

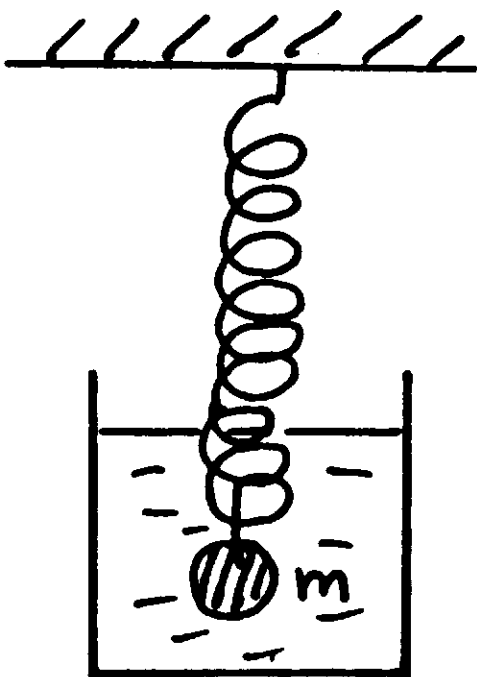
UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Jorunn Grip
Tlf.: 3416

EKSAMEN I FAG 70540 FYSIKK
Avd. III (Bygg)
Lørdag 27. august 1988
Tid: kl. 0900-1600

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk
K. Rottmann: Matematische Formelsammlung

Oppgave 1



I et demonstrasjonsforsøk for å vise hvordan frie dempede svingninger kan anvendes for måling av viskositet i en væske bruker vi en kule med masse m opphengt i en masseløs fjær. Kulen er omgitt av væsken vi skal studere slik som vist på figuren. Man kan vise at motstandskoeffisienten λ avhenger av den dynamiske viskositeten η og kulens radius r og er gitt av $\lambda = 6 \pi \eta r$.

- i) Ved første forsøk fjernes væsken. Kulen settes i frie, udedpede svingninger og vi måler 100 svingninger i løpet av 1 minutt. Hva er sirkelfrekvensen ω_0 for egsvingningene?
- ii) Når kulen er senket ned i væsken, ved tiden $t = 0$., forskyves kulen $x(0) = A_0 = 0.1$ m og slippes uten begynnelseshastighet. Systemet kommer i frie vertikale svingninger og dempes med kraften $F_\lambda = -\lambda \dot{x}$. Vi måler nå 99 hele svingninger i løpet av 1 minutt.
- a) Still opp differensialligningen for kulens bevegelse. Løsningen av denne er av form

$$x(t) = A \cdot e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \delta)$$

Sett opp ligningene som bestemmer A og δ ut fra begynnelsesbetingelsene og løs disse. Begynnelsesbetingelsene er som

- b) Hvor stor er motstandskoeffisienten λ og viskositeten til væsken η når den spesifikke vekt til materialet i kulen er $7.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ og radius er 0.01 m .
- c) Hvor lang tid tar det før
- i) svingeamplituden er redusert til $1/10$ av sin opprinnelige verdi.
 - ii) systemets energi er redusert til $1/10$ av sin opprinnelige verdi. Gjør under ii) bruk av at dempingen er liten.
- d) I et siste forsøk ønsker vi at dempingen skal skje uten at kulen skal passere likevektsposisjonen. Væsken byttes med en med større viskositet. Hva må viskositeten η være når dempingen skal være kritisk?

Oppgave 2

En tynn isolerende stav med lengde L har en jevnt fordelt elektrisk ladning. Ladningen pr. lengdeenhet er λ (i C/m). Vi legger et koordinatsystem med origo i den høyre enden av staven og lar abscissen (x -aksen) gå parallelt med stav-retningen videre mot høyre. Lag skisse.

- a) Utled at potensialet blir

$$V(x) = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \left| \frac{L+x}{x} \right|$$

i punkt $(x, 0, 0)$ (dvs. på x -aksen), for $x > 0$, og finn tallverdien for V for $\lambda = 10^{-5} \text{ C/m}$, $L = 0,50 \text{ m}$ og $x = 1 \text{ m}$.

- b) Finn størrelsen (tallsvar) for det elektriske feltet E i samme punktet ved direkte regning.
- c) Finn uttrykk for feltstyrken $E(x)$ ut fra uttrykket for potensialet.
- d) Hvor stort arbeid W må utføres dersom en vil føre en ladning på $q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ fra $x = \infty$ til punktet, med $x = 1 \text{ m}$?
- e) Vi plasserer så i tillegg en ladning $Q = 10^{-5} \text{ C}$ i hver ende av staven. Finn nå det elektriske feltet i det samme punktet som under b) (tallsvar).

Oppgave 3

- a) Solen stråler som et svart legeme med overflatetemperatur $T_s = 6000 \text{ K}$ og har radius $r_s = 7,00 \cdot 10^8 \text{ m}$. Jorden er i avstand $r = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}$ fra solen. Hvor stor er energistrømtettheten j av solstrålingen nær jordens overflate?

- b) Vi antar at intet av energien fra solen absorberes i jordens atmosfære, mens atmosfærens refleksjonskoeffisient for sollys er $r = 0,370$. Hvor stor er energistrømmen J_S fra solen på jordens overflate? Jordens radius er $r_j = 6,40 \cdot 10^6$ m.

Da avstanden mellom sol og jord er stor, regner vi solstrålingen som parallell mot jorden.

- c) I tillegg til energistrømmen J_S fra solen, vil termisk energi fra jordens indre og tidevannsenergi bidra med energistrømmen $J_N = 3,50 \cdot 10^{13}$ W og utnyttelse av fossilt brennstoff bidrar idag med energistrømmen $J_M = 7,00 \cdot 10^{12}$ W til jordoverflatens energitilførsel.

Vi tenker oss atmosfæren som et drivhustak i form av et tynt kuleskall. Kuleskallets radius setter vi tilnærmet lik jordens radius. Vi antar at atmosfæren ikke absorberer stråling fra solen, men absorberer all stråling fra jorden. Grunngi hvorfor denne antagelsen er tilnærmet korrekt. Både jordoverflaten og atmosfæren antas å stråle som tilnærmet svarte legemer.

Ved likevekt er jordoverflatens temperatur T_j og atmosfærens temperatur T_a . Still opp likevektslikningen mellom den svarte stråling og innfallende energistrøm både for jordoverflaten og atmosfæren. Vis at jordoverflatens temperatur blir

$$T_j = \left(\frac{J_S + J_N + J_M}{2\pi\sigma r_j^2} \right)^{1/4}$$

- d) Hvor stor var jordoverflatens temperatur $T_j(\theta)$ uten vesentlig forbruk av fossilt brensel ($J_M = 0$)? Hva var tilsvarende atmosfærestemperatur $T_a(\theta)$

Hvor meget har temperaturen på jordens overflate ΔT_j øket til i dag på grunn av forbruk av fossilt brensel?

- e) Som en kritisk grense for den globale temperaturøkning regnet fra $T_j(\theta)$ settes $\Delta T_j = 1$ K. Hva er da største "tillatte" energistrøm J_{Mm} ved bruk av fossilt brensel?

$\sigma = 5,70 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$. Verdensromets temperatur settes lik 0°K .