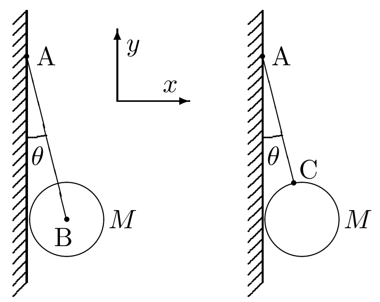
TFY4145/FY1001 Mekanisk fysikk
Øving 12

Veiledning: 16. - 19. nov., se nettsider.
Innlevering: Tirsdag 23. nov. kl. 14:00.

Oppgave 1. Statikk.

a. Ei kule med masse M henger mot en vertikal vegg og holdes i ro av ei snor som er festa ved veggen (A) og i sentrum av kula (B) (figuren til venstre). Vinkelen mellom veggen og snora er θ. Finn snordraget og krafta fra veggen mot kula.



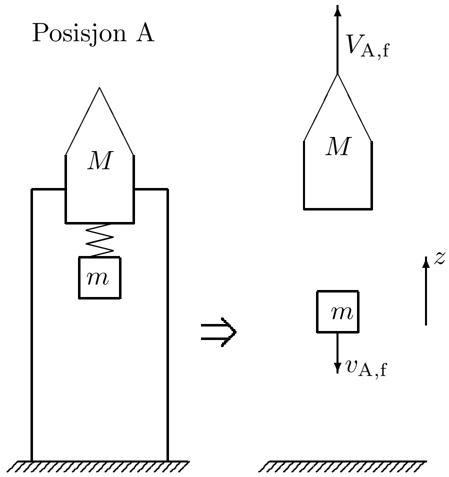
b. Det er mer praktisk og vanlig at snora er festa på kulas overflate (C) (figuren til høyre). Vil løsningen da bli den samme? Anta null friksjon ($\mu = 0$) mellom kula og veggen.

c. Hvor stor må μ være for at kula skal kunne henge med snorfestet C akkurat i *toppunktet* på kula?

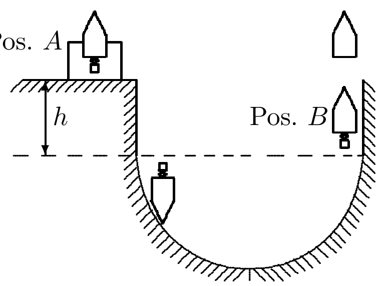
TIPS for b og c: Kraftmoment om sentrum. Innfør vinkel α mellom sentrum-snorfeste og vertikalen.

Oppgave 2. Enkel rakettmodell.

Tenk deg følgende enkle modell for en rakett. Til selve raketten, som har masse M, er det festet en masse m. Mellom M og m er det ei spent stålfjær med en lagret energimengde Q. Når fjæra utløses, vil M og m bevege seg i motsatte retninger. Frigjøringen av m svarer til en hurtig utblåsning av brennstoffet i en "skikkelig" rakett. Bruk symbol V for hastighet til M med positiv oppover og v for hastighet til m, med positiv nedover.



a. Raketten avfyres vertikalt oppover fra jordoverflata ved posisjon A. Hvilken hastighet $V_{A,f}$ får raketten umiddelbart etter avfyringa? Raketten når sitt høyeste punkt i posisjon C. Hva er denne høyden H_0 når tyngdeakselerasjonen antas konstant lik g?



b. Anta nå at vi ved posisjon A snur raketten, lar den skli på en friksjonsfri rutsjebane og at den avfyres i posisjon B som ligger en høyde h lavere enn det opprinnelige utskytningspunktet A ved jordoverflata. Hva blir rakettens hastighet $V_{B,i}$ like før avfyringa ved B? Hva blir rakettens hastighet $V_{B,f}$ like etter avfyringa ved B? Raketten får nå sin største høyde H i posisjon D. Finn H uttrykt ved H_0 og h.
Tips: $V_{B,f}$ bestemmes lettest ved å studere avfyringsprosessen i rakettens referansesystem like før avfyringa.

c. Ved å sammenligne resultatene fra punkt a) og b) finner vi at høyden ved D er større enn ved C: $H > H_0$. Synes dette å være forenlig med loven om energibevarelse? Kan du oppklare dette tilsynelatende paradokset?
Hint: Energien til den lille massen m.

(forts. neste side)

Oppgave 3. Gravitasjon 1.

En satelitt med masse $m = 5000$ kg går i en sirkulær bane i en høyde 8000 km over jordoverflata. Den blir utsatt for atmosfærisk friksjon slik at banehøyden over tid reduseres til 650,0 km. Anta at banen til enhver tid er sirkulær. Finn for denne baneendringen forandringen i

a. satelittens hastighet,

b. satelittens kinetiske energi,

c. satelittens potensielle energi,

d. satelittens totale mekaniske energi.

OPPGITT: Jordas masse $M_{\rm j} = 5,974 \cdot 10^{24}$ kg. Jordas radius $R_{\rm j} = 6378$ km.

Oppgave 4. Gravitasjon 2.

En satelitt som alltid holder seg på samme plass over et fast sted på jorda kalles geostasjonær. Satelittens omløp må da følge jordas omløp. Geostasjonære satelitter brukes bl.a. til radio- og TV-kommunikasjon ("paraboler").

a. Hvilken høyde over jordoverflata må en geostasjonær satelitt befinne seg?

b. Hva er den største breddegrad på jorda hvorfra man kan ha fri sikt til satelitten?
Husk en geostasjonær satelitt må ligge rett over ekvator. Anta horisonten er flat (ingen fjell).

c. Hvilken vinkel over horisonten må en parabol i Trondheim peke for å treffe satelitten?

OPPGITT: Jordas masse $M_{\rm j} = 5,9742 \cdot 10^{24}$ kg. Jordas radius ved ekvator $R_{\rm j} = 6378,1$ km. Newtons gravitasjonskonstant $G = 6,6742 \cdot 10^{-11}\,{\rm Nm}^2/{\rm kg}^2$. Trondheims breddegrad 63°26' nord (' = minutter = 1/60 grad).

Oppgave 5. Noen flervalgsoppgaver

Kun ett av svarene (A, B, C, D, E) er rett. Rett svar gir 5 p, galt svar gir 0 p og ubesvart (blank) gir 1 p.

a. Hvis potensiell energi ($U = E_{\rm p}$) varierer med avstand r fra origo som vist i Figur A, så er krafta gitt ved følgende kurve i Figur B

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

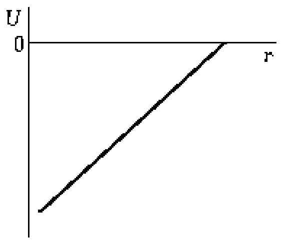


Figure A

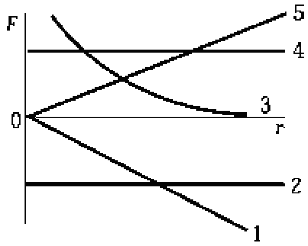


Figure B

b. To baller blir sluppet fra samme høyde 6,0 m. Ball A spretter opp til en høyde 4,0 m mens ball B spretter opp til 2,0 m. Hvilken ball mottar det største kraftstøtet (får størst endring i bevegelsesmengden) i løpet av kollisjonen mot golvet? Se bort fra luftmotstand.
A) ball A
B) ball B
C) De får begge samme kraftstøt
D) Umulig å vite uten å vite massen til ballene.
E) Umulig å vite uten å vite lengden på kollisjonen.

c. En **horisontal** kraft $\vec{F}$ blir brukt for å skyve en gjenstand med masse m oppover et skråplan. Vinkelen mellom skråplanet og horisontalplanet er θ. Normalkrafta som virker fra skråplanet på massen m har størrelse:
A) $mg\cos\theta + F\cos\theta$
B) $mg\cos\theta$
C) $mg\cos\theta + F\sin\theta$
D) $mg\cos\theta - F\cos\theta$
E) Umulig å bestemme uten å vite friksjonskoeffisient og/eller akselerasjon.

Utvalgte fasitsvar:
1a: $F_{\rm N} = Mg\tan\theta$; 2a: $V_{\rm A,f} = \sqrt{\frac{2mQ}{M(m+M)}}$; 2b: $V_{\rm B,i} = \sqrt{2gh}$, $V_{\rm B,f} = V_{\rm A,f} + V_{\rm B,i}$, $H = H_0 + 2\sqrt{H_0 h}$.
3a: 2266 m/s; 3c: $-14,50 \cdot 10^{10}$ J. 4a: 35868 km; 4b: $81°19'$; 4c: $18°20'$.