



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

## Eksamen i TFY4106 FYSIKK

Fredag 20. august 2010  
15:00–19:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ C

Typegodkjent kalkulator, med tomt minne (i henhold til NTNU liste).

K. Rottman: *Matematisk formelsamling* (alle språkutgaver).

Schaum's Outline Series: *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*.

Vedlegg: Formelliste for faget TFY4106 Fysikk høsten 2009.

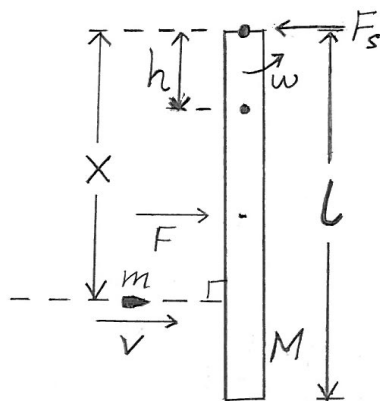
Dette oppgavesettet er på 4 sider.

Sensurfrist: 1. september

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

## Oppgave 1. Mekanikk

a)



En tynn bjelke (stav) med konstant tykkelse, som vist på figuren, har lengde  $l$  og masse  $M$ . Treghetsmomentet til staven  $I_h$  om en akse i avstand  $h$  fra den ene enden av den skal bestemmes. Hva blir treghetsmomentet  $I_h$ ?

Anta at bjelken først er hengt opp på akselen i avstand  $h$  fra enden og kan rotere om denne akselen. Bjelken henger først vertikalt i ro og blir så påvirket av ei horisontal kraft  $F$  i midtpunktet. Hva blir vinkelakselerasjonen  $\alpha = \dot{\omega}$  av bjelken i startøyeblikket? [Hint: Bestem først dreiemomentet til krafta  $F$ .]

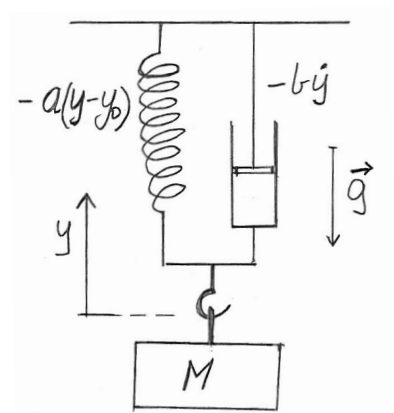
b) Bjelken blir deretter hengt opp på en akse i den ene enden av den (dvs.  $h = 0$ ). Treghetsmomentet om endepunktet er  $I = \frac{1}{3}Ml^2$ . Ei kule med masse  $m$  skytes horisontalt inn i bjelken med hastighet  $v$  og blir sittende fast i denne. Kula treffer bjelken i avstanden  $x$  fra opphengingspunktet som vist på figuren. Hva er dreieimpulsen  $L$  til kula om opphengingspunktet?

Hvilken vinkelhastighet  $\omega$  har bjelken rett etter at kula traff? Hva er den numeriske verdien til  $\omega$  når  $m = 5,0 \text{ g}$ ,  $M = 2,5 \text{ kg}$ ,  $v = 200 \text{ m/s}$ ,  $l = 1,2 \text{ m}$  og  $x = 1,0 \text{ m}$ ? [Hint: Benytt bevaring av dreieimpuls. Massen  $m$  kan neglisjeres i forhold til massen  $M$ .]

c) Når kula treffer bjelken vil det vanligvis oppstå ei horisontal støtkraft  $F_s$  ( $\geq 0$ ) i opphengingspunktet avhengig av posisjonen  $x$ . Ved en bestemt verdi av  $x$  er denne krafta lik 0. Ved hvilken posisjon  $x$  er den horisontale krafta  $F_s = 0$  i opphengingspunktet? [Hint: Anta at  $F_s = 0$  og bestem med denne antagelsen hastigheten  $V$  til massefellespunktet rett etter at kula har truffet (uelastisk støt,  $m \ll M$ ). Posisjonen  $x$ , som gir  $F_s = 0$ , bestemmes deretter ved at resulterende bevegelse blir translasjon med rotasjon der opphengingspunktet ligger i ro. Regn uten å sette inn tallverdier fra punkt b).]

## Oppgave 2. Svingninger og bølger

a)



En masse  $M$  er hengt opp i ei fjær og den blir da påvirket av ei kraft  $-a(y - y_0)$  fra denne der  $a$  er en konstant. Når massen henger i ro er  $y = 0$  slik at fjærkrafta som motvirker tyngden til  $M$  er lik  $ay_0$ . (Her ser en bort fra tyngden til fjær og demper med krok.) Hva blir  $y_0$  når  $M = 10$  kg,  $a = 400$  N/m og  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>?

Bevegelsen til massen  $M$  blir dempet av ei kraft  $-b\dot{y}$  når den beveger seg. Bevegelsen beskrives av svingelikninga

$$\ddot{y} + 2\delta\dot{y} + \omega_0^2 y = 0.$$

Angi uten å sette opp utregning hva  $\delta$  og  $\omega_0$  er uttrykt ved  $M$ ,  $a$  og  $b$ .

b) Massen  $M$  blir tatt av kroken som da vil stille seg i posisjonen  $y = y_0$ . Deretter blir massen  $M$  igjen hengt på kroken, og den slippes ved tiden  $t = 0$  i posisjonen  $y = y_0$ . Den vil da komme i dempede svingninger gitt ved

$$y = y(t) = Ae^{-\delta t} \cos(\omega_d t + \varphi) \quad \text{der} \quad \omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}.$$

Beregn forholdet  $A/y_0$  og fasevinkelen  $\varphi$  når  $\delta = 0,8\omega_0$ ?

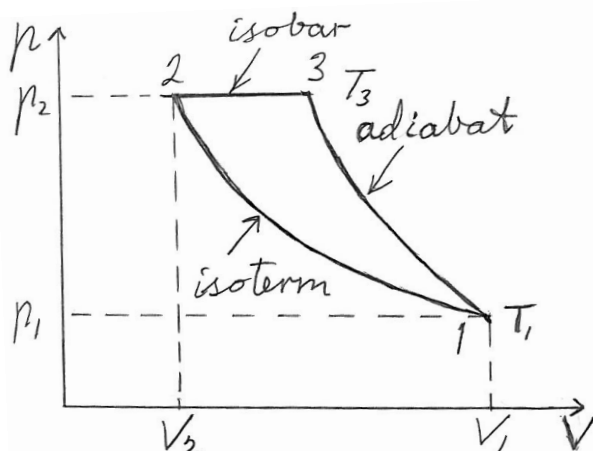
c) En bølge med utsving  $y = y(x, t)$  beveger seg i positiv retning langs  $x$ -aksen. Bølgen har amplitude  $A$ , beveger seg med hastighet  $c$  og har bølgelengde  $\lambda$ . Denne bølgen kan beskrives som en sinusfunksjon på formen  $y = a \sin(bx - ft + g)$ . Bestem denne funksjonen slik at konstantene  $a$ ,  $b$ ,  $f$  og  $g$  ( $b > 0$ ,  $f > 0$ ) blir uttrykt ved de gitte størrelsene og en fasevinkel  $\varphi$ .

Ved tiden  $t = 0$  og posisjonen  $x = 0$  er utsvinget  $y = y_1 = 6,0$  cm. Hva er utsvinget  $y = y_2$  ved tiden  $t_2 = 3,0$  s i den samme posisjonen når  $A = 12,0$  cm,  $c = 5,0$  m/s,  $\lambda = 18,0$  m og  $-\pi/2 < \varphi < \pi/2$  (i radianer eller  $-90^\circ < \varphi < 90^\circ$  i grader)?

## Oppgave 3. Termisk fysikk

a) Et kar inneholder et volum  $V = 3,5\text{ l}$  vann med temperatur  $T_v = 35^\circ\text{C}$ . En mengde med is  $m_{is} = 0,5\text{ kg}$  med temperatur på frysepunktet tømmes i vannet. Vannet har varmekapasitet  $C = 4,18\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  og smeltevarmen for is er  $L = 334\text{ kJ}/\text{kg}$ . Etter at isen er tømt i vannet røres det til all isen er smeltet og det er blitt termisk likevekt. Anta at karet har neglisjerbar varmekapasitet, og at varmeutveksling med omgivelsene kan neglisjeres tilsvarende. Hva blir sluttemperaturen  $T_s$  i termisk likevekt?

b)



Et mol av en ideell gass med adiabatkonstant  $\gamma = 1,4$  gjennomløper en kretsprosess som vist på figuren. Kompresjonsforholdet er  $V_1/V_2 = p_2/p_1 = 5,0$ . Hva blir temperaturen  $T_3$  når temperaturen  $T_1 = 300\text{ K}$ ?

Bestem arbeidet  $W$  langs isoterme mellom volumene  $V_1$  og  $V_2$ , og bestem den numeriske verdien av dette arbeidet.

Hva er entropiforskjellen  $\Delta S_{31}$  mellom punktene 3 og 1 på figuren?

c) Kretsprosessen under punkt b) skal nå brukes i ei varmekraftmaskin. Anta her at temperaturene  $T_1$  og  $T_3$  og adiabatkonstanten  $\gamma$  er gitte størrelser og at gasmengden fremdeles er 1 mol. (Men tallverdier skal ikke settes inn i svarene nedenfor.) Arbeidet under punkt a) kan da også uttrykkes som  $W = -(\gamma/(\gamma - 1))RT_1 \ln(T_3/T_1)$ .

Hva er den tilførte varmemengden  $Q_t$ ?

Hva er den avgitte varmemengden  $Q_a$ ?

Hva blir virkningsgraden  $\eta = W_n/Q_t$  der  $W_n$  er netto utført arbeid?

Oppgitt:  $R = 8,314\text{ J}/\text{K}\cdot\text{mol}$ ,  $pV = RT$ ,  $pV^\gamma = \text{konst}$ ,  
 $TV^{\gamma-1} = \text{konst}$ ,  $Tp^{(1-\gamma)/\gamma} = \text{konst}$ ,  $dS = dQ/T$ ,  
 $C_p = \frac{\gamma}{\gamma-1}R$ ,  $C_V = \frac{1}{\gamma-1}R$ ,  $W = \int p dV$ .

(Det vil ikke være bruk for alle de oppgitte uttrykkene.)