

Newtons lover i én dimensjon (2)

02.02.2015

oblig #1: innlevering: mandag, 9.febr. kl.12

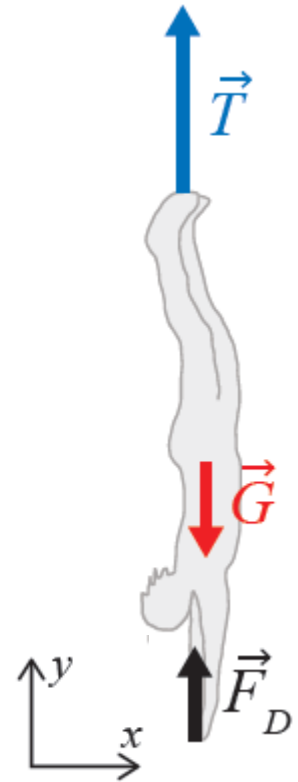
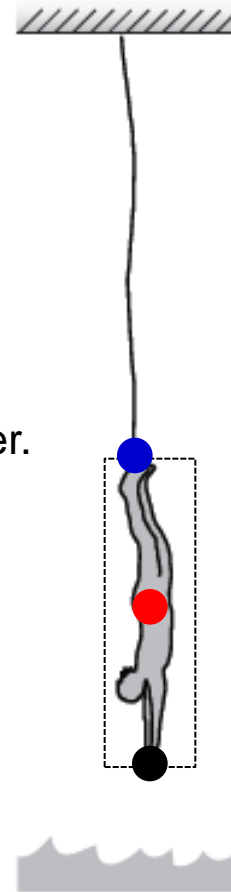
- papir: boks på ekspedisjonskontoret
- elektronisk: Devilry (ikke ennå åpen)

Identifikasjon av kreftene:

1. Del problemet inn i system og omgivelser.
2. Tegn figur av objektet og alt som berører det.
3. Tegn en lukket kurve rundt systemet.
4. Finn kontaktpunkter hvor kontaktkrefter angriper.
5. Navngi kontaktkrefter og definer symboler.
6. Identifiser langtrekkende krefter og definer symboler.
7. Tegn objektet med skalerte krefter.
8. Tegn inn koordinatsystemet.

Newtons andre lov:
$$\vec{F}_{\text{net}} = \sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$

summen av alle ytre krefter som påvirker objektet og har årsak i omgivelsen.



fri-legeme diagram

Kan bier løfte en laptop?

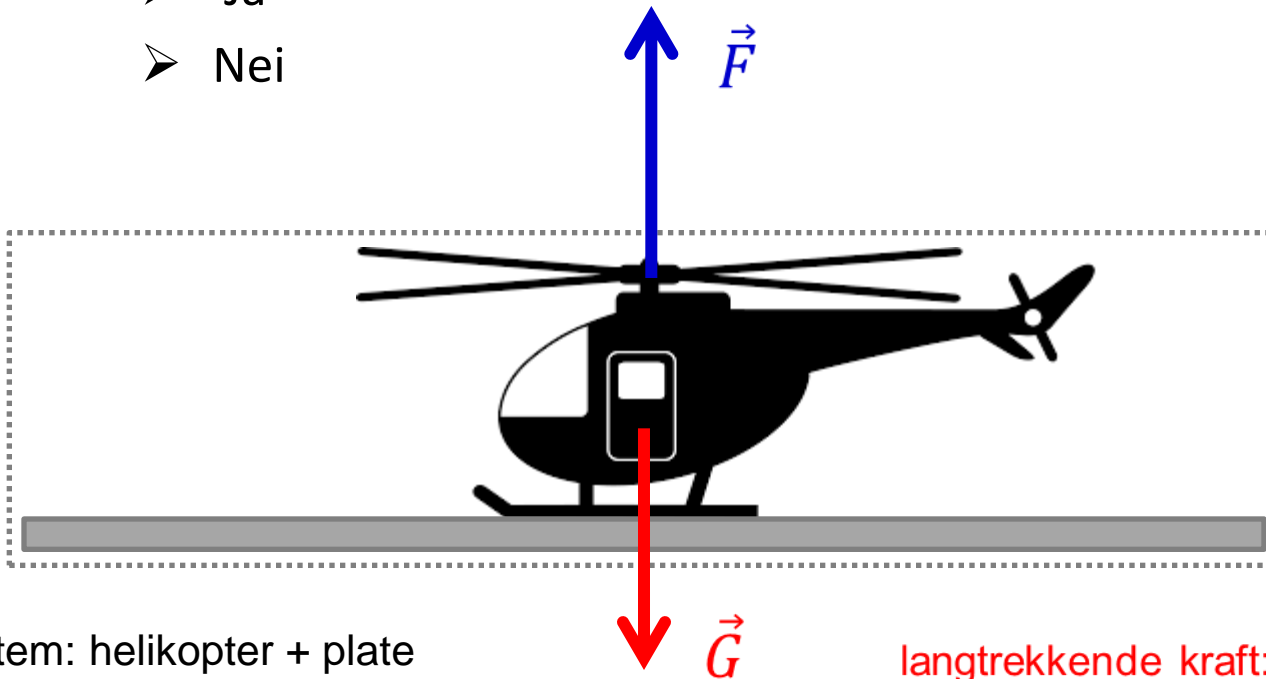
- Ja
- Nei



se også Mythbusters episode 156 «bug special» (2010)

Du prøver å løfte en stor plate med et helikopter. Platen er festet rett under helikopteret og veier mindre enn nyttelasten. Klarer du å løfte platen?

- Ja
- Nei



system: helikopter + plate

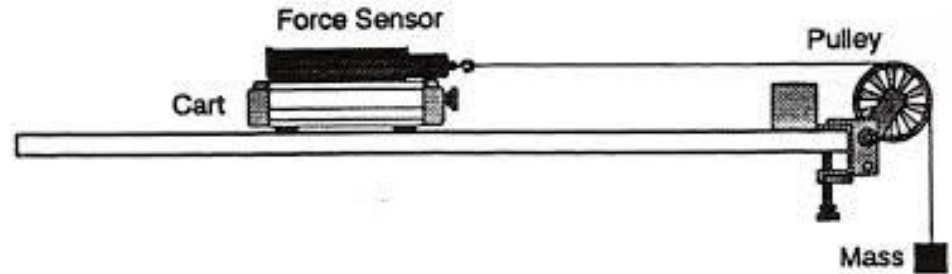
langtrekkende kraft: gravitasjon \vec{G}

kontaktkraft: kraft \vec{F} fra luften på rotoren

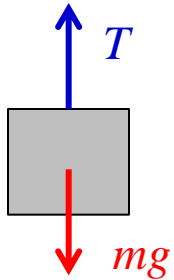
Er luften mellom rotor og plate del av systemet eller omgivelsen?

En vogn står på en friksjonsfritt overflate. En kraftsensor på vognen er festet med en snor til en masse m som henger ned som vist i figuren. I starten holder du vognen. Når du slipper den, så vil spenning i snoren

- øke
- bli det samme
- minke

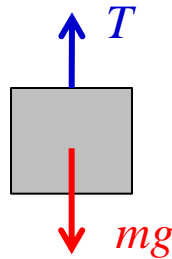


når du holder vognen:



$$T = mg$$

når du slipper:



$$mg - T = ma$$

Newton's første lov:

Alle legemer bevarer sin tilstand av ro eller jevn bevegelse i en rett linje, dersom det ikke blitt tvunget til å endre denne tilstand av krefter som blir påført.

spesiell tilfelle som følger fra Newtons andre lov:

$$\sum \vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} = 0$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$$

$$\vec{v} = \text{konst.}$$

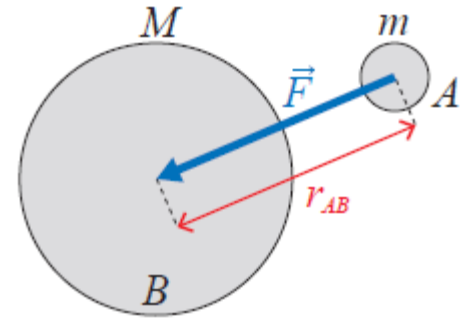
husk: det gjelder bare for inertialsystemer.

Kraftmodeller

Gravitasjon

$$\vec{F}_{\text{fra B på A}} = \gamma \frac{mM}{r_{AB}^3} \vec{r}_{AB}$$

langtrekkende kraft

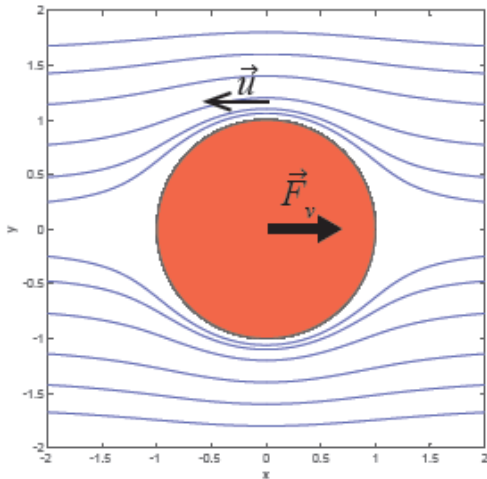


på jorden

$$F = \gamma \frac{mM}{r_{AB}^2} = mg \quad g \approx 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(rettet mot jordens senteret)

viskøs kraft for små hastigheter



- Eksempel: en ball beveger seg gjennom luften
- luften må flytte seg og strømme rundt ballen
⇒ luftmotstand
 - små hastighet ⇒ jevnt strømning

erfaring:
luftmotstand er
hastighetsavhengig



empirisk modell
fra eksperimenter

$$F_D = -k_v v$$

- mot bevegelsesretning
- tilnærming for små hastighet

for sfære med radius R og
væske med viskositet η :

$$k_v = 6\pi\eta R$$

$$\text{luft: } \eta = 1.82 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$$

$$\text{vann: } \eta = 1.0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$$

viskøs kraft for større hastigheter

større hastighet

- turbulent strømning
- undertrykk bak objektet

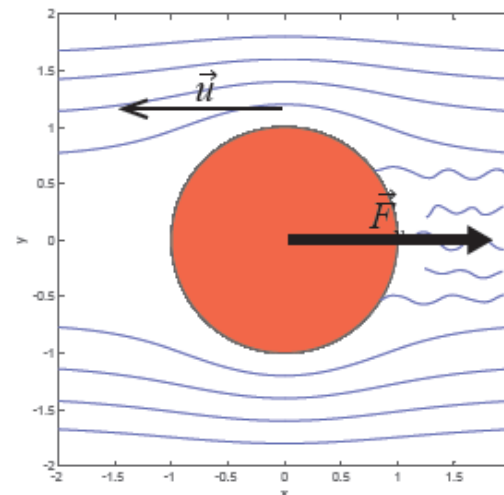
empirisk modell
fra eksperimenter

$$F_D = -Dv^2$$

- mot bevegelsesretning
- tilnærming for stor hastighet

for en sfære med radius R

og en væske med tetthet ρ : $D \approx 12.0 \rho R^2$



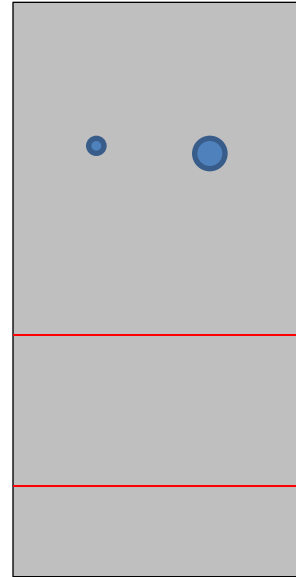
Du behøver ikke huske uttrykket for k_v og D ,
men du bør huske

$$F_D = -k_v v \quad \text{for små hastighet}$$

$$F_D = -Dv^2 \quad \text{for stor hastighet}$$

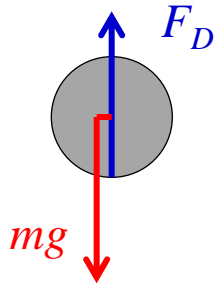
En små stålkule med radius R og en større stålkule med radius $2R$ synker i en stor sylinder med olje. Hvilken kule synker fortere?

- den lille
- den store
- begge er like rask



<http://video.mit.edu/watch/steel-ball-dropped-in-a-viscous-fluid-8040/>

Stålkuler som synker i olje



$$F_D = -k_v v$$

når F_D blir like stor som gravitasjonskraft

⇒ nettokraft er null

⇒ bevegelse uten akselerasjon

⇒ terminalhastighet

terminalhastighet: $mg - k_v v_t = 0$

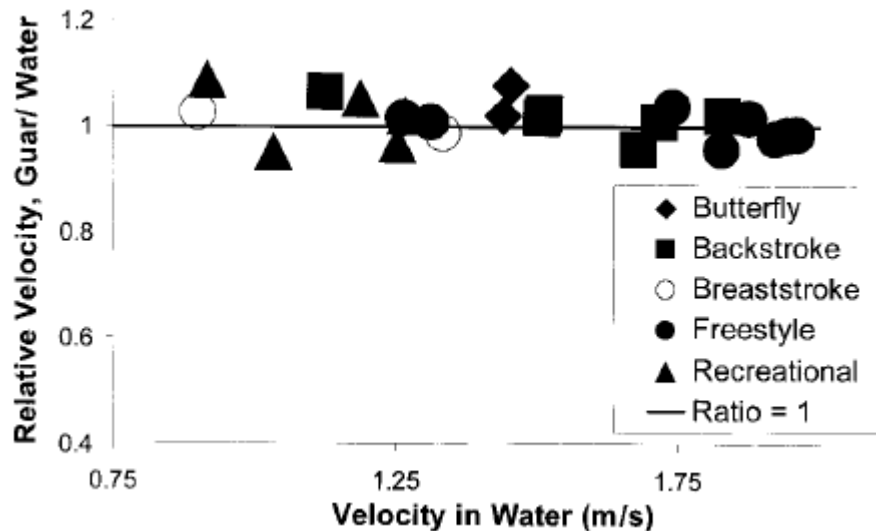
$$v_t = \frac{mg}{k_v} = \frac{mg}{6\pi\eta R}$$

for en kule: $m = \frac{4}{3}\pi\rho R^3$

$$v_t \propto R^2$$

Er det raskere å svømme i vann ($\eta = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$) eller i sirup ($\eta = 1.92 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$) ?

- raskere i vann
- like rask
- raskere i sirup
- avhengig av teknikken



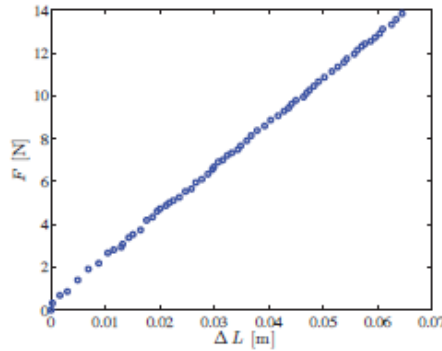
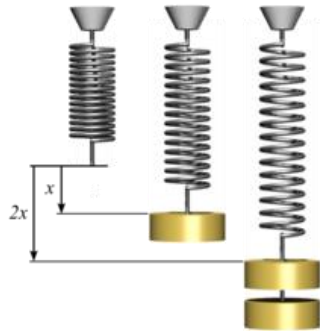
eksperiment ved University of Minnesota:

B. Gettelfinger, E.L. Cussler,
[Am. Inst. Chem. Eng. J. 50, 2646 \(2004\).](#)

se også:
 Mytbusters episode 6 (2009)

Fjærkraft

Eksperiment: vi måler kraften som trengs for å strekke en fjær.



Hookes lov: $F = k\Delta L$

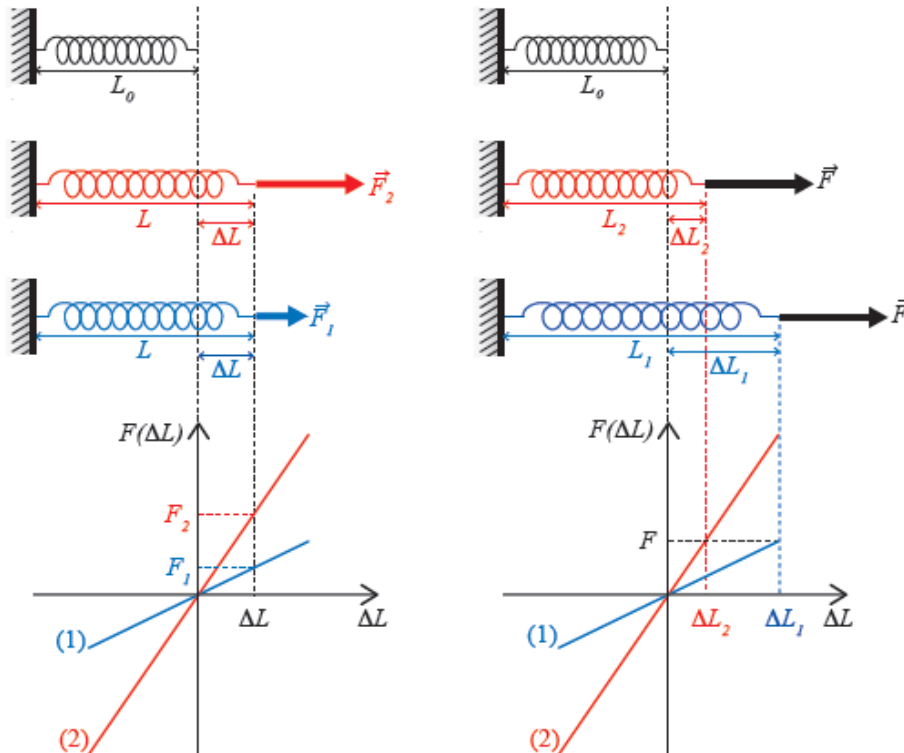
k : fjærkonstant

$$\Delta L = L - L_0$$

L_0 : likevektslengde

stiv fjær

myk fjær

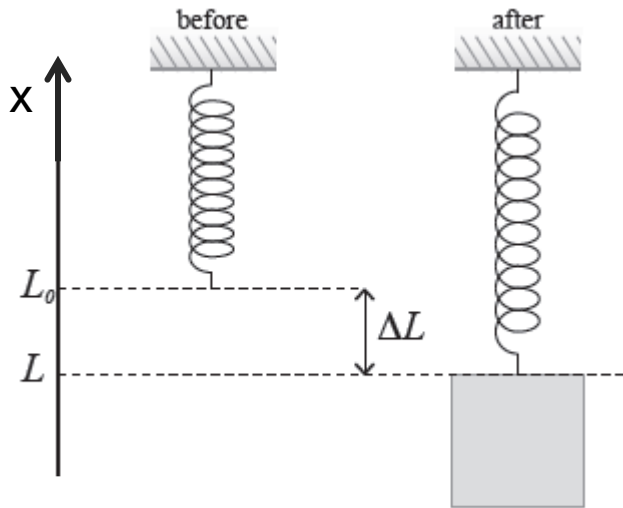


pass på fortegn:
 ΔL kan også være negativ.
 Bruk intuisjon !

Vi skriver ofte: $F = \pm k\Delta L$

Eksempel:

Et lodd av masse $m = 10 \text{ kg}$ er festet til en fjær med fjærkonstant $k = 2000 \text{ N/m}$. Beregn elongasjonen til fjæren hvis klossen er i ro.



Systemet er i likevekt

Vi måler posisjonen til loddet oppover.



kontaktkraft F fra fjæren til loddet
gravitasjonskraft G

Kraftmodell:

$$F = -k\Delta L$$

$$\Delta L = L - L_0 < 0$$

$$G = -mg$$

Newtons andre lov:

$$F_{\text{net}} = -k\Delta L - mg = ma = 0$$

$$\Delta L = -\frac{mg}{k} = -\frac{10 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{2000 \text{ N/m}} = -4.9 \text{ cm}$$

$$L = L_0 + \Delta L = L_0 - 4.9 \text{ cm}$$