27/9 2012 (8)

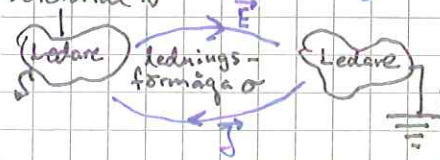
Ohms lag och ledningsförmåga (7.1)

För vätskor och de flesta metaller är laddningsbärarnas rörelse // med $\vec{E}$.

Vi har Ohms lag $\boxed{\vec{J} = \sigma \vec{E}}$ σ kallas mat. ledningsförmåga. (konduktivitet). [A/Vm eller S/m]

Materialets resistivitet $\frac{1}{\sigma}$ [Ωm]

Potential V



Metaller $\sim 10^7$ S/m (ledare)

Saltvatten ~ 4 S/m

Glas $\sim 10^{-12}$ S/m (isolator)

Potentialen V är proportionell mot strömmen. $I = \iint \vec{J}\cdot\hat{n}\,dS$ ut ur kroppen, ty multiplikation med en faktor k ger

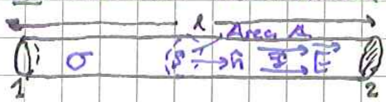
$kV \Rightarrow k\vec{E} \Rightarrow$ $(\vec{E} = -\nabla V)$

$\Rightarrow k\vec{J} \Rightarrow kI$ $(\vec{J} = \sigma\vec{E})$ $(I = \iint \vec{J}\cdot\hat{n}\,dS)$

Kvoten mellan potential(skillnad) (spänning) och strömmen I kallas resistans R.

$$\boxed{R = \frac{V}{I} \quad [\Omega]}$$

Ex) Strömrör (elektrisk ledning) [Ex 7.1].



Inuti ledaren är $\vec{E}$-fältet homogent. (visas på s. 288) Ex 7.3

Potentialskillnad $V_1 - V_2 = -\int \vec{E}\,d\vec{l} = E\cdot l$

$I = \iint \vec{J}\cdot\hat{n}\,dS = \iint \sigma\vec{E}\cdot\hat{n}\,dS = \sigma\vec{E}\cdot A$.

$V_1 - V_2 = E\cdot l = \frac{I}{\sigma A}\cdot l = R\cdot I \Rightarrow I = \frac{l}{\sigma A}$

Effektutveckling (7.1)

Antag att det finns N laddningsbärare /v.e som har en hastighet $\vec{v}$ och q.

Arbetet ett elektriskt fält $\vec{E}$ utför på varje laddningsbärare vid en förflyttning $\Delta\vec{l} = \vec{v}\Delta t$ är $\Delta W = q\vec{E}\cdot\Delta\vec{l} = q\vec{E}\vec{v}\Delta t$.

Effekten $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = q\vec{E}\cdot\vec{v}$

$\boxed{P = \iiint_V q\vec{E}\vec{v}N\,dV = \iiint \vec{E}\cdot\vec{J}\,dV}$

Ex) Strömrör

$dV = A\,dl$

$P = \iiint_V \vec{E}\cdot\vec{J}\,dV = \int \vec{E}\cdot d\vec{l}\;JA = VI = RI^2$

$\boxed{P = VI = RI^2}$ 'Joule heating law'

Elektromotorisk kraft (Kap 7.1.2).

Stationära strömmar kan inte upprätthållas i slutna banor utan yttre källor.

Strömkällor kan vara

1) Kemiska (galvaniska element, batteri)
2) Mekaniskt elektromagnetiska (generatorer)
3) Termiska (termoelement)
4) Fotoelektriska (fotoceller)
5) Mekaniska (piezoelektriska kristaller)

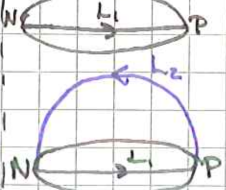
Enkel bild av strömkälla.

Inuti källan verkar en total kraft på laddningsbärarna $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{E}_i$

kraften icke-el. ursprung noll utanför strömkällan (impressed force)

1) Utan belastning $\vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{E} = -\vec{E}_i$

Def: Källans elektromotoriska kraft (emk) $\mathcal{V}$ är



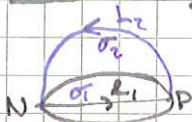
$$\mathcal{V} = \int_N^P \vec{E}_i\,d\vec{l} = \int_{L_1} \vec{E}_i\,d\vec{l} = -\int_{L_1} \vec{E}\,d\vec{l}$$

För elektriska fället gäller att

$\oint_{L_1+L_2} \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0 \Rightarrow \underbrace{\int_{L_1} \vec{E}\cdot d\vec{l}}_{-\mathcal{V}} = -\int_{L_2} \vec{E}\cdot d\vec{l} = V_N - V_P$

$\mathcal{V} = \int_{L_2} \vec{E}\cdot d\vec{l} = V_P - V_N$ (pot. skillnad mellan elektroderna)

2) Belastning av källan

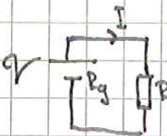


$\vec{J} = \begin{cases} \sigma_1(\vec{E} + \vec{E}_i) & \text{inuti källan.} \\ \sigma_2 E_2 & \text{utanför källan.} \end{cases}$

$\mathcal{V} = \int \vec{E}_i\,d\vec{l} = \int_{L_1} \left(\frac{\vec{J}}{\sigma_1} - \vec{E}\right)\cdot d\vec{l} + \int_{L_2} \left(\frac{\vec{J}}{\sigma_2} - \vec{E}\right) d\vec{l} =$

$= \underbrace{\int_{L_1} \frac{\vec{J}}{\sigma_1}\,d\vec{l}}_{R_g I} + \underbrace{\int_{L_2} \frac{\vec{J}}{\sigma_2}\,d\vec{l}}_{RI} - \underbrace{\oint_{L_1+L_2} \vec{E}\cdot d\vec{l}}_{=0}$

$R_g I$ (inre resistans)

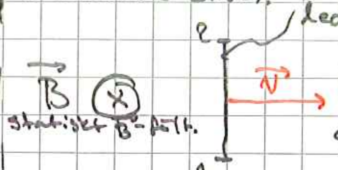


Kirchoffs andra lag: $\boxed{\underset{(1)}{\sum \mathcal{V}_i} = \underset{(2)}{\sum_k R_k I_k}}$

(1) Summa av emk.

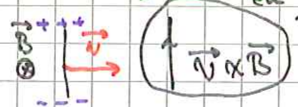
(2) Inkl. inre resistans.

Rörelse av ledare i statiska $\vec{B}$-fält (7.1.3). (inducerade emk).



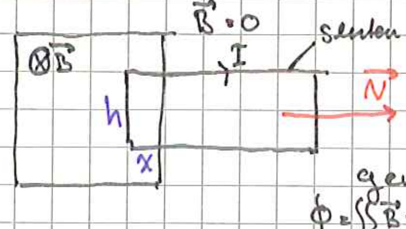
På laddningsbärarna i ledaren verkar kraften $\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$ (Lorentzkraften).

Effekten blir laddningsseparation en "impressed force" $\vec{E}_i = \vec{v}\times\vec{B}$.



Den inducerade emk blir $\mathcal{V} = \int_N^P \vec{E}_i\,d\vec{l} = \int_1^2 (\vec{v}\times\vec{B})\,d\vec{l}$

Enkel bild



Laddningsseparation leder till ström I.

$\mathcal{V} = vBh$

Magnetiska flödet genom slingan

$\Phi = \iint_S \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS = Bhx$

Vi noterar att $\mathcal{V} = -\frac{d\Phi}{dt}$ eftersom $v = -\frac{dx}{dt}$.

$\boxed{\mathcal{V} = -\frac{d\Phi}{dt}}$ Induktionslagen gäller allmänt.