinja bevegelse med konstant fart dersom netto kraft på lekamen er null.

Før Newton var den rådande oppfatninga (frå Aristoteles) at ei netto kraft var naudsynt for å oppretthalde konstant bevegelse. Dette er altså feil.

Masse og vekt

I daglegtale er vekt synonymt med masse. Ein seier t.d. "vekta hans er 80 kg". Men i fysikk skil vi mellom desse to omgrepa.

Massen er ein intrinsikk eigenskap til lekamen ("massen hans er 80 kg").

Vekta er tyngdekrafta på ein lekam. Vekta av ein lekam er difor forskjellig på (t.d.) jorda og månen. Vekta av ein masse m er mg, der g er (den lokale verdien av) tyngdeakselerasjonen.

Newtons gravitasjonslov:

$$F = G\frac{Mm}{R^2} \equiv m\,g \qquad \Rightarrow \qquad g = G\frac{M}{R^2}$$

Dersom kun tyngdekrafta verkar på ein lekam gir N2 at

$$mg = ma$$

$$\Rightarrow \qquad a = g$$

dvs. alle lekamar fell med same akselerasjon, uansett masse!

På jordoverflata: $g = G\frac{M_{\text{jord}}}{R^2_{\text{jord}}} \approx 9,8 \text{ m/s}^2$

Newtons 3. lov (N3)

Dersom ein lekam A verkar på ein lekam B med ei kraft, så verkar B på A med ei kraft som er like stor, men motsett retta.

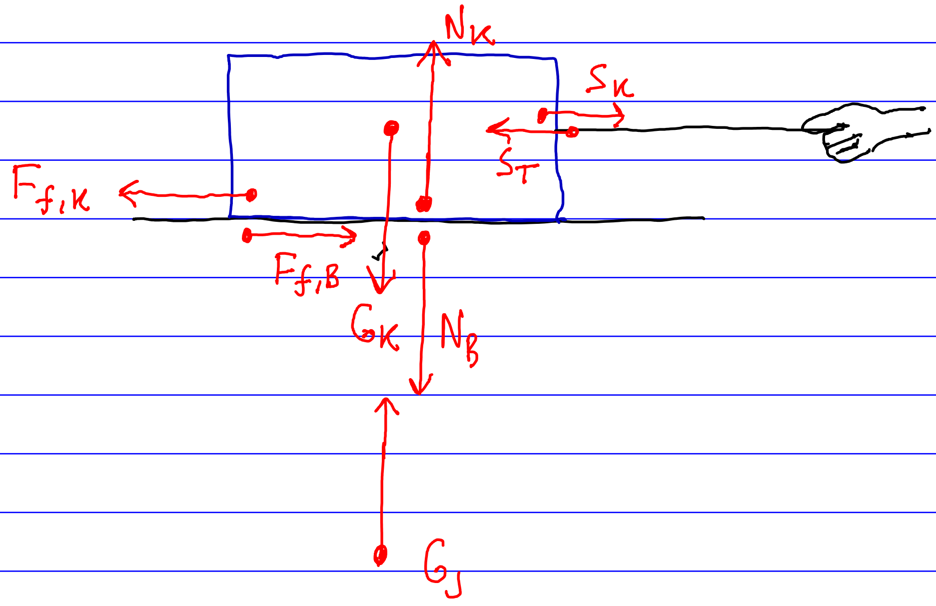
$$\boxed{\vec{F}_{\text{A på B}} = -\vec{F}_{\text{B på A}}}$$

"Kraft = motkraft"

Kraft og motkraft utgjer eit kraftpar

Merk: Dei to kreftene i eit kraftpar verkar på forskjellige lekamar

Eks:
Krefter på kassen, og deira motkrefter



(K = kassen,
B = bakken,
J = jorda,
T = tauet)

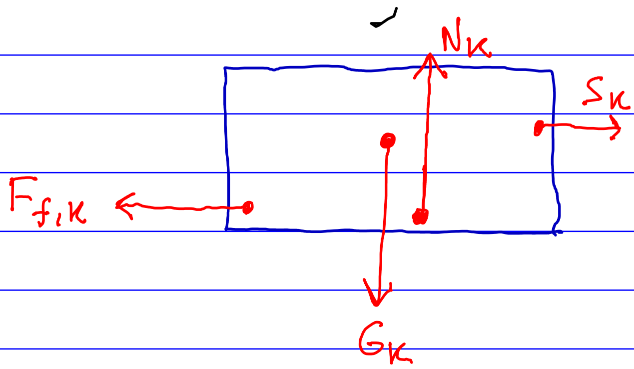
Kraftpar (kraft - motkraft): G_K, G_J
S_K, S_T
N_K, N_B
$F_{f,K}$, $F_{f,B}$

(NB! Fordi N_K og G_K er like store og motsett retta, kan det vera freistande å tru at dei utgjer eit kraftpar (kraft og motkraft). Men sidan dei verkar på same lekamen kan dei ikkje vera kraft og motkraft. N_K og G_K er like store og motsett retta pga. N1, ikkje N3.

Kraftdiagram (YF 4.6)

Når vi løyser mekanikkproblem er det som regel veldig lurt å teikne ein figur ("kraftdiagram") som viser alle kreftene som verkar på den lekamen vi ynskjer å analysere bevegelsen til.

Eks: Kraftdiagram for kassen vi såg på over



Seinare, når vi skal sjå på rotasjonsbevegelse vil også angrepspunktet til krafta vere viktig.

Inertialsystem

Newtons lover er gyldige i inertialsystem.

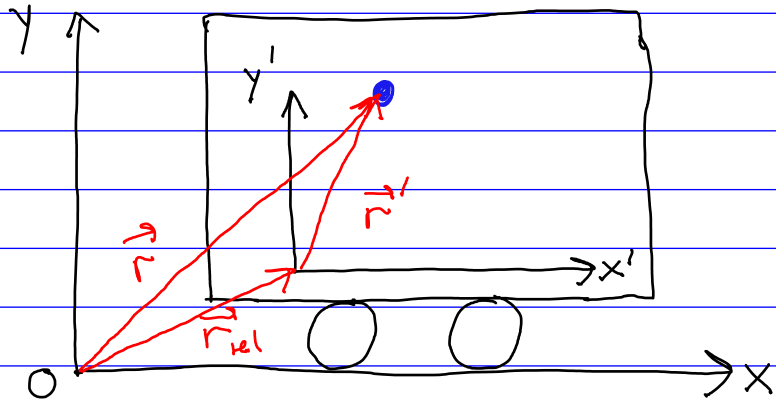
Eit inertialsystem er definert som eit referansesystem der Newtons lover er gyldige.

Dersom eit referansesystem S er eit inertialsystem, og dersom referansesystemet S' bevegar seg med konstant hastigheit i forhold til S, er også S' eit inertialsystem (bevis: sjå neste side)

<u>Bevis:</u> La S og S' vere to referansesystem.

For eksempel, S kan vere eit koordinatsystem festa til bakken, mens S' er eit koordinatsystem festa til eit tog i bevegelse

La ein lekam ● ha posisjonsvektor $\vec{r}$ i S og posisjonsvektor $\vec{r}\,'$ i S'.



$$\vec{r} = \vec{r}\,' + \vec{r}_{rel}$$

der $\vec{r}_{rel}$ er posisjonen til S' relativt til S

Anta at S er eit inertialsystem

$\Rightarrow$ N2 gjeld for lekamen sin bevegelse sett frå S:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

Men
$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{d^2\vec{r}\,'}{dt^2} + \frac{d^2\vec{r}_{rel}}{dt^2} = \vec{a}\,' + \vec{a}_{rel}$$

akselerasjonen til lekamen sett frå S'

akselerasjonen til S' sett frå S

$$\Rightarrow \sum \vec{F} = m\vec{a}\,' + m\vec{a}_{rel}$$

Vi ser at $\sum \vec{F} = m\vec{a}\,'$ (dvs. N2 gjeld i S' $\Rightarrow$ S' er eit inertialsystem) dersom $\vec{a}_{rel} = 0$, dvs. dersom S' bevegar seg med konstant hastigheit $\vec{v}_{rel}$ = konstant i forhold til S.

Ikkje-inertialsystem

Eit godt døme på eit referansesystem som ikkje er eit inertialsystem er ei akselererande jernbanevogn.

Anta at du står i ro i ei jernbanevogn som så byrjar å akselerere framover. La oss vidare anta at det er null friksjon mellom deg og golvet. Då vil du byrje å bevege deg bakover relativt til vogna. M.a.o. summen av kreftene på deg er null, men din hastigheit relativt til vogna er ikkje konstant. Newtons 1. lov er difor ikkje gyldig i den akselererande vogna, som difor ikkje er eit inertialsystem.

Eit koordinatsystem festa til jordas overflate er strengt tatt heller ikkje eit inertialsystem. Men for dei problemstillingane vi skal sjå på er det ein utmerka approksimasjon å behandle "jordfesta" koordinatsystem som inertialsystem.