

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, effekt.

Elektronbevegelse i ledere

Termisk fart 10^5 m/s

Netto forflytning = 0

Netto forflytning

Start

Slutt

Driftsfart $v_d \sim 10^{-5}$ m/s

(Fig. 25.27)

Strøm og strømtetthet

Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley. (Fig 25.3)

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

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

Folkevandringstelling

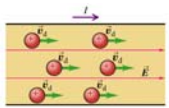
$d = v_d dt = 20$ m

Antar alle har samme hastighet $v_d = 2$ m/s.
 Da er:
 antall som passerer linja i $dt = 10$ s
 = antall innenfor avstand $d = v_d dt = 20$ m fra linja

Strømtetthet og Ohms lov

Strømtetthet $J = q \cdot n \cdot v_d$
 enheter: $A/m^2 = C/\# \cdot \#/m^3 \cdot m/s$
 q = coulomb per ladning (C/#)
 n = ant. ladn/volum ($\#/m^3$)
 v_d = 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

$\sigma = 1/\rho$

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

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	1.83×10^7	
Nickel	1.45×10^7	
Iron	1.03×10^7	
Nichrome	0.1×10^7	
Mercury	1.0×10^6	
Graphite	$\sim 3.0 \times 10^4$	
Sea water	~ 4.0	Intrinsic semiconductor
Intrinsic germanium	~ 2.2	
Ferrite	$\sim 1.0 \times 10^{-2}$	
Intrinsic silicon	$\sim 0.44 \times 10^{-3}$	Insulators
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	$\sim 1.0 \times 10^{-17}$	

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

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

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 N₂ har temp 77 K.)

Mer om superledere under magnetisme

Kap.25 Kilder for ems (energikilder)



- Batteri: Kjemisk reaksjon (eks. bly/svovelsyre)
 - "Spenningsforsyning/strømforsyning"
Energi fra 220 V - nettet via "boks med knapper"
 - 220 V - nettet får spenning/energi fra **energiverk**:
 - vannkraft
 - vind/bølger
 - varme: gass/kull/atom
 - solceller (max innstråling ca 1 kW/m²). Halvledermateriale
 - brenselceller (H₂ og O₂ gir vann og elektroner)
- Litt mer i Lillestøl, kap 22.1

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/m²), \mathbf{v}_d = driftsfart
 Ohms lov: $\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$ eller $V = RI$
 resistans = motstand = $R = \rho l/A$ (Ω)
 resistivitet: ρ ($\Omega \text{ m}$)
 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: $\mathbf{v}_d = \mu \mathbf{E}$

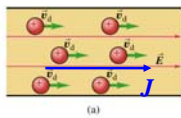
+ladn: $\mu > 0$

- ladn: $\mu < 0$

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

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

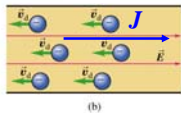
- ladn: $q < 0, \mu < 0, \sigma = nq\mu > 0$



(a)

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

uansett positive eller negative ladningsbærere.



(b)

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

Kap25 Driftsfart \mathbf{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 lysharten!