

NTNU
 Institutt for Fysikk

Faglig kontakt under eksamen:
 Bård Tøtdal, tlf 73593594

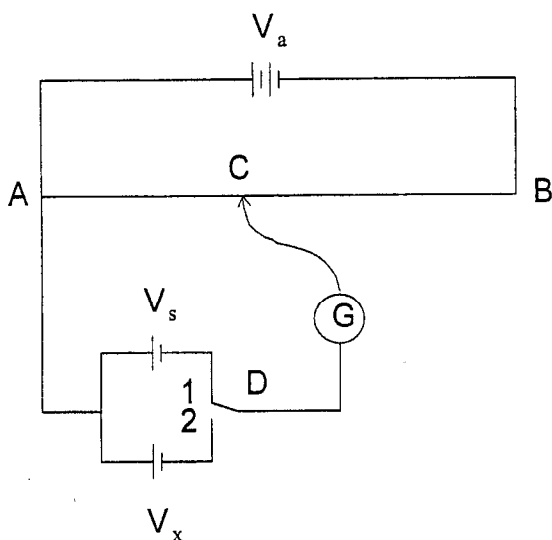
Eksamen i SIF4003 Fysikk
for studenter ved geofag og petroleumsteknologi
12. desember 2001.

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

Figuren viser et potensiometer til måling av potensialforskjeller ved sammenligning med en standard spenningskilde $V_s = 1,02$ V. Akkumulatoren med elektromotorisk spenning



$V_a = 4,00$ V og indre resistans $R_a = 0,030$ Ω gir stasjonær strøm til den homogene og jevntykke motstandstråden ACB som er $L = 1,000$ m lang. Tråden har tverrsnittsareal $S = 0,200$ mm² og resistivitet $\rho = 0,424 \cdot 10^{-6}$ Ω m. Mellom bryteren D og skyvekontakten C er det skutt inn et fintfølede amperemeter (galvanometer) G.

- Hvor stor er resistansen R av motstandstråden ACB?
- Bryteren D settes først i posisjon 1, slik at standard spenningskilde V_s er innkoblet. Skyvekontakten C flyttes langs AB inntil det ikke går strøm i galvanometeret G.

$$\text{Vis at da er } AC = \frac{V_s(\rho L + SR_a)}{V_a \rho}$$

- Med bryteren D i posisjon 2, slik at den ukjente elektromotoriske spenning V_x er innkoblet, blir galvanometeret strømløst når $AC = 0,763$ m. Hvor stor er den ukjente elektromotoriske spenning V_x ?
- Den ukjente spenningskilden med elektromotorisk spenning V_x tas ut av potensiometeret. Med et voltmeter med indre resistans $R_0 = 300$ Ω måles spenningen $V_0 = 2,95$ V over den ukjente spenningskildens polklemmer. Hvor stor er den ukjente spenningskildens indre resistans R_x ?
- Parallelt med voltmeteret i oppgave d) kobles en motstand R_e . Voltmeteret og motstanden danner da den ytre krets for spenningskilden. Hvor stor må resistansen R_e være hvis effekten P utviklet i den ytre krets skal være størst mulig? Hvor stor er da den største effekt P, og hva er da den effekten P_x som blir til varme i spenningskilden?

Oppgave 2

En oscillator består av en masse $m = 5,00$ kg som kan bevege seg friksjonsfritt på et horisontalt underlag og som er festet til en horisontal fjær med fjærkonstant k . Den andre enden av fjæren er festet til et fast punkt. Til oscillatoren hører også en dempeanordning der dempningskraften er proporsjonal med hastigheten og har dempningskonstant b .

- a) Når oscillatoren svinger fritt, har den en svingetid (periode) på 21 s. Hvis dempeanordningen er frakoblet (dvs for $b = 0$), blir svingetiden redusert til 20 s. Finn dempningskonstanten b og fjærkonstanten k .
- b) Den svingende massen (med dempeledd) påtrykkes en periodisk ytre kraft

$$F = F_0 \cdot \cos(\omega_f t)$$

med amplitude $F_0 = 1,00$ N.

Still opp bevegelsesligningen for oscillatoren, og vis at

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega_f t + \alpha)$$

oppfyller bevegelsesligningen for bestemte A og α .

Vis at

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{b^2 \omega_f^2 + (k - m \omega_f^2)^2}}$$

(Hint: Sammenlign sinus- og cosinusledd hver for seg).

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

$$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$$

$$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$

- c) For hvilken verdi av vinkelfrekvensen ω_f er amplituden A størst?
- d) Finn den midlere effekt som omsettes til varme i dempningsanordningen når $\omega_f = 0,400 \text{ s}^{-1}$.
- e) Ved et visst tidspunkt blir den ytre kraften F frakoblet. Hvor lang tid tar det før utsvingsamplituden har sunket til det halve?

Oppgave 3

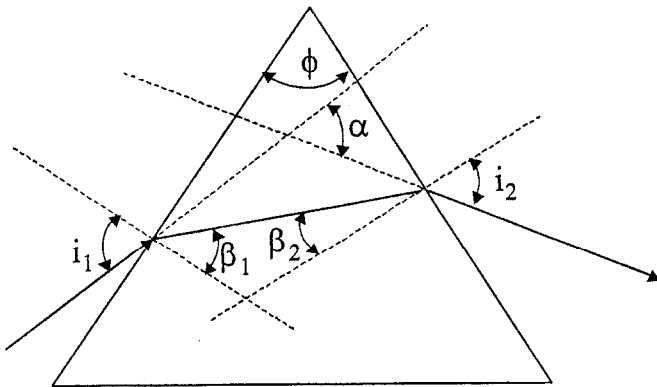
En lang hul metallsyylinder med indre radius a og ytre radius b er plassert konsentrisk inne i en lang hul metallsyylinder med indre radius c og ytre radius d . Vi tilfører indre syylinder en ladning λ_1 per lengdeenhet og ytre syylinder en ladning λ_2 per lengdeenhet. Vi ser bort fra spreddefelter ved endene av sylindrene.

- a) Finn elektrisk feltstyrke $\vec{E}(\vec{r})$ som funksjon av den radielle avstand r fra syylinderaksen. Skisser $E(r)$ kvalitativt i en graf.
- b) Finn ladning per lengdeenhet på henholdsvis inner- og ytterflaten av den ytre syylinderen.
- c) Finn kapasitans per lengdeenhet for kondensatoren som dannes av sylindrene.
- d) Hva blir lagret energi per lengdeenhet i kondensatoren som dannes av sylindrene?
- e) Vi setter en plugg med lengde s av isolerende materiale med relativ dielektrisitetskonstant κ inn mellom de to sylindrene. Pluggen fyller hulrommet mellom sylindrene helt i dette området. Hva blir endringen i potensiell energi for kondensatoren som dannes av sylindrene?

- f) Når pluggen settes inn, blir den påvirket av en kraft fra kondensatoren ved at den potensielle energien endres. Hvilken vei virker kraften, og hvor stor er den?
- g) En massiv sylindrisk plugg med de samme dielektriske egenskaper og samme lengde som pluggen i pkt e, men med ytre radius a , blir satt inn i hulrommet i den indre sylindere.
- Hva blir endringen i systemets potensielle energi da?

Oppgave 4

Lys med bølglengde λ kommer inn mot et likesidet glassprisme under vinkelen i_1 med innfallsloddet. Prismets brytningsindeks er n , og mediet omkring er luft (vakuum).



- a) Still opp Snells brytningslov for strålen inn i og ut av prismet. Vis at prismets "brytende vinkel" $\phi = \beta_1 + \beta_2$ og at avbøyningsvinkelen $\alpha = i_1 + i_2 - \phi$.
- b) Vis at ved symmetrisk strålegang, som gir minst avbøyning $\alpha = \alpha_{\min}$, er brytningsindeksen

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_{\min} + \phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}$$

- c) Ved måling med lys av tre forskjellige bølglengder finner vi at $\lambda_1 = 404,7 \text{ nm}$ gir $\alpha_{\min} = 46,5^\circ$, $\lambda_2 = 480,0 \text{ nm}$ gir $\alpha_{\min} = 45,2^\circ$ og $\lambda_3 = 589,3 \text{ nm}$ gir $\alpha_{\min} = 44,2^\circ$. Alle bølglengdene refererer seg til luft. Hvilke brytningsindekser svarer til lys med de nevnte tre bølglengdene?
- d) Skisser grafen av dispersjonskurven $n = n(\lambda)$ og beregn fra observasjonene konstantene A og B i Cauchys dispersjonsformel
- $$n = A + B/\lambda^2$$
- som vi antar gjelder for våre observasjoner.
- e) En massiv sylindrisk glass-stav er 30 cm lang og har diameter 2 cm. Dens brytningsindeks er 1,53. Endene av staven er vinkelrett på sylinderaksen. Lys kommer fra luft og treffer sentrum av stavens ende. Hva er maksimal innfallsvinkel hvis lyset skal totalreflekteres inne i staven?
- f) Hva blir maksimal innfallsvinkel som kan gi totalrefleksjon inne i staven hvis staven er helt neddykket i vann med brytningsindeks 1,33?