

NTNU
Institutt for Fysikk

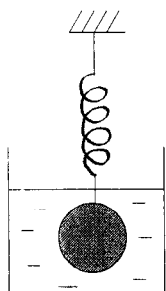
Faglig kontakt under eksamen:
Bård Tøtdal, tlf 73593594/73529782

Eksamen i SIF4003 Fysikk
for studenter ved geofag og petroleumsteknologi
11. desember 2002.
Tid: 6 timer (kl 0900 - kl 1500)

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator av type **HP 30 S**
Knutsen: Formler og data i Fysikk
Rottmann: Mathematische Formelsammlung
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae
Jahren & Knutsen: Formelsamling i Matematikk

Oppgave 1

En kule med masse m er opphengt i en masseløs fjær med fjærkonstant k og neddykket i vann som antydnet i figuren.



- a) Først fjernes væsken, og kulen settes i frie, udedempede, vertikale svingninger. Vi måler 90 svingninger i løpet av ett minutt. Hva er vinkel-
frekvensen ω_0 for egensvingningene?
- b) Så senkes kulen ned i væsken. I neddykket tilstand settes kulen
i frie vertikale svingninger, og vi måler nå 89 hele svingninger i løpet av
ett minutt. Finn vinkelfrekvensen ω for de dempede svingningene.
- c) Dempekraften for kulen som svinger i væsken er $F_b = -b \frac{dy}{dt}$. Tegn en
figur som viser de kreftene som virker på kulen når den svinger rundt
likevekt i væsken. Still opp differensialligningen for kulens bevegelse.
- d) Når kulen er nedsenket i væsken, forskyves den $y(0) = A_0 = 0,1$ m vertikalt fra likevekt
og slippes uten begynneshastighet ved tiden $t = 0$. Løsningen av differensialligningen
har formen $y(t) = Ae^{-\alpha t} \cos(\omega t + \varphi)$ når vi innfører $\alpha = \frac{b}{2m}$ og $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$
Still opp ligningene som bestemmer A og φ ut fra startbetingelsene, og vis fra disse
ligningene at amplituden A er gitt ved $A = A_0 \frac{\omega_0}{\omega}$.
- e) Hvor stor er væskens viskositet η når tettheten av kulen er $\rho = 7,8 \cdot 10^3$ kg/m³, kuleradien
er $r = 1,0$ cm og sammenhengen mellom b , r og η er gitt ved $b = 6\pi r \eta$.
- f) Finn fasevinkelen φ fra uttrykkene under d), og vis at kulens hastighet kan skrives som
 $v = \frac{dy}{dt} = -A\omega_0 e^{-\alpha t} \sin \omega t$
- g) I et siste forsøk ønsker vi at dempningen skal være kritisk, dvs at kulen ikke skal passere
likevektsposisjonen selv om startbetingelsene ellers er som i d). Væsken må da byttes ut
med en med større viskositet. Hva må viskositeten η være når dempningen skal være
kritisk?

Noen trigonometriske formler er oppgitt på neste side.

$$\text{Oppgitt: } \cos x = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 x}} \quad \sin x = \frac{\tan x}{\sqrt{1 + \tan^2 x}}$$

$$\sin(a+b) = \sin a \cdot \cos b + \cos a \cdot \sin b$$

$$\cos(a+b) = \cos a \cdot \cos b - \sin a \cdot \sin b$$

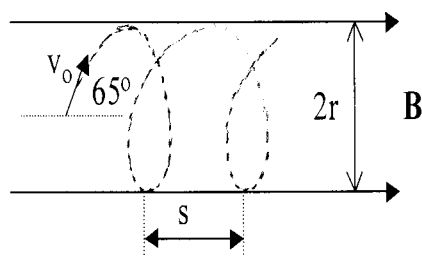
$$\sin(a-b) = \sin a \cdot \cos b - \cos a \cdot \sin b$$

$$\cos(a-b) = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b$$

Oppgave 2

- a) Et elektron har en hastighet $v_0 = 3,5 \cdot 10^7$ m/s rettet vertikalt oppover. Finn retning og størrelse av det magnetfeltet \mathbf{B} som vil gi elektronet en halvsirkelformet bane med diameter 1,0 cm. Tegn figur.

- b) Hvor lang tid tar halvsirkelbevegelsen?



- c) Anta at elektroner med hastighet v_0 skytes inn i et homogent, horisontalt rettet magnetfelt \mathbf{B} under en vinkel $\theta = 65^\circ$ med \mathbf{B} som antydnet i figuren. Dekomponer v_0 i en komponent parallelt med \mathbf{B} og en komponent vinkelrett på \mathbf{B} . Elektronbanen blir en heliks (spiral). Forklar hvorfor. Er spiralen en høyrehånds (høyregjenget) eller en venstrehånds (venstregjenget) skrue?

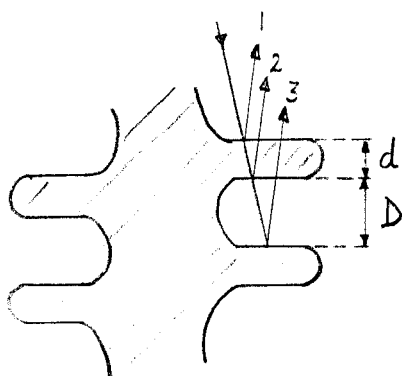
- d) Beregn radius r og stigningen s i spiralen hvis $B = 5 \cdot 10^{-2}$ T og $v_0 = 3,5 \cdot 10^7$ m/s. Elektronmassen $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg og elementærladningen $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Oppgave 3

- a) En lang, massiv sylinder med radius R_1 av et ikkeledende materiale er homogent ladet med positiv ladningstetthet ρ og har permittivitet ϵ_0 . Beregn elektrisk felt som funksjon av radiell avstand r fra aksen for $0 < r < \infty$. Vis sammenhengen i en graf.
- b) Så plasseres sylindere koaksialt inne i en lang, hul, ledende metallsyylinder med indre radius R_2 og ytre radius R_3 . Metallsyylinderen har linjeladningstetthet (ladning pr lengdeenhet i aksial retning) λ . Beregn nå elektrisk felt som funksjon av radiell avstand fra aksen for $0 < r < \infty$. Vis sammenhengen i en graf.
- c) Finn ladning pr lengdeenhet på indre og ytre flate av ytre sylinder.
- d) Energitettheten (energi pr volumenhet) for et elektrisk felt er $\epsilon E^2/2$. Finn energi pr lengdeenhet (i aksial retning) i det elektriske feltet for $R_1 < r < R_2$.

Oppgave 4

- a) Gjør rede for faseforholdene ved refleksjon av lys fra en grenseflate mellom to medier med forskjellig brytningsindeks, samt faseforholdene ved transmisjon av lys gjennom en slik grenseflate.
- b) En "Morpho" sommerfuglvinge har små utvekster som igjen har små "avsatser" parallelt med vingene. Avsatsene er av gjennomsiktig materiale med brytningsindeks



$n = 1,53$, og interferenseffekter i disse avsatsene gir et vakkert farvespill. Tykkelsen av avsatsene er $d = 63,5$ nm, og avstanden mellom dem (det er luft mellom dem) er $D = 127$ nm. Vi forutsetter at sollys kommer vinkelrett inn på avsatsoverflaten (vinkelen er overdrevet i figuren) og reflekteres i strålene 1, 2 og 3 som antydnet i figuren.

Finn ved hvilke bølgelengder i området for synlig lys ($400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$) det blir konstruktiv interferens for strålene 1 og 2, for 1 og 3, for 2 og 3.