NORGES TEKNISK NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Øyvind Borck
Tlf. 51091

BOKMÅL

EKSAMEN I EMNE TFY4115 Fysikk
Elektronikk og Teknisk kybernetikk

Fredag 3. desember 2004
Tid: Kl. 0900 - 1300

Hjelpemiddelkode C:
- Bestemt, enkel kalkulator
- K. Rottmann: Matematisk formelsamling
- O. H. Jahren og K. J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

Vedlegg: Formler i emne TFY4115 Fysikk (side 5 – 9 i oppgavesettet)

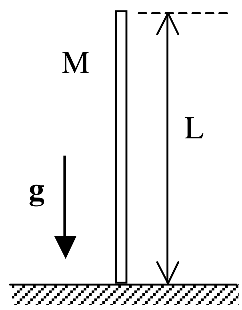
Oppgavesettet er er utarbeidet av: Professor Anne Borg og professor Ola Hunderi

Hver deloppgave (a, b, c) teller likt i vurderingen.

Sensuren faller innen 5. januar 2004.

Oppgave 1

En uniform, tynn stav med lengde L og masse M balanserer vertikalt på enden på ei horisontal flate, som illustrert i figur 1. Staven gis et lite støt som forårsaker at den faller. Støtet regnes å være så lite at det ikke introduserer noen initiell hastighet i fallbevegelsen. Tyngdens akselerasjon er **g**.



Figur 1

a) i. Finn hastigheten som massemiddelpunktet til staven treffer den horisontale flata med, hvis enden av staven glir på overflata uten friksjon. Uttrykk svaret ved L og g.

ii. Begrunn hvorfor hastigheten som massemiddelpunktet treffer den horisontale flata med, blir den samme om enden av staven ikke glir på overflata i fallbevegelsen.

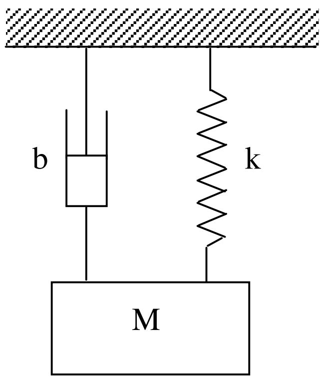
b) Vis at størrelsen av den vertikale akselerasjonen til massemiddelpunktet umiddelbart før staven treffer den horisontale flata (idet staven når horisontalretningen) er gitt ved $|a| = 3g/4$.

c) Beregn den resulterende krafta på staven fra den horisontale flata umiddelbart før staven treffer flata når:

i. Enden av staven glir på overflata uten friksjon i fallbevegelsen.
ii. Enden av staven ikke glir på overflata i fallbevegelsen.

Oppgave 2

Et mekanisk svingesystem består av en masse M, som henger i ei fjær med fjærstivhet k. Parallelt med fjæra, mellom massen M og opphenget, er det koplet et dempeledd med en motstandskoeffisient b, som vist i figur 2. Massen blir dratt ut fra likevektsposisjonen en avstand x_0 og samtidig gitt en starthastighet v_0 vekk fra likevektsposisjonen ved tida t = 0. Systemet kommer i vertikale svingninger, som dempes med krafta $F_b = -b\dot{x}$.



Figur 2

a) Still opp differensiallikningen for svingebevegelsen ved hjelp av Newtons 2. lov. Innfør $\gamma = b/2M$ og $\omega_0^2 = k/M$.

En mulig løsning av denne differensiallikningen er:

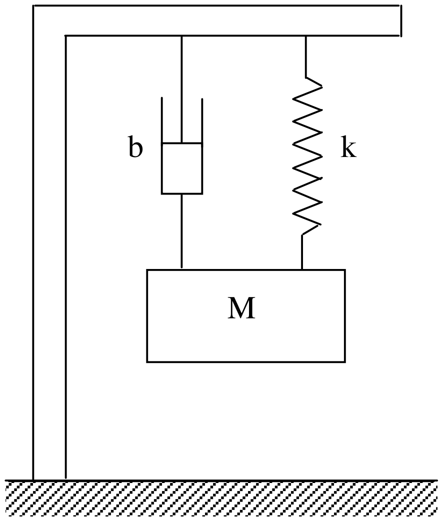
$$x(t) = A_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega' t + \phi)$$

der $\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$.

i. Bruk startbetingelsene til å sette opp likningene som bestemmer A_0 og ϕ.

ii. Vis at $\tan\phi = -\frac{1}{\omega'}\left(\frac{v_0}{x_0} + \gamma\right)$.

Svingesystemet skal brukes i et enkelt seismometer for å måle rystelser ved jordskjelv. Svingesystemet er i dette tilfellet festet til bakken i et oppsett som vist i figur 3.



Figur 3

b) i. Vis at dersom jordoverflata settes i bevegelse så vil massens bevegelse være gitt av differensiallikningen:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = -\ddot{\xi}$$

der x betegner utslaget til massen i forhold til jordoverflata og ξ er utslaget til jordoverflata i et initialsystem (treghetsreferansesystem) idet vi ser bort fra jordrotasjonen.

ii. Skriv opp den stasjonære løsningen av denne differensiallikningen dersom $-\ddot{\xi} = C\cos(\omega t)$, der C er en konstant og ω er vinkelfrekvensen til rystelsen.

iii. Skisser hvordan amplituden til utslaget x(t) varierer som funksjon av ω idet vi antar av dempningen er liten.

c) Et typisk seismometer har en svingeperiode på T_0 = 5,00 s og en Q-verdi på Q = 2,00. Q-verdien er definert ved $Q = \frac{\omega_0}{2\beta}$. På grunn av et jordskjelv svinger jordoverflata harmonisk med en svingeperiode T = 20 s og med en amplitude slik at $C = 10 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m/s^2}$. Hvilken svingeamplitude for massen M registrerer seismometeret under dette jordskjelvet?

Oppgave 3

To mol av en ideell, toatomig gass gjennomløper en reversibel kretsprosess som består av en isobar ekspansjon ved trykk $p_1 = 2{,}00\,\mathrm{atm} = 2{,}02 \cdot 10^5\,\mathrm{Pa}$ fra temperatur T_1 = 300K til temperatur T_2 = 450 K, en isokor prosess tilbake til temperaturen T_1 og til slutt en isoterm kompresjon tilbake til starttilstanden. Varmekapasiteten ved konstant volum for gassen måles til å være C_v= 41,6 J/K.

a) Skisser kretsprosessen i et pV-diagram. Bestem adiabatkonstanten γ for gassen. Hvilke frihetsgrader gir bidrag til varmekapasiteten for gassen?

b) Beregn det totale arbeidet gassen utfører i løpet av en syklus av kretsprosessen. Beregn virkningsgraden til kretsprosessen.

c) Beregn endringen i entropi for hvert av prosesstrinnene gassen utfører i kretsprosessen. Hva er netto endring i entropien for gassen i løpet av en syklus. Kommenter kort resultatet.

Oppgitt: Den universelle gasskonstanten $R = 8{,}3145\,\mathrm{J/(mol \cdot K)}$.

Oppgave 4

Et hus har et totalt veggareal $A = 150\ m^2$. Veggtykkelsen er 10,0 cm. Temperaturen i lufta inne i huset er 20,0°C og i lufta ute er –20,0°C. Varmeledningskoeffisienten for veggen er $k = 0,0400 W/(m \cdot K)$. Varmeovergangskoeffisienten inne er h_i= 5,0 $W/(m^2K)$, og varmeovergangskoeffisienten ute er h_u= 20 $W/(m^2K)$. Vi regner med stasjonære forhold.

a) Beregn den totale varmestrømmen, I, ut av huset når vi antar at all varmen transporteres gjennom veggene. Hva er temperaturen på selve innerveggen og på selve ytterveggen av huset.