

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
- Resistans og resistivitet
- Dissipativ energi i ledere, effekt.

Elektronbevegelse i ledere

(Fig. 25.27)

Ledere i ytre E-felt

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley (fig 22.28a)

Folkevandringstelling

Strøm og strømteethet

$q = \text{coulomb/partikkel}$
 $n = \text{partikler/volum}$

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: $J = q \cdot n \cdot v_d$

(Fig 25.3)

Strømteethet og Ohms lov

Strømteethet $J = q \cdot n \cdot v_d$
 enheter: $A/m^2 = C/\# \cdot \#/m^3 \cdot m/s$
 $q = \text{coulomb per ladning (C/\#)}$
 $n = \text{ant. ladm/volum (\#/m}^3\text{)}$
 $v_d = \text{driftsfart (m/s)}$

og $v_d = \mu E$

gir Ohms lov: $J = (q n \mu) E = \sigma E$ } mikroskopisk
 $E = 1/\sigma J = \rho J$
 $V = R I$ } makroskopisk

TABLE 5-1 REPRESENTATIVE VALUES FOR CONDUCTIVITY OF SEVERAL MATERIALS AT ROOM TEMPERATURE, RANGING FROM GOOD CONDUCTORS TO GOOD INSULATORS

$\sigma = 1/\rho$
 Enhet: $\Omega^{-1}m^{-1} = Sm^{-1}$

Material	σ ($S m^{-1}$)	Classification
Silver	6.17×10^7	Conductors
Copper	5.8×10^7	
Aluminum	3.82×10^7	
Brass	2.56×10^7	
Tungsten (wolfram)	1.83×10^7	
Nickel	1.45×10^7	
Iron	1.03×10^7	
Nichrome (Ni+Cr)	0.1×10^7	
Mercury (kvikksølv)	1.0×10^6	
Graphite	$\sim 3.0 \times 10^4$	
Sea water	~ 4.0	Intrinsic semiconductor
Intrinsic germanium	~ 2.2	
Ferrite	$\sim 1.0 \times 10^{-2}$	Insulators
Intrinsic silicon	$\sim 0.44 \times 10^{-3}$	
Distilled water	$\sim 1.0 \times 10^{-4}$	
Bakelite	$\sim 1.0 \times 10^{-9}$	
Glass	$\sim 1.0 \times 10^{-12}$	
Mica	$\sim 1.0 \times 10^{-15}$	
Fused quartz	$\sim 1.0 \times 10^{-17}$	

Tabell i Y & F: Resistivitet $\rho / \Omega m$

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

Table 25.1 Resistivities at Room Temperature (20 °C)

Substance	ρ ($\Omega \cdot m$)	Substance	ρ ($\Omega \cdot m$)
Conductors		Semiconductors	
Metals		Pure carbon (graphite)	3.5×10^{-5}
Silver	1.47×10^{-8}	Pure germanium	0.60
Copper	1.72×10^{-8}	Pure silicon	2300
Gold	2.44×10^{-8}	Insulators	
Aluminum	2.75×10^{-8}	Amber	5×10^{14}
Tungsten	5.25×10^{-8}	Glass	$10^{10} - 10^{14}$
Steel	20×10^{-8}	Lucite	$> 10^{13}$
Lead	22×10^{-8}	Mica	$10^{11} - 10^{15}$
Mercury	95×10^{-8}	Quartz (fused)	75×10^{16}
Alloys		Sulfur	10^{25}
Manganin (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%)	44×10^{-8}	Teflon	$> 10^{23}$
Constantan (Cu 60%, Ni 40%)	49×10^{-8}	Wood	$10^8 - 10^{11}$
Nichrome	100×10^{-8}		

Superledere

Resistans faller brått til ≈ 0 under gitt temp T_c

	Konduktivitet:
Isolatorer:	$\sigma \approx 10^{-12} (\Omega m)^{-1}$
Halvledere:	$\sigma \approx 10^{-2} (\Omega m)^{-1}$
Metaller:	$\sigma \approx 10^7 (\Omega m)^{-1}$
Superledere:	$\sigma > 10^{20} (\Omega m)^{-1}$

- 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), \mathbf{v}_d = driftsfart
 Ohms lov: $\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$ eller $V = RI$
 resistans = motstand = $R = \rho l/A$ (Ω)
 resistivitet: ρ (Ωm)
 konduktivitet: $\sigma = 1/\rho$ ($\Omega^{-1} m^{-1}$)

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

Kap. 25: Strøm og resistans

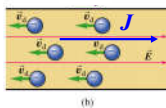
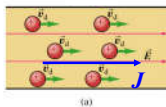
Fortegn:

Driftsfart: $\mathbf{v}_d = \mu \mathbf{E}$

- +ladn: $\mu > 0$
- ladn: $\mu < 0$

Strømtetthet $\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d = nq\mu \mathbf{E} = \sigma \mathbf{E}$

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



dvs. positiv strøm \mathbf{J} går i samme retning som \mathbf{E} , uansett positive eller negative ladningsbærere.

Men (valens)elektroner beveger seg i motsatt retning av I og \mathbf{J} .

Kap. 25: Driftsfart v_d

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