UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS-MEK1110
Eksamensdag: Mandag 31. mars 2008
Tid for eksamen: Kl. 1330-1630
Oppgavesettet er på 4 sider
Tillatte hjelpemidler: Øgrim og Lian: Størrelser og enheter i fysikk og teknikk eller
Angell, Lian, Øgrim: Fysiske størrelser og enheter: Navn og symboler
Rottmann: Matematisk formelsamling
Elektronisk kalkulator av godkjent type.

Kontrollér at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

Ved sensur vil alle deloppgaver bli tillagt like stor vekt med mindre annet er oppgitt i oppgaven. Vi forbeholder oss retten til justeringer.

Oppgave 1

a) En roer sitter i en båt på vannet og ror med konstant fart. Tegn et frilegemediagram for roeren, og navngi alle kreftene.

b) En liten støvpartikkel med masse m faller loddrett gjennom luften. Finn et uttrykk for hvordan terminalhastigheten avhenger av massen til partikkelen, tyngdens akselerasjon g, samt andre konstanter. Finn et tilsvarende uttrykk for en lastebil som faller loddrett ned gjennom luften

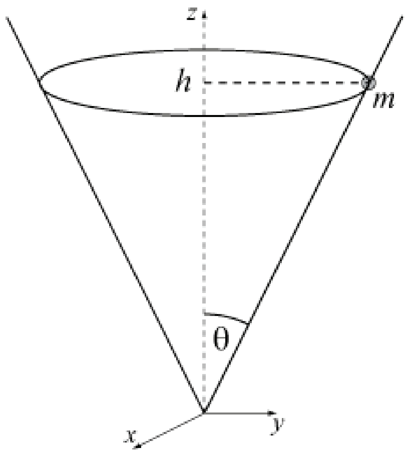
c) En stav med lengden L roterer i et plan med konstant vinkelhastighet. Finn vinkelhastigheten til staven i tilfellet (i) hvor staven roterer om midtpunktet og ytterste punkt på staven har farten v, og (ii) hvor staven roterer om et endepunkt, og det andre endepunktet har farten $2v$.

d) En kloss med masse m ligger på et friksjonsfritt bord. Klossen er festet i en fjær med fjærkonstant k og likevektslengde a. Den andre enden av fjæren er festet i bordet i punktet $x = 0$. Fjærkraften er horisontal. Tegn et energidiagram for systemet og beskriv klossens bevegelse. Finn likevektspunkter og klassifiser disse.

e) Vis at i en dimensjon er enhver kraft som kun er avhengig av posisjonen konservativ.

Oppgave 2

I denne oppgaven skal vi studere en kule som sklir på en friksjonsfri, konisk flate – dvs. inni et kremmerhus. Kula har massen m, den holder konstant fart v og har konstant høyde h. Konens åpningsvinkel er θ som illustrert i figuren. Tyngden virker nedover, i negativ z-retning, og tyngdens akselerasjon er g.



a) Tegn et frilegemediagram for kulen og gjør rede for kreftene som virker på den.

b) Vis at normalkraften på kulen er $N = \dfrac{mg}{\sin\theta}$

c) Finn høyden h til kulen.

Oppgave 3

Vi ser på et system av N partikler. Posisjonen til massesenteret er $\vec{R}$. Posisjonen til partikkel j er $\vec{r}_j$ i laboratoriesystemet og $\vec{r}_{cm,j} = \vec{r}_j - \vec{R}$ i massesentersystemet.

a) Vis at den totale bevegelsesmengden i massesentersystemet, $\vec{P}_{cm} = \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{v}_{cm,i}$, alltid er null.

Du vil kunne trenge følgende resultat i oppgaven nedenfor: For en elastisk kollisjon mellom to partikler er absoluttverdien av bevegelsesmengden i massesentersystemet til hver av partiklene den samme før og etter kollisjonen.

I denne oppgaven skal vi studere en elastisk kollisjon mellom en α-partikkel med masse M og et proton med masse m. Før kollisjonen er protonet i ro i laboratoriesystemet, og α-partikkelen har hastigheten $\vec{V}$ i laboratoriesystemet.

b) Finn hastigheten til massesenteret i laboratoriesystemet.

c) Tegn figur og finn partiklenes hastigheter i massesentersystemet før støtet. Vis at relasjonen i oppgave a er tilfredsstilt.

d) Finn partiklenes hastigheter i massesentersystemet etter støtet og illustrer disse i figuren. Anta at retningen til α-partikkelens hastighet i massesentersystemet etter støtet er gitt ved enhetsvektoren $\vec{e}$.

e) Tegn figur og vis at partiklenes hastigheter etter støtet i laboratoriesystemet er:

For α -partikkelen: $\frac{MV}{M+m}\left(\frac{\vec{V}}{V}+\frac{m}{M}\vec{e}\right)$

For protonet: $\frac{MV}{M+m}\left(\frac{\vec{V}}{V}-\vec{e}\right)$

f) Vis at disse hastighetene stemmer med bevaringssatsene i laboratoriesystemet.

g) Finn den maksimale avbøyingen for α -partikkelen, det vil si den største vinkelen partikkelen kan bøyes vekk fra sin opprinnelige bane.

Oppgave 4

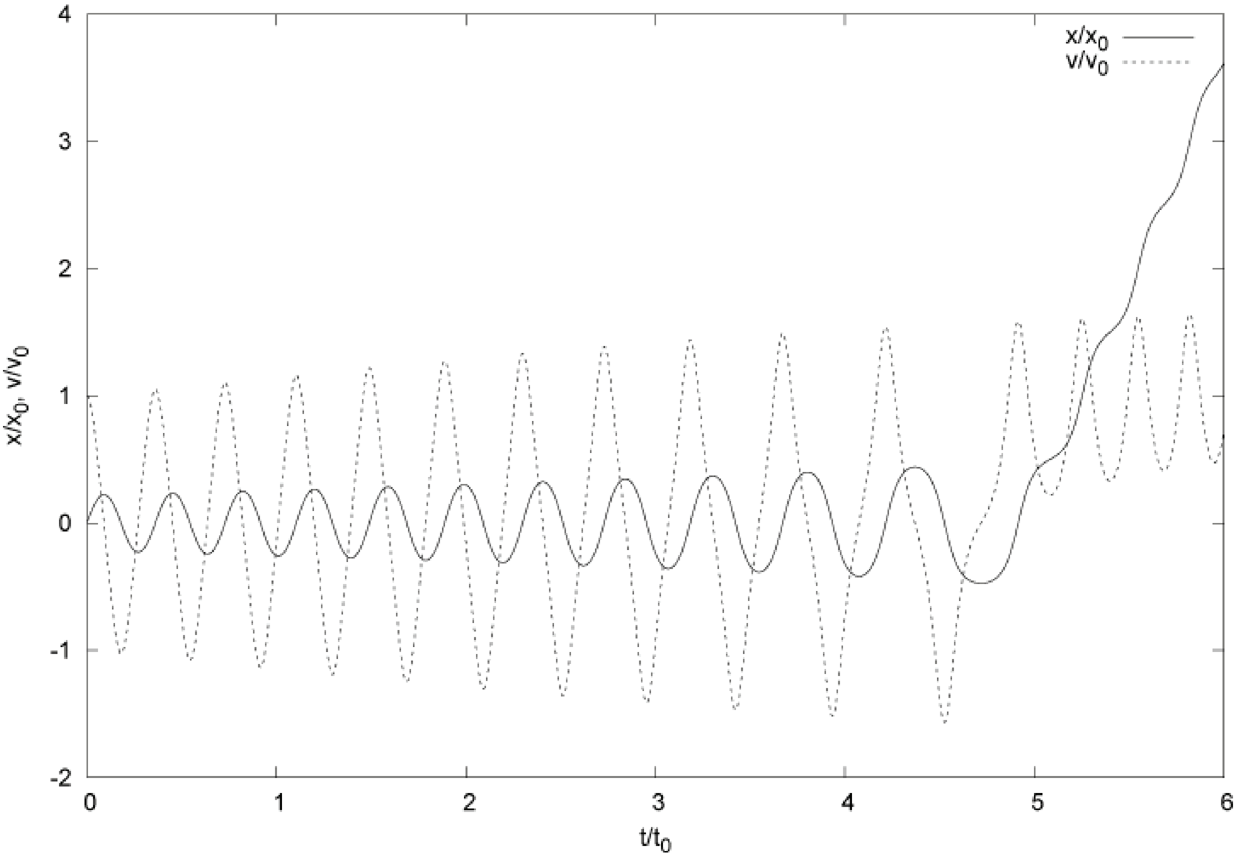
I denne oppgaven skal vi studere et atom på en atomær overflate. Vi beskriver vekselvirkningen mellom atomet og overflaten ved den potensiell energien til atomet som funksjon av posisjonen x langs overflaten: $U(x)=U_0\left(1-\cos(2\pi x/x_0)\right)$. Atomet har massen m og beveger seg kun langs x-aksen.

a) Finn et eksplisitt uttrykk for akselerasjonen til atomet.

b) Vis at når $x << x_0$ kan bevegelseslikningen tilnærmet skrives som: $a=-\omega^2 x$ og finn ω. Beskriv bevegelsen til atomet i denne grensen.

c) Atomet starter i posisjonen $x=0$ med hastigheten v_0. Hvor stor må v_0 være for at atomet skal nå posisjonen $x=4x_0$? Skisser bevegelsen $x(t)$ til atomet i dette tilfellet.

d) (Denne oppgaven teller dobbelt). For å løse bevegelseslikningene for atomet i det generelle tilfellet i oppgave a har du utviklet et program i Python som finner posisjon og hastighet til atomet ved hjelp av Eulers metode. Du gjør en simulering med realistiske parametere og initialbetingelsene $x=0$ og $v=v_0$ ved tiden $t=0$ og får resultatet i figur 1 nedenfor. Forklar resultatet.



Figur 1: Resultat av simulering av bevegelseslikningen i oppgave a.

***

Dette er siste ark i oppgavesettet. Lykke til med oppgavene!