Institutt for fysikk, NTNU
TFY4150/FY1303/SIF4012/MNFFY103: Elektrisitet og magnetisme
Høst 2003

Sammendrag, uke 38 (18. og 19. september)

Elektriske ledere [AF 25.5; LHL 19.2, 19.8; G 2.5]

I forelesningene beviste vi følgende 6 viktige resultater hva angår elektrisk felt og fordeling av netto ladning på en elektrisk leder i *elektrostatisk likevekt*:

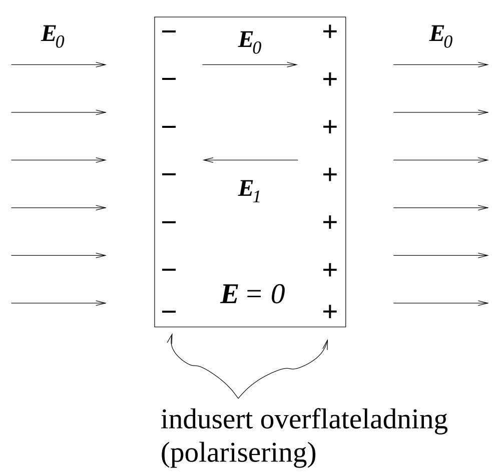
1. Inne i lederen er $\boldsymbol{E} = 0$.
2. Det er null netto ladning inne i lederen.
3. All netto ladning fordeler seg på overflaten av lederen.
4. På lederens overflate står det elektriske feltet normalt på overflaten.
5. Hele lederen, både inni og på overflaten, har samme verdi av det elektriske potensialet V, dvs lederen er et *ekvipotensial*.
6. På lederens overflate er det elektriske feltet $E = \sigma/\varepsilon_0$, der σ er ladning pr flateenhet på lederens overflate.

Leder med hulrom

- $E = 0$ inne i hulrommet (hvis det ikke er noe ladning der)
- All netto ladning fordeler seg da på lederens *ytre* overflate

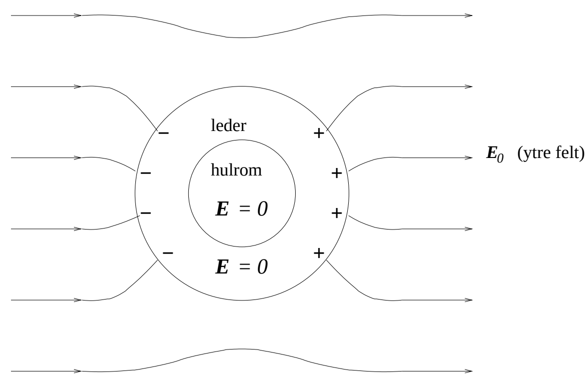
Leder i ytre felt

Ytre felt $\boldsymbol{E}_0$ påvirker fri ladninger i lederen med elektrisk kraft. Disse ladningene beveger seg til lederens overflate slik at *indusert felt* $\boldsymbol{E}_1$ akkurat kansellerer ytre ("påtrykt") felt: $\boldsymbol{E}_1 = -\boldsymbol{E}_0$. Dermed blir totalt elektrisk felt $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{E}_0 + \boldsymbol{E}_1 = 0$ inne i lederen.



Leder med hulrom i ytre felt

Elektrostatisk felt inne i hulrom i leder plassert i ytre felt $\boldsymbol{E}_0$ er lik null:



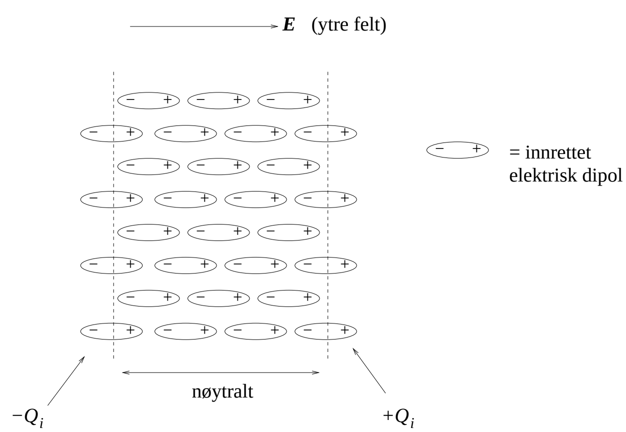
Dvs: Inne i hulrommet har vi elektrostatisk *skjerming* mot det ytre feltet.

Elektrisk polarisering. Dielektrika. [AF 25.6, 25.7; LHL 20.5; G 4.1]

Isolator: Ingen mobile (frie) ladninger (men *bundne* ladninger)
Dielektrikum: Polariserbar isolator

Plasseres et dielektrikum i et ytre elektrisk felt $\boldsymbol{E}$, får vi innretting av elektriske dipoler langs $\boldsymbol{E}$. (Eventuelt polarisering internt i atomer og upolare molekyler som i utgangspunktet har null elektrisk dipolmoment.)

Netto (makroskopisk) effekt av det ytre feltet:
Forskyvning av bundne ladninger



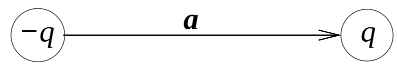
$\pm Q_i$ = indusert nettoladning på isolatorens overflater

Polarisering = dipolmoment pr volumenhet:

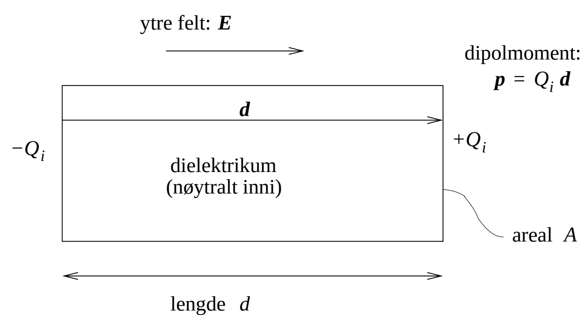
$$\boldsymbol{P} = \frac{\boldsymbol{p}}{V}$$

Elektrisk dipolmoment (repetisjon!):

$$\boldsymbol{p} = q\boldsymbol{a}$$



Dielektrikum i ytre felt $\boldsymbol{E}$:



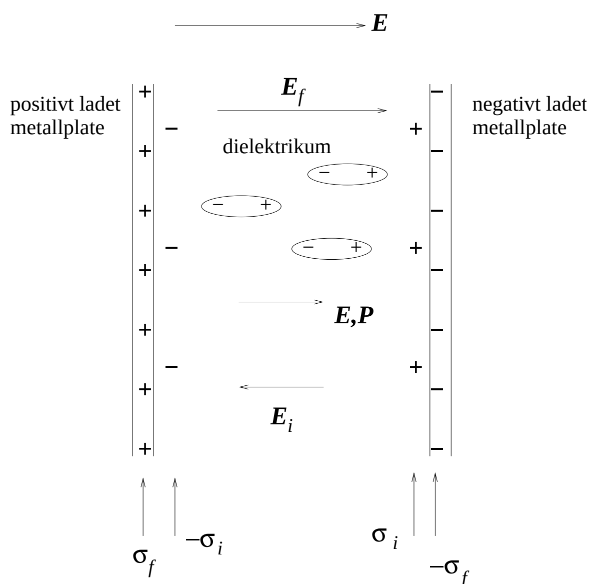
Volum: $V = Ad$
Tetthet av indusert overflateladning: $\sigma_i = Q_i/A$

Dermed:
Totalt dipolmoment: $p = |\boldsymbol{p}| = Q_i d = \sigma_i A d = \sigma_i V$
Polarisering: $P = |\boldsymbol{P}| = p/V = \sigma_i$

Generelt: $\boldsymbol{P} \cdot \hat{n} = P_\perp = \sigma_i$
($\hat{n}$ = flatenormal, $P_\perp$ = komponenten av $\boldsymbol{P}$ som står normalt på overflaten)

Elektrisk forskyvning. [AF 25.8; LHL 20.5; G 4.3]

Bruker idealisert system som vi har sett på før:
Motsatt ladete metallplater (uendelig store), nå med dielektrikum i mellom:



Fri ladning pr flateenhet på metallplatene: σ_f
... som genererer elektrisk felt mellom platene: $E_f = \sigma_f/\varepsilon_0$ (null felt utenfor platene, se forelesn. 12.09.)
Indusert ladning pr flateenhet på overflaten av dielektrikum: σ_i
... som genererer elektrisk felt mellom platene: $E_i = \sigma_i/\varepsilon_0$
Totalt felt mellom platene: $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{E}_f + \boldsymbol{E}_i \quad \Rightarrow \quad E = |\boldsymbol{E}| = E_f - E_i = (\sigma_f - \sigma_i)/\varepsilon_0$
Netto ladning på overflatene: $\pm\sigma = \pm(\sigma_f - \sigma_i)$
... som genererer totalt felt mellom platene: $E = \sigma/\varepsilon_0 = (\sigma_f - \sigma_i)/\varepsilon_0$, OK!

Neste uke: Skal se at det i mange tilfeller med dielektrikum til stede er hensiktsmessig å betrakte vektorfeltet $\boldsymbol{D} \equiv \varepsilon_0\boldsymbol{E} + \boldsymbol{P}$ under ett. $\boldsymbol{D}$ kalles *elektrisk forskyvning*. Vi skal se at $\boldsymbol{D}$ kan assosieres med *fri ladning* (i motsetning til $\boldsymbol{E}$, som assosieres med *total ladning*) og utlede en variant av Gauss' lov for $\boldsymbol{D}$.