

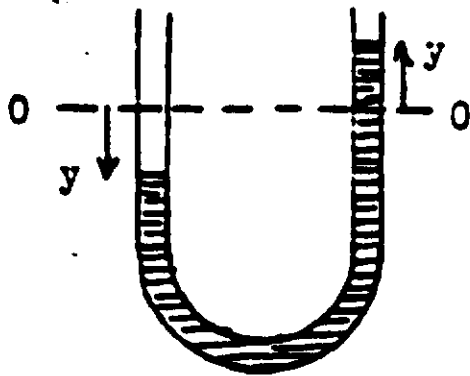
UNIVERSITETET I TRONDHEIM  
NORGES TEKNISKE HOGSKOLE  
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:  
Navn: Ola Hunderi  
Tlf.: 3411

EKSAMEN I FAG 74140/70540 FYSIKK  
Avd. III (Bygg)  
Mandag 27. august 1990  
Tid: kl. 0900-1500

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  
C. Barrett/T.M. Crown: Mathematical  
Formula

### Oppgave 1



Et tynt glassrør med tverrsnitt  $A$  har form som vist på figuren, og er festet slik at sidegrenene er stilt vertikalt. Væskesøylen totale lengde er  $l$  ( $l \gg \sqrt{A}$ ), og når den er i likevekt fyller den røret til nivået 0-0. Væskens massetetthet er  $\rho$ , det totale væskevolumet settes lik  $A \cdot l$ , og tyngdens akselerasjon er  $g$ . Væskesøylen trekkes så ut av likevektsstillingen for deretter å slippes slik at den kan svinge fritt.

Vi regner væskehastigheten  $v$  som uniform over rørtverrsnittet og antar at friksjonskraften  $F_R$  mot bevegelsen i rimelig tilnærming kan skrives som

$$F_R = -a \cdot l \cdot v$$

der  $a$  er en proporsjonalitetskonstant.

- a) Vis at kraften som virker på væskesøylen og som trekker søylen tilbake mot likevekt er proporsjonal med forskyvningen  $y$  ut fra likningsstillingen. Vis at bevegelsesligningen for væskesøylen utsving  $y(t)$  får formen

$$\ddot{y} + 2\gamma\dot{y} + \omega_0^2 y = 0$$

og uttrykk  $\omega_0$  og  $\gamma$  ved de oppgitte størrelser.

- b) Skriv ned løsningen av denne differensialligningen. For hvilke verdier av væskesøylens lengde  $l$  blir bevegelsen underdempet, kritisk dempet og overdempet?
- c) Proporsjonalitetskonstanten  $\alpha$  avhenger både av væskens egenskaper og av rørets geometri. Med vann i røret skal en bestemme søylelengden  $l_c$  som gir kritisk demping når

$$\rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 0,38 \text{ cm}^2 = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s} = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ Ns/m}^2$$

- d) I en underdempet svingning vil maksimalutsvinget bli mindre for hver periode. Bestem forholdet mellom to påfølgende maksimalutsving uttrykt ved  $\gamma$  og  $\omega_0$ . Hva blir forholdet når  $l = 1 \text{ m}$  og tallverdien forøvrig er som gitt under pkt. c)?

## Oppgave 2

En stor, gammeldags panelovn med dimensjoner  $145 \text{ cm} \times 55 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$  er montert i et rom, vertikalt på veggen. Panelovnen avgir varme til rommet, dels ved direkte varmeovergang til den omgivende lufta, dels ved stråling. Se bort både fra de smale kantene rundt ovenen og fra andre randeffekter. Anta dessuten (foreløpig) at ovnen er isolert på baksida. All varmestrøm skjer da ut fra forsidas overflate. Anta videre at lufta og rommet forøvrig har den konstante temperaturen  $T_0$  og at ovnens omgivelser kan oppfattes som absolutt svarte med hensyn til varmestråling. Panelovenens overflatetemperatur (konstant over hele forsida) er  $T$  og dens emisjonskoeffisient  $\epsilon$ .

- a) Skriv ned uttrykket for ovnens energitap pga. emittert stråling. Hvor mye energi pr. sekund blir ovnen tilført pga. stråling fra omgivelsene? Vis at det totale energitapet fra ovenen kan skrives som

$$J = A\epsilon\sigma(T^4 - T_0^4) + A\alpha(T - T_0) \quad (1)$$

der  $\sigma$  er Stefan-Boltzmanns konstant,  $\alpha$  er varmeovergangstallet, og  $A$  er ovnens overflate.

- b) Beskriv kort og kvalitativt hva varmeovergangstallet  $\alpha$  representerer, slik det er brukt i ligning (1). Hvordan vil størrelsen av ovnens overflate  $A$  innvirke på ovnens overflatetemperatur og dermed på den relative betydning av de to leddene i (1), når  $J$  er konstant og  $A$  varierer?
- c) Når ovnen står på 2, er  $J = 600 \text{ W}$ . Beregn ovnens overflatetemperatur  $T$  når  $T_0 = 293 \text{ K}$  og vi bruker tilnærmelsen

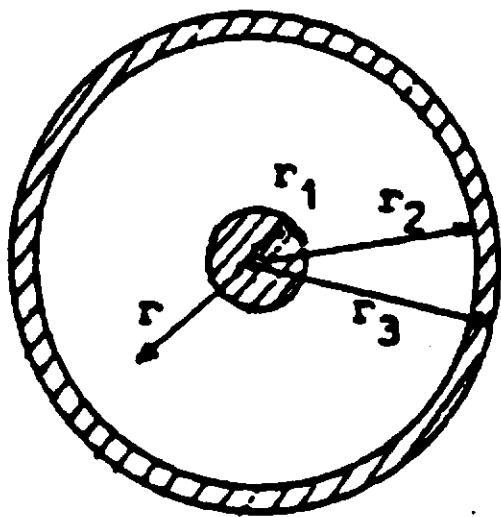
$$T^4 - T_0^4 \approx 4(T_0 + \Delta T)^3(T - T_0)$$

med  $\Delta T = 30 \text{ K}$ . Hvor stor del av ovnens energitap skyldes stråling? Kontroller til slutt om tilnærmelsen ovenfor er rimelig i dette tilfellet.

- d) Anta nå at ovnens bakside ikke lenger er isolert, men at ovnen er lik på begge sider. Diskuter kort og kvalitativt hvilken innvirkning denne endringen vil ha på energitapet ved stråling, på energitapet ved varmeovergang, og på ovnens overflatetemperatur.

Oppgitt:  $\epsilon = 0,90$ ;  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ WK}^{-4} \text{ m}^{-2}$ ;  $\alpha = 5,0 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-2}$

### Oppgave 3



En metallisk, ledende kule har radius  $r_1$ . Omkring kula ligger konsentrisk med kula, et ledende kuleskall med indre og ytre radier henholdsvis  $r_2$  og  $r_3$ . I rommet mellom kula og kuleskallet er det vakuum.

- a) Kula har en positiv ladning  $Q$ , mens kuleskallet er nøytralt. Skriv opp Gauss lov og bruk den til å utlede et uttrykk for feltstyrken  $E$  som funksjon av  $r$  fra  $r = 0$  til  $r > r_3$ . Tegn en figur som viser  $E$  i området fra  $r = 0$  til  $r > r_3$ .
- b) Kula nøytraliseres, og kula og kuleskallet forbindes til hver sin pol på en spenningskilde, og lades som en kondensator til spenning  $U$ . Finn ved utledning et uttrykk for kondensatorens kapasitans  $C_1$ . Sett deretter inn tallverdiene:
- $r_1 = 2,0 \text{ cm}$   
 $r_2 = 2,5 \text{ cm}$   
 $U = 100 \text{ V}$
- og beregn tallverdien av kapasitansen  $C_1$ , samt ladningen  $Q_1$ .
- c) Anta at  $r_2$  er mye større enn  $r_1$  og finn en formel for kapasitansen av en metallkule med radius  $r_1$  opphengt i stor avstand fra omgivelsene. Regn spesielt ut kapasitansen for en slik kule med radius  $r_1 = 10 \text{ cm}$ .
- d) I feltet i en kulekondensator plasserer man en elektrisk dipol i avstand  $r$  fra sentrum. Dimensjonene av dipolen er små sammenliknet med  $r$ . Dipolmomentet er  $M$ . Dipolen innstiller seg med aksen i feltretningen. Finn et uttrykk for den kraft som kondensatorfeltet utøver på dipolen når kondensatoren har en ladning  $Q$ .

Oppgitt:  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}}$