Oppsummert:
Kap 1: Størrelser og enheter

- s = 3,0 m

  s = fysisk størrelse

  3,0 = måltall = {s}

  m = enhet = dimensjon = [s]

- OBS: Fysisk størrelse i *kursiv* (*italic*), enhet opprettet (roman)

  (I skikkelig teknisk litteratur, vanskeligere i håndskrift.)

- Eks: m = 2,5 kg (her er m fysisk størrelse, ikke meter)

- Sju grunnenheter, resten er avledede.
- Dekadiske prefikser hører til enheten.

Oppsummert: Kap. 2+3: Kinematikk

Posisjon: $\boldsymbol{r}(t)$

Hastighet: $\boldsymbol{v}(t) = \mathrm{d}\boldsymbol{r}(t)/\mathrm{d}t$ (3-12)

Akselerasjon: $\boldsymbol{a}(t) = \mathrm{d}\boldsymbol{v}(t)/\mathrm{d}t$ (3-16)

Bevegelseslikninger fra definisjonene ovenfor:

$\boldsymbol{v}(t) = \boldsymbol{v}(t_0) + \int \boldsymbol{a}(t)\,\mathrm{d}t$ (3-100)

Når $\boldsymbol{a}(t) = \boldsymbol{a} =$ konstant og $t_0 = 0$:

$\boldsymbol{v}(t) = \boldsymbol{v}_0 + \boldsymbol{a}\cdot t$

$\boldsymbol{r}(t) = \boldsymbol{r}(t_0) + \boldsymbol{v}(t_0)\cdot(t-t_0) + \int \left(\int \boldsymbol{a}(t)\,\mathrm{d}t\right) \mathrm{d}t$ (3-101)

Når $\boldsymbol{a}(t) = \boldsymbol{a} =$ konstant og $t_0 = 0$:

$\boldsymbol{r}(t) = \boldsymbol{r}_0 + \boldsymbol{v}_0\cdot t + \frac{1}{2}\,\boldsymbol{a}\,t^2$ (3-102)

Eksempel: Kast i tyngdefelt.

Sirkelbevegelse:

Sentripetalakselerasjon $a_c = v^2/r = \omega^2 r$

Baneakselerasjon: $a_t = \mathrm{d}v/\mathrm{d}r$

Uniform sirkelbevegelse: v=konstant => $a_t = 0$.

Oppsummert:
Kap. 4: Dynamikk. Newtons lover

(N1): $\Sigma \boldsymbol{F} = 0$: Uendra hastighet (evt. 0)

(N2): $\Sigma \boldsymbol{F} \neq 0$: Akselerasjon $\boldsymbol{a} = \Sigma \boldsymbol{F} / m$

(N3): Krefter alltid i par.

Enhet kraft: 1 kg·m /s^2 = 1 newton = 1 N

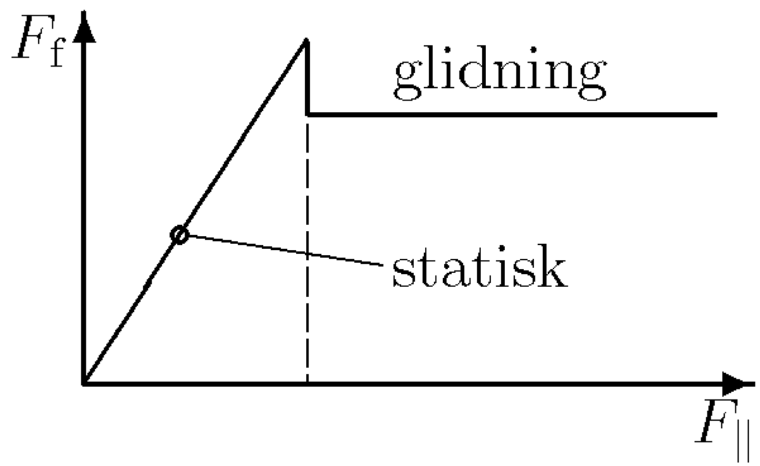
Gravitasjonskrafta: $\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{g}$

Vektløs: Eneste kraft er tyngden = $m\boldsymbol{g}$

Kap. 5. Anvendelse Newtons lover

Vi har sett på:

- Kraftdiagram. Superposisjonsprinsippet.
- Snorkrefter.
  - Masseløs snor/trinser => lik S gjennom heile snora.
- Friksjon:
  - Hvilefriksjon $F_{\mathrm{f,max}} = \mu_{\mathrm{s}} F_{\mathrm{N}}$.
  - Glidefriksjon: $F_{\mathrm{f}} = \mu_{\mathrm{k}} F_{\mathrm{N}}$



- Luftmotstand: $b\, v^n$
- Eksempler: Friksjon. Sentripetalkraft.

Kap. 6+7 Arbeid og energi. Energibevaring.

- Arbeid = dW = $\boldsymbol{F} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{s}$
- Kinetisk energi $E_k = ½\, m\, v^2$
- Arbeid på legeme øker kin. en.: dW = dE_k
- Potensiell energi E_p (x,y,z)
  (Tyngdefelt: $E_p = mgz$; Fjærpotensial: $E_p = ½\, k\, x^2$)
- Konservative krefter kan avledes fra pot.energi:
  $\boldsymbol{F} = -\,[\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z]\, E_p(x,y,z)$
  (Tyngdekraft: $\boldsymbol{F} = -\,m\boldsymbol{g}$; Fjærkraft: $\boldsymbol{F} = -\,k\,\boldsymbol{x}$)
- Arbeid av konservativ kraft reduserer tilhørende potensiell energi: dW = - dE_p
- Energibevaring i konservativt felt:
  $$d(\,½\, m\, v^2 + E_p\,(x,y,z)) = 0$$
- Energibevaring når friksjon:
  $$d(\,½\, m\, v^2 + E_p\,(x,y,z)) = W_f = \text{friksjonsarbeid} < 0$$

Kap. 8. Flerpartikkelsystemer. Oppsummering

- Bevegelsesmengde: $\boldsymbol{p} = m\,\boldsymbol{v}$
- Opprinnelig form Newton 2: $\boldsymbol{F} = \mathrm{d}\boldsymbol{p} / \mathrm{d}t$
- Kraftstøt = $\boldsymbol{J} = \int \boldsymbol{F}\,\mathrm{d}t = \Delta \boldsymbol{p}$ (impulsloven)
- Antar ingen ytre krefter (i bevegelsesretning) under støt:
  - Bevegelsesmengde $\boldsymbol{p}_{\mathrm{tot}}$ er bevart
  - *Tilleggslikninger:*
  - Elastisk støt: Kinetisk energi bevart
  - Fullstendig uelastisk støt: Felles sluttfart. (Energi avtar)
  - Uelastisk støt: Ingen generell tilleggslikning. (Energi avtar)
- For ikke-sentrale støt bestemmer *støtparameteren* vinkler
- Prinsippet med å separere bevegelse gir ofte enklere likninger :

  Massefellespunkt $\boldsymbol{r}_{\mathrm{M}} = \int \boldsymbol{r}\,\mathrm{d}m/M$ og relativbevegelse $\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_1 - \boldsymbol{r}_2$
- Newtons lov for massefellespunkt: $\sum \boldsymbol{F}_{\mathrm{ext}} = m\boldsymbol{a}_{\mathrm{M}}$
- Rakettlikningen: $\boldsymbol{F}_{\mathrm{ext}} + \boldsymbol{v}_{\mathrm{rel}}\,\mathrm{d}m/\mathrm{d}t = m\,\mathrm{d}\boldsymbol{v}/\mathrm{d}t$

Kap. 9+10. Rotasjon av stive legemer

Vi har sett på:

- Vinkelhastighet $\omega = d\theta/dt$, vinkelakselerasjon $\alpha = d\omega/dt$
- Sentripetalakselerasjon $a_c = -r\,\omega^2 = -v^2/r$
- Baneakselerasjon $a_\theta = r \cdot \alpha$
- Rotasjonsenergi $E_k = \frac{1}{2} I\,\omega^2$
- Treghetsmoment $I = \Sigma\, r_i^2\, m_i \rightarrow \int r^2\, dm$ (om en gitt akse)
- Dreiemoment: $\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}$
- Spinn (dreieimpuls) = $\boldsymbol{L} = \boldsymbol{r} \times m\,\boldsymbol{v}$

  For stivt legeme: $\boldsymbol{L} = I\,\boldsymbol{\omega}$
- Spinnlikningen: $\boldsymbol{\tau} = d\boldsymbol{L}/dt$ (Newton 2 for rotasjon)

  For stivt legeme: $\boldsymbol{\tau} = I\, d\boldsymbol{\omega}/dt$

- Eksempler: rulling, gyroskop (sykkelhjul), barnekarusell, m.m.

Kap. 9+10. Analogier translasjons- og rotasjonsbevegelser

Størrelse	Trans	Rot (vektor)	Rot (skalar)
Stedkoord.	$\vec{\boldsymbol{r}}$		θ
Hastighet	$\dot{\vec{\boldsymbol{r}}} = \vec{\boldsymbol{v}}$	$\dot{\vec{\boldsymbol{\theta}}} = \vec{\boldsymbol{\omega}}$	$\dot{\theta} = \omega$
Akselerasjon	$\ddot{\vec{\boldsymbol{r}}} = \vec{\boldsymbol{a}}$	$\ddot{\vec{\boldsymbol{\theta}}} = \vec{\boldsymbol{\alpha}}$	$\ddot{\theta} = \alpha$
"Kraft"	$\vec{\boldsymbol{F}}$	$\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\boldsymbol{r}} \times \vec{\boldsymbol{F}}$	$\tau = rF\sin\theta$
"Masse"	m		$I = \int r^2 \mathrm{d}m$
"Bev.mengde"	$\vec{\boldsymbol{p}} = m\,\dot{\vec{\boldsymbol{r}}}$	$\vec{\boldsymbol{L}} = \vec{\boldsymbol{r}} \times \vec{\boldsymbol{p}} = I\,\vec{\boldsymbol{\omega}}$	$L = rp\sin\theta = I\,\omega$
Kin. energi	$E_\mathrm{k} = \frac{1}{2} m\, v^2$		$E_\mathrm{k} = \frac{1}{2} I\, \omega^2$
Newton 2	$\vec{\boldsymbol{F}} = \dot{\vec{\boldsymbol{p}}} = m\,\ddot{\vec{\boldsymbol{r}}}$	$\vec{\boldsymbol{\tau}} = \dot{\vec{\boldsymbol{L}}} = I\,\ddot{\vec{\boldsymbol{\theta}}}$	$\tau = I\,\ddot{\theta}$
Newton 1	$\vec{\boldsymbol{F}} = \vec{\boldsymbol{0}} \Rightarrow \vec{\boldsymbol{v}} = \text{konst}$	$\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\boldsymbol{0}} \Rightarrow \vec{\boldsymbol{\omega}} = \text{konst}$	

Se også Table 9.2 i Tipler & Mosca.

Treghetsmoment (om en gitt akse):

$$I = \Sigma\, r_i^2\, m_i \;\rightarrow \int r^2\, \mathrm{d}m$$

- Alle I om massesentrum (cm):
- Ring om sentrum: $I = M R^2$
- Ring om diameter: $I = ½\, M R^2$
- Sylinder eller skive om sentrum: $I = ½\, M R^2$
- Kule om diameter: $I = (2/5)\, M R^2$
- Lang, tynn stav om midtpunkt: $I = (1/12)\, M L^2$
- Rektangulær plate om midtpunkt: $I = (1/12)\, M (a^2 + b^2)$
- Sylinder om midtpunkt (diameter): $I = ¼\, M R^2 + (1/12)\, M L^2$
- Om annen parallell akse i avstand h_{cm} (Steiners sats):

  $$I = I_{cm} + M\, h_{cm}^2$$

- Se også Table 9.1 i Tipler & Mosca.

Kap. 11. Gravitasjon

- Keplers 3 lover for planetbaner:
  1. *Ellipser* med sola i ellipsens ene brennpunkt.
  2. Like store flatestykker i lik tid => Spinnsatsen
  3. lov: $T^2 = C\, r^3$ => Newtons grav.lov

- Newtons gravitasjonslov:
  $F = -\,G\,Mm/r^2$ (punktmasser)
- Utenfor sfæriske legemer: som all masse samla i sentrum
- Inni sfæriske legemer: $F = -\,G\,Mm \cdot r\,/R^3$

- Gravitasjonens potensielle energi:
  $E_p = -\,G\,Mm/r$
- Tyngdens akselerasjon:
  $g = F/m = -\,G\,M/r^2$ ($\approx 9{,}8$ m/s^2 når $r = R_j$)
- Gravitasjonsmasse (i $F = -\,G\,Mm/r^2$) = treg masse (i $F=ma$)

Kap. 12 Statisk likevekt

- Definisjon kraftmoment:

  $\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}, \qquad |\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = r \cdot F \cdot \sin\theta$

  Høyrehåndsregelen

- $M\boldsymbol{g}$ virker i tyngdepunkt = massefellespunkt
- Statisk likevekt:

  Ingen translasjon => $\Sigma F = 0$ for *x, y* og *z*

  Ingen rotasjon => $\Sigma \tau = 0$ om enhver akse

- (Nevnt i forelesning:
- Kraftmomentets arbeid: $\mathrm{d}W = \tau\, \mathrm{d}\theta,$ sammenlikn med
- Kraftens arbeid: $\mathrm{d}W = \boldsymbol{F} \cdot \mathbf{d}\boldsymbol{s}$)

Kap. 14 Udempede svingninger

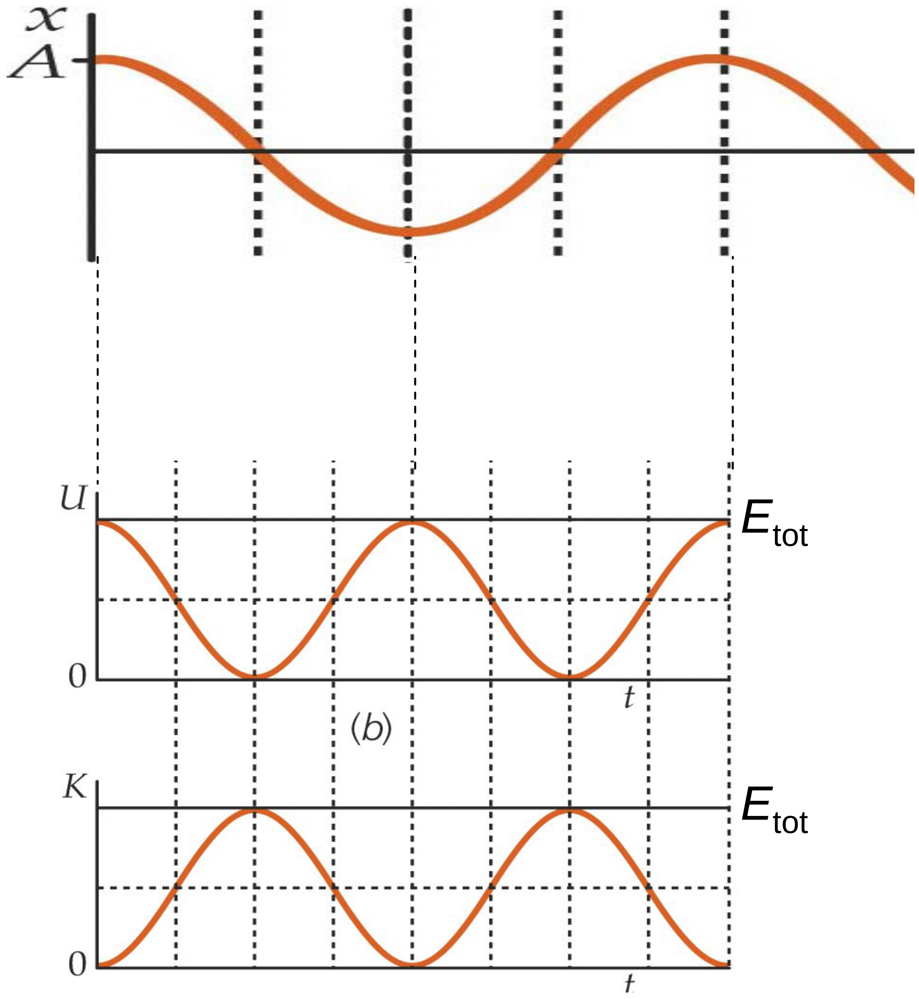
- **Udempet harmonisk oscillasjon**

$$\mathrm{d}^2/\mathrm{d}t^2\, x + \omega^2 x = 0$$

x-komponent av roterende bevegelse med vinkelhastighet ω :

$$x(t) = A \cos(\omega t + \delta)$$

- **Eksempler:**
  - Fjærpendel $\omega^2 = k / m$
  - Matematisk pendel $\omega^2 = g / l$
  - Fysisk pendel $\omega^2 = mgd / I$
  - Torsjonspendel $\omega^2 = \kappa / I$



- **Energi:**
  - $E_p(t) = ½\, k A^2 \cos^2(\omega t + \delta)$
  - $E_k(t) = ½\, mv^2 \sin^2(\omega t + \delta)$
  - $E_{tot} = E_k(t) + E_p(t)$
    $= ½\, k A^2 = ½\, m\, \omega^2 A^2 = \text{konst}$