

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS-MEK1110

Eksamensdag: Tirsdag 8. juni 2010

Tid for eksamen: Kl. 0900-1200

Oppgavesettet er på 4 sider + formelark

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.

Du må i oppgavene begrunne dine svar. Ubegrunnede svar gir liten uttelling.

Oppgave 1

(Denne oppgaven teller dobbelt) Ole og Mari vil prøve om lengdekontraksjon virkelig finner sted. Mari setter seg i sitt romskip og kjører forbi Ole, som står på bakken, i en fart nær lyshastigheten. Idet hun passerer Ole, utløser hun to lasere som lager merker på bakken. Den ene laseren sitter helt foran i romskipet, og markerer hvor fronten av romskipet er, og den andre laseren sitter helt bak i romskipet, og markerer enden av romskipet. Du kan anta at merkene på bakken lages idet laserne utløses. Etterpå måler Ole opp avstanden mellom de to merkene og sammenlikner med lengden på romskipet når det er i ro. Til sin overraskelse finner han at avstanden mellom merkene er lengre enn lengden på romskipet i ro. Romskipet er lengre når det beveger seg, og ikke kortere som han forventet fra lengdekontraksjon! Hvordan kan du forklare Oles målinger?

Oppgave 2

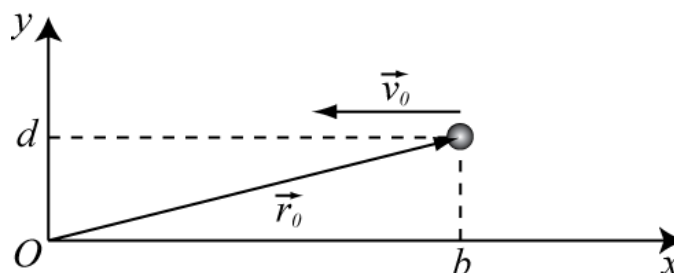
Vi skal i denne oppgaven studere et lite ion med masse m som skytes mot et stort molekyl i origo. Du kan anta at det store molekylet er festet i origo og ikke beveger seg. Vi ser først på en en-dimensjonal bevegelse langs x -aksen. Vekselvirkningen mellom ionet og molekylet kan beskrives med potensialet

$$U(x) = \frac{C}{x}$$

hvor C er en kjent konstant, og x er posisjonen til ionet. Ionet starter i posisjonen $x = b$ med hastigheten v_0 , hvor $b > 0$ og $v_0 < 0$. Du kan se bort fra andre krefter på ionet.

- Skisser potensialet, finn likevektspunkter og karakteriser disse. Tegn bevegelsen til ionet inn i energidiagrammet og beskriv bevegelsen til ionet.
- Hvor nær origo kommer ionet?
- Hva blir hastigheten til ionet når det er uendelig langt vekk fra origo?

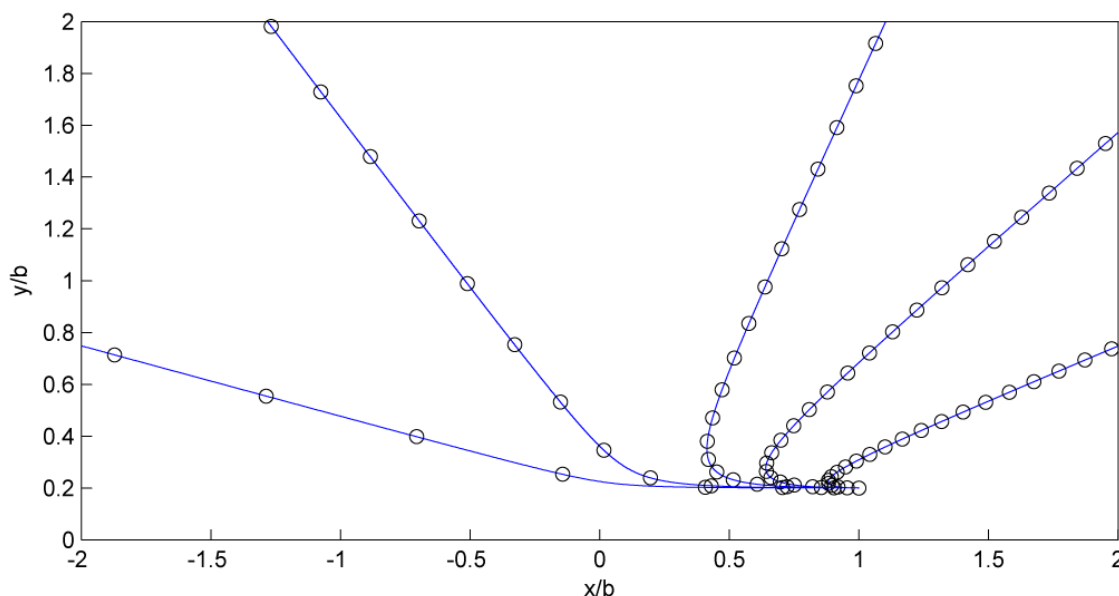
Vi skal nå se på den samme prosessen, men i to dimensjoner. Vi antar at ionet starter i posisjonen $\vec{r}_0 = (b, d)$ hvor b og d er to gitte lengder. Du kan anta at d er mindre enn b , som i figuren. Ionet starter med hastigheten $\vec{v}_0 = (v_0, 0)$ hvor $v_0 < 0$. Den potensielle energien til ionet er nå:



$$U(\vec{r}) = \frac{C}{r},$$

hvor $r = |\vec{r}|$. Du kan se bort fra andre vekselvirkninger.

- Vis at kraften på ionet er $\vec{F}(\vec{r}) = \frac{C}{r^3} \vec{r}$.
- (Denne oppgaven teller dobbelt) Skriv et program som finner posisjonen og hastigheten til ionet ved tiden $t + \Delta t$ gitt posisjonen og hastigheten ved tiden t .



- Figuren viser resultatet av fem simuleringer med forskjellige verdier for v_0 , men ellers like parametere. Kan du velge en verdi for v_0 slik at ionet beveger seg radielt utover etter kollisjonen? Begrunn svaret. (Ionet beveger seg radielt utover dersom hastigheten er parallell med posisjons-vektoren \vec{r}).

Oppgave 3

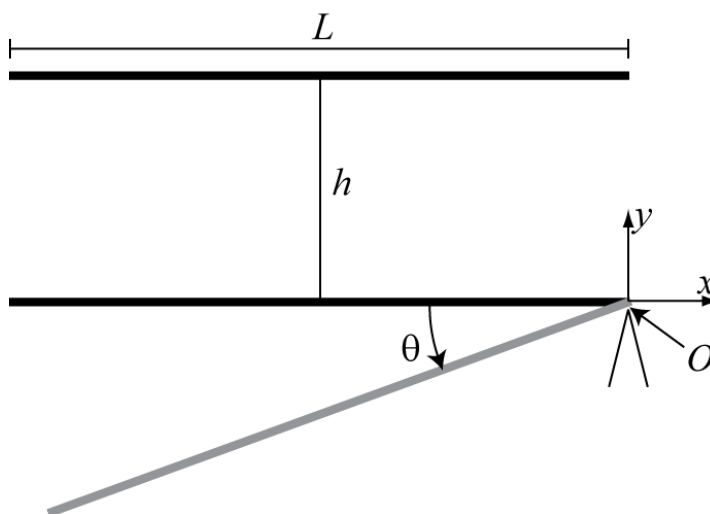
Vi skal i denne oppgaven studere en tynn stav med masse M og lengde L . Trehetsmomentet til staven om en akse gjennom massesenteret er:

$$I_{z,cm} = \frac{1}{12} ML^2.$$

Staven er horisontalt orientert og slippes fra ro fra en høyde h over et fast punkt O under den ene enden av staven. Idet staven treffer punktet O blir den hengende fast og begynner å rotere om O . Vi kan betrakte

prosessen hvor staven fester seg til

rotasjonspunktet som en kollisjon. Situasjonen er illustrert i figuren. Du kan anta at all bevegelse er i planet som er vist i figuren. Vi ser bort fra friksjon og luftmotstand.



- a) Vis at trehetsmomentet, I , til staven om en akse gjennom punktet O når staven er festet i dette punktet er

$$I = \frac{1}{3} ML^2.$$

- b) Finn hastigheten, v_0 , til massesenteret til staven umiddelbart før den fester seg (idet den har falt høyden h).
- c) Finn vinkelhastigheten til staven om punktet O umiddelbart etter kollisjonen. Du kan anta at staven ikke roterer nevneverdig i løpet av kollisjonen og at kraftmomentet av gravitasjonskraften er ubetydelig under kollisjonen.
- d) Finn bevegelsesmengden til staven umiddelbart etter kollisjonen. Er bevegelsesmengden bevart gjennom kollisjonen? Forklar.

Etter kollisjonen henger staven fast i punktet O med et fjærlastet hengsel som påvirker staven med et kraftmoment

$$\tau_{O,z} = -\kappa\theta,$$

hvor z -retningen peker opp fra arket på figuren. Den potensielle energien til staven knyttet til denne vekselvirkningen er

$$U = \frac{1}{2} \kappa\theta^2.$$

- e) Finn et uttrykk for vinkelakselerasjonen til staven når den har rotert en vinkel θ .
- f) Vi kan bruke uttrykket for vinkelakselerasjonen til å finne vinkelen som funksjon av tiden med numeriske metoder, men det er vanskelig å finne et analytisk uttrykk for vinkelen som funksjon av tiden. I stedet kan vi bruke en annen metode til å finne den maksimale vinkelen θ til staven. Finn en likning som bestemmer den maksimale vinkelen θ til staven. Merk at du ikke behøver å løse denne likningen for θ .

- g) Hva er vinkelhastigheten til staven om punktet O idet staven er tilbake i horisontal posisjon, dvs. idet $\theta = 0$?
- h) Hva er hastigheten til massesenteret idet staven er tilbake i horisontal posisjon?

Idet staven er tilbake i horisontal posisjon glipper festet i punktet O , slik at staven ikke lenger er festet. Du kan anta at staven gjennom denne prosessen ikke påvirkes av ytre vertikale krefter og at den kinetiske energien til staven bevares gjennom prosessen.

- i) Vis at hastigheten til massesenteret og vinkelhastigheten om massesenteret umiddelbart etter at staven glipper er:

$$v_2 = -\frac{3}{4}v_0 \text{ og } \omega_2 = \frac{3}{2} \frac{v_0}{L}$$

(Merk at v_0 er negativ).

- j) Beskriv bevegelsen til staven etter dette.
- k) Hvor høyt opp når massesenteret til staven?

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