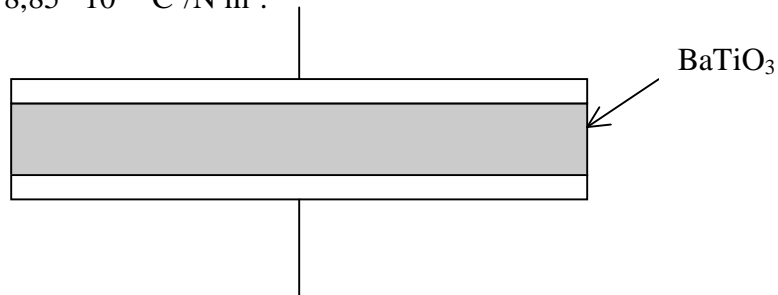


TFY 4240
Øving 2 2006

Oppgave 1

- a) Den maksimale energi som kan lagres i feltet i en kondensator er blant annet begrenset av at vi får gjennomslag i isolerende materialer ved tilstrekkelig store feltstyrker. BaTiO_3 er ett av de beste materialene i så henseende. Den maksimale feltstyrke er, før vi får gjennomslag i dette materialet, $300 \cdot 10^6 \text{ V/m}$. Beregn feltenergien lagret i en kondensator der isolasjonsmaterialet er BaTiO_3 og som er ladet til et felt på $250 \cdot 10^6 \text{ V/m}$. Se Figur 1.1. Anta at volumet av kondensatoren, dvs. det området der vi har felt, er 1 liter. Den relative dielektrisitetskonstant for BaTiO_3 er $\epsilon_r = 1200$.

Oppgitt: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$.



Figur 1.1

Sammenlign dette med energiinnholdet pr. liter i et 12 Volts bilbatteri som vi kan trekke 50 amperetimer fra. Volumet av batteriet er 6 l. 50 amperetimer betyr at vi kan trekke for eksempel 50 A i en time fra batteriet, eller 1 A i 50 timer osv.

Problem 1

English

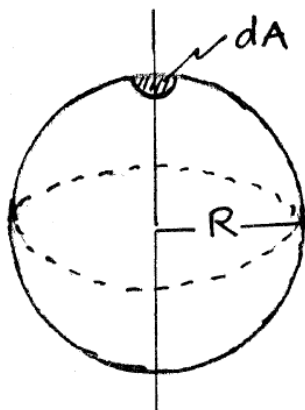
- b) The maximum energy that can be stored in the electric field in a capacitor is, amongst others limited by electric breakdown in the insulating material in the capacitor. BaTiO_3 is one of the best materials in this context. The maximum field strength before breakdown is $300 \cdot 10^6 \text{ V/m}$. Calculate the field energy stored in a capacitor where the insulating material is BaTiO_3 charged to a field of

$250 \cdot 10^6$ V/m. See Figure 1.1. Suppose we have a condenser of 1 litre volume. The relative dielectric constant for BaTiO_3 is $\epsilon_r = 1200$.

Given: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$.

Compare this with the energy content per litre of a 12 volt car battery, where we can draw 50 Amperehours. 50 Amperehours mean that we can draw 50 A for one hour, or 1 A in 50 hours. The volume of the battery is 6 litre.

Oppgave 2



- a) En sfærisk vanddråpe har radius $R=5 \cdot 10^{-4}$ cm. Dråpen har en overflateladning med jevn tetthet σ . Betrakt et element av overflaten dA (se figuren). Dette elementet utsettes for en kraft fra de resterende overflateladningene. Feltet i selve overflaten er lik middelveiden av feltet like utenfor og like innenfor overflaten. Gi en begrunnelse for at dette er tilfelle. Bruk så Gauss lov til å beregne feltet i overflaten og vis at kraften på dA er gitt av:

$$dF = \frac{\sigma^2}{2\epsilon_0} dA$$

- b) En vanddråpe trekkes sammen på grunn av sin overflatespenning. Denne overflatespenningen fører til et overtrykk inne i dråpen gitt av $\delta p = 2\alpha/R$ der α er overflatespenningen og R dråpens radius. Vis at den totale ladning som skal til for at overtrykket fra overflatespenninga skal oppheves av "trykket" fra de elektriske kreftene er gitt av:

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

Beregn verdien av Q.

Oppgitt $\alpha = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$

Problem 2

English

a) A spherical water droplet has a radius $R = 5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$. The droplet has a surface charge with surface charge density σ . Consider a surface element dA (see the figure) This element feels a force from the rest of the surface charge. The field in the surface itself is equal to the average of the field just inside and outside of the droplet surface. Explain why this is so. Then use Gauss law to calculate the field in the surface and show that the force on A is given by:

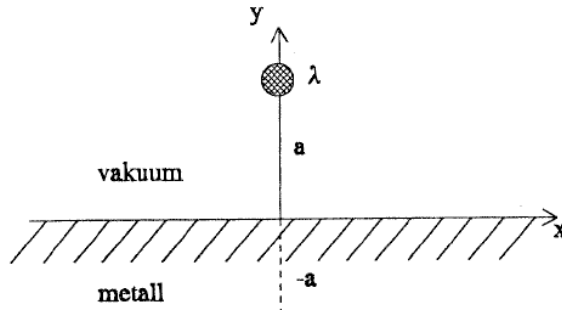
$$dF = \frac{\sigma^2}{2\epsilon_0} dA$$

b) A spherical water droplet contracts due to its surface tension. This leads to an overpressure inside the droplet given by $\delta p = 2\alpha/R$ where α is the surface tension and R the radius. Show that the total charge necessary to balance the electric forces and the force from the surface tension is given by:

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

Oppgave 3

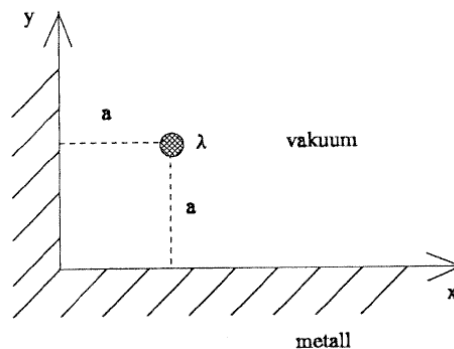
- a) Betrakt en uendelig lang sylinder/tråd som gis en ladning per lengdeenhet lik λ . Bruk Gauss' lov til å finne det elektriske feltet i en vilkårlig avstand fra linjeladningen. Finn også potensialet $V(r)$ der r er avstanden fra linjeladningen.
- b) Et metallisk plan dekker nå hele xz planet. Linjeladningen plasseres parallelt med z -aksen i avstand a fra xz -planet (Se figur 1)



Figur 1

Bruk speilingsprinsippet til å finne feltet og potensialet i rommet ovenfor metallplanet, dvs. for $y > 0$. Finn også den induerte ladning på metallplata.

- c) Metallplanet erstattes av to metallplan slik som vist på figur 2. Forklar hvordan man kan bruke speilingsprinsippet i dette tilfellet også. Beregn felt og potensial i dette tilfellet også, samt induert ladning på de to metallplatene.



Figur 2

- d) Anta nå at vinkelen mellom de to plan ikke er 90° . Er det fortsatt mulig å bruke speilingsprinsippet, og i tilfelle for hvilke vinkler mellom de to plan er det mulig?

Problem 3

English

a) Consider an infinitely long straight wire that has been given a charge density λ per meter. Use Gauss law to calculate the electric field E and the voltage V as a function of the distance from the wire.

b) and c) These problem are identical to problems 3.9 and 3.10 in the textbook.