

**NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK**

Faglig kontakt under eksamen:
Institutt for fysikk, Gløshaugen
Professor Tore Lindmo, mob. 911 47 844

EKSAMEN I EMNE TFY4125 FYSIKK

Lørdag 20. august 2005
Tid: kl 09.00-13.00

Hjelpemidler: Alternativ C

Godkjent lommekalkulator.

Rottman: Matematisk formelsamling (alle språkutgaver)

Barnett and Cronin: Mathematical Formulae

Vedlagt formelark (VEDLEGG C)

Eksamen består av:

1. Førstesiden (denne siden) **som skal leveres inn** som svar på flervalgsspørsmålene
2. Ett sett med flervalgsspørsmål, Oppgave 1 (Vedlegg A)
3. Tre ‘normale oppgaver’, Oppgaver 2-4 (Vedlegg B)
4. Formelark med aktuelle fysiske formler og konstanter (Vedlegg C)

De tre ‘normale oppgavene’ og flervalgsspørsmålene teller hver 25 %.

Ved besvarelse av flervalgsspørsmålene skal bare ETT av svaralternativene A-E angis for hvert av de 12 spørsmålene. Riktig svar gir ett poeng mens feil svar gir null poeng.

Svar på flervalgsspørsmål i Vedlegg A:

[illegible]

**NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK**

Fagleg kontakt under eksamen:
Institutt for fysikk, Gløshaugen
Professor Tore Lindmo, mob. 911 47 844

EKSAMEN I EMNE TFY4125 FYSIKK**Lørdag 20. august 2005**

Tid: kl 09.00-13.00

Hjelpemiddel: Alternativ C

Godkjend lommekalkulator.

Rottman: Matematisk formelsamling (alle språkutgavar)

Barnett and Cronin: Mathematical Formulae

Vedlagt formelark (VEDLEGG C)

Eksamen består av:

1. Førstesida (denne sida) **som skal leverast inn som svar på fleirvalgsspørsmåla**
2. Eit sett med fleirvalgsspørsmål, Oppgave 1 (Vedlegg A)
3. Tre ‘normale oppgaver’, Oppgaver 2-4 (Vedlegg B)
4. Formelark med aktuelle fysiske formlar og konstantar (Vedlegg C)

Dei tre ‘normale oppgavene’ og fleirvalgsspørsmåla tel kvar 25 %.

Ved svar på fleirvalgs spørsmål skal bare EIT av svaralternativa A-E merkast for kvart av dei 12 spørsmål. Riktig svar gjev eit poeng mens feil svar gjev null poeng.

Svar på fleirvalgsspørsmål i Vedlegg A:

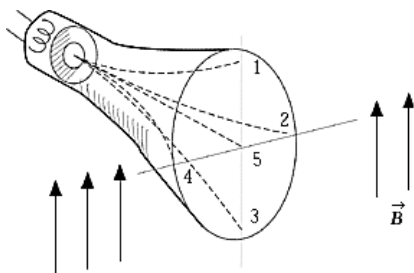
[illegible]

Oppgave 1.

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

1. Etyl klorid ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$) brukes som et kjølemedium i noen sammenhenger. Et mol av dette stoffet inneholder Avogadros tall av
 - A) karbon atomer.
 - B) hydrogen atomer.
 - C) klor atomer .
 - D) Alle svar A-C er korrekte.
 - E) Ingen av svarene A-C er korrekte.

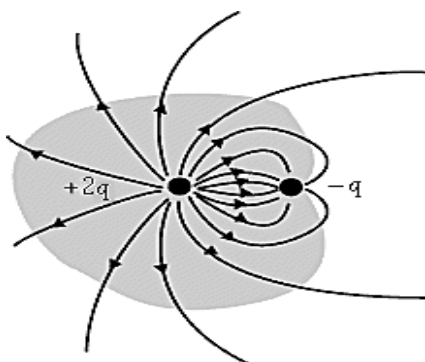
2.



Når et katodestrålerør som er plassert med aksen horisontalt, settes i et vertikalt rettet magnetfelt, så vil elektroner som sendes ut fra katoden følge en av de stiplede banene mot framenden av røret. Den riktige banen er

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

3.



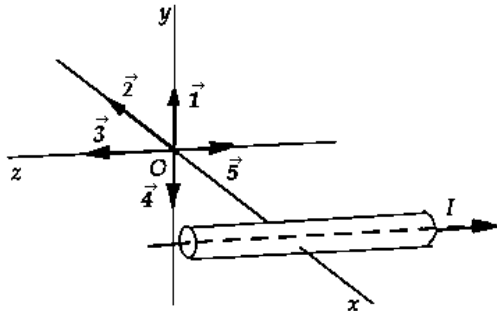
Figuren viser en overflate (grå-farget) som omslutter ladningene $2q$ og $-q$. Netto fluks gjennom flaten som omgir de to ladningene er

- A) q/ϵ_0
- B) $2q/\epsilon_0$
- C) $-q/\epsilon_0$
- D) Null
- E) Ingen av svarene A-D er korrekte.

4. En 60 W lyspære sender ut sfæriske elektromagnetiske bølger i alle retninger. Hvis 50 % av effekten i en slik lyspære sendes ut som elektromagnetisk stråling, hva blir da strålingens intensitet i en avstand av 2,00 m fra lyspæra?

- A) 15 W/m^2
- B) 4.8 W/m^2
- C) 2.4 W/m^2
- D) 0.60 W/m^2
- E) 1.2 W/m^2

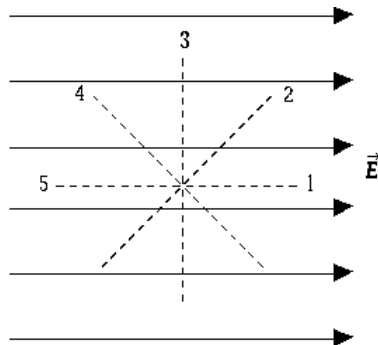
5.



En lang leder som fører en elektrisk strøm I ligger i xz planet parallelt med z akse. Strømmen går i negativ z retning, som vist i figuren. Vektoren som representerer magnetfeltet i origo O er

- A) $\vec{1}$
- B) $\vec{2}$
- C) $\vec{3}$
- D) $\vec{4}$
- E) $\vec{5}$

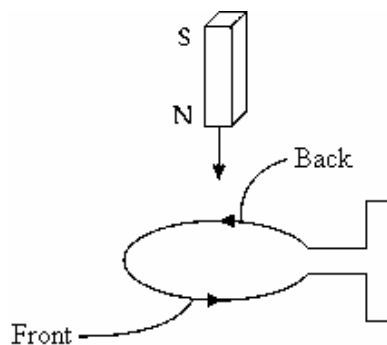
6.



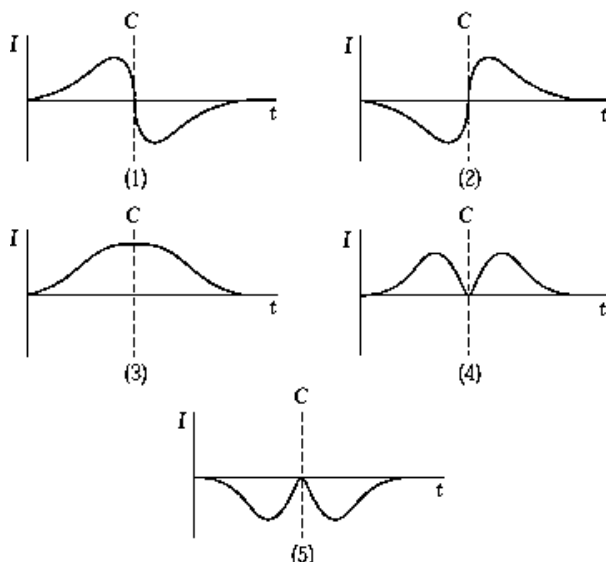
Figuren viser et uniformt elektrisk felt. Retningen som tilsvarer maksimal økning i det elektriske potensial er

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

7.



En stavmagnet føres gjennom en strømsløyfe som vist. Husk at magnetiske feltlinjer peker ut fra nordpolen på en slik magnet. Hvis positiv strømretning er definert som angitt ved pilene i figuren, så vil den induerte strømmen som funksjon av tiden være karakterisert ved en av grafene vist nedenfor. Tidspunktet når midtpunktet av magneten passerer gjennom strømsløyfa er vist som punkt C. Hvilken graf angir det riktige strømforløpet?



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

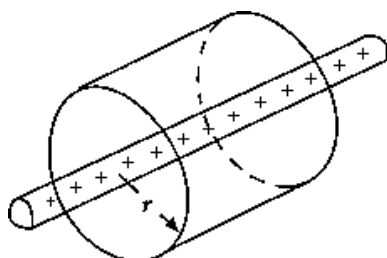
8. Et bestemt volum av ideell gass utsettes for en temperaturendring fra 20°C til 60°C . Forholdet mellom den midlere molekulære kinetiske energi ved 20°C (K_1) og ved 60°C (K_2) er

- A) $K_1 = K_2$
- B) $K_1 = 0.33 K_2$
- C) $K_1 = 3 K_2$
- D) $K_1 = 0.88 K_2$
- E) $K_1 = 1.14 K_2$

9. Et svart utstrålende legeme har en utstrålt effekt på 100 W ved en temperatur på 2000 K. Hvor stor effekt ville dette legemet stråle med ved 3000 K?

A) 150 W
 B) 225 W
 C) 338 W
 D) 506 W
 E) 759 W

10.

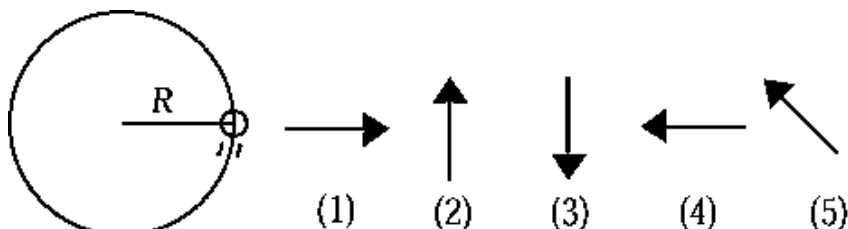


En uendelig lang, rett leder har ladning pr. lengdeenhet på $\lambda (= q/l)$. Gauss's lov gjør det mulig å bestemme den elektriske feltstyrken for et punkt i avstand r fra lederen.

Feltstyrken, uttrykt ved $k = (4\pi\epsilon_0)^{-1}$, er

A) $k\lambda/r^2$
 B) $k\lambda/r$
 C) $4\pi k\lambda/r$
 D) $2k\lambda/r$
 E) null

11.



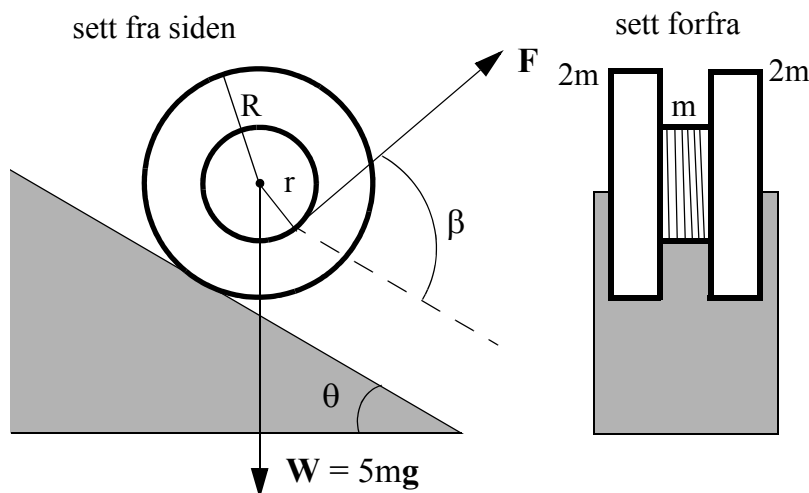
Figuren viser en ball som er festet i en snor og går i sirkelbane i retning mot urviserne. Anta at luftmotstanden er neglisjerbar. Diagrammet som best representerer ballens *akselerasjon* i det avtegnede øyeblikket er

A) 1
 B) 2
 C) 3
 D) 4
 E) 5

12. Hvis to indentiske bølger med samme fase adderes, så blir resultatet

A) en bølge med samme frekvens men med doblet amplitude.
 B) en bølge med samme amplitude men med doblet frekvens.
 C) en bølge med null amplitude.
 D) en bølge med null frekvens.
 E) Spørsmålet kan ikke besvares uten å kjenne til bølgelengdene for de to bølgene.

Oppgave 2



En jo-jo kan bevege seg på et skråplan som vist i figuren til venstre.

Jo-jo'en består av to skiver, hver med masse $2m$ og radius R , og av en aksling med masse m og radius r som forbinder de to skivene.

En snor er surret rundt akslingen som vist, og snordraget er F når det trekkes i snora.

Tregghetsmomentet om sin aksling for en skive med radius R og masse M er: $I = \frac{1}{2}MR^2$

Anta at det virker en friksjons-kraft mellom jo-jo'en og underlaget som er stor nok til at bevegelsen blir en ren rullebevegelse.

- a) Anta først at jo-jo'en ruller fritt ned skråplanet. Hva er forholdet mellom vinkelhastighet og hastigheten til tyngdepunktet til jo-jo'en? Hva blir hastigheten til tyngdepunktet som funksjon av høyden y , uttrykt ved starthastighet v_0 , starthøyde y_0 , og radiene r og R ?

(Hint: Benytt energibevarelse).

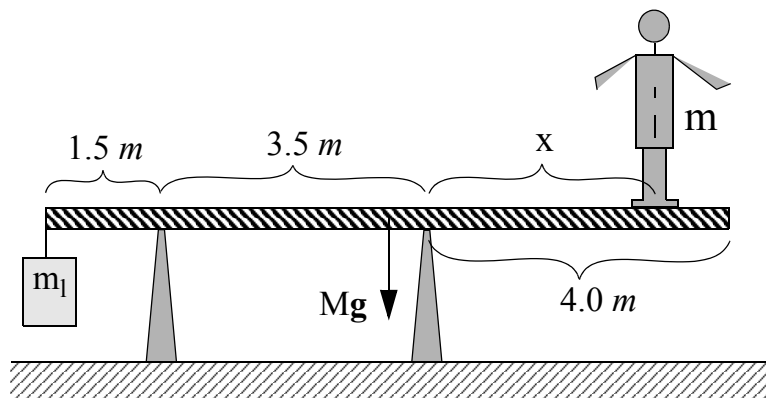
- b) Anta så at vi trekker i snora med kraft F . Finn et uttrykk for vinkelakselerasjonen til jo-jo'en uttrykt ved: F , β , θ , r , R , og m .

(Hint: Benytt Newtons 2. lov og dreiemomentligninga med rotasjon om tyngdepunktet).

Benytt så følgende relasjoner: $R = 2r$, $F = 2mg$, og $\theta = 30^\circ$.

- c) For hvilke verdier av vinkelen β beveger jo-jo'en seg oppover skråplanet? Forklar.
- d) Forklar kort forskjellen på statisk og dynamisk (kinetisk) friksjon. Anta at friksjonskraften $F_f = \mu N$, hvor μ = statisk friksjonskoeffisient og N er resulterende kraft på jo-jo'en normalt på skråplanet. Hvor stor må friksjonskoeffisienten μ være for at jo-jo'en ikke skal begynne å skli når vinkelakselerasjonen $\alpha = 0$?

Oppgave 3

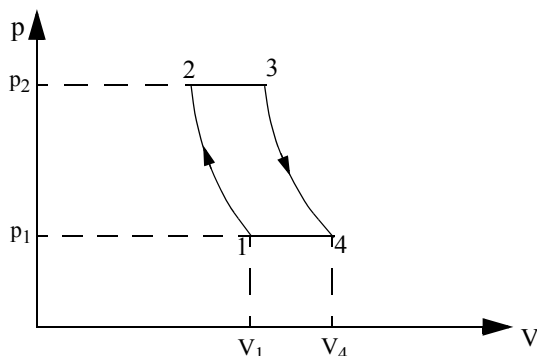


En tynn homogen bjelke med masse $M = 50 \text{ kg}$ og som er 9 m lang, er støttet opp på to punkter som vist i figuren.

En person med masse $m = 60 \text{ kg}$ står på bjelken i en avstand x fra høyre støttepunkt. Et lodd med masse $m_1 = 30 \text{ kg}$ henger fra venstre ende av bjelken.

- Anta at systemet er i likevekt, og skriv opp ligningene som beskriver likevekten. Gi en kort forklaring.
- Hvor langt ut kan personen gå før bjelken begynner å vippe (dvs. finn avstanden x)? Anta at det er nok friksjon mellom bjelken og støttepunktene til å hindre at bjelken glir.
- Finn et uttrykk for vinkelakselerasjonen (for generell verdi av x) i det bjelken starter å vippe.

Oppgave 4



Ei varmekraftmaskin opereres i en reversibel syklus som vist i figuren, og består av to adiabater og to isobarer. Arbeidsmediet er $n = 0,010 \text{ mol}$ ideell gass med $\gamma = 1,4$.

Opgitt:

$$p_1 = 250 \text{ kPa}, p_2 = 750 \text{ kPa}, V_4 = 100 \text{ cm}^3$$

$$T_1 = 241 \text{ K}, T_3 = 412 \text{ K} \text{ og } T_4 = 301 \text{ K}$$

- Ut ifra oppgitt verdi γ , hva er C_V og C_p for arbeidsmediet, uttrykt ved nR ?
- Beregn volumet V_1 i tilstand 1.
Finn også temperaturen T_2 i tilstand 2.
- I hvilken prosesser opptas og avgis varme fra/til omgivelsene? Hvor stor er den opptatte og den avgitte varmemengden?
- Tegn et varmestrømsdiagram som viser energi inn/ut av maskinen og inn/ut av varmereservoar, og finn varmekraftmaskinens virkningsgrad.

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Svingninger og bølger:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Termisk fysikk:

$$n_M \text{ (iblant også } n) = \text{antall mol} \quad N = \text{antall molekyler} \quad n = N/V \quad n_f = \text{antall frihetsgrader}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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: $F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 l}{r}$ 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: $V_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ Selvinduksjon: $V_{ind} = -L \frac{dI}{dt}$ $\frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0}$

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