

V

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR ALMEN FYSIKK

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

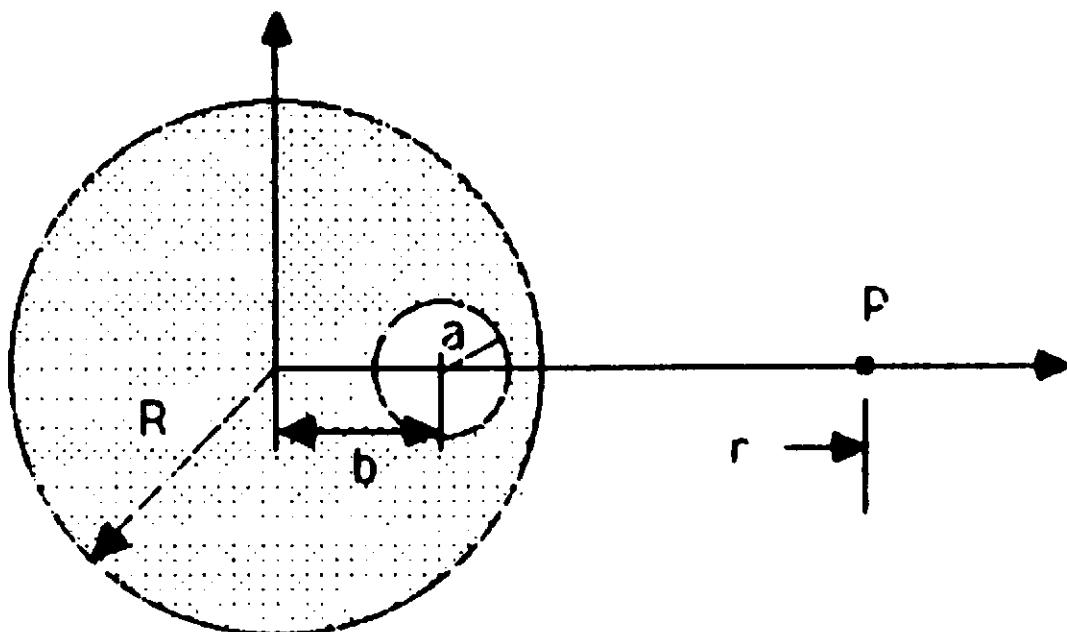
EKSAMEN I FAG 70540 FYSIKK
Avd. III (Bygg)
24. august 1987
Tid: kl. 0900-1600 .

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

En kule med radius R og permittivitet $\epsilon = \epsilon_0$ har fri ladning $Q > 0$ jevnt fordelt over hele volumet. Utenfor kulen er det luft (vakuum).

- Hvor stor er ladningstettheten ρ (ladning pr. volumenhet) av frie ladninger i kulen?
- Finn elektrisk feltstyrke E og potensial V utenfor kulen som funksjon av avstanden r fra sentrum.
- Finn elektrisk feltstyrke E og potensial V som funksjon av r inne i kulen?



Ladningen fjernes fra en sfærisk kavitet i kula slik som vist i figuren. Vis at feltstyrken i sentrum av denne kaviteten er den samme som før vi fjernet ladningen.

- e) Vis at feltstyrken i et punkt P utenfor kula på akse gjennom kulas sentrum og kavitets sentrum (se figuren) er gitt av

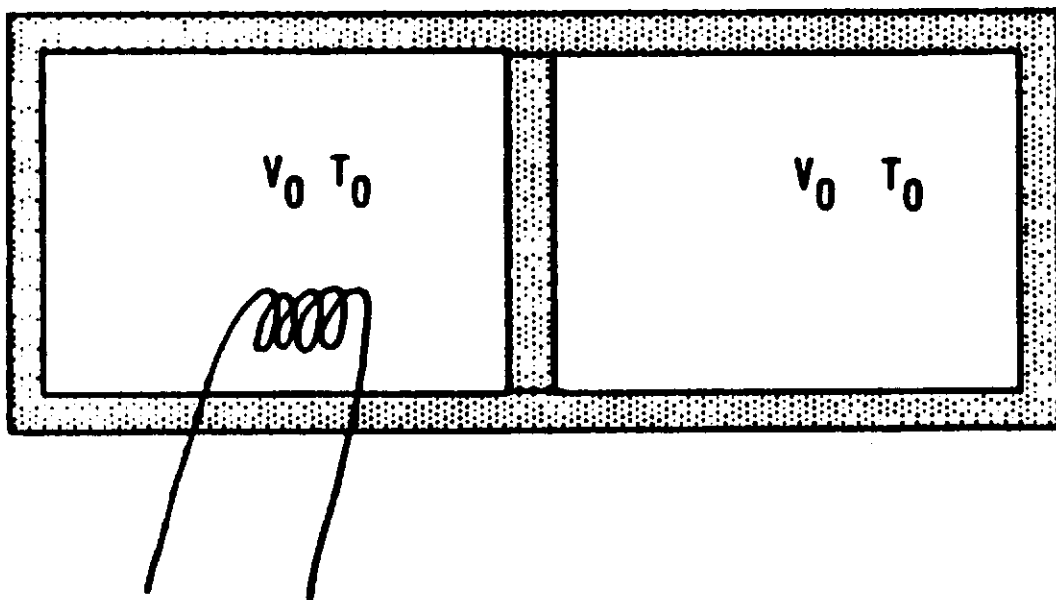
$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{(a/R)^3}{(r-b)^2} \right) \hat{r}$$

\hat{r} er her en enhetsvektor langs akse gjennom kulas og kavitets sentrum. De andre størrelsene framgår av figuren.

HINT: Bruk superponering av felt i d) og e).

Oppgave 2

Figuren viser en sylinder med varmeisolerende vegger og et tette sluttende, friksjonsløst stempel som hindrer masse- og varmetransport mellom de to lukkede volumene. I hvert volum er det $n = 2$ mol med nitrogen (N₂). Gassen oppfattes som ideell og begynnelsetilstanden karakteriseres ved at vi har likevekt ved temperaturen 25°C. Ved hjelp av en elektrisk glødespiral tilføres varme langsomt til venstre gassvolum inntil forholdet mellom det nye trykket og trykket i begynnelsetilstanden har antatt verdien 27/8. Molar varmekapasitet ved konstant volum settes lik 20.7 J/mol·K for N₂. I oppgaven antas for enkelhets skyld at $\gamma = C_p/C_v = 1.50$.



- Forklar hvilken verdi en egentlig skulle vente for forholdet γ når en gass er ideell.
- Beregn volum og temperatur i de to delene etter oppvarmingen uttrykt ved henholdsvis V_0 og T_0 .
- Beregn arbeidet som utføres på gassen i høyre gassvolum.
- Beregn den totale energitilførselen til cylinderen.

Oppgave 3

I tilknytning til en industriell produksjonsprosess skal det vurderes å bruke kuleformede stålbeholdere for lagring av en oppvarmet væske.

Temperaturen på væsken skal holdes på $T_1 = 70^\circ\text{C}$ ved hjelp av termostatstyrte varmeelementer, og beholderne skal plasseres i utsprengte fjellhaller hvor lufttemperaturen $T_2 = 10^\circ\text{C}$. Innvendig (r_1) og utvendig (r_2) radius på beholderveggene skal være $r_1 = 2.0\text{ m}$ og $r_2 = 2.10\text{ m}$. Innvendig og utvendig overflate er på henholdsvis væske- og lufttemperatur. Varmeledningsevne for stål er gitt ved $\lambda = 58\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Vi ser bort fra varmeovergangsmotstanden fra utsiden av beholderen til omgivelsene.

- a) Forklar kort hvorfor det kan være gunstig å benytte kuleformede beholdere.
- b) Beregn temperaturen som funksjon av radius r for en beholder med en massiv stålvegg. Hvor stor effektilførsel er nødvendig for å holde temperaturen i væsken på 70°C ?
- c) En forsøksbeholder konstrueres av to konsentriske, tynne kuleskall. Hvilke transportmekanismer vil gjøre seg gjeldende ved forskjellige innbyrdes avstander mellom kuleskallene? (I c) og d) neglisjeres skalltykkelse samt varmeledning gjennom avstiverne mellom skallene).
- d) Lufta mellom kuleskallene til beholderen under c) pumpes ut. Beregn varmetapet for en beholder av denne typen og sammenlign med svaret under b). Emisjonsevnen for stål gitt som $\epsilon = 0.7$ og Stefan-Boltzmanns konstant er lik $\sigma = 3,67 \cdot 10^{-8}\text{ W/m}^2\text{K}^4$.