

Kap. 25 Strøm og resistans

Til nå: Elektrostatikk: Ladninger i ro.

Fra nå: Elektrisk strøm: Ladninger i bevegelse.

Målsetning:

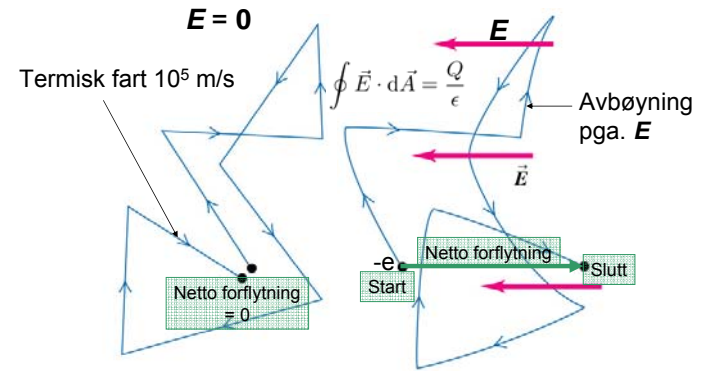
Grunnleggende forståelse for

- HVA elektrisk strøm er
- HVORFOR vi må ha elektrisk krets for å få strøm
- Ohms lov, makroskopisk og mikroskopisk

Punktvis:

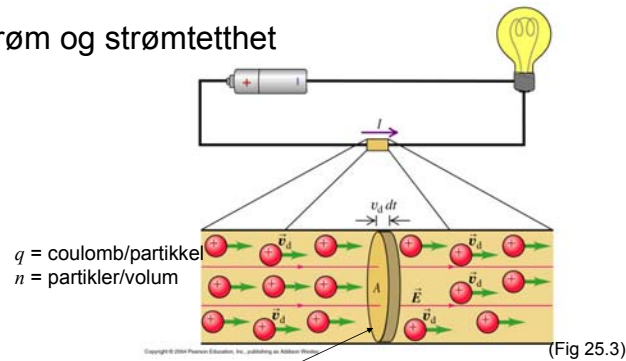
- Strøm, driftsfart, strømtetthet
- Resistivitet og resistans
- Dissipativ energi i ledere.

Elektronbevegelse i ledere



(Fig. 25.27)

Strøm og strømtetthet



(Fig 25.3)

Ladning innenfor skive: $dQ = q n \cdot (\text{volum}) = q n (v_d dt A)$
 $\Rightarrow J = I/A = dQ/dt \cdot 1/A = q n v_d$
 vektor: $\mathbf{J} = q \cdot n \cdot \mathbf{v}_d$

Ohms lov

Strømtetthet $\mathbf{J} = q \cdot n \cdot \mathbf{v}_d$

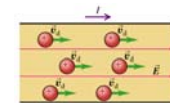
enheter: $A/m^2 = C/\# \cdot \#/m^3 \cdot m/s$

$q = \text{coulomb per ladning (C/\#)}$

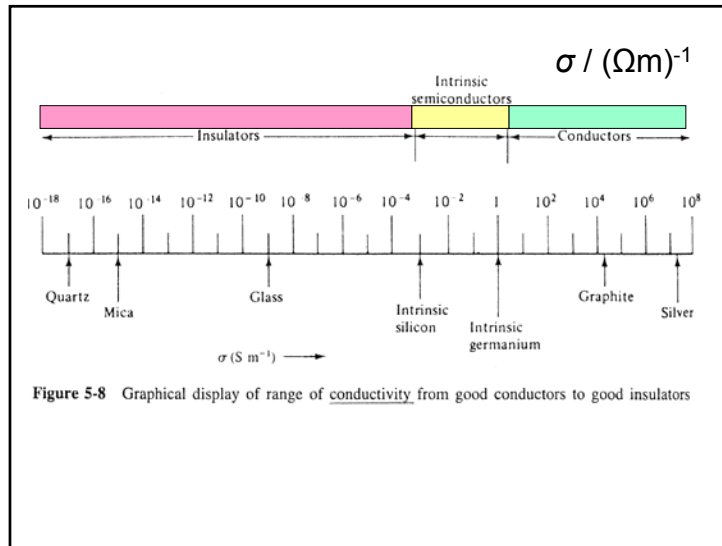
$n = \text{ant. ladn/volum (\#/m}^3\text{)}$

$v_d = \text{driftsfart (m/s)}$

og $\mathbf{v}_d = \mu \mathbf{E}$



gir Ohms lov: $\mathbf{J} = (q n \mu) \mathbf{E} = \sigma \mathbf{E}$



**Tabell i Y & F:
Resistivitet $\rho / \Omega\text{m}$**

I metaller øker ρ med temp:
 $\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0))$

Table 25.1 Resistivities at Room Temperature (20°C)

Substance		$\rho (\Omega \cdot \text{m})$	Substance		$\rho (\Omega \cdot \text{m})$
Conductors					
Metals	Silver	1.47×10^{-8}	Semiconductors		
	Copper	1.72×10^{-8}	Pure carbon (graphite)	3.5×10^{-5}	
	Gold	2.44×10^{-8}	Pure germanium	0.60	
	Aluminum	2.75×10^{-8}	Pure silicon	2300	
	Tungsten	5.25×10^{-8}	Insulators		
	Steel	20×10^{-8}	Amber	5×10^{14}	
	Lead	22×10^{-8}	Glass	$10^{10} - 10^{14}$	
	Mercury	95×10^{-8}	Lucite	$> 10^{13}$	
	Alloys	Manganin (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%)	44×10^{-8}	Mica	$10^{11} - 10^{15}$
		Constantan (Cu 60%, Ni 40%)	49×10^{-8}	Quartz (fused)	75×10^{16}
Nichrome		100×10^{-8}	Sulfur	10^{15}	
			Teflon	$> 10^{13}$	
		Wood	$10^8 - 10^{11}$		

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley

Superledere

Resistans faller brått til ≈ 0 under gitt temp T_C

Konduktivitet:

Halvledere: $\sigma \approx 1 (\Omega\text{m})^{-1}$
 Metaller: $\sigma \approx 10^7 (\Omega\text{m})^{-1}$
 Superledere: $\sigma > 10^{20} (\Omega\text{m})^{-1}$

- 1911: H Kammerlingh Onnes: Kvikksølv under 4,1 K
- 1957: BCS-teori (J Bardeen, LN Cooper, JR Schrieffer): Kvantemekanisk forklaring.
- 1986: J. Bednorz, KA Müller: Visse oksider: superledning opp til 100 K. (Flytende N_2 har temp 77 K.)

Mer om superledere under magnetisme

Kap. 25: Strøm og resistans Oppsummering

Strøm: $I = dq/dt$ (enhet: C/s = A)
 Strømtetthet $\mathbf{J} = I/\text{areal} = nq\mathbf{v}_d$ (A/m^2), v_d = driftsfart
 Ohms lov: $\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$ eller $V = RI$
 resistans = motstand = $R = \rho l/A$ (Ω)
 resistivitet: ρ (Ωm)
 konduktivitet: $\sigma = 1/\rho$ ($\Omega^{-1} \text{m}^{-1}$)
 Effekt: $P = IV = I^2 R = V^2/R$ (watt=W)

Kap 25.6 (Lill, kap 21.4):
 Molekylær modell, les selv (orienterende stoff)

Kap. 25: Strøm og resistans

Fortegn:

Driftsfart: $v_d = \mu E$

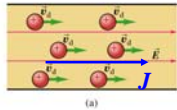
+ladn: $\mu > 0$

- ladn: $\mu < 0$

Strømtetthet $J = nqv_d = nq\mu E = \sigma E$

+ladn: $q > 0, \mu > 0, \sigma = nq\mu > 0$

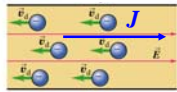
- ladn: $q < 0, \mu < 0, \sigma = nq\mu > 0$



(a)

dvs. positiv strøm J går i samme retning som \vec{E} ,

uansett positive eller negative ladningsbærere.



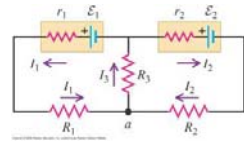
(b)

Men (valens)elektroner beveger seg i motsatt retning av strøm I .

Kap25 Driftsfart v_d

- Beregning i seinere øvingsoppgave gir:
- Elektronenes driftsfart i ledninger er i størrelsesorden 0,1-1 m/time \approx 1-10 km / år, dvs. 100 år Trondheim-Oslo
- Vekselstrøm 50 Hz: typisk 5 μ m utslag
- Men spenningen forplanter seg omtrent med lysfarten!

Kap.25 Kilder for ems (energikilder)



- Batteri: Kjemisk reaksjon (eks. bly/svovelsyre)
- "Spenningsforsyning/strømforsyning"
Energi fra 220V-nettet via "boks med knapper"
- Generatorer (vann-/gass-/kull-/atomkraftverk).
- Brenselceller (H_2 og O_2 gir vann og elektroner)
- Solceller (max innstråling 1 kW/m^2)
Halvledermateriale

Litt mer i Lillestøl, kap 22.1