Studentnummer: ____________________

Studieretning: ____________________

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for fysikk

EKSAMEN I EMNE TFY4100 FYSIKK

Eksamensdato: Tirsdag 31. mai 2005
Eksamenstid: 09:00 - 13:00

Faglig kontakt under eksamen: Institutt for fysikk, Arne Mikkelsen, tlf. 7359 3433
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)

Sensurdato: Innen 22. juni 2005.

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	h	i	j	k	l	m
Svar:													

På side 1 av 1 skal studentnummer førast på og sida skal innleverast.

Studentnummer: ____________________

Studieretning: ____________________

NYNORSK *Side 1 av 1*
(pluss VEDLEGG)

Noregs teknisk-naturvitenskapelege universitet
Institutt for fysikk

EKSAMEN I EMNE TFY4100 FYSIKK

Eksamensdato: Tirsdag 31. mai 2005
Eksamenstid: 09:00 - 13:00

Fagleg kontakt under eksamen: Institutt for fysikk, Arne Mikkelsen, tlf. 7359 3433
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)

Sensurdato: Innan 22. juni 2005.

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.

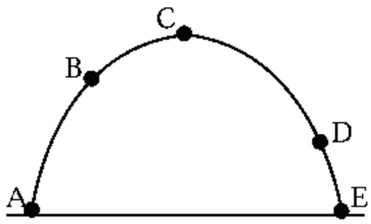
Svar på fleirvalsspørsmåla i VEDLEGG A:

Spørsmål:	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
Svar:													

Oppgave 1. Flervalgsspørsmål (teller 35%)

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) Figuren viser en parabolsk bane fra A til E for en ball som kastes i homogent tyngdefelt, men i fravær av luftfriksjon. Hva er retninga til ballens akselerasjon i punkt B?
A) Oppover og til høyre
B) Nedover og til venstre
C) Rett opp
D) Rett ned
E) Akselerasjonen er null

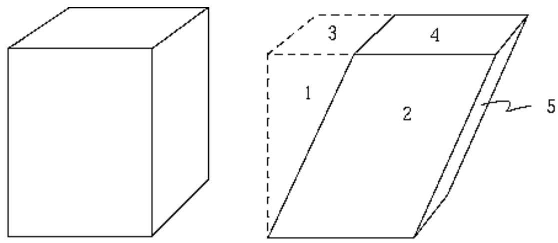


b) Ei kule med masse 12 g skytes horisontalt inn i ei fastmontert treblokk, og inntrengningsdybden blir 5,2 cm. Hastigheten til kula like før kollisjonen er 640 m/s. Den gjennomsnittlige nedbremsingskrafta fra treblokka på kula var:
A) $4,7 \cdot 10^4$ N
B) 74 N
C) $4,7 \cdot 10^6$ N
D) Ikke mulig å bestemme, siden massen til treblokka er ukjent
E) Ingen av svarene A-D er riktige.

c) Hooke's lov relaterer skjærspenning og skjærtøyning ved formelen

$$T = \frac{F}{A} = \mu \cdot \frac{\Delta x}{y}$$

Figuren viser et legeme som er utsatt for skjærtøyning. Hvilket nummer svarer til overflatearealet A i likningen over?
A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

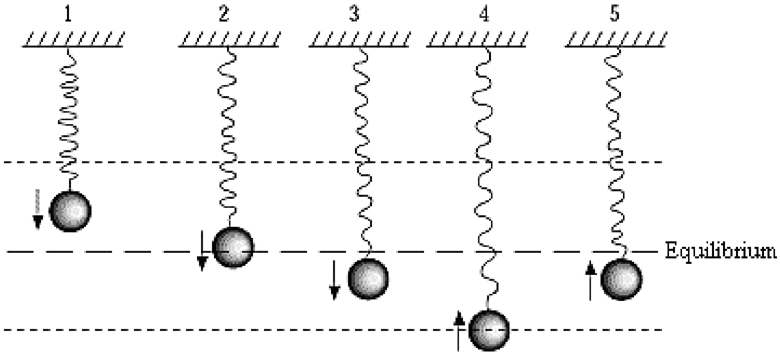


d) En metallstreng med sirkulært tverrsnitt har diameter d og lengde L. Metallstrengen blir strekt ΔL med ei konstant kraft F. Hvor mye strekk vil den samme krafta F produsere i en metallstreng av samme metall med diameter $2d$ og lengde $2L$?
A) $\Delta L/8$
B) $\Delta L/4$
C) $\Delta L/2$
D) $2\Delta L$
E) $4\Delta L$

e) En masse er festet til ei masseløs fjær og svinger som en harmonisk oscillator med amplitude 4,00 cm. Når massen er 2,00 cm fra likevektsstillinga, hvor stor andel utgjør den potensielle energien av den totale energien?
A) 1/4
B) 1/3
C) 1/2
D) 2/3
E) 3/4

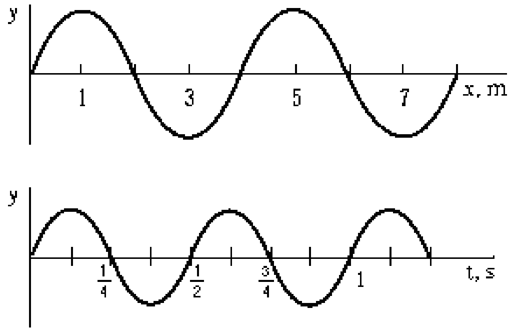
f) Ei kule er festa i ei masseløs fjær og svinger som en udempa harmonisk oscillator om en likevektsposisjon vist med den lang-stiplede linja i figuren. I hvilken av posisjonene 1 - 5 har kula størst akselerasjon (i absoluttverdi)?

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



g) Ei bølge brer seg i positiv x-retning med fart v. Den øvre grafen viser utsvinget y som funksjon av avstand x for et gitt tidspunkt. Den nedre grafen viser utsvinget y som funksjon av tida t for et gitt punkt x. Fra informasjonen i grafen, hva er bølgefarten v?

A) 8,0 m/s
B) 4,0 m/s
C) 6,0 m/s
D) Det er ikke nok informasjon til å løse problemet.
E) Ingen av svarene er riktige.



h) Bølgefunksjonen $y(x,t)$ for en stående bølge på en streng som er fast i begge ender er gitt ved $y(x,t) = 0,080\,\mathrm{m} \cdot \sin(6,0\,\mathrm{m}^{-1}x) \cdot \cos(600\,\mathrm{s}^{-1}t)$. Bølgelengden til denne bølga er

A) 6,00 m
B) 1,05 m
C) 600 m
D) 0,167 m
E) 0,080 m

i) Med grunnlag i kinetisk teori for gasser: Når absolutt temperatur dobles, vil den midlere kinetiske energien til gassmolekylene endres med en faktor

A) 16
B) 2
C) $\sqrt{2}$
D) 4
E) 0,5

j) En ideell (Carnot) varmepumpe brukes til å pumpe varme fra utvendig luft med temperatur -5 °C til varmluftforsyningen inne i huset, som er på +35 °C. Hvor mye arbeid bruker pumpa for å forsyne huset med 1,5 kJ varme?

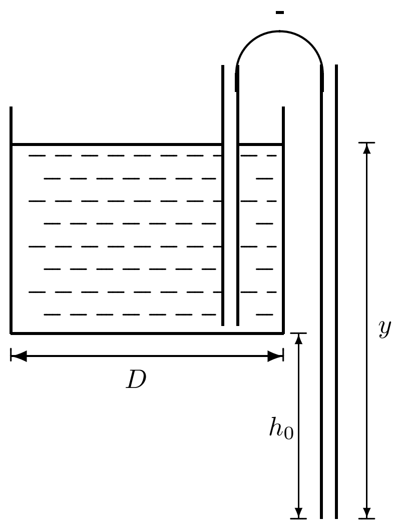
A) 0,165 kJ
B) 0,195 kJ
C) 0,205 kJ
D) 0,212 kJ
E) 0,224 kJ

k) Trykket i en blanding av væske og tilhørende damp (dvs. en metta damp) avhenger av
A) Volumet til dampen
B) Massen til væsken som er fordampet
C) Bare massetettheten til væsken
D) Bare temperaturen
E) Samla volum av væske og damp.

l) Veggen som skiller et kjølerom fra resten av bygget er bygd som et dobbelt lag. Vegg 1 er dobbelt så tykk som vegg 2. Vegg 2 har en varmeledningsevne, λ, som er dobbelt så stor som den for **vegg 1**. Begge veggene har samme areal. Kjøleromstemperaturen og omgivelsenes temperatur holdes konstant. Varmestrømtettheten (W/m^2) gjennom vegg 2 sammenliknet med varmestrømtettheten gjennom vegg 1 er
A) 4 ganger større
B) 2 ganger større
C) Like
D) 1/2 så stor
E) 1/4 så stor

m) Ei massiv kule som holder temperatur T stråler ut energi med en rate P (i W = watt). Hvis radius til kula dobles (mens temperaturen holdes konstant) vil P øke med en faktor:
A) Forbli uendra
B) 2
C) 4
D) 8
E) 16

Oppgave 2. Fluiddynamikk (teller 20%)



En sylindrisk tank med indre diameter $D = 0,250$ m (dvs. indre radius $R = 0,125$ m) er fylt opp med $V_0 = 25$ dm^3 vann. Tanken skal tømmes med en hevert som består av en slange med indre radius $r_0 = 4,0$ mm. Inntaket til heverten er rett over bunnen av tanken, og utløpet en høyde $h_0 = 0,50$ m lavere. Slangen er fra starten fylt med vann.

I pkt. a) b) og c) regner vi med tapsfri stømning, dvs. ser bort fra viskositeten til vannet.

a) Finn først (numerisk) vannoverflatas høyde over utløpet når tømmingen begynner, dvs. $y(t = 0) = y_0$.

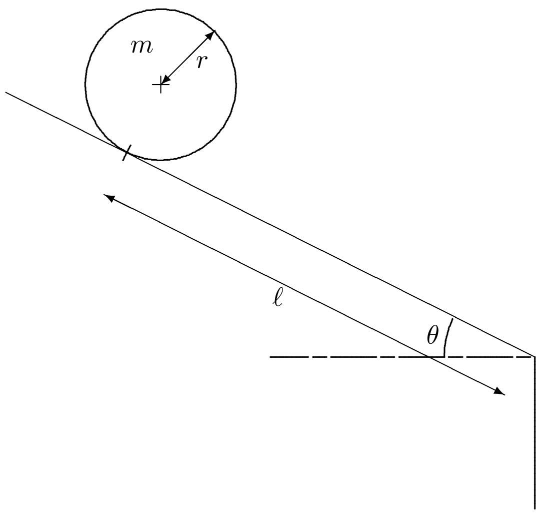
b) Finn så et uttrykk for strømningshastigheten v til vannet gjennom heverten som funksjon av høydeforskjellen y, dvs. $v(y)$. Tyngdens akselerasjon, g, inngår i uttrykket. Finn numerisk verdi for $v(y_0)$, dvs. strømningshastigheten når tømmingen begynner.

c) Finn også et uttrykk for vannstrømmen $Q(y)$ (i m^3/s). Med tapsfri strømning kan du regne at all væske i røret strømmer med samme hastighet v. Finn numerisk verdi for $Q(y_0)$, dvs. vannstrømmen når tømmingen begynner.

d) Så langt har vi sett bort fra viskositeten til vannet. Med tap pga. viskositet vil vi få såkalt Poiseuillesstrømning i slangen. Anta en vannstrøm på $Q = 0,20$ dm^3/s og beregn hvor stort trykkfall det er pga. viskøst tap gjennom slangen når lengden til denne oppgis til 1,70 m. Vil dette trykkfallet innvirke signifikant på vannstrømmen Q vi beregnet i c) der vi antok null viskøst tap? Svaret må begrunnes men eventuell korrigert Q trenger du ikke beregne.

Data for vann ved aktuell temperatur:
Viskositet $\eta = 1,00 \cdot 10^{-3}$ Ns/m^2, tetthet $\rho = 1,00 \cdot 10^3$ kg/m^3.

Oppgave 3. Skråplan (teller 25%)



Ei massiv kule med radius r og masse m legges på et skråplan med helningsvinkel θ, i en avstand ℓ fra kanten av skråplanet. Kula kan rulle eller rutsje (gli) ned skråplanet, avhengig av helningsvinkel og friksjonskoeffisient.

Treghetsmoment for ei kule er oppgitt på formelark. Du kan anta kulas størrelse er ganske mye mindre enn ℓ (dvs. ikke rette proporsjoner i figuren). Friksjonskoeffisienten mellom kule og underlag er μ. Rullefriksjon kan du se bort fra ("tapsfri rulling").

I oppgavene a), b), c) og d) er glifriksjonen stor nok til at kula ruller uten å rutsje.

a) Hva er den totale kinetiske energien - sum av translasjons- og rotasjonsenergi - uttrykt ved v?

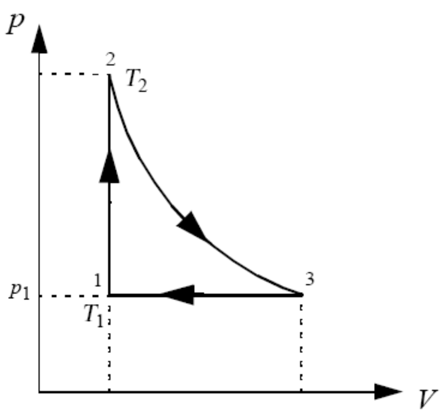
b) Finn, ved bruk av likning for energibevarelse, et uttrykk for farten til kula idet den passerer kanten av skråplanet. Kall denne farten v_0, og den skal uttrykkes med ℓ, g og θ.

c) Tegn inn alle krefter som virker på kula når den triller på skråplanet. Sett opp de likninger som er nødvendig for å finne uttrykk for akselerasjonen a nedover langs skråplanet ($a = \mathrm{d}v/\mathrm{d}t$). Løs ut og finn uttrykket for a.

d) På grunnlag av uttrykket for a finn hvilken hastighet v_0 kula har fått idet den passerer kanten av skråplanet. Svaret skal selvsagt bli det samme som i b), men energiuttrykkene fra a) og b) skal ikke brukes til utledningen nå.

e) Friksjonskoeffisienten for gliding mellom kule og underlag er nå oppgitt til $\mu = 0,12$. Skråplanet helles nå til en vinkel θ_0 slik at friksjonen er for liten til rulling og kula vil begynne å rutsje nedover skråplanet i tillegg til å rotere. På grunnlag av figuren med alle krefter på kula, finn uttrykk for akselerasjonen a nedover skråplanet samt vinkelakselerasjonen $\dot{\omega}$. Finn numeriske verdier når $r = 5{,}00$ cm og $\theta_0 = 30°$.

Oppgave 4. Termodynamikk (teller 20%)



Anta at n mol av en ideell to-atomig gass med $C_V = \frac{5}{2}R$ gjennomgår en termisk syklus som vist i figuren. Prosessen 1 til 2 skjer ved konstant volum, prosessen 2 til 3 er adiabatisk, og prosessen 3 til 1 er ved konstant trykk.

Tallverdier:
$n = 2,00$ mol, $p_1 = 105$ kPa, $T_1 = 300$ K og $T_2 = 750$ K.

a) Utled utrykk for og finn numerisk verdi for tilstandsvariablene p_2 (trykket i tilstand 2) og T_3 (temperaturen i tilstand 3).

b) Finn varmemengdene Q_{12}, Q_{23} og Q_{31} (numeriske verdier).
PS: Skulle du **ikke** ha funnet temperaturen T_3 i a) kan du bruke $T_3 = 550$ K (OBS: ikke fasitsvar)

c) Hva blir virkningsgraden e for kretsprosessen?

FORMELLISTE.

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

Fysiske konstanter:

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

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

Elementær mekanikk:

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

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

$F_x = -\frac{\partial}{\partial x}V(x,y,z)$ $E = \frac{1}{2}m\,\vec{\boldsymbol{v}}^2 + V(\vec{\boldsymbol{r}})$ + 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: $\vec{\boldsymbol{R}}_\mathrm{M} = \frac{m_\mathrm{A}}{M}\,\vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{A} + \frac{m_\mathrm{B}}{M}\,\vec{\boldsymbol{r}}_\mathrm{B}$ 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 $\vec{\boldsymbol{\alpha}} = \frac{\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{\omega}}}{\mathrm{d}t}$ $\alpha = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = \ddot{\theta}$

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

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

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

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

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

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

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

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

Massekonservering: $A_1 v_1 = A_2 v_2$ Bernoulli: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h$ = konstant

Skjærspenning og viskositet: $T = \frac{F}{A} = \eta\,\frac{v}{b}$ Stokes lov: $F = -6\pi\eta v r$ 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: $e = \dfrac{W}{Q_\mathrm{H}} \overset{\text{Carnot}}{\longrightarrow} 1 - \dfrac{T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H}}$ Otto: $e = 1 - \dfrac{1}{r^{\gamma-1}}$

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

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