



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

Eksamen i TFY4106 FYSIKK

Fredag 18. desember 2009
09:00–13:00

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: 18. januar.

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

Oppgave 1. Mekanikk

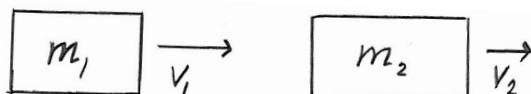
a) En motorsykkel passerer posisjonen $x = 0$ ved tiden $t = 0$. For tidsrommet $0 \leq t \leq t_0$ er farten

$$v = v_0 e^{-\gamma t} + v_1 [3(t/t_0)^2 - 2(t/t_0)^3]$$

der v_0 , v_1 , γ og t_0 er konstanter. Bestem uttrykket for akselerasjonen a , og bestem uttrykket for posisjonen x som funksjon av tiden (for $0 \leq t \leq t_0$).

Hva er kjørt veilengde, dvs. hva er posisjonen x , ved tiden $t = t_0$ når $v_0 = 10 \text{ m/s}$, $v_1 = 15 \text{ m/s}$, $\gamma = 0,12 \text{ s}^{-1}$ og $t_0 = 8,0 \text{ s}$?

b)

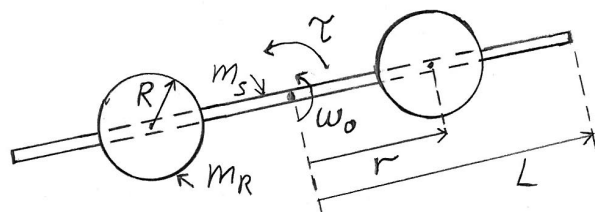


To masser $m_1 = 25 \text{ kg}$ og $m_2 = 45 \text{ kg}$ beveger seg langs samme rette linje med hastigheter henholdsvis $v_1 = 8,0 \text{ m/s}$ og $v_2 = 2,0 \text{ m/s}$ som vist på figuren. Siden $v_1 > v_2$ vil de to massene støte sammen (kollidere). Hva blir felles hastighet v etter

støtet dersom de to massene kolliderer uelastisk?

Betrakt så situasjonen der de to massene kolliderer delvis elastisk slik at relativhastigheten eller forskjellen i hastigheter etter støtet er $v_r = 3,0 \text{ m/s}$. Hvilke hastigheter v_{1e} og v_{2e} har de to massene etter et delvis elastisk støt med den gitte v_r ?

c)



En stav med masse m_s og lengde $2L$ kan rotere uten friksjon om en akse gjennom midtpunktet på staven. Det antas at massen m_s er jevnt fordelt langs staven som betraktes som tynn. På de to armene til staven er det tredd to sylindriske skiver med samme radius R . Sentrene til disse er plassert på hver sin arm i avstanden r ($< L$) fra midtpunktet som vist på figuren. Hver skive har en masse m_R som er jevnt fordelt over skiva. Tregghetsmomentet om midtpunktet til staven med de to skivene vil ha formen $I = I_0 + I_1 r^2$.

Bestem tregghetsmomentet I og med det størrelsene I_0 og I_1 .

Staven med skiver skal nå rotere med konstant vinkelhastighet ω_0 . Samtidig skal posisjonen r til skivene, som kan forskyves langs staven, variere periodisk med tiden t som

$$r = r_0 + r_1 \sin(\Omega t)$$

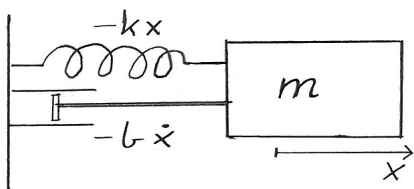
der r_0 , r_1 og Ω er konstanter. For hele tiden å beholde konstant vinkelhastighet ω_0 må da staven påvirkes av et dreiemoment τ . Beregn dette dreiemomentet som funksjon av tiden.

Oppgave 2. Svingninger og bølger

a) En oppspent streng av stål har tverrsnitt $0,15 \text{ mm}^2$. Transversale bølger som beveger seg langs strengen, har hastigheten 350 m/s . Hvor stor er krafta F som strekker strengen, når massetettheten til stål er $\rho = 7,8 \text{ kg/dm}^3$?

Den gitte strengen har en grunnfrekvens (laveste frekvens) 440 Hz . Hva er avstanden L mellom ende- eller festepunktene til strengen?

b)



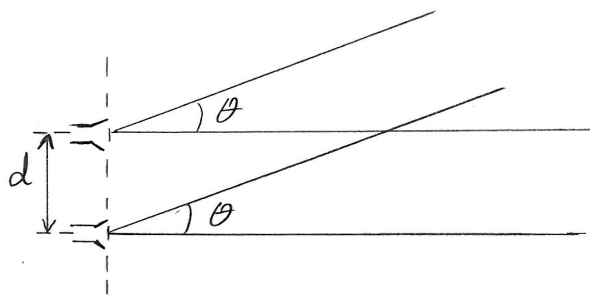
En masse m blir påvirket av en fjærkraft $-kx$ og friksjonskraft $-b\dot{x}$ som vist på figuren. Sett opp differensiallikningen som beskriver bevegelsen $x = x(t)$ til massen m .

Løsningen av differensiallikningen for posisjonen x kan skrives på formen

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

der t er tiden, og A , δ , ω_d og φ er konstanter. La massen m starte i ro fra posisjonen $x = x_0 = 4,0 \text{ cm}$ ved tiden $t = 0$. Bestem størrelsene A og φ når det er gitt at $\omega_d = 1,5 \cdot \delta$.

c)

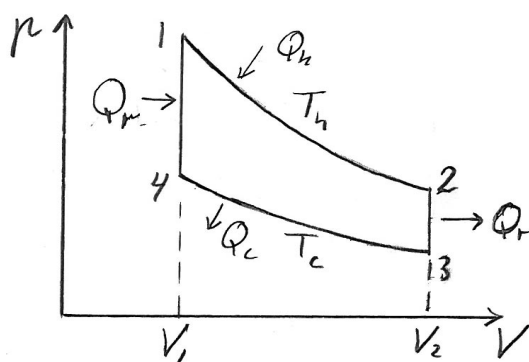


To høyttalere som svinger i takt (uten faseforskjell), er plassert i en avstand $d = 2,0 \text{ m}$ fra hverandre som vist på figuren. Lyden fra de to høyttalerne vil interferere slik at lydintensiteten vil variere med retningen eller vinkelen θ for en gitt avstand. For hvilke vinkler θ (i tillegg til $\theta = 0^\circ$) foran høyttalerne (dvs. $0^\circ < \theta < 90^\circ$) vil en få konstruktiv interferens (dvs. størst intensitet) når lyden beveger seg med hastigheten 340 m/s og har frekvensen 400 Hz ? [Hint: Betrakt veiforskjellen.]

Oppgave 3. Termisk fysikk

a) Et kar inneholder et volum $V = 4,5\text{ l}$ vann med temperatur $T_v = 42^\circ\text{C}$. En mengde med is $m_{is} = 3,5\text{ kg}$ med temperatur $T_{is} = -18^\circ\text{C}$ tømmes i vannet. Vannet har varmekapasitet $C_V = 4,18\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, og isen har varmekapasitet $C_{is} = 2,0\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Etter at isen er tømt i vannet røres det til det er blitt termisk likevekt. Anta at karet har neglisjerbar varmekapasitet, og at varmeutveksling med omgivelsene kan neglisjeres tilsvarende. Det viser seg at mengden is er så stor at ikke all isen har smeltet. Hvor mye is Δm_{is} har smeltet når smeltevarmen for is er $L_{is} = 334\text{ kJ}/\text{kg}$? [Hint: Finn først avgitt varme fra vannet og så opptatt varme i isen før den smelter.]

b)



På figuren er prinsippskissen for arbeidssyklusen til en Stirlingmotor angitt. Isoterme mellom punktene 1 og 2 har temperaturen T_h mens mellom punktene 3 og 4 er temperaturen T_c . Mellom punktene 4 og 1 og mellom 2 og 3 er volumene V_1 og V_2 konstante (isokorer). En regenerator (varmeveksler) sørger for at all varmen Q_r avgitt mellom punktene 2 og 3 blir tatt opp igjen og brukt til oppvarming mellom punktene 4 og 1.

Betrakt en Stirlingmotor som benytter n mol av en ideell gass med adiabatkonstant γ . Beregn utført arbeid W_{12} langs isoterme mellom punktene 1 og 2 på figuren.

Hvor mye varme Q_h tilføres systemet, og hvor mye varme Q_c avgis for hver syklus av Stirlingmotoren?

Hva blir virkningsgraden $\eta = W_n/Q_h$ der W_n er netto arbeid og Q_h er tilført varme?

c) For Stirlingmotoren under punkt b) utveksles for hver syklus varmen (energien) Q_r fra isokoren mellom 2 og 3 til isokoren mellom 4 og 1. Hvor mye varme Q_r utveksles for hver syklus når $n = 0,15\text{ mol}$, $\gamma = 1,4$, $T_h = 410^\circ\text{C}$ og $T_c = 40^\circ\text{C}$?

Oppvarmingen mellom punktene 4 og 1 fører til en entropiendring ΔS_{41} ($= S_1 - S_4$). Beregn denne entropiendringen med de gitte data.

Oppgitt: $C_p - C_V = nR$, $C_p = \gamma C_V$, $R = 8,314\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, $dS = dQ/T$.