FORMLER: Fete symboler angir vektorer. Symboler med hatt over angir enhetsvektorer. Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas forøvrig å være kjent. Symbolbruk og betegnelser som i forelesningene.

MEKANISK FYSIKK

- Newtons andre lov: $\boldsymbol{F} = d\boldsymbol{p}/dt \qquad \boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v} = m\dot{\boldsymbol{r}}$
- Konstant akselerasjon: $v = v_0 + at \qquad x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$
- Konstant vinkelakselerasjon: $\omega = \omega_0 + \alpha t \qquad \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
- Arbeid: $dW = \boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{r}$ Kinetisk energi: $K = \frac{1}{2}mv^2$
- Konservativ kraft og potensiell energi: $U(\boldsymbol{r}) = -\int_{\boldsymbol{r}_0}^{\boldsymbol{r}} \boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{r} \qquad \boldsymbol{F} = -\nabla U(\boldsymbol{r})$
- Friksjon, statisk: $f \leq \mu_s N$ kinetisk: $f = \mu_k N$
- Luftmotstand (liten v): $\boldsymbol{f} = -k\boldsymbol{v}$ Luftmotstand (stor v): $\boldsymbol{f} = -Dv^2\hat{v}$
- Tyngdepunkt: $\boldsymbol{R}_{CM} = \frac{1}{M}\sum_i \boldsymbol{r_i} m_i \to \frac{1}{M}\int \boldsymbol{r} \cdot dm$
- Sirkelbevegelse: $v = r\omega$ Sentripetalakselerasjon: $a = -v^2/r$ Baneakselerasjon: $a = dv/dt = r\, d\omega/dt$
- Dreiemoment: $\boldsymbol{\tau} = (\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}_0) \times \boldsymbol{F}$ Statisk likevekt: $\Sigma \boldsymbol{F}_i = 0 \quad \Sigma \boldsymbol{\tau}_i = 0$
- Dreieimpuls: $\boldsymbol{L} = (\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}_0) \times \boldsymbol{p}$ N2 rotasjon: $\boldsymbol{\tau} = d\boldsymbol{L}/dt$
- Stive legemer, sylindersymmetri mhp rotasjonsaksen: $\boldsymbol{L} = \boldsymbol{L}_b + \boldsymbol{L}_s = (\boldsymbol{R}_{CM} - \boldsymbol{r}_0) \times M\boldsymbol{V} + I_0\boldsymbol{\omega}$
- Kinetisk energi, stivt legeme: $K = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2$ Treghetsmoment: $I = \sum_i m_i r_i^2 \to \int r^2 dm$
- Steiners sats (parallellakseteoremet): $I = I_0 + Md^2$
- Gravitasjon: $\boldsymbol{F} = -\frac{GMm}{r^2}\hat{r} \quad U(r) = -\frac{GMm}{r} \quad \boldsymbol{g} = \boldsymbol{F}/m$
- Enkel harmonisk oscillator: $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \qquad T = 2\pi/\omega_0 \qquad f = 1/T = \omega_0/2\pi$

  Masse i fjær: $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ Matematisk pendel: $\omega_0 = \sqrt{g/L}$
- Fri, dempet svingning, langsom bevegelse i fluid: $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$

  $\Rightarrow \ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \qquad \omega_0^2 = k/m \qquad \gamma = b/2m$

  Underkritisk demping $(\gamma < \omega_0)$ $\quad x(t) = Ae^{-\gamma t}\sin(\omega t + \phi) \qquad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$

  Overkritisk demping $(\gamma > \omega_0)$ $\quad x(t) = Ae^{-\alpha_1 t} + Be^{-\alpha_2 t} \qquad \alpha_{1,2} = \gamma \pm \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}$

  Kritisk demping $(\gamma = \omega_0)$ $\quad x(t) = Ae^{-\gamma t} + Bte^{-\gamma t}$

- Tvungen svingning, harmonisk ytre kraft: $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t$

  (partikulær-)løsning: $x(t) = A(\omega) \sin(\omega t + \phi(\omega))$

  amplitude: $A(\omega) = \dfrac{F_0/m}{\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + (2\gamma\omega)^2}}$

TERMISK FYSIKK

- Utvidelseskoeffisienter (lineær og volum), trykk-koeffisient, isoterm kompressibilitet:

$$\alpha = \frac{1}{L}\left(\frac{\partial L}{\partial T}\right)_p \qquad \beta = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = 3\alpha \qquad \gamma = \frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \qquad \kappa = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$$

- Første hovedsetning:

$$dQ = dU + dW$$

- Varmekapasitet C, pr masseenhet c, pr mol c_m:

$$C = \frac{dQ}{dT} \ , \ c = C/M \ , \ c_m = C/n$$

- C_p og C_V:

$$C_p = (dQ/dT)_p \ , \ C_V = (dQ/dT)_V$$

$$C_p - C_V = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

$$C_p - C_V = nR \quad \text{for ideell gass}$$

- Den termodynamiske identitet:

$$TdS = dU + pdV$$

- Ideell gass tilstandsligning:

$$pV = Nk_BT = nRT$$

- van der Waals tilstandsligning:

$$p = \frac{Nk_BT}{V - Nb} - \frac{aN^2}{V^2}$$

- Adiabatisk prosess:

$$dQ = 0$$

- "Overraskende nyttig relasjon":

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$$

- Virkningsgrad for varmekraftmaskin:

$$\eta = \frac{W}{Q_2}$$

- Virkningsgrad for Carnot-maskin:

$$\eta_C = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

- Maxwells hastighetsfordeling:

  for hastighetskomponentene:

$$g(v_x) = \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{1/2} e^{-mv_x^2/2k_BT}$$

  for hastigheten:

$$F(v) = \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} e^{-mv^2/2k_BT}$$

  for hastighetens absoluttverdi:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} v^2 e^{-mv^2/2k_BT}$$

- Gauss-integraler:

$$I_0(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\alpha x^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}}$$

$$I_2(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 e^{-\alpha x^2} dx = -\frac{d}{d\alpha} I_0(\alpha) \quad \text{etc}$$

- Det klassiske ekvipartisjonsprinsippet:

  Hver frihetsgrad som inngår kvadratisk i energifunksjonen E bidrar med $k_B T/2$ til midlere energi pr partikkel.

- Partisjonsfunksjon Z og tilstandssannsynlighet π_j:

$$Z = \sum_j e^{-E_j/k_BT} \quad , \quad \pi_j = Z^{-1} e^{-E_j/k_BT}$$

- Kjøleskap og varmepumpe, virkningsgrad (effektfaktor):

$$\varepsilon_K = \left|\frac{Q_1}{W}\right| \quad , \quad \varepsilon_V = \left|\frac{Q_2}{W}\right|$$

- Entropi og Clausius' ulikhet:

$$dS = \frac{dQ_{\text{rev}}}{T} \qquad \oint dS = 0 \qquad \oint \frac{dQ}{T} \leq 0$$

- Boltzmanns prinsipp:

$$S = k_B \ln W$$

- Clapeyrons ligning:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta S}{\Delta V}$$

- Damptrykk-kurven:

$$p_d(T) = p_d(T_0) \exp\left[\frac{l}{R}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

  (l = molar latent varme, T_0 = valgt referansetemperatur)

- Strålingshulrom, frekvensfordeling:

$$\eta(f,T) = \frac{du}{df} = \frac{8\pi h}{c^3}\,\frac{f^3}{\exp(hf/k_BT) - 1}$$

- Stefan-Boltzmanns lov:

$$j_s(T) = \frac{c}{4}\,u(T) = \sigma\,T^4 \qquad (\sigma = 2\pi^5 k_B^4/15h^3c^2)$$

- Fouriers lov:

$$\boldsymbol{j} = -\kappa\nabla T$$

- Varmeledningsligningen:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D_T\nabla^2 T \quad , \quad D_T = \kappa/c\mu$$

  med κ = varmeledningsevne, $c = C/M$ = varmekapasitet pr masseenhet, $\mu = M/V$ = masse pr volumenhet.

KONSTANTER, OMREGNINGSFAKTORER OG DEKADISKE PREFIKSER

- Fundamentale konstanter:

$$\begin{aligned}
G &= 6.67\cdot 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2} \quad (g = 9.81\ \mathrm{m/s^2})\\
m_e &= 9.11\cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}\\
m_p = m_n &= 1.67\cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}\\
k_B &= 1.38\cdot 10^{-23}\ \mathrm{J/K}\\
R &= 8.314\ \mathrm{J/molK}\\
N_A &= R/k_B = 6.02\cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}\\
h &= 6.63\cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}\\
\hbar &= h/2\pi = 1.05\cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}\\
e &= 1.60\cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}\\
c &= 3.00\cdot 10^{8}\ \mathrm{m/s}\\
\sigma &= 5.67\cdot 10^{-8}\ \mathrm{W/m^2K^4}
\end{aligned}$$

- Omregningsfaktorer:

$$\begin{aligned}
1\ \mathrm{eV} &= 1.60\cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}\\
1\ \text{Å} &= 10^{-10}\ \mathrm{m}\\
1\ \mathrm{cal} &= 4.184\ \mathrm{J}\\
1\ \mathrm{bar} &= 10^{5}\ \mathrm{Pa}\\
1\ \mathrm{atm} &= 1.013\cdot 10^{5}\ \mathrm{Pa}\\
1\ \mathrm{mmHg} &= 133.3\ \mathrm{Pa}
\end{aligned}$$

- Dekadiske prefikser: p = piko = 10^{-12}, n = nano = 10^{-9}, μ = mikro = 10^{-6}, m = milli = 10^{-3}, c = centi = 10^{-2}, k = kilo = 10^{3}, M = mega = 10^{6}, G = giga = 10^{9}