

NTNU
 Institutt for Fysikk

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

Kontinuasjoneksamen i SIF4003 Fysikk
For studenter ved geofag og petroleumsteknologi
12. august 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

Et legeme med masse $m = 10,0$ kg henger i enden av en fjær som med sin andre ende er festet i taket. Fjæren har kraftkonstant $k = 1000$ N/m. Parallelt med fjæren, mellom legemet og taket, er det koblet et dempningsledd. Legemet forskyves vertikalt $y(0) = A_0$ og slippes uten begynneshastighet. Legemet kommer i vertikale svingninger og dempes med kraften

$F_b = -b \cdot \frac{dy}{dt}$. Amplituden avtar til $\frac{1}{4}$ av den opprinnelige verdien etter 5 hele svingninger

som følger etter hverandre.

- a) Still opp differensialligningen for legemets bevegelse. Innfør $\gamma = \frac{b}{2m}$ og $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$.
 Løsningen av ligningen kan da skrives som $y(t) = A \cdot e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \alpha)$ der $\omega = (\omega_0^2 - \gamma^2)^{1/2}$.
 Hva er betingelsen for denne løsningen?
 Sett opp ligningene som bestemmer A og α fra begynnelsesbetingelsene, og vis at $A = A_0(\omega_0/\omega)$.
- b) Hvor stor er motstandskoeffisienten b ?
- c) Hvor mange hele svingninger fra starten foretar legemet inntil amplituden er blitt 0,1 av den opprinnelige?

Oppgave 2

- a) En tynn, sirkulær ring med radius $R = 5$ cm er jevnt ladet med en ladning $Q = 1 \cdot 10^{-9}$ C. Vis at den elektriske feltstyrken i et punkt på ringens akse i avstanden y fra ringens sentrum er gitt ved

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{y}{(R^2 + y^2)^{3/2}} \cdot \hat{y}$$

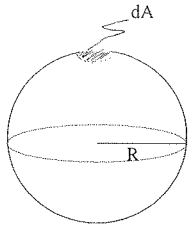
Aksen går gjennom ringens sentrum og står vinkelrett på planet gjennom ringen. \hat{y} er enhetsvektor langs aksene.

Beregn verdien av E for $y = y_0 = 5$ cm.

Oppgitt: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ C²N⁻¹m⁻².

- b) Finn størrelse og retning av kraften som virker på en ladning $Q_1 = 5 \cdot 10^{-9}$ C som plasseres i punktet y_0 . Finn også det elektrostatiske potensialet i samme punkt.

- c) En sfærisk vanndråpe har radius $5 \cdot 10^{-4}$ cm. Dråpen har en overflateladning med jevn flateladningstetthet σ , men har ingen ladning innenfor. Betrakt et flatelement dA av overflaten (se figuren). Dette elementet utsettes for en kraft fra de øvrige overflate-ladningene. Det effektive feltet i overflaten er lik middelverdien av feltet like utenfor og feltet like innenfor overflaten. Bruk Gauss' sats til å beregne det effektive feltet i overflaten, og vis at kraften på dA er gitt av $dF = \frac{\sigma^2}{2\epsilon_0} dA$.



- d) En vanndråpe trekkes sammen pga sin overflatespenning (overflatespenning). Denne overflatespenningen fører til et overtrykk i dråpen gitt av $2\alpha/R$ der α er overflatespenningen og R er dråperadien. Vis at den totale ladningen som skal til for at trykket fra overflatespenningen skal oppheves av trykket fra de elektriske kreftene er

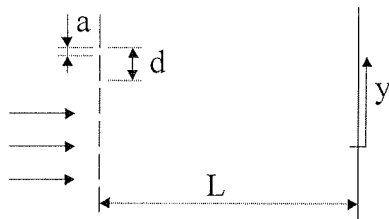
$$Q = 8\pi R \sqrt{\alpha \epsilon_0 R}$$

Beregn Q .

Opgitt: $\alpha = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m.

Oppgave 3

Et spektrometrigitter har spaltebredder a og spalteavstander d . Det sendes monokromatisk lys vinkelrett inn mot gitteret, og observasjon skjer på en skjerm i avstand L fra gitteret.



- a) Skisser lysfordelingen (relativ intensitet) som funksjon av avstanden y fra skjermens midtpunkt for følgende to tilfeller:
- Hele gitteret bortsett fra en spalte er tildekket.
 - Hele gitteret bortsett fra to nabospalter er tildekket.

- Angi hvilke parametre det er som bestemmer skalaen langs y -aksen.
- Hva må forholdet d/a være for at 3. ordens maksimum skal være så lyssvakt som mulig?
 - Under forutsetning av at betingelsene fra pkt b) er oppfylt, ønskes et gitter som sørger for at Na-dubletten ($\lambda_1 = 589,0$ nm og $\lambda_2 = 589,6$ nm) er oppløst (adskilt) etter Rayleighs kriterium i 2. orden. Hvor mange spalter N må gitteret minst ha for at dette skal oppnås? Illustrer med en skisse hva Rayleighs kriterium innebærer i dette tilfellet.
 - Hvis skjermen er 2 meter fra et gitter med 2000 spalter/cm, hva er da posisjonen på skjermen for de to hovedmaksima av 2. orden for Na-dubletten?

Oppgave 4

- Et 6 cm langt segment av en ledningstråd som fører en strøm på 7,2 A er i sin helhet plassert inne i et homogent magnetfelt på 0,900 T. Feltet øver en kraft på 0,36 N på tråden. Hva er vinkelen mellom tråden og magnetfeltet, og hva er retningen av kraften i forhold til retningene av magnetfeltet og strømmen?
- I et apparat for å demonstrere Hall-effekten går strømmen I i et metallstykke med lengde L , bredde w og tykkelse d . Strømmen går i retning av L , mens Hallspenningen ΔV måles over bredden w . Vis at tettheten av ladningsbærere med ladning e er gitt ved $n = \frac{IB}{e d \Delta V}$ der B er magnetfeltet i retning av d på tvers av metallstykket. Finn også ladningsbærernes driftshastighet v_d uttrykt ved ΔV , w og B . (Hint: Utnytt strømtettheten).

- c) Hall-apparaturen skal brukes til å kontrollmåle styrken av magnetfeltet fra pkt a). Det viser seg at når Hallproben settes i et kjent magnetfelt på 0,15 T, måles en Hallspenning på $\Delta V = 122$ mV. Med proben plassert i feltet fra a) blir $\Delta V = 720$ mV. Hvilken verdi gir dette for feltet i a)?
- d) Et ion med ladning q og masse m_1 akselereres ved hjelp av et elektrisk potensial V og treffer vinkelrett på feltlinjene i et homogent magnetfelt B . Ionet beveger seg i en halvsirkelbane med radius R_1 før det forlater magnetfeltet. Et annet ion med masse m_2 , men med samme ladning som det første, treffer magnetfeltet under de samme betingelsene og følger en halvsirkelbane med radius R_2 . $R_2/R_1 = 1,4$. Hva er forholdet mellom banehastighetene v_2 og v_1 av de to ionene, og hva er forholdet mellom massene m_2 og m_1 ?