

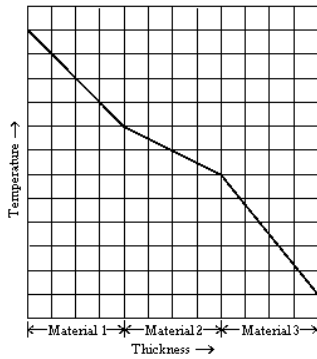




**Oppgave 1.**

Bestem hvilket svaralternativ som er det korrekte for hvert av følgende 12 flervalgsspørsmål:

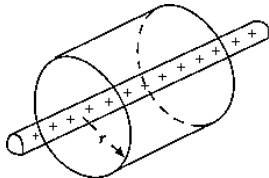
1.



Grafen viser temperatur som funksjon av tykkelse gjennom tre materiallag med samme tykkelse, men forskjellig varmeledningsevne. Anta at varmestrømmen gjennom det sammensatte materialet er i stasjonær tilstand, hva kan du da si om materialene?

- A) Materiale 1 har best varmeisoleringssevne.
  - B) Materiale 2 har best varmeisoleringssevne.
  - C) Materiale 3 har best varmeisoleringssevne.
  - D) Alle de tre materialene har samme varmeisoleringssevne.
  - E) Det er ikke mulig å bestemme hvilket materiale som har best varmeisoleringssevne.
2. Luften i en ballong har et volum på  $0,10 \text{ m}^3$  når temperaturen er  $27^\circ\text{C}$  og trykket  $1,2 \text{ atm}$ . Hva blir luftvolumet i ballongen ved temperatur  $7^\circ\text{C}$  og trykk  $1,0 \text{ atm}$ ? Anta ideell gass. (Mengden med gass forblir den samme.)
- A)  $0,022 \text{ m}^3$
  - B)  $0,078 \text{ m}^3$
  - C)  $0,089 \text{ m}^3$
  - D)  $0,11 \text{ m}^3$
  - E)  $0,13 \text{ m}^3$

3.

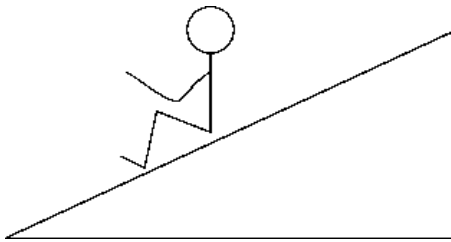


En uendelig lang stav har elektrisk ladning pr. lengdeenhet  $\lambda$  ( $= q/l$ ). Gauss's lov gjør det enkelt å bestemme at den elektriske feltstyrken i avstand  $r$  fra staven blir (med  $k = (4\pi\epsilon_0)^{-1}$ ):

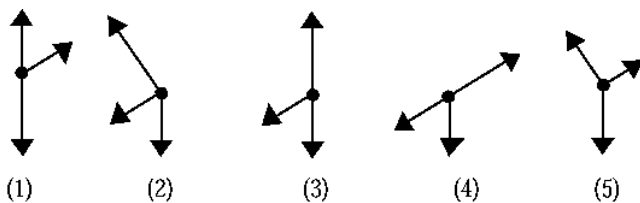
- A)  $k\lambda r^2$
- B)  $k\lambda r$
- C)  $4\pi k\lambda r$
- D)  $2k\lambda r$
- E) Null

4. I lufta i eksamenslokalet har oksygenmolekylene (molar masse = 32 g/mol) og nitrogenmolekylene (molar masse = 28 g/mol) samme gjennomsnittlige
- kinetiske energi, men oksygenmolekylene har større fart.
  - kinetiske energi, men oksygenmolekylene har mindre fart.
  - kinetiske energi og samme gjennomsnittsfart.
  - fart, men oksygenmolekylene har høyere gjennomsnittlig energi.
  - fart, men oksygenmolekylene har lavere gjennomsnittlig energi.
5. En parallell-plate kondensator med avstand mellom platene på 1,5 mm er fylt med et dielektrisk materiale med relativ dielektrisitetkonstant  $\epsilon_r = 4,3$  og har kapasitans 80  $\mu\text{F}$ . Hvis det dielektriske materialet tas bort og avstanden mellom platene dobles, så blir den nye verdien av kapasitansen:
- 690  $\mu\text{F}$
  - 37  $\mu\text{F}$
  - 9,3  $\mu\text{F}$
  - 170  $\mu\text{F}$
  - 19  $\mu\text{F}$

6.

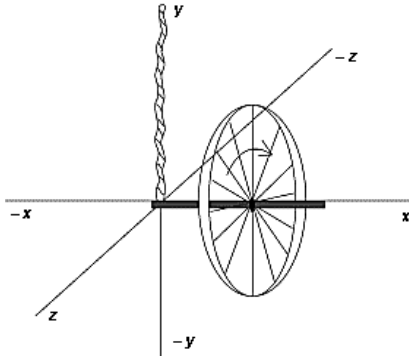


Fritt-legeme diagrammet som best representerer kreftene som virker på studenten som sitter i ro på skråplanet er:



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

7.



Et roterende sykkelhjul holdes oppe av et tau festet til den ene enden av hjulakslingen, som vist i figuren. Det resulterende dreiemomentet som virker på hjulet er rettet langs hvilken av aksene?

- A)  $x$
- B)  $y$
- C)  $-y$
- D)  $z$
- E)  $-z$

8. Vannstrålen fra en brannslange med diameter 7 cm rettes normalt mot en fast, vertikal vegg. Vannet har uniform hastighet 7 m/s, og det antas at vannet etter å ha truffet veggene faller rett ned langs veggene. Den gjennomsnittlige kraften fra vannstrålen på veggene er: (Tettheten for vann er  $1000 \text{ kg/m}^3$ .)

- A) 27 N
- B) 190 N
- C) 47 N
- D) 60 N
- E) 94 N

9. En 5-kilos myk kittklump slippes fra høyde 10,0 m over bakken ned på en avfjæret plattform 5 m over bakken. Fjærkonstanten som holder plattformen er  $k = 200 \text{ N/m}$ , og kittklumpen presser fjæra sammen 1,5 m på det meste (slik at kittklumpen i det øyeblikk er 3,5 m over bakken). Dersom massen av fjær og plattform antas neglisjerbar, så beregnes den energien som går over til lyd og varme i sammenstøtet til å være:

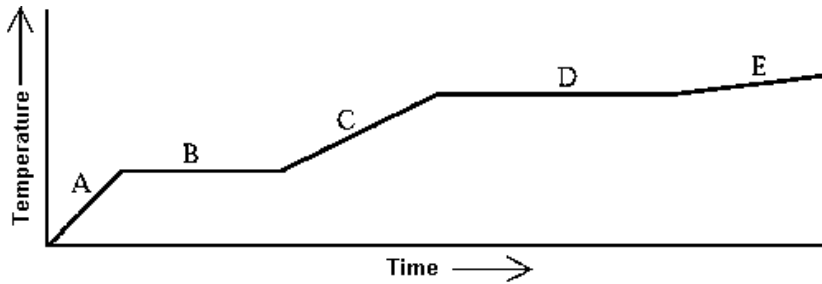
- A) 20,0 J
- B) 169 J
- C) 266 J
- D) 438 J
- E) 94,0 J

10. Det elektriske feltet i en elektromagnetiske bølge er gitt som

$E_y = 25 \sin(2,4 \times 10^6 \pi (x - 3,0 \times 10^8 t))$ . Hva er bølgelengden for denne elektromagnetiske bølgen?

- A)  $4,8 \times 10^7 \text{ m}$
- B)  $2,1 \times 10^{-8} \text{ m}$
- C)  $2,1 \times 10^{-7} \text{ m}$
- D)  $8,3 \times 10^{-7} \text{ m}$
- E)  $7,5 \times 10^{-6} \text{ m}$

11.

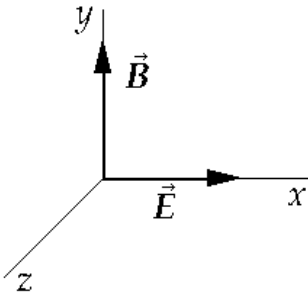


Grafen ovenfor viser temperaturen i et homogent objekt som får tilført varme med konstant tilført effekt. Objektet er i utgangspunktet et fast stoff som varmes opp og smeltes. Smelten varmes deretter opp og stoffet fordampes, hvoretter dampen til slutt varmes opp videre.

Hvilket av følgende utsagn er sant:

- A) Smeltevarmen for stoffet er større enn fordampningsvarmen.
- B) Fordampningsvarmen er større enn smeltevarmen.
- C) Fordampningsvarmen er lik smeltevarmen.
- D) Massen til stoffet må være kjent for å kunne si noe om forholdet mellom smeltevarme og fordampningsvarme.
- E) Forholdet mellom smeltevarme og fordampningsvarme avhenger av tilførselsraten for varme (tilført effekt).

12.



En positivt ladet partikkel er i bevegelse i uniforme felt E og B, som er rettet langs henholdsvis positiv  $x$ - og positiv  $y$ -akse. Hvis resultantkraften på partikkelen skal være null, så må partikkelens hastighet være rettet langs

- A) positiv  $x$ -akse.
- B) positiv  $y$ -akse.
- C) negativ  $x$ -akse.
- D) positiv  $z$ -akse.
- E) negativ  $z$ -akse.

**Oppgave 2**

a) Hva vil det si at en termodynamisk prosess er

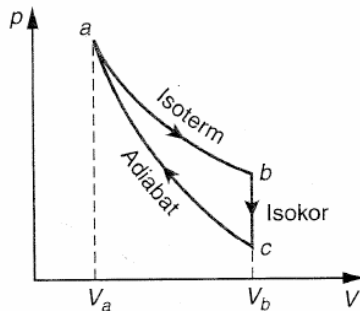
- Reversibel
- Adiabatisk

Beskriv Carnot-prosessen og definer prosessens virkningsgrad. Skriv ned, uten utledning et uttrykk som angir hvordan virkningsgraden avhenger av temperaturen.

b) Anta at et varmekraftverk leverer 1000 MW effekt fra dampturbiner. Dampen går inn i turbinen overopphetet ved 520 K og avgir den ubenyttede varmen i en elv med temperatur 290 K. Anta at turbinen opererer som en reversibel Carnot-maskin. Beregn den varmemengden som avgis til elvevannet pr. sekund når kraftverket leverer 1000 MW. Beregn temperaturøkningen i elva nedenfor kraftverket dersom vannføringen i elva er 40 m<sup>3</sup>/s

Oppgitt:  $c_{\text{vann}} = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

c) Ett mol ideelle toatomige gasmolekyler gjennomløper en kretsprosess som består av en isoterm (a→b i figuren), en isochor (b→c) og en adiabat (c→a) Tilstand c er gitt ved  $p_c = 1 \text{ atm} = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $T_c = 293 \text{ K}$ . Beregn gassens volum i tilstand c og dens trykk, volum og temperatur i a og b når  $T_b = 373 \text{ K}$ .



d) Beregn arbeidet utført av gassen ved et omløp av kretsprosessen samt prosessens virkningsgrad.

Oppgitte konstanter:

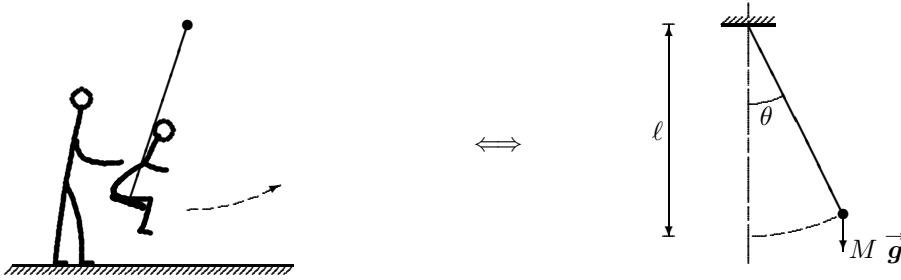
$$R = 8.31 \text{ J/mol K}$$

$$c_v' = 20.79 \text{ J/mol K}$$

$$\gamma = c_p' / c_v' = 1.40$$

## Oppgave 3

a) Gitt at ei huske med lengde  $\ell$  og total masse  $M$  kan beskrives som en matematisk pendel. Barnets masse er inkludert i  $M$ , og  $g$  er tyngdens akselerasjon. Se figur.



Skriv ned uttrykket for treghetsmomentet  $I$  til huska regnet om akse gjennom opphengningspunktene.

Skriv ned uttrykket for dreiemomentet  $\tau(\theta)$ , hvor  $\theta$  er vinkelen som angir utsvinget til huska.

Bruk Newtons 2. lov for rotasjonsbevegelse til å vise at man for huska har følgende bevegelseslikning når  $\theta \ll 1$ , dvs.  $\sin \theta = \theta$ :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{\ell}\theta = 0.$$

b) Vis ved innsetting at  $\theta(t) = C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t$  er den generelle løsninga av bevegelseslikninga og finn uttrykket for resonansfrekvensen  $\omega$ .

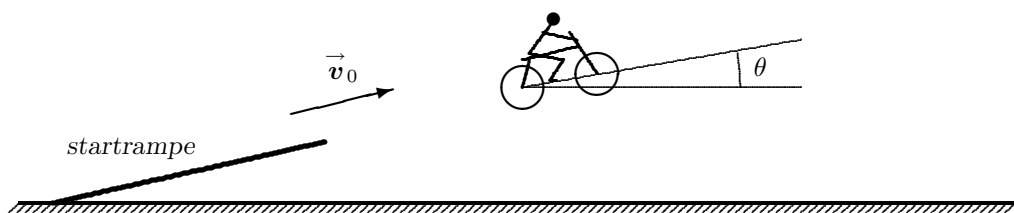
Finn verdiene til integrasjonskonstantene  $C_1$  og  $C_2$  når følgende startbetingelse er gitt:  $\theta(t = 0) = 0$  og  $\dot{\theta}(t = 0) = \dot{\theta}_0$ .

c) Huska beskrevet ovenfor, er satt i sving med maksimalt utsving lik  $\theta_{\max}$ . Et mindre barn med masse  $m$  setter seg i fanget til barnet i huska i det huska passerer sitt laveste punkt ( $\theta = 0$ ). Det minste barnets hastighet i horisontalretningen antas å være lik null i det barnet setter seg på huska. Husk at spinnet (rotasjonsmengden) ikke endres som følge av denne hendelsen.

Beregn maks utsving  $\theta'_{\max}$  etter at begge barna er på plass i huska.

Tips: Finn forholdet mellom  $\dot{\theta}$  like før og like etter at barnet er på plass. Sett deretter opp uttrykk for den kinetiske energien like før og umiddelbart etter at begge barna er på plass i huska i dette uelastiske støtet. Benytt deretter energikonservasjonsloven for den videre bevegelse.

d) En vårkåt motorsyklist kjører med stor fart  $v_0$  opp en startrampe for deretter å foreta et langt hopp. Vinkelen målt fra horisontallinja til ei linje gjennom navene til motorsykkelen to hjul settes lik  $\theta$ .



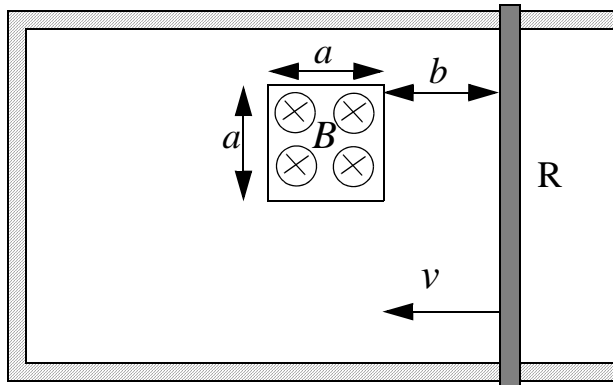
Hvordan vil vinkelen  $\theta$  endre seg hvis motorsyklisten, under hoppet, gir mer gass (øker vinkelhastigheten til bakhjulet)? Begrunn svaret. Du kan se bort fra luftmotstanden. Tips: Den totale rotasjonsmengden (spinnet) er konstant.

Hvordan vil vinkelen  $\theta$  endre seg hvis motorsykkelisten, under hoppet, i stedet trykker inn handbremsa til forhjulet? Begrunn svaret.



## Oppgave 4

En ledende stav med masse  $m$  og elektrisk motstand  $R$  kan bevege seg friksjonsfritt på to skinner slik som vist i figuren. Et konstant magnetfelt av endelig utstrekning  $a \times a = 10 \times 10$  cm og feltstyrke  $B = 0.2$  T befinner seg innenfor sløyfa. Magnetfeltet peker inn i papirplanet. Staven beveger seg med konstant hastighet  $v = 0.1$  m/s mot venstre. Når  $t = 0$  befinner staven seg  $b = 10$  cm til høyre for magnetfeltet.



- Definer begrepet magnetisk fluks  $\Phi_B$ .  
Angi tallverdi for fluksen gjennom arealet  $a \times a$  som vist i figuren..
- Gi en kort beskrivelse av Faradays induksjonslov, og gi en formulering av Lenz lov.
- Finn induisert spenning som funksjon av tiden i området fra  $t = 0$  til  $t = 3$  s.  
Angi retningen av den induserte strømmen.
- Finn størrelse og retning til kraften som virker på staven i tidsintervallet fra  $t = 0$  til  $t = 3$  s.  
Motstanden  $R$  i staven er  $1 \Omega$ . Motstanden i bøylen kan neglisjeres.

Vedlegg C: Formelliste

Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas å være kjent. Symbolbruk som i forelesninger og kompendium.

**Fysiske konstanter:**

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \quad R = N_A k_B = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa} \quad 0^\circ \text{C} = 273 \text{ K} \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-4} \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

**Elementær mekanikk:**

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}(\vec{r}, t) \quad \text{med } \vec{p}(\vec{r}, t) = m \vec{v} = m \dot{\vec{r}} \quad \vec{F} = m \vec{a} \quad \text{Konstant } a: \quad v = v_0 + at \quad s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad \text{Kinetisk energi } W_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad V(\vec{r}) = \text{potensiell energi (f.eks. tyngde: } mgh, \text{ fjær: } \frac{1}{2} kx^2)$$

$$F_x = -\frac{\partial}{\partial x} V(x, y, z) \quad E = \frac{1}{2} m \vec{v}^2 + V(\vec{r}) + \text{friksjonsarbeide} = \text{konstant}$$

$$|F_f| = \mu_s \cdot F_\perp \quad |F_f| = \mu_k \cdot F_\perp \quad \vec{F}_f = -k_f \vec{v}$$

$$\text{Dreiemoment } \vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad dW = |\vec{\tau}| d\alpha \quad \text{Statisk likevekt: } \Sigma \vec{F}_i = \vec{0} \quad \Sigma \vec{\tau}_i = \vec{0}$$

$$\text{Massefellespunkt: } \vec{R}_M = \frac{m_A}{M} \vec{r}_A + \frac{m_B}{M} \vec{r}_B \quad \text{Relativ koordinat: } \vec{r} = \vec{r}_A - \vec{r}_B$$

$$\text{Elastisk støt: } \vec{p} = \text{konstant} \quad W_k = \text{konstant} \quad \text{Uelastisk støt: } \vec{p} = \text{konstant}$$

$$\text{Vinkelhastighet } \vec{\omega} = \omega \hat{e}_z \quad |\vec{\omega}| = \omega = \dot{\theta} \quad \text{Vinkelakselerasjon } \vec{\alpha} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt} = \ddot{\theta}$$

$$v = r\omega \quad \text{Sentripetalaksel. } a_r = -v\omega = -\frac{v^2}{r} = -\omega^2 r \quad \text{Baneaksel. } a_\theta = \frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r\alpha$$

$$\text{Kinetisk energi } W_k = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{der treghetsmoment } I = \sum_i m_i r_i^2 \rightarrow \int r^2 dm$$

$$\text{Massiv kule: } I_T = \frac{2}{5} MR^2 \quad \text{Ring: } I_T = MR^2 \quad \text{Sylinder/skive: } I_T = \frac{1}{2} MR^2 \quad \text{Kuleskall: } I_T = \frac{2}{3} MR^2$$

$$\text{Lang, tynn stav: } I_T = \frac{1}{12} M\ell^2 \quad \text{Parallellakseeteoremet: } I = I_T + MR_T^2$$

$$\text{Dreieimpuls (rotasjonsmengde) } \vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \quad \vec{\tau} = \frac{d}{dt} \vec{L} \quad \text{Stive legemer: } \vec{L} = I \cdot \vec{\omega} \quad \vec{\tau} = I \cdot \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

$$\text{Hookes lov: } F = -kx \quad T = \frac{F}{A} = E\epsilon = E \frac{\Delta\ell}{\ell} \quad T = \mu\gamma = \mu \frac{\Delta x}{y} \quad \Delta p = -B \frac{\Delta V}{V} \quad \tau = \frac{\pi}{32} \mu \frac{D^4}{\ell} \theta$$

$$\text{Skjærspenning og viskositet: } T = \frac{F}{A} = \eta \frac{v}{b}$$

**Svingninger og bølger:**

$$\text{Udempet svingning: } \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad f_0 = \frac{1}{T} = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

$$\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin \theta = 0 \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{mgd}{I}} \quad \text{eller } \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

Dempet svingning:  $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$      $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$      $\delta = \frac{1}{2} \frac{b}{m}$

$\delta < \omega_0$  Underkritisk dempet:  $x(t) = A e^{-\delta t} \cos(\omega_d t + \theta_0)$      $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$

$\delta > \omega_0$  Overkritisk dempet:  $x(t) = A^+ e^{-\alpha^{(+)} t} + A^- e^{-\alpha^{(-)} t}$      $\alpha^{(\pm)} = \delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}$

$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = a_0 \cos \omega t$     når  $t$  er stor:  $x(t) = x_0 \cos(\omega t + \phi)$ , der  $x_0(\omega) = \frac{a_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$

Bølger:  $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$      $y(x, t) = f(x \pm vt)$      $y(x, t) = y_0 \cos(kx) \cos(\omega t)$      $y(x, t) = y_0 \cos(kx \pm \omega t)$

$v = \pm \frac{\omega}{k}$      $|v| = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$      $v_g = \frac{\partial \omega}{\partial k}$     Streng:  $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  hvor  $T = \frac{F}{A}$  og  $\mu = \rho A = \frac{\Delta m}{\Delta \ell}$

Lydbølger:  $\xi(x, t) = \xi_0 \cos(kx \pm \omega t)$      $p_{lyd} = kv^2 \rho \xi_0$     Luft:  $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma k_B T}{m}}$     Fast stoff:  $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

$P = \frac{1}{2} \mu v \omega^2 y_0^2$      $I = \frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 \xi_0^2$      $I = \frac{1}{2} \frac{p_{lyd}^2}{\rho v} = \frac{1}{2} \frac{p_{lyd}^2}{\rho B}$

$\beta$ (i dB) =  $10 \log_{10} \frac{I}{I_{min}}$     der  $I_{min} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Dopplereffekt:  $\frac{\omega_s}{\omega_M} = \frac{f_s}{f_M} = \frac{1 - v_S/v_B}{1 - v_M/v_B}$      $\frac{f_S}{f_M} = \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}$

Stående bølger:  $y(t) = \frac{1}{2} y_0 \cos[kx + \omega t] + \frac{1}{2} y_0 \cos[kx - \omega t]$      $L = n \frac{\lambda}{2}$      $f_n = n \frac{v}{2L}$

**Termisk fysikk:**

$n_M$  (iblant også  $n$ ) = antall mol     $N$  = antall molekyler     $n = N/V$      $n_f$  = antall frihetsgrader

$\alpha = \frac{1}{\ell} \frac{d\ell}{dT}$      $\Delta U = Q - W$      $C = \frac{Q}{\Delta T} = mc = n_M c' = N c_m$

Varmetransport:  $j_Q = \frac{d\Phi}{dA} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$      $j = \sigma T^4$      $j = e \sigma T^4$      $j_\nu(\nu, T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1}$

$pV = n_M R T$      $pV = N \frac{2}{3} E$      $E = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$     van der Waals:  $\left(p + \frac{a}{v_M^2}\right) (v_M - b) = RT$

$c'_V = \frac{1}{2} n_f R$      $c'_p = \frac{1}{2} (n_f + 2) R = c'_V + R$      $\Delta W = p \Delta V$      $W = \int_1^2 p dV$      $dU = C_V \cdot dT$

$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{n_f + 2}{n_f}$      $pV^\gamma = \text{konstant}$      $TV^{\gamma-1} = \text{konstant}$      $p^{1-\gamma} T^\gamma = \text{konstant}$      $v_{lyd} = \sqrt{\frac{\gamma k_B T}{m}}$

Molekylære kollisjoner:  $\sigma = \pi d^2$      $\ell_0 = \frac{1}{n\sigma}$      $\tau = \frac{1}{nv\sigma}$

Effektivitet (virkningsgrad/kjølefaktor):  $e = \frac{W}{Q_H} \xrightarrow{\text{Carnot}} 1 - \frac{T_L}{T_H}$     Otto:  $e = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}$

$K = \left| \frac{Q_L}{W} \right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \frac{T_L}{T_H - T_L}$      $\epsilon = \left| \frac{Q_H}{W} \right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \frac{T_H}{T_H - T_L}$     Clausius:  $\sum \frac{\Delta Q}{T} \leq 0$      $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

Entropi:  $dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$      $\Delta S_{12} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ_{rev}}{T}$      $S = k_B \ln w$

---

**Elektrisitet og magnetisme:**


---

Coulombs lov:  $\vec{F}(r) = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$     Coulomb potensialet:  $V(r) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r}$

Gauss lov:  $Q = \sum q_i = \epsilon_0 \Phi_E = \epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$

Kapasitans:  $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$      $W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} Q^2 / C$      $\frac{W}{V} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$

Kraft på strømleder:  $\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$     Lorentzkraften:  $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$

Kraft mellom to ledere:  $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$     Biot-Savarts lov:  $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I_2 \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$

Amperes lov:  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I$     Magnetisk fluks:  $\Phi_B = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$

Faradays induksjonslov:  $V_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$     Selvinduksjon:  $V_{\text{ind}} = -L \frac{dI}{dt}$      $\frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0}$

Maxwells ligninger:  $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$      $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 [\vec{j} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}]$      $\epsilon_0 \nabla \cdot \vec{E} = \rho$      $\nabla \cdot \vec{B} = 0$

RC-krets:  $\frac{dQ}{dt} + \frac{1}{RC} Q = 0$      $Q = Q_0 \exp\{-t/(RC)\}$      $I = -\frac{dQ}{dt} = \frac{Q_0}{RC} \exp\{t/(RC)\}$

RL-krets:  $\frac{dI}{dt} + \frac{R}{L} I = \frac{V}{R}$      $I = \frac{V}{R} \left(1 - \exp\{-\frac{R}{L} t\}\right)$

LC-krets:  $\frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{1}{LC} Q = 0$      $Q = A \cos(\omega t - \psi)$      $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

RLC-krets:  $\frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{LC} Q = 0$      $Q = A \exp\{-\frac{R}{L} t\} \cos(\omega t - \psi)$

---