**NTNU** **Institutt for fysikk**

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S. Høye
Telefon: 91839082

# Eksamen i TFY4106 FYSIKK

Fredag 14. desember 2012
09:00–13:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ **C**

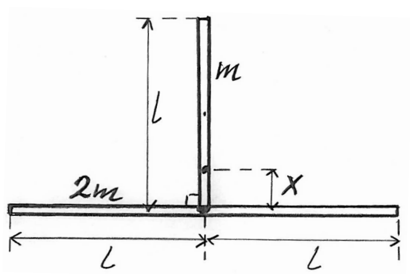
Typegodkjent kalkulator, med tomt minne (i henhold til NTNU-liste).
K. Rottmann: *Matematisk formelsamling* (alle språkutgaver).
Vedlegg: Formelliste for faget TFY4106 Fysikk høsten 2012.

Dette oppgavesettet er på 4 sider.

Sensurfrist: 14. januar.
(Hver av oppgavene 1, 2 og 3 teller like mye.)

**Oppgave 1. Mekanikk**

a)

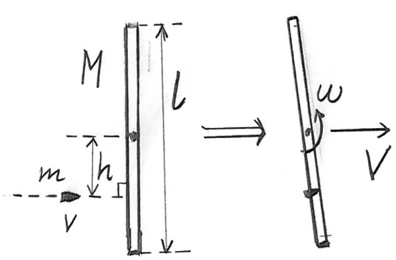



En tynn stav med masse $m$ og lengde $l$ er festet og rettet vertikalt på midtpunktet til en annen tynn stav med masse $2m$ og lengde $2l$ som vist på figuren. Bestem den vertikale avstanden $x$ fra midtpunktet på den horisontale staven til massefellespunktet for de to stavene. [Hint: Her kan de to stavene betraktes som to punktmasser $m$ og $2m$ plassert i midtpunktet til hver av de.]

Hva blir det totale treghetsmomentet $I_{tot}$ om en akse gjennom midtpunktet til den horisontale staven?

Bestem så treghetsmomentet $I_{cm}$ til dette systemet om en akse gjennom massefellespunktet. (Treghetsmomentene $I_{tot}$ og $I_{cm}$ skal bestemmes om akser vinkelrett papirplanet.)

b)




En tynn bjelke med masse $M$ og lengde $l$ ligger i ro som vist på figuren. Ei kule med masse $m$ blir skutt inn i bjelken i avstanden $h$ fra midtpunktet og blir sittende fast. Hva er størrelsen av dreieimpulsen $L$ til kula om midtpunktet (massefellespunktet) til staven før den treffer?

Hvilken hastighet $V$ får midtpunktet til staven rett etter at den er truffet? [Hint: Massen $m$ kan neglisjeres i forhold til $M$.]

Staven vil også få en rotasjon. Hva blir tilhørende vinkelhastighet $\omega$? [Hint: Benytt bevaring av dreieimpuls.]

c) Tyngdekrafta på en masse $m$ kan avledes fra et potensial (potensiell energi) $V(r)$ gitt ved

$$V(r) = -mg\frac{R^2}{r}$$

der $R = 6370\,\mathrm{km}$ er radien til jorda, $g = 9,81\,\mathrm{m/s^2}$ er tyngdeakselerasjonen på jordoverflata og $r$ er avstanden fra sentrum av jorda. En satelitt går i en bane med ellipseform. I en høyde $r_1 = 32000\,\mathrm{km}$ fra sentrum av jorda beveger den seg med en hastighet $v_1 = 3400\,\mathrm{m/s}$. Hva er hastigheten til satelitten $v_2$ når den er i en høyde $r_2 = 29000\,\mathrm{km}$ fra sentrum av jorda?

Oppgitt: $\quad I = \frac{1}{12}Ml^2$ (om midtpunkt til stav), $\quad I = \frac{1}{3}Ml^2$ (om endepunkt til stav).

**Oppgave 2. Svingninger og bølger**

a) To tog beveger seg mot hverandre (på dobbeltsporet jernbane) på en dag der lydhastigheten i luft er 340 m/s. Det ene toget med hastighet $v_1 = 25\,\mathrm{m/s}$ mottar et fløytesignal fra det andre toget mens de passerer hverandre. Etter denne passeringen synker tonehøyden eller frekvensen til 3/4 av frekvensen før passering. Hva er hastigheten $v_2$ til det andre toget? [Hint: Ved å sette $c + v_1 = c_f$ og $c - v_1 = c_e$ blir beregningen enklere.]

b) En dempet oscillator har en posisjon gitt ved uttrykket

$$x = Ae^{-\delta t}\sin(\omega_d t + \varphi)$$

der $t$ er tiden. Størrelsene $\omega_d$ og $\delta$ har verdiene $\omega_d = 5,0\,\mathrm{s}^{-1}$ og $\delta = 0,5 \cdot \omega_d$. Oscillatoren er i origo $x = x_0 = 0$ og har hastigheten $\dot{x} = v_0 = 20\,\mathrm{cm/s}$ ved tiden $t = 0$. Bestem størrelsene $A$ og $\varphi$.

Hva er posisjonen $x$ ved tidspunktet når $\omega_d t = \pi/2$?

c) La $p(x,t)$ representere trykkvariasjonen i ei orgelpipe av lengde $L$. Pipa er åpen i begge ender. Dette betyr at grensebetingelsene på trykkvariasjonen blir

$$p(0,t) = p(L,t) = 0.$$

For å oppfylle grensebetingelsene vil det dannes en stående bølge

$$p = p(x,t) = A(\sin(kx - \omega t) + \sin(kx + \omega t)).$$

Finn de mulige tillatte verdier på $k$ for trykkvariasjonen i orgelpipa.

Finn bølgelengden $\lambda$ til en trykkvariasjon slik at i 4 punkter (inklusive begge endepunktene) vil trykket ikke variere med tiden $t$.

Oppgitt: $f_r = f_s \dfrac{c \pm u_r}{c \pm u_s}$ (dopplereffekten),
$\sin u + \sin v = 2\sin((u+v)/2)\cos((u-v)/2)$, $\quad \lambda = 2\pi/k$.

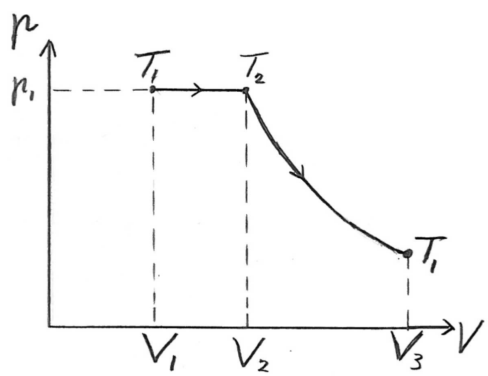
**Oppgave 3. Termisk fysikk**

a) Metallet Cu (kopper) har lineær varmeutvidelseskoeffisient $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{K}^{-1}$, strekk-elastisitetsmodul $E = 1,1 \cdot 10^{11}$ Pa og varmekapasitet $c = 0,387\,\mathrm{J/(g{\cdot}K)}$. En Cu-stav med masse $m = 5,4\,\mathrm{kg}$ og lengde 40 cm varmes opp slik at den får en lengdeøkning på 0,80 mm. Hvor mye endres temperaturen $\Delta T$ ved denne oppvarmingen?

Hvor mye energi $Q$ kreves til denne oppvarmingen av staven?

Hva blir trykkspenningen $\sigma$ (kraft pr. flateenhet) dersom staven, som har konstant tverrsnitt, blir hindret fra å endre lengde ved oppvarmingen?

b)




En ideell gass med adiabatkonstant $\gamma = 1,4$ har i utgangspunktet temperatur $T_1 = 300\,\mathrm{K}$, volum $V_1 = 15\,\mathrm{dm}^3$ og trykk $p_1 = 5,0 \cdot 10^5$ Pa. Gassen ekspanderer så med konstant trykk $p_1$ fra volumet $V_1$ til volumet $V_2$ slik at temperaturen blir $T_2 = 500\,\mathrm{K}$ som vist på figuren. Deretter ekspanderer den adiabatisk fra volumet $V_2$ til volumet $V_3$ til temperaturen igjen er $T_1$. Hva blir volumet $V_2$?

Hva blir volumet $V_3$?

Hvor mye varme $Q$ blir prosessen tilført med konstant trykk $p_1$ mellom volumene $V_1$ og $V_2$?

c) Betrakt en ideell gass med konstante varmekapasiteter $C_V$ og $C_p$ for henholdsvis konstant volum og konstant trykk. Utled uttrykket for entropien $S = S(T, V)$ til $n$ mol av en slik gass, og vis at det kan skrives på formen

$$S = A \ln T + B \ln V + \text{konstant},$$

og bestem med det koeffisientene $A$ og $B$. [Hint: Finn først uttrykk for endring i indre energi og arbeid der enten $C_V$ eller $C_p$ inngår.]

Oppgitt: $E = \dfrac{l}{\Delta l}\dfrac{F}{A}$ ($F$ er kraft, $A$ er tverrsnittareal),

$$C_V = \frac{1}{\gamma - 1} nR, \quad \frac{C_p}{C_V} = \gamma, \quad pV = nRT, \quad dQ = T\,dS = dU + p\,dV.$$