



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.

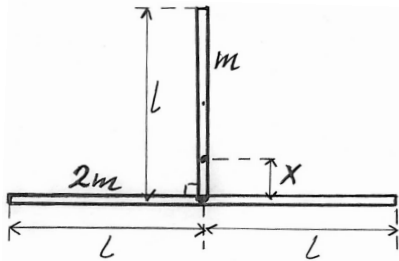
Dette oppgavesettet er på 4 sider.

Sensurfrist: 14. januar.

(Hver av oppgavene 1, 2 og 3 teller like mye.)

## Oppgave 1. Mekanikk

a)

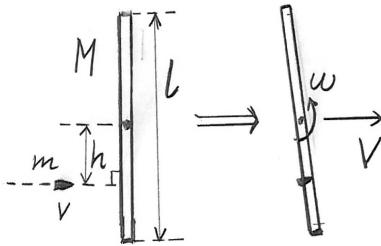


En tynn stav med masse  $m$  og lengde  $l$  er festet og rettet vertikalt på midtpunktet til en annen tynn stav med masse  $2m$  og lengde  $2l$  som vist på figuren. Bestem den vertikale avstanden  $x$  fra midtpunktet på den horisontale staven til massefellespunktet for de to stavene. [Hint: Her kan 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  $R = 6370$  km er radien til jorda,  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> er tyngdeakselerasjonen på jordoverflata og  $r$  er avstanden fra sentrum av jorda. En satelitt går i en bane med ellipseform. I en høyde  $r_1 = 32000$  km fra sentrum av jorda beveger den seg med en hastighet  $v_1 = 3400$  m/s. Hva er hastigheten til satelitten  $v_2$  når den er i en høyde  $r_2 = 29000$  km fra sentrum av jorda?

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

**Oppgave 2. Svingninger og bølger**

a) To tog beveger seg mot hverandre (på dobbeltsporet jernbane) på en dag der lyd-hastigheten i luft er 340 m/s. Det ene toget med hastighet  $v_1 = 25$  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  $\omega_d = 5,0 \text{ s}^{-1}$  og  $\delta = 0,5 \cdot \omega_d$ . Oscillatoren er i origo  $x = x_0 = 0$  og har hastigheten  $\dot{x} = v_0 = 20 \text{ cm/s}$  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:  $f_r = f_s \frac{c \pm u_r}{c \pm u_s}$  (dopplereffekten),

$$\sin u + \sin v = 2 \sin((u + v)/2) \cos((u - v)/2), \quad \lambda = 2\pi/k.$$

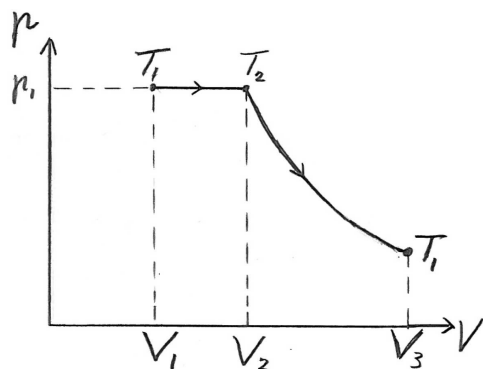
**Oppgave 3. Termisk fysikk**

a) Metallet Cu (kopper) har lineær varmeutvidelseskoeffisient  $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , strekk-elasticitetsmodul  $E = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$  og varmekapasitet  $c = 0,387 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ . En Cu-stav med masse  $m = 5,4 \text{ kg}$  og lengde  $40 \text{ cm}$  varmes opp slik at den får en lengdeøkning på  $0,80 \text{ mm}$ . 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  $T_1 = 300 \text{ K}$ , volum  $V_1 = 15 \text{ dm}^3$  og trykk  $p_1 = 5,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Gassen ekspanderer så med konstant trykk  $p_1$  fra volumet  $V_1$  til volumet  $V_2$  slik at temperaturen blir  $T_2 = 500 \text{ K}$  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:  $E = \frac{l}{\Delta l} \frac{F}{A}$  ( $F$  er kraft,  $A$  er tverrsnittareal),

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