

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for fysikk

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Ola Hunderi

Tlf.: 93411

**EKSAMEN I FAG TFY 4130 – FYSIKK**

Fakultet for Naturvitenskap og teknologi

7 august 2004

Tid: 0900 – 1300

Tillatte hjelpemidler: C - Typegodkjent kalkulator, med tomt minne

O.Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

K. Rottmann: Matematische Formelsammlung

S. Barrett og T.M. Cronin: Mathematical Formulae

O. Øgrim og E. Lian: Fysiske størrelser og enheter

Vedlegg: Formler i emne TFY4130

Oppgavesettet er utarbeidet av : Professor Ola Hunderi og professor Anne Borg

---

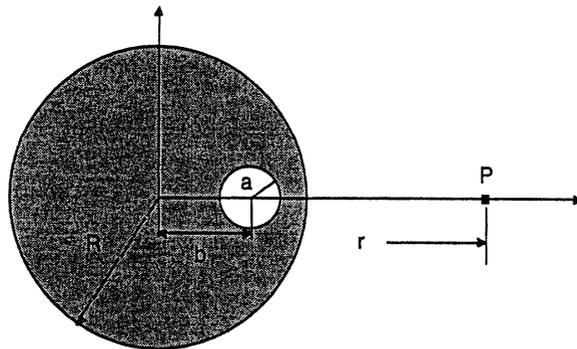
**Bokmål**  
**Sensuren faller i uke 34**

**Oppgave 1**

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

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

- d) 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 aksen gjennom kulas sentrum og kavitetens sentrum (se figuren) er gitt av

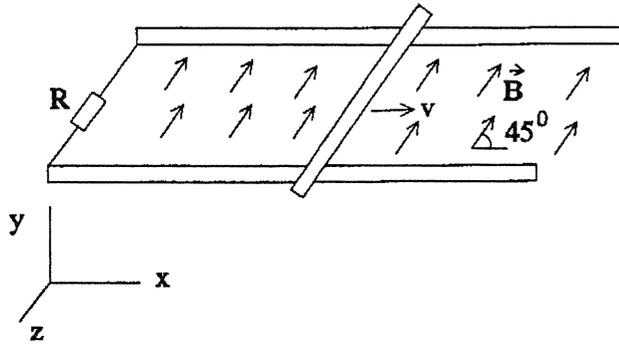
$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r^2} - \frac{(a/R)^3}{(r-b)^2} \right) \hat{r}$$

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

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

## Oppgave 2

En ledende stav kan gli friksjonsfritt på to parallelle skinner slik som vist på figuren. Skinnene er i ene enden forbundet gjennom en motstand R, slik at systemet danner en lukket strømsløyfe som vist på figuren.



Sløyfa ligger i  $x$ - $z$ -planet (horisontalplanet) med skinnene langs  $x$ -aksen. Avstanden mellom skinnene er  $L$ . Systemet befinner seg i et magnetfelt  $B$ . Magnetfeltet ligger i  $x$ - $y$ -planet og danner  $45^\circ$  med sløyfas plan.  $B_x = B_y > 0$ ,  $B_z = 0$ . Styrken av magnetfeltet er  $B$ .

- a) Beregn fluksen gjennom sløyfa som funksjon av posisjonen  $x$  til staven.  $x$  regnes fra sløyfas venstre kant.

Staven beveges med en konstant hastighet  $v$  mot høyre (se figur). Beregn strømmen i sløyfa. Angi retningen av strømmen.

- b) På grunn av strømmen i sløyfa og det ytre feltet  $B$  vil det virke en kraft på staven. Angi størrelse og retning av denne kraften. Angi også den mekaniske effekt vi må bruke for å bevege staven og sammenlign denne med den Ohmske varmeutviklingen i motstanden  $R$ .
- c) Kraften under b) vil også ha en vertikal komponent. For tilstrekkelig stor verdi av  $B$  vil den vertikale kraften bli så stor at staven et lite øyeblikk vil lette fra skinnene. Beregn denne verdien når stavens masse er  $m$  og tyngdens akselerasjon er  $g$ .
- d) Vi skal så se på hvordan et magnetfelt kan brukes til å holde gjenstander svevende, f.eks. et tog på "magnetiske skinner". Dette kalles magnetisk levitasjon. I det homogene magnetfeltet over et strømførende plan plasseres en leder parallelt med strømrretningen i planet. Anta nå at planet setter opp et felt  $B = 2,0$  T. Hvilken strøm må sendes gjennom lederen for at kraften på den skal bli stor nok til å løfte 1 tonn pr. meter av lederen? I hvilken retning må strømmen gå?

Opgitt:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T A}^{-1} \text{ m}$   
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

- e) En vekselstrømskrets består av en vekselspenningskilde som gir ut en spenning med effektivverdi  $20\text{V}$  og frekvens  $f=5.00$  kHz, en motstand med resistans  $150$  W, en spole med induktans  $5,00$  mH og en kondensator med kapasitans  $0,500$  mF. Beregn impedansen  $Z$  og fasevinkelen  $d$  for kretsen. Hva er effektivverdien av strømmen i kretsen?

### Oppgave 3

- a) En streng er fastspent i begge ender. Skisser utsvinget for grunntonen og første overtone. Vis på figurene, eller forklar med ord, hvilke punkter på strengen som svinger i fase med hverandre.
- b) Ei stemmefløyte spiller kammertonen som har frekvensen 440 Hz. Fløyta er lukket i den ene enden. Hvor lang er fløyta? Skisser utsvinget for grunntonen og første overtone. Forklar kort figuren du skisserer.
- c) En fiolin skal stemmes etter fløyta. Strengen er 32 cm lang mellom de fastspente punktene og masse pr. lengdeenhet er  $5,0 \cdot 10^{-4}$  kg/m. Hva blir strekket i strengen?
- d) To fiolinister stemmer instrumentene. Den ene har en litt annen frekvens enn den andre. Forklar hvordan dette vil høres. Hva kalles denne effekten?

Oppgitt: Lydhastigheten i luft:  $v = 334$  m/s

- e) Multiple choice spørsmål. Riktig svar gir 3 poeng, galt svar gir -1 poeng, ubevart gir 0 poeng. Presenter svarene dine i en enkel tabell.
- 1) Vi ser på en partikkel i et harmonisk oscillator potensial Da vil avstanden i energi mellom to nabonivåer:
- øke lineært med kvantetallet.
  - øke kvadratisk med kvantetallet
  - være konstant
  - avta lineært med kvantetallet
- 2) En partikkel er i en tredimensjonal boks med sidekanter  $L_1$  og  $L_2=L_3=2L_1$ . En tilstand har energien  $2.25 E_1$  der  $E_1 = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL_1^2}$ . Degenerasjonsgraden for tilstanden er:
- 1
  - 2
  - 3
  - 5

- 3) Vi skal se på refleksjon av partikler fra en potensialbarriere. En fri partikkel med masse  $m$  beveger seg mot høyre. For  $x < 0$  er potensialet 0. Ved  $x = 0$  endres potensialet plutselig til verdien  $-U_0$ . Potensialet har verdien  $-U_0$  for alle verdier  $x \geq 0$ . Den innkommende partikkelen har energien  $2U_0$ . Hvor mange partikler vil bli reflektert dersom vi sender 1 million partikler inn mot barrieren?
- a) 18230.
  - b) 120
  - c) 10205
  - d) 256050
- 4) Energien i grunntilstanden til dobbelt ionisert Litium ( $Z=3$ ), er, med  $E_0=13.6$  eV
- a)  $-9E_0$
  - b)  $-3E_0$
  - c)  $-E_0/9$
  - d)  $-E_0/3$