Side 1 av 1 skal påføres studentnummer og innleveres.

Studentnummer: ____________________

Ark nr: ____________________

BOKMÅL *Side 1 av 1*
(pluss VEDLEGG)

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for fysikk

KONTINUASJONSEKSAMEN I EMNE TFY4105 FYSIKK

Eksamensdato: Lørdag 20. august 2005
Eksamenstid: 09:00 - 13:00

Faglig kontakt under eksamen: Institutt for fysikk, Arnljot Elgsæter, tlf. 472 35 518
Vekttall: 2,5
Tillatte hjelpemidler (kode C):
Bestemt enkel godkjent kalkulator
Rottmann: Matematisk formelsamling (norsk eller tysk utgave).
Tabeller og formler i fysikk for 2FY og 3FY (Gyldendal).
Vedlagt formelliste (VEDLEGG C)

Sensurfrist: 3 uker

Eksamenpapirene består av:

1. Førstesida (denne sida) som skal leveres inn som svar på flervalgsspørsmålene.
2. Ett sett med flervalgsspørsmål, Oppgave 1 (VEDLEGG A)
3. Tre "tradisjonelle oppgaver", Oppgaver 2-4 (VEDLEGG B)
4. Formelliste med aktuelle formler og konstanter (VEDLEGG C)

Prosenttallene i parantes etter hver oppgave angir hvor mye den vektlegges ved bedømmelsen.
I de fleste tilfeller er det fullt mulig å løse etterfølgende punkter selv om et punkt foran skulle være ubesvart.

I flervalgsspørsmålene er kun ett av svarene rett. Du skal altså svare A, B, C, D eller E eller du kan svare blankt. Rett svar gir 5 p, galt svar gir -1 p, blank gir 0 p.

Svar på flervalgsspørsmål i VEDLEGG A:

Spørsmål:	a	b	c	d	e	f	g
Svar:							

Noregs teknisk-naturvitenskapelege universitet
Institutt for fysikk

KONTINUASJONSEKSAMEN I EMNE TFY4105 FYSIKK

Eksamensdato: Laurdag 20. august 2005
Eksamenstid: 09:00 - 13:00

Fagleg kontakt under eksamen: Institutt for fysikk, Arnljot Elgsæter, tlf. 472 35 518
Vekttal: 2,5
Tilletne hjelpemiddel (kode C):
Bestemt enkel godkjend kalkulator
Rottmann: Matematisk formelsamling (norsk eller tysk utgåve).
Tabeller og formler i fysikk for 2FY og 3FY (Gyldendal).
Vedlagt formelliste (VEDLEGG C)

Sensurfrist: 3 uker

Eksamenpapira består av:

1. Førstesida (denne sida) som skal leverast inn som svar på fleirvalsspørsmåla.
2. Eit sett med fleirvalgsspørsmål, Oppgåve 1 (VEDLEGG A)
3. Tre "tradisjonelle oppgåver", Oppgåver 2-4 (VEDLEGG B)
4. Formelliste med aktuelle formlar og konstantar (VEDLEGG C)

Prosenttala i parantes etter kvar oppgåve syner vektlegginga av oppgåva ved bedømminga.
I dei fleste døme er det fullt mogeleg å løyse etterfølgjande punkt sjølv om eit punkt foran skulle vere utan svar.

I fleirvalsspørsmåla er kun eitt av svara rett. Du skal altså svare A, B, C, D eller E eller du kan svare blankt. Rett svar gir 5 p, galt svar gir -1 p, blank gir 0 p.

Svar på fleirvalsspørsmåla i VEDLEGG A:

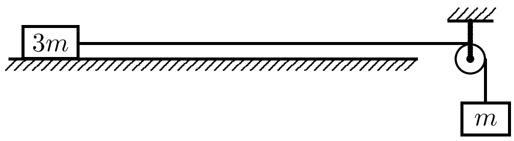
Spørsmål:	a	b	c	d	e	f	g
Svar:							

Oppgave 1. Flervalgsspørsmål (teller 20%)

I flervalgsspørsmålene er kun ett av svarene rett. Du skal altså svare A, B, C, D eller E eller du kan svare blankt. Rett svar gir 5 p, galt svar gir -1 p, blank gir 0 p.

a) Ei kraft $\vec{F}$ blir brukt for å skyve en gjenstand med masse m oppover et skråplan. Krafta virker parallelt med skråplanet. Vinkelen mellom skråplanet og horisontalplanet er θ. Normalkrafta som virker fra skråplanet på massen m er:
A) $mg\cos\theta + F\cos\theta$
B) $mg\cos\theta$
C) $mg\cos\theta + F\sin\theta$
D) $mg\cos\theta - F\cos\theta$
E) Umulig å bestemme fordi friksjonskoeffisienten ikke er kjent.

b) En masse m henger i ei masseløs snor. Snora er trekt over ei trinse for så å fortsette horisontalt til den er festa til en annen masse $3m$ som ligger på et horisontalt bord. Se bort fra all friksjon. Masse m holdes i ro og slippes så. Når massen har falt en distanse h, vil den ha fått en fart v som kan utregnes fra formelen



A) $v = \sqrt{\frac{1}{4}gh}$
B) $v = \sqrt{\frac{1}{2}gh}$
C) $v = \sqrt{gh}$
D) $v = \sqrt{2gh}$
E) Ingen av svarene A-D er rett.

c) Et legeme som beveger seg med konstant banefart i en sirkel
A) Har ingen akselerasjon.
B) Har ingen endring i vektoriell hastighet.
C) Har ingen resultantkraft som virker på seg.
D) Har ikke noe arbeid gjort på seg.
E) Er beskrevet ved alle utsagn ovenfor.

d) To massive baller (en stor og en liten) og en massiv sylinder ruller ned et skråplan uten rullemotstand. Hvilken av disse har den største farten ved bunnen av skråplanet og hvilken har den minste?
A) Den store ballen har størst, den lille ballen har minst
B) Den lille ballen har størst, den store ballen har minst
C) Sylinderen har størst, den lille ballen har minst
D) Sylinderen har størst, de to ballen har den samme (og mindre) fart
E) Begge ballene har samme største fart, sylinderen har mindre

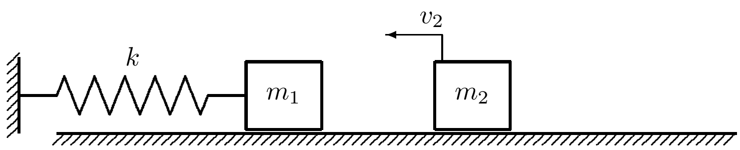
e) To enatomige gasser, helium og neon, blir blanda i forholdet 2:1 og er i termisk likevekt ved temperatur T. Molar masse til neon er 5x molar masse til helium. Hvis den midlere kinetiske energien per heliumatom er U, er den midlere kinetiske energien per neonatom lik
A) U
B) 0,5U
C) 2U
D) 5U
E) $U/5$

f) Når en gass blir komprimert adiabatisk skjer følgende:
A) Trykket øker og indre energi avtar.
B) Trykket øker og arbeid blir gjort av gassen.
C) Temperaturen avtar og indre energi avtar.
D) Trykket er uendret og varme strømmer ut av systemet.
E) Arbeid blir gjort på systemet og temperaturen øker.

g) En varmekraftmaskin absorberer 64 kJ varme fra et varmt reservoar og gir fra seg 42 kJ varme til et kaldt reservoar for hvert omløp. Maskinens effektivitet er (avrundet til to gjeldende sifre):
A) 30%
B) 34%
C) 38%
D) 52%
E) 66%

Oppgave 2. Mekanikk (teller 30%)

Figuren viser en kloss med masse $m_1 = 1{,}00$ kg som er festa til ei masseløs fjær som har fjærkonstant $k = 100$ N/m. Systemet kviler på ei flat, friksjonsfri overflate og klossen er initielt i ro. En annen kloss har inngangsfart $v_2 = 15{,}0$ m/s i retning mot kloss 1 (regner positiv retning mot venstre) og treffer denne i et sentralt og fullstendig elastisk støt. Kloss 2 har masse $m_2 = 0{,}80$ kg.



a) Hva er farten v_1' til kloss 1 umiddelbart etter støtet?
Tips: Hvilke fysiske størrelser er bevart under støtet? Fjæra har ingen betydning for den initielle farten til kloss 1.

b) Hva blir perioden til svingningen for masse-fjær-systemet?

c) Og hvor stor amplitude svinger systemet med?

d) Beregn utgangsfarten v_2' til kloss 2 etter støtet og finn ut om kloss 1, etter den er kommet i gang med svingningen, vil nå igjen kloss 2 slik at de kolliderer nok en gang.
Tips: Sammenlikn utgangsfarten med svingeperioden. Hvis du ikke har fått tallsvar i oppgavene over, kan du bruke periode 0,50 s og amplityde 1,0 m (som ikke nødvendigvis er fasitsvar i b og c).

Oppgave 3. Bølger (teller 25%)

En stemmegaffel svinger med fast frekvens $f = 400$ Hz og settes i kontakt med en strekt streng. Svingningene i stemmegaffelen genererer transversale vandrebølger i strengen med en amplitude på 0,50 mm. Strengen har en lineær massetetthet på $\mu = 10,0$ g/m og er under et strekk på 1,00 kN. Anta at strengen er så lang at vi kan se bort fra reflekterte bølger fra endene.

a) Finn frekvensen og perioden til bølga i strengen.

b) Finn bølgehastigheten i strengen.

c) Hva er bølgelengda og bølgetallet til bølga?

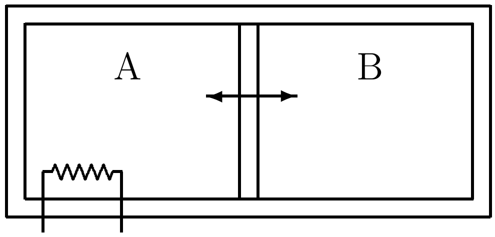
d) Skriv ned en bølgefunksjon $y(x,t)$ som kan beskrive bølga. Sett inn aktuelle tallverdier.

e) Finn den maksimale farten og akselerasjonen for et punkt på strengen.
Tips: Hvis du ikke har funnet svar ovenfor, kan du i e) og d) bruke bølgetallet 6,40 m^{-1} og vinkelfrekvensen 2000 s^{-1} for bølga (som ikke nødvendigvis er fasitsvar).

f) Hvilken midlere effekt må tilføres stemmegaffelen for at den skal kunne opprettholde konstant amplitude og dermed ei konstant bølgegenerering i strengen?

Oppgave 4. Termodynamikk. (teller 25%)

Et lukket kammer har form av en sylinder som er atskilt i to rom A og B med et stempel som kan gli friksjonsfritt langs sylinderen. Hvert rom inneholder en enatomig, ideell gass. Det kan tilføres varme til kammer A (f.eks. ved en elektrisk glødetråd), ellers er sylinderen varmeisolert fra omgivelsene og stempelet varmeisolerer fullstendig mellom A og B. Opprinnelig har hvert rom et volum $V_{A,0} = V_{B,0} = 5,00 \cdot 10^{-2}$ m^3, temperatur $T_{A,0} = T_{B,0} = 273$ K og trykk $p_{A,0} = p_{B,0} = 1,00$ atm.



a) Beregn hvor mange mol gass det er i hvert rom.

b) Hva er adiabatkonstanten γ for en enatomig, ideell gass?

Varme Q blir langsomt tilført gass A slik at volum A ekspanderer og B komprimeres inntil trykkene i begge gassene er $p_A = p_B = 3,00$ atm. Prosessene kan antas reversible.

c) Bruk adiabatlikning for prosessen i B til å finne sluttvolumet V_B. Finn også sluttvolumet V_A i A.

d) Finn sluttemperaturene T_A og T_B i begge gassene

e) Finn nødvendig tilført varme Q.
Tips: Bruk termodynamikkens 1. lov på totalsystemet A+B. Hvis du ikke har fått tallsvar i oppgavene over, kan du bruke $T_A = 450$ K, $T_B = 1200$ K og $n = 2,0$ mol (som ikke nødvendigvis er fasitsvar i a og d).

f) Hva er entropiendringa ΔS_B for gassen i rom B under prosessen?

FORMELLISTE.

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

Fysiske konstanter:

$g = 9,8\,\mathrm{m/s^2}$ $\quad N_\mathrm{A} = 6,02\cdot 10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}$ $\quad k_\mathrm{B} = 1,38\cdot 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$ $\quad R = N_\mathrm{A}k_\mathrm{B} = 8,31\,\mathrm{J\,mol^{-1}K^{-1}}$

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

Elementær mekanikk:

$\frac{\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{p}}}{\mathrm{d}t} = \vec{\boldsymbol{F}}(\vec{\boldsymbol{r}},t)$ med $\vec{\boldsymbol{p}}(\vec{\boldsymbol{r}},t) = m\,\vec{\boldsymbol{v}} = m\dot{\vec{\boldsymbol{r}}}$ $\quad \vec{\boldsymbol{F}} = m\,\vec{\boldsymbol{a}}$ $\quad$ Konstant a: $v = v_0 + at$ $\quad s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$

$\mathrm{d}W = \vec{\boldsymbol{F}}\cdot\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{s}}$ $\quad$ Kinetisk energi $W_\mathrm{k} = \frac{1}{2}mv^2$ $\quad V(\vec{\boldsymbol{r}})$ = potensiell energi (f.eks. tyngde: mgh, fjær: $\frac{1}{2}kx^2$)

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

$|F_\mathrm{f}| = \mu_\mathrm{s}\cdot F_\perp$ $\quad |F_\mathrm{f}| = \mu_\mathrm{k}\cdot F_\perp$ $\quad \vec{\boldsymbol{F}}_\mathrm{f} = -k_\mathrm{f}\,\vec{\boldsymbol{v}}$

Dreiemoment $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\boldsymbol{r}}\times\vec{\boldsymbol{F}}$ $\quad \mathrm{d}W = |\vec{\boldsymbol{\tau}}|\,\mathrm{d}\alpha$ $\quad$ Statisk likevekt: $\Sigma\,\vec{\boldsymbol{F}}_i = \vec{\boldsymbol{0}}$ $\quad \Sigma\,\vec{\boldsymbol{\tau}}_i = \vec{\boldsymbol{0}}$

Massefellespunkt: $\vec{\boldsymbol{R}}_\mathrm{M} = \frac{m_\mathrm{A}}{M}\,\vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{A} + \frac{m_\mathrm{B}}{M}\,\vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{B}$ $\quad$ Relativ koordinat: $\vec{\boldsymbol{r}} = \vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{A} - \vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{B}$

Elastisk støt: $\vec{\boldsymbol{p}}$ = konstant $\quad W_\mathrm{k}$ = konstant $\quad$ Uelastisk støt: $\vec{\boldsymbol{p}}$ = konstant

Vinkelhastighet $\vec{\boldsymbol{\omega}} = \omega\,\hat{\mathbf{e}}_z$ $\quad |\vec{\boldsymbol{\omega}}| = \omega = \dot{\theta}$ $\quad$ Vinkelakselerasjon $\vec{\boldsymbol{\alpha}} = \frac{\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{\omega}}}{\mathrm{d}t}$ $\quad \alpha = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = \ddot{\theta}$

$v = r\omega$ $\quad$ Sentripetalaksel. $a_r = -v\omega = -\frac{v^2}{r} = -\omega^2 r$ $\quad$ Baneaksel. $a_\theta = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = r\,\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = r\,\alpha$

Kinetisk energi $W_\mathrm{k} = \frac{1}{2}I\,\omega^2$ $\quad$ der treghetsmoment $I = \sum_i m_i r_i^2 \to \int r^2\mathrm{d}m$

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

Lang, tynn stav: $I_\mathrm{T} = \frac{1}{12}M\ell^2$ $\quad$ Parallellakseteoremet: $I = I_\mathrm{T} + MR_\mathrm{T}^2$

Spinn (dreieimpuls) $\vec{\boldsymbol{L}} = \vec{\boldsymbol{r}}\times\vec{\boldsymbol{p}}$ $\quad \vec{\boldsymbol{\tau}} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\vec{\boldsymbol{L}}$ $\quad$ Stive legemer: $\vec{\boldsymbol{L}} = I\cdot\vec{\boldsymbol{\omega}}$ $\quad \vec{\boldsymbol{\tau}} = I\cdot\frac{\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{\omega}}}{\mathrm{d}t}$

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

Bøyning: $\theta = \frac{\ell}{r_0} = \frac{\tau}{E\mathcal{I}}\ell$ $\quad \mathcal{I} = \int y^2\,\mathrm{d}A = \frac{1}{12}a\,b^3$ $\quad \delta(\ell) = \frac{\ell^3}{3E\mathcal{I}}F$

Hydrostatisk trykk $\quad p(h) = p_0 + \rho gh$ $\quad$ Trykket i boble: $p = p_0 + \frac{2\gamma}{R}$

Massekonservering: $A_1v_1 = A_2v_2$ $\quad$ Bernoulli: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh$ = konstant

Skjærspenning og viskositet: $T = \frac{F}{A} = \eta\,\frac{v}{b}$ $\quad$ Stokes lov: $F = -6\pi\eta vr$ $\quad$ Poiseuilles: $Q = \frac{\pi}{8}\frac{R^4}{\eta}\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}x}$

Svingninger og bølger:

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

$\ddot{\theta}+\omega_0^2\sin\theta=0 \qquad \omega_0=\sqrt{\dfrac{mgd}{I}}$ eller $\omega_0=\sqrt{\dfrac{g}{\ell}}$

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

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

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

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

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

$\omega=\dfrac{2\pi}{T} \qquad k=\dfrac{2\pi}{\lambda} \qquad v=\pm\dfrac{\omega}{k}=\pm\dfrac{\lambda}{T}$ Streng: $v=\sqrt{\dfrac{T}{\rho}}=\sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$ hvor $T=\dfrac{F}{A}$ og $\mu=\rho A=\dfrac{\Delta m}{\Delta\ell}$

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

$P=\dfrac{1}{2}\mu v\omega^2 y_0^2 \qquad I=\dfrac{P}{A}=\dfrac{1}{2}\rho\,v\,\omega^2\xi_0^2 \qquad I=\dfrac{1}{2}\dfrac{p_\mathrm{lyd}^2}{\rho v}=\dfrac{1}{2}\dfrac{p_\mathrm{lyd}^2}{\sqrt{\rho B}}$

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

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

Termisk fysikk:

n_M (iblant også n) = antall mol $\qquad N$ = antall molekyler $\qquad n=N/V \qquad n_\mathrm{f}$ = antall frihetsgrader

$\alpha=\dfrac{1}{\ell}\dfrac{\mathrm{d}\ell}{\mathrm{d}T} \qquad \Delta U=Q-W \qquad C=\dfrac{Q}{\Delta T}=mc=n_\mathrm{M}c'=Nc_\mathrm{m}$

Varmetransport: $j_\mathrm{Q}=\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}A}=-\lambda\dfrac{\partial T}{\partial x} \qquad j=\sigma T^4 \qquad j=e\,\sigma T^4 \qquad j_\nu(\nu,T)=\dfrac{2\pi h\nu^3}{c^2}\dfrac{1}{\mathrm{e}^{h\nu/k_\mathrm{B}T}-1}$

$pV=n_\mathrm{M}RT=Nk_\mathrm{B}T=N\cdot\dfrac{2}{3}E$ hvor $E=\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$ van der Waals: $\left(p+\dfrac{a}{v_\mathrm{M}^2}\right)(v_\mathrm{M}-b)=RT$

$c'_V=\dfrac{1}{2}n_\mathrm{f}R \qquad c'_p=\dfrac{1}{2}(n_\mathrm{f}+2)R=c'_V+R \qquad \Delta W=p\Delta V \qquad W=\displaystyle\int_1^2 p\mathrm{d}V \qquad \mathrm{d}U=C_V\cdot\mathrm{d}T$

$\gamma=\dfrac{C_p}{C_V}=\dfrac{n_\mathrm{f}+2}{n_\mathrm{f}} \qquad pV^\gamma=\text{konstant} \qquad TV^{\gamma-1}=\text{konstant} \qquad p^{1-\gamma}T^\gamma=\text{konstant} \qquad v_\mathrm{lyd}=\sqrt{\dfrac{\gamma k_\mathrm{B}T}{m}}$

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

Effektivitet: $e=\dfrac{W}{Q_\mathrm{H}}\xrightarrow{\text{Carnot}}1-\dfrac{T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H}}$ Otto: $e=1-\dfrac{1}{r^{\gamma-1}}$

$K=\left|\dfrac{Q_\mathrm{L}}{W}\right|\xrightarrow{\text{Carnot}}\dfrac{T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H}-T_\mathrm{L}} \qquad \epsilon=\left|\dfrac{Q_\mathrm{H}}{W}\right|\xrightarrow{\text{Carnot}}\dfrac{T_\mathrm{H}}{T_\mathrm{H}-T_\mathrm{L}}$ Clausius: $\sum\dfrac{\Delta Q}{T}\le 0 \qquad \oint\dfrac{\mathrm{d}Q}{T}\le 0$

Entropi: $\mathrm{d}S=\dfrac{\mathrm{d}Q_\mathrm{rev}}{T} \qquad \Delta S_{12}=S_2-S_1=\displaystyle\int_1^2\dfrac{\mathrm{d}Q_\mathrm{rev}}{T} \qquad S=k_\mathrm{B}\ln w$

VEDLEGG A FAG TFY4105 FYSIKK

Oppgave 1 Flervalgsoppgaver (teller 34%)

a) Et legeme med masse M_1 beveger seg med fart v på et rett, horisontal og friksjonsløst bord. Dette første legmet kolliderer så med et annet legeme som ligger i ro på bordet og har masse M_2. Etter kollisjonen fester de to legeme seg sammen, og hastigheten deres blir da

A) v
B) $v \cdot M_1$
C) $v \cdot \frac{M_1+M_2}{M_1}$
D) $v \cdot \frac{M_1}{M_1+M_2}$
E) $v \cdot \frac{M_1}{M_2}$

b) Ei kule med masse 2,0 kg er festet til enden av ei 5,0 m lang snor. Massen beveger seg i en sirkulær bane på et horisontalt friksjonsløst bord. Hvis snora tåler maksimalt 20 N strekk før den ryker, hva er maksimal banehastighet som du kan svinge kula med før tauet ryker?

A) 3,2 m/s
B) 4,0 m/s
C) 10 m/s
D) 20 m/s
E) 0,20 km/s

c) Ei tynn, masseløs snor er trukket rundt en slipestein med radius 0,25 m. Steinen kan rotere friksjonsfritt om dens akse. En konstant kraft på 40 N i snora får steinen til å øke vinkelhastigheten fra null til 60 rad/s på 12 sekunder. Da er treghetsmomentet til steinen

A) 0,32 kg m^2
B) 1,00 kg m^2
C) 2,00 kg m^2
D) 4,00 kg m^2
E) 6,28 kg m^2

d) For legemet vist i figuren er $R_1 = R_2$ og "cm" er massesenteret (tyngdepunktet) til legemet. Treghetsmomentet om en akse gjennom punktet P1 er I_1, treghetsmomentet om en akse gjennom punktet P2 er I_2 og treghetsmomentet om en akse gjennom cm er I_{cm}. Alle aksene er parallelle. Relasjonen mellom de ulike treghetsmoment er

A) $I_1 = I_2 > I_{\mathrm{cm}}$
B) $I_1 = I_2 < I_{\mathrm{cm}}$
C) $I_1 > I_2 > I_{\mathrm{cm}}$
D) $I_1 < I_2 > I_{\mathrm{cm}}$
E) $I_1 = I_2 = I_{\mathrm{cm}}$

e) To identiske sylinderskiver har en felles akse. Først roterer den ene skiva mens den andre er i ro. Når de to skivene bringes i kontakt med hverandre, vil de øyeblikkelig festes til hverandre. La L_{tot} være det totale spinnet (dreieimpulsen) og $W_{\mathrm{k,tot}}$ være den totale kinetiske energien til de to skivene. Hvilke av følgende utsagn er rett?

A) $W_{\mathrm{k,tot}}$ og L_{tot} er uendret fra verdiene før kontakten.
B) $W_{\mathrm{k,tot}}$ og L_{tot} er begge redusert til halvparten av deres opprinnelige verdier.
C) L_{tot} er uendra, men $W_{\mathrm{k,tot}}$ er redusert til halvparten av opprinnelige verdi.
D) $W_{\mathrm{k,tot}}$ er uendra men L_{tot} er redusert til halvparten av opprinnelige verdi.
E) L_{tot} er uendra mens $W_{\mathrm{k,tot}}$ er redusert til fjerdeparten av opprinnelige verdi.

f) En trekloss flyter på ei vannflate som vist i figuren. Klossen har sirkulært tverrsnitt og en høyde h= 3,0 cm. Massetettheten til treet er 0,41 g/cm^3. Avstanden y fra vannoverflata til bunnen av treklossen er
A) umulig å bestemme da tverrsnittsarealet ikke er oppgitt
B) 0,81 cm
C) 1,77 cm
D) 1,23 cm
E) Ingen av svarene ovenfor er korrekte

g) Den kinetiske energien til et legeme som beveger seg i en harmonisk oscillasjon er plottet som funksjon av tida som er gitt i enheter av perioden T. Ved $t = 0$ er utsvinget lik null. Hvilken graf representerer disse betingelser?

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

h) Grafen viser ei bølge som propagerer mot høyre med bølgefart på 4,0 m/s. Uttrykket som best representerer bølga er
A) $y(x,t) = 2\,\mathrm{m} \cdot \sin(\pi x/(4\,\mathrm{m}) - \pi t/(1\,\mathrm{s}))$
B) $y(x,t) = 2\,\mathrm{m} \cdot \sin(16\pi\,\mathrm{m}^{-1}x - 8\pi\,\mathrm{s}^{-1}t)$
C) $y(x,t) = 2\,\mathrm{m} \cdot \sin(\pi x/(4\,\mathrm{m}) + \pi t/(1\,\mathrm{s}))$
D) $y(x,t) = 4\,\mathrm{m} \cdot \sin(\pi x/(4\,\mathrm{m}) - \pi t/(1\,\mathrm{s}))$
E) $y(x,t) = 4\,\mathrm{m} \cdot \sin(16\pi\,\mathrm{m}^{-1}x - 8\pi\,\mathrm{s}^{-1}t)$

i) Et legeme har temperatur 227 °C og har netto varmeutstråling (utstråling minus innstråling) på P (J/s). Med hvilken faktor vil netto utstråling øke hvis legemets temperatur øker til 427 °C? Omgivelsene har konstant temperatur 0 °C.
A) 4,1
B) 3,8
C) 12,5
D) 8,3
E) 6,7

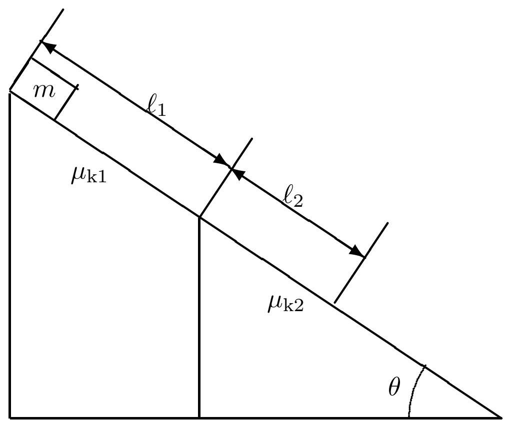
j) Hvis α er den lineære varmeutvidelsesutvidelseskoeffisienten til et materiale ved 0 °C, så er volumutvidelseskoeffisienten til materialet ved 0 °C lik
A) α
B) 3α
C) α^3
D) $\alpha^{1/3}$
E) Ingen av svarene over er rett

k) Av de følgende utsagn om varmepumpe er ett **ikke** riktig:
A) I ekspensjonsventilen faller trykket i en tilnærmet isentalpisk prosess
B) I kondensatorspolen fragis varme til omgivelsene
C) Trykket ved utgangen fra ekspansjonsventilen er lik trykket ved inngangen til kompressoren
D) Trykket i kondensatorspolen er lik dampens metningstrykk ved gitt temperatur i kondensatorspolen
E) I fordamperspolen avkjøles kjølemediet ved at det avgir varme til omgivelsene

l) Grafen viser temperaturen i en vegg i de ulike lag. Veggen består av tre ulike materialer med lik tykkelse men ulik varmeledningsevne. Anta at det er stasjonære forhold mht. varmeledning, hva kan du da si om de tre materialene?
A) Materiale 1 er den beste varmeisolator.
B) Materiale 2 er den beste varmeisolator.
C) Materiale 3 er den beste varmeisolator.
D) Alle er like gode isolatorer.
E) Det er umulig å bestemme hvilken som er den beste isolator.

VEDLEGG B FAG TFY4105 FYSIKK

Oppgave 2 Friksjon (teller 22%)



En kloss med masse $m = 2{,}00$ kg er plassert på toppen av et skråplan hvor øvre del av planet har en kinetisk friksjonskoeffisient, $\mu_{k1} = 0,70$, og nedre del av planet har $\mu_{k2} = 0,95$. Skråplansvinkelen er $\theta = 40\,°$. Klossen blir sluppet og glir $\ell_1 = 10,0$ m nedover første del av skråplanet med liten friksjon. Så glir den inn i nedre seksjon hvor den etter en lengde ℓ_2 stopper opp.

a) Hvordan kan friksjonskrafta mellom kloss og skråplanet uttrykkes? Bl.a. skal skråplanvinkelen θ inngå.

b) La v_1 være hastigheten i det øyeblikk klossen har glidd strekning ℓ_1, dvs. når den passerer skillet mellom lav og høy friksjon. Hastigheten v_1 kan f.eks. løses vhja. energianalyse. Sett opp likninga for energibevarelse der kinetisk energi, potensiell energi og friksjonsarbeid inngår. Du trenger ikke å løse likninga. Anta gitt at farten $v_1 = 4{,}6$ m/s.

c) Hvor langt, ℓ_2, glir klossen inn i høyfriksjonsdelen før den stopper helt opp med $v_2 = 0$?

d) Hva er akselerasjonen, a_2, for klossen når den sklir på høyfriksjonsdelen?

e) Ei blykule med masse m henger i enden av en masseløs stav. I øvre ende kan staven svinge friksjonsfritt om en horisontal sylindrisk akse. Lengden fra symmtriaksen til denne aksen til midtpunktet i kula er ℓ. Hele systemet befinner seg i et homogent gravitasjonsfelt hvor massens akselerasjon er lik g.

Vis hvordan man ved bruk av dimensjonsanalyse – på en konstant nær – kan finne fram til bokstavuttrykket for svingetida til systemet beskrevet ovenfor. Vis eksplisitt at det bokstavuttrykket du kommer fram til, har enhet sekund.

Oppgave 3 Svingninger og bølger (teller 22%)

En strikkhopperske med masse $m = 80$ kg henger rolig i en strikk som da er strekt til 18,0 m (i det påfølgende kalt likevektsstillinga). Strikken er 10,0 m uten strekk og har masse $m_s = 5{,}00$ kg.

a) Tegn inn alle kreftene som virker på strikkhopperen og vis at "fjærkonstanten" k for strikken har tallverdi 98 N/m.

b) Før strikkhoppersken kommer til ro vil vil hun svinge opp og ned med en viss egenfrekvens ω_0. La y være hopperskens vertikale avstand fra likevektsstillinga. Du kan videre anta at strikken er strekt også i hennes høyeste posisjon. Vis at hopperskens svingebevegelse beskrives av likninga $\ddot{y} + \omega_0^2 y = 0$. Finn uttrykk og tallverdi for ω_0. Hva er perioden T_0 for egensvingninga?

c) Etter at hoppersken er kommet til ro i likevektsstillinga, gir hun strikken et kraftig slag på tvers. Dette gir opphav til et transversal lokal deformasjon som umiddelbart propagerer oppover langs strikken. Hva blir bølgefarten v for denne pulsen? Du kan betrakte strikken som en svingende streng med jamn strekkspenning gjennom hele strikken.

d) Anta at hoppersken deretter beveger seg rytmisk slik at dette gir opphav til en stående 2. harmoniske (første "overtone") transversal bølge. Hva blir bølgelengden og frekvensen til denne stående bølga?

e) Bølgelikninga for lineære systemer er

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0.$$

Vis at for de aller fleste valg av funksjonen $f(u)$ er følgende uttrykk for utsvinget

$$y = f(x \pm vt)$$

ei løsning av bølgelikninga.

Hva er den fysiske tolkninga av parameter v?

Oppgave 4 Termisk fysikk (teller 22%)

a) Gjør rede for termodynamikkens første hovedsetning.

b) Gjør rede for termodynamikkens andre hovedsetning ved å beskrive minst to alternative formuleringer.

c) Lag ei skisse som viser komponentene i ei varmepumpe og angi funksjonen til hver enkel del av systemet.

d) Prosessen i ei varmepumpe kan tilnærmes som bestående av to adiabater ($1 \to 2$ og $3 \to 4$) og to isobarer ($2 \to 3$ og $4 \to 1$).

Skisser syklusen i et pV-diagram, med pilretninger. Beskriv hvordan man ut fra dette diagrammet kan finne hvor mye arbeid som tilføres per syklus.

e) Når man ønsker å beregne hvor mye tykkere isen på en innsjø blir per time på en dag med kuldegrader i lufta, er det nødvendig å setter opp likninga for energibalansen i grenseflate mellom isen og vannet under isen. Sett opp denne likninga og gjør rede for de bakenforliggende resonnementer.

VEDLEGG C Formelliste for fag TFY4105 FYSIKK

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

Fysiske konstanter:

$g = 9,8\,\mathrm{m/s^2}$ $N_\mathrm{A} = 6,02\cdot 10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}$ $k_\mathrm{B} = 1,38\cdot 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$ $R = N_\mathrm{A}k_\mathrm{B} = 8,31\,\mathrm{J\,mol^{-1}K^{-1}}$

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

Elementær mekanikk:

$\dfrac{\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{p}}}{\mathrm{d}t} = \vec{\boldsymbol{F}}(\vec{\boldsymbol{r}},t)$ med $\vec{\boldsymbol{p}}(\vec{\boldsymbol{r}},t) = m\,\vec{\boldsymbol{v}} = m\dot{\vec{\boldsymbol{r}}}$ $\vec{\boldsymbol{F}} = m\,\vec{\boldsymbol{a}}$ Konstant a: $v = v_0 + at$ $s = s_0 + v_0t + \dfrac{1}{2}at^2$

$\mathrm{d}W = \vec{\boldsymbol{F}}\cdot\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{s}}$ Kinetisk energi $W_\mathrm{k} = \dfrac{1}{2}mv^2$ $V(\vec{\boldsymbol{r}})$ = potensiell energi (f.eks. tyngde: mgh, fjær: $\frac{1}{2}kx^2$)

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

$|F_\mathrm{f}| = \mu_\mathrm{s}\cdot F_\perp$ $|F_\mathrm{f}| = \mu_\mathrm{k}\cdot F_\perp$ $\vec{\boldsymbol{F}}_\mathrm{f} = -k_\mathrm{f}\,\vec{\boldsymbol{v}}$

Dreiemoment $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\boldsymbol{r}}\times\vec{\boldsymbol{F}}$ $\mathrm{d}W = |\vec{\boldsymbol{\tau}}|\,\mathrm{d}\alpha$ Statisk likevekt: $\Sigma\,\vec{\boldsymbol{F}}_i = \vec{\boldsymbol{0}}$ $\Sigma\,\vec{\boldsymbol{\tau}}_i = \vec{\boldsymbol{0}}$

Massefellespunkt: $\vec{\boldsymbol{R}}_\mathrm{M} = \dfrac{m_\mathrm{A}}{M}\,\vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{A} + \dfrac{m_\mathrm{B}}{M}\,\vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{B}$ Relativ koordinat: $\vec{\boldsymbol{r}} = \vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{A} - \vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{B}$

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

Vinkelhastighet $\vec{\boldsymbol{\omega}} = \omega\,\hat{\mathbf{e}}_z$ $|\vec{\boldsymbol{\omega}}| = \omega = \dot{\theta}$ Vinkelakselerasjon $\vec{\boldsymbol{\alpha}} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{\omega}}}{\mathrm{d}t}$ $\alpha = \dfrac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = \ddot{\theta}$

$v = r\omega$ Sentripetalaksel. $a_r = -v\omega = -\dfrac{v^2}{r} = -\omega^2 r$ Baneaksel. $a_\theta = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = r\,\dfrac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = r\,\alpha$

Kinetisk energi $W_\mathrm{k} = \dfrac{1}{2}I\,\omega^2$ hvor treghetsmoment $I = \sum_i m_i r_i^2 \to \int r^2\mathrm{d}m$

Massiv kule: $I_\mathrm{T} = \dfrac{2}{5}MR^2$ Ring: $I_\mathrm{T} = MR^2$ Sylinder/skive: $I_\mathrm{T} = \dfrac{1}{2}MR^2$ Kuleskall: $I_\mathrm{T} = \dfrac{2}{3}MR^2$

Lang, tynn stav: $I_\mathrm{T} = \dfrac{1}{12}M\ell^2$ Parallellakseteoremet: $I = I_\mathrm{T} + MR_\mathrm{T}^2$

Dreieimpuls (spinn) $\vec{\boldsymbol{L}} = \vec{\boldsymbol{r}}\times\vec{\boldsymbol{p}}$ $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\vec{\boldsymbol{L}}$ Stive legemer: $\vec{\boldsymbol{L}} = I\cdot\vec{\boldsymbol{\omega}}$ $\vec{\boldsymbol{\tau}} = I\cdot\dfrac{\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{\omega}}}{\mathrm{d}t}$

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

Bøyning: $\theta = \dfrac{\ell}{r_0} = \dfrac{\tau}{E\mathcal{I}}\,\ell$ $\mathcal{I} = \int y^2\,\mathrm{d}A = \dfrac{1}{12}a\,b^3$ $\delta(\ell) = \dfrac{\ell^3}{3E\mathcal{I}}F$

Hydrostatisk trykk $p(h) = p_0 + \rho g h$ Trykket i boble: $p = p_0 + \dfrac{2\gamma}{R}$

Massekonservering: $A_1v_1 = A_2v_2$ Bernoulli (Energikonservering): $p + \dfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h$ = konstant

Skjærspenning og viskositet: $T = \dfrac{F}{A} = \eta\,\dfrac{v}{b}$ Stokes lov: $F = -6\pi\eta v r$ Poiseuilles: $Q = \dfrac{\pi}{8}\dfrac{R^4}{\eta}\dfrac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}x}$

Svingninger og bølger:

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

$\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin\theta = 0 \qquad \omega_0 = \sqrt{\dfrac{mgd}{I}}$ eller $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{g}{\ell}}$

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

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

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

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

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

$v = \pm\dfrac{\omega}{k} \qquad |v| = \dfrac{\omega}{k} = \dfrac{\lambda}{T} = \lambda f \qquad v_\mathrm{g} = \dfrac{\partial\omega}{\partial k}$ Streng: $v = \sqrt{\dfrac{T}{\rho}} = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$ hvor $T = \dfrac{F}{A}$ og $\mu = \rho A = \dfrac{\Delta m}{\Delta\ell}$

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

$P = \dfrac{1}{2}\mu v\omega^2 y_0^2 \qquad I = \dfrac{P}{A} = \dfrac{1}{2}\rho\, v\,\omega^2\xi_0^2 \qquad I = \dfrac{1}{2}\dfrac{p_\mathrm{lyd}^2}{\rho v} = \dfrac{1}{2}\dfrac{p_\mathrm{lyd}^2}{\sqrt{\rho B}}$

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

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

Termisk fysikk:

n_M (iblant også n) = antall mol $\quad N$ = antall molekyler $\quad n = N/V \quad n_\mathrm{f}$ = antall frihetsgrader

$\alpha = \dfrac{1}{\ell}\dfrac{\mathrm{d}\ell}{\mathrm{d}T} \qquad \Delta U = Q - W \qquad C = \dfrac{Q}{\Delta T} = mc = n_\mathrm{M}c' = Nc_\mathrm{m}$

Varmetransport: $j_\mathrm{Q} = \dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}A} = -\lambda\dfrac{\partial T}{\partial x} \qquad j = \sigma T^4 \qquad j = e\,\sigma T^4 \qquad j_\nu(\nu,T) = \dfrac{2\pi h\nu^3}{c^2}\dfrac{1}{\mathrm{e}^{h\nu/k_\mathrm{B}T} - 1}$

$pV = n_\mathrm{M}RT \qquad pV = n\dfrac{2}{3}E \qquad E = \dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$ van der Waals: $\left(p + \dfrac{a}{v_\mathrm{M}^2}\right)(v_\mathrm{M} - b) = RT$

$c_V' = \dfrac{1}{2}n_\mathrm{f}R \qquad c_p' = \dfrac{1}{2}(n_\mathrm{f} + 2)R = c_V' + R \qquad \Delta W = p\Delta V \qquad W = \displaystyle\int_1^2 p\mathrm{d}V \qquad \mathrm{d}U = C_V\cdot\mathrm{d}T$

$\gamma = \dfrac{C_p}{C_V} = \dfrac{n_\mathrm{f} + 2}{n_\mathrm{f}} \qquad pV^\gamma = \text{konstant} \qquad TV^{\gamma-1} = \text{konstant} \qquad p^{1-\gamma}T^\gamma = \text{konstant} \qquad v_\mathrm{lyd} = \sqrt{\dfrac{\gamma k_\mathrm{B}T}{m}}$

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

Effektivitet: $e = \dfrac{W}{Q_\mathrm{H}} \xrightarrow{\text{Carnot}} 1 - \dfrac{T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H}}$ Otto: $e = 1 - \dfrac{1}{r^{\gamma-1}}$

$K = \left|\dfrac{Q_\mathrm{L}}{W}\right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \dfrac{T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H} - T_\mathrm{L}} \qquad \epsilon = \left|\dfrac{Q_\mathrm{H}}{W}\right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \dfrac{T_\mathrm{H}}{T_\mathrm{H} - T_\mathrm{L}}$ Clausius: $\sum\dfrac{\Delta Q}{T} \le 0 \qquad \oint\dfrac{\mathrm{d}Q}{T} \le 0$

Entropi: $\mathrm{d}S = \dfrac{\mathrm{d}Q_\mathrm{rev}}{T} \qquad \Delta S_{12} = S_2 - S_1 = \displaystyle\int_1^2\dfrac{\mathrm{d}Q_\mathrm{rev}}{T} \qquad S = k_\mathrm{B}\ln w$

GOD SOMMER