

18 Elektriska fält och kretsar (sähkökentät ja piirit)

Lärandemål:

- Kunna beräkna det elektriska fältet inne i materialet då en konstant ström går i kretsen (steady state, stabilt tillstånd)
- Kunna förklara rollen för ytladdningar på ström i en krets
- Kunna använda energiprincipen för att analysera en krets kvantitativt genom att använda mikroskopiska storheter som laddningsdensitet och laddningsmobilitet



- ◆ Hur går strömmen (laddningarna) i ledningar?
- ◆ Finns det elfältet i en ledning?
- ◆ Hur kan man beräkna strömmen och spänningen i komplicerade kretsar?



Strömmen i olika delar av en krets

Jämvikt (equilibrium):

Ingen ström går i kretsen, $v_d = 0$

Stabilt tillstånd (steady state):

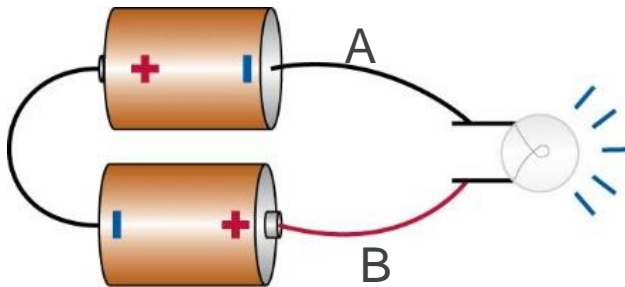
$v_d > 0$, ström går, men ändrar inte med tiden

v_d : Mobila laddningarnas drifhastighet



Titta på kretsen nedan där vi har två batterier och en lampa som lyser (avger energi)

Vad är strömmen i A jämfört med strömmen i B?

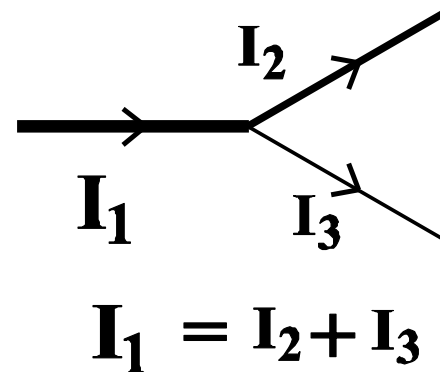


Laddning bevaras

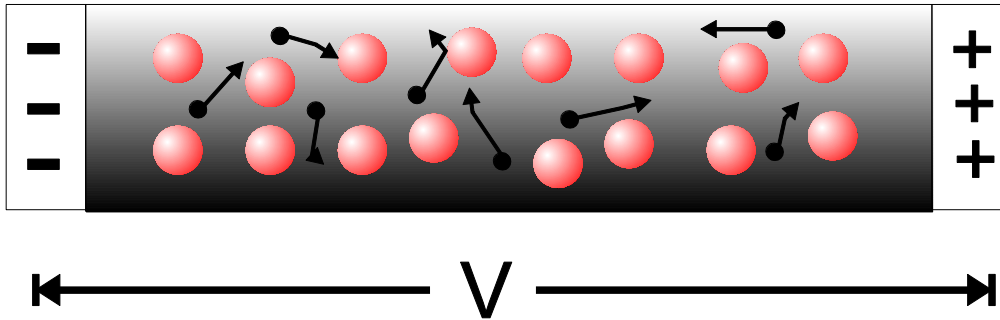
Kirchhoffs första lag: (gäller för steady state, stabilt tillstånd)

Summan av strömmarna till en knutpunkt är samma som summan av strömmarna från en knutpunkt

$$\sum_i I_i = 0$$



Elektriskt fält och ström



Spänningskillnad
V mellan ändorna



Kollektiv nettorörelse:
Ström

Ström definieras som laddning dQ som går genom en tvärsnittsarea i en ledare under ett tidsintervall dt

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$\bar{v} = u\bar{E}_{Net}$$

Koppar: $u \sim 5 \times 10^{-3} \text{ (m/s)/(N/C)}$
 $v \sim 5 \times 10^{-5} \text{ (m/s)}$

Där u är elektronens mobilitet $(\text{m/s})/(\text{N/C})$

$$\Rightarrow E = \frac{v}{u} \approx \frac{5 \times 10^{-5} \text{ m/s}}{5 \times 10^{-3} \text{ (m/s)/(N/C)}} = \underline{\underline{0.01 \text{ N/C}}}$$



Elfält och ström

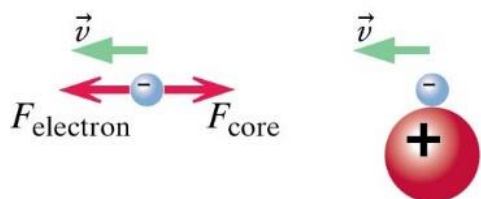
$$I = \rho A u E$$

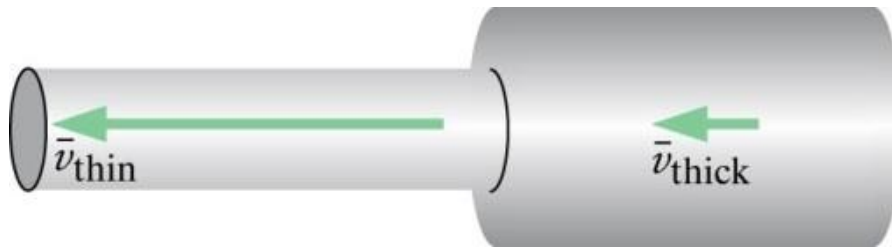
Rörelsemängdsprincipen: $\Delta p = F_{tot} \Delta t = q E_{tot} \Delta t$

Varför behövs elfält för att ström skall flöda?

→ Elektronerna förlorar energi vid växelverkaning
med atomerna i ledningen
(jämför : **supraledning**)

Kraften på en elektron i ledningen från de andra elektronerna och positivt laddade atomkärnorna är noll (ledningen är laddningsneutral)





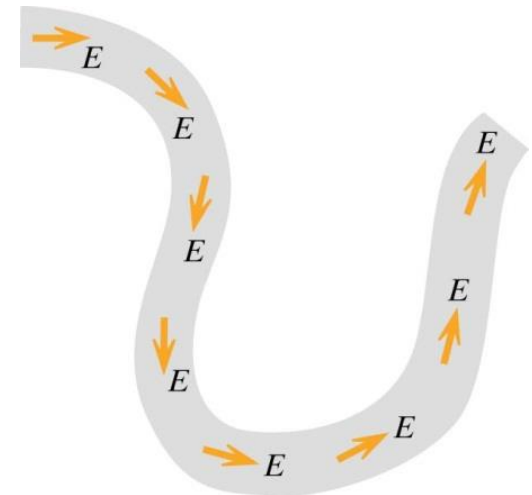
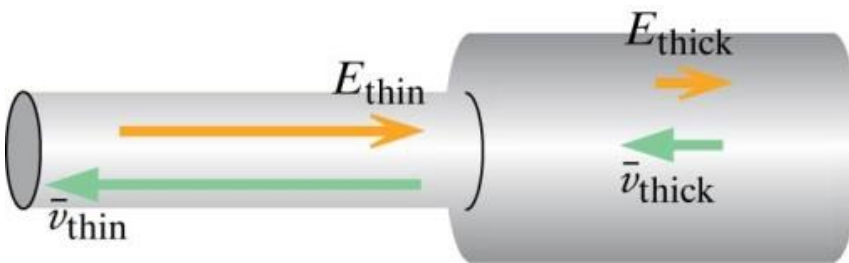
Vid steady state måste drifhastigheten för e^- i den smala delen vara större än i tjocka delen

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(\rho \cdot V)}{dt} = \frac{d(\rho Ax)}{dt} = \rho A v_d$$

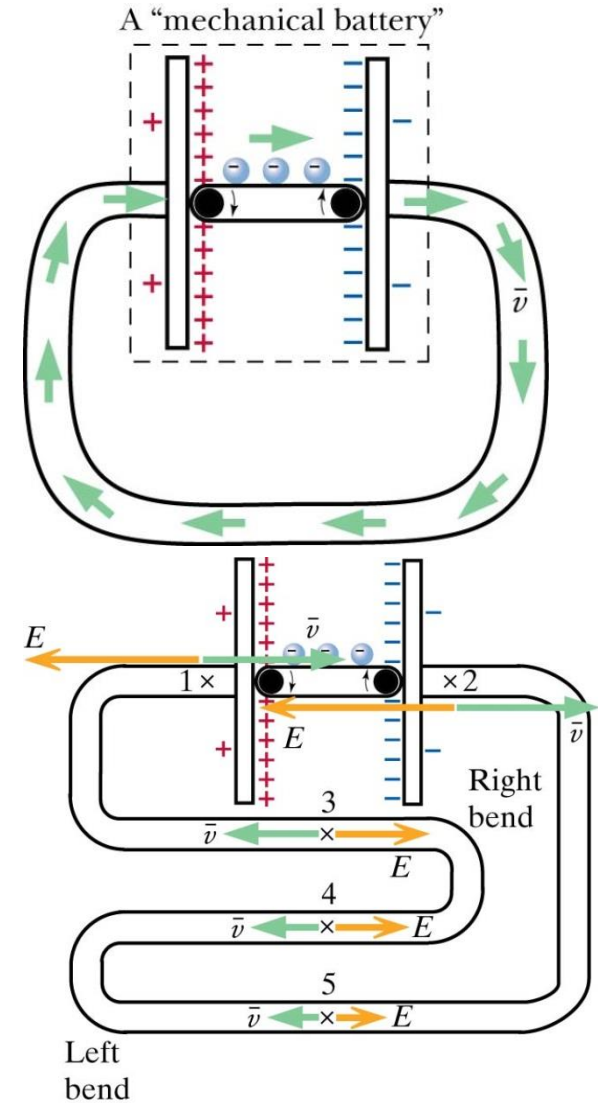
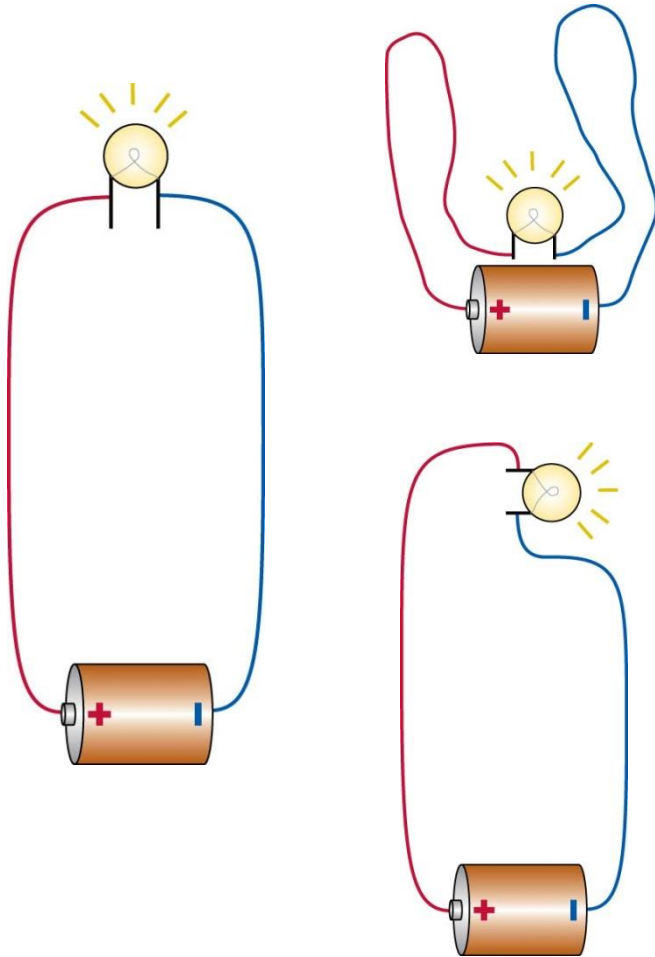
→ $v_d(\text{smal}) = \frac{A(\text{tjock})}{A(\text{smal})} v_d(\text{tjock})$

Area A → $I = \rho A u E$
konstant

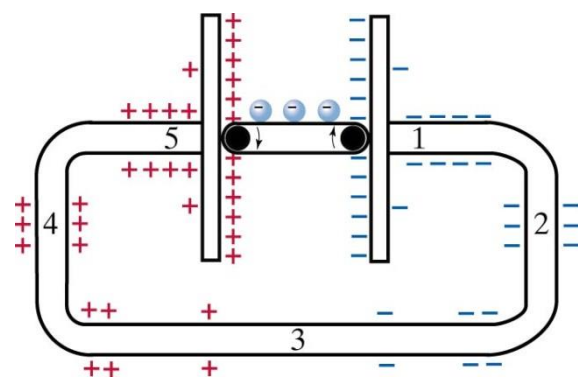
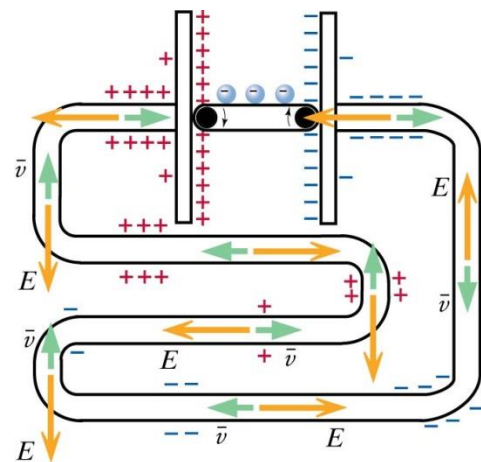
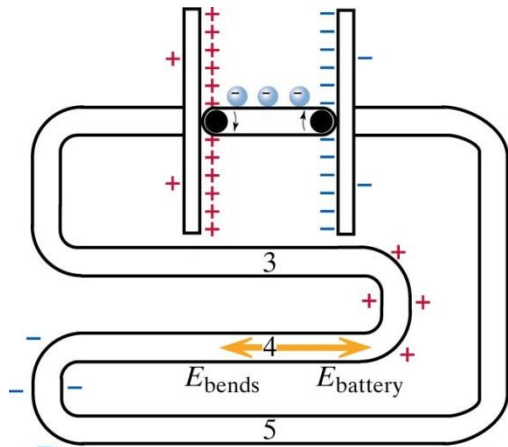
$$\bar{v} = u \bar{E}_{Net} \quad u \text{ mobilitet}$$



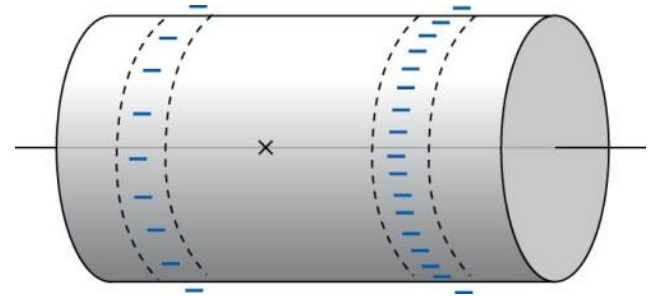
Vilka laddningar gör elfältet i ledningar?



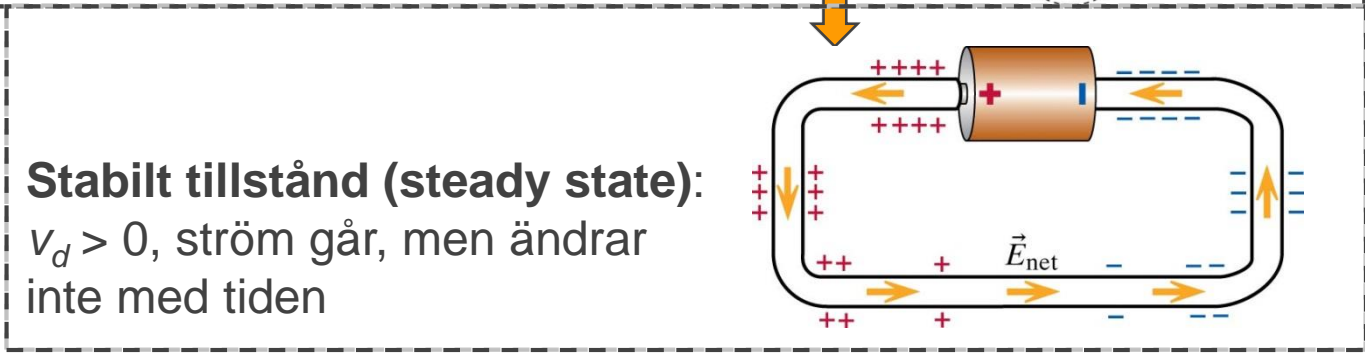
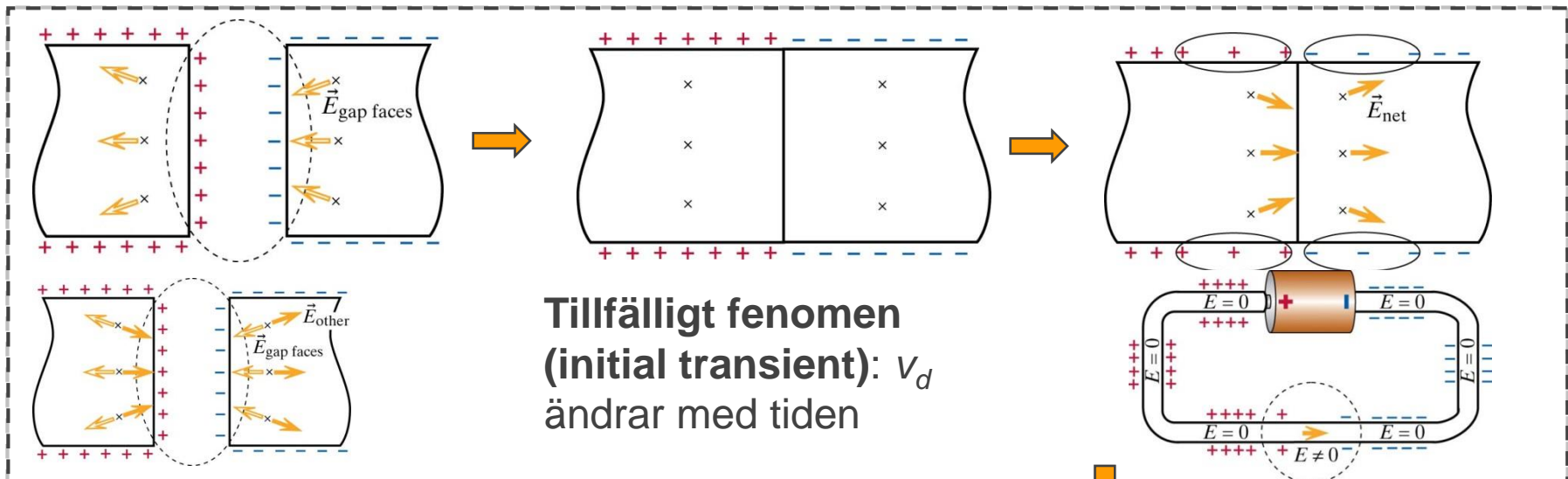
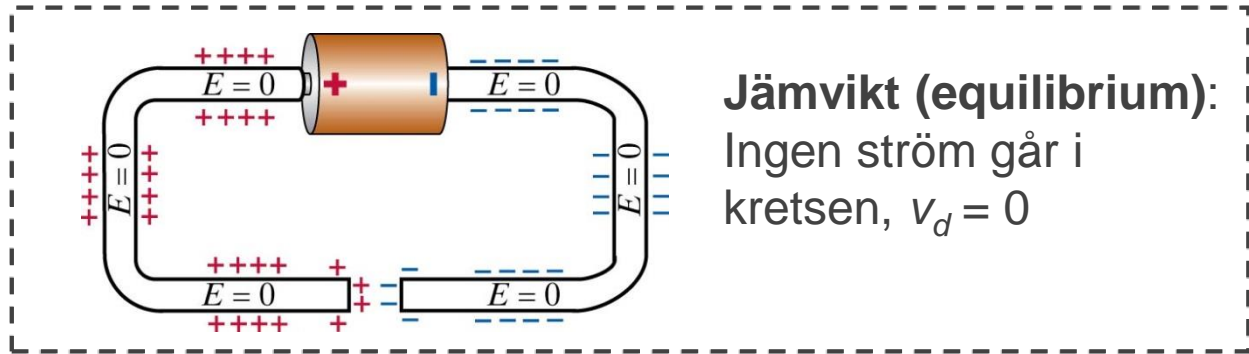
Laddningar ackumuleras på ledningens yta (varaukset kerääntyvät johdon pinnalle)



Vad är elfältets riktning vid punkten x?

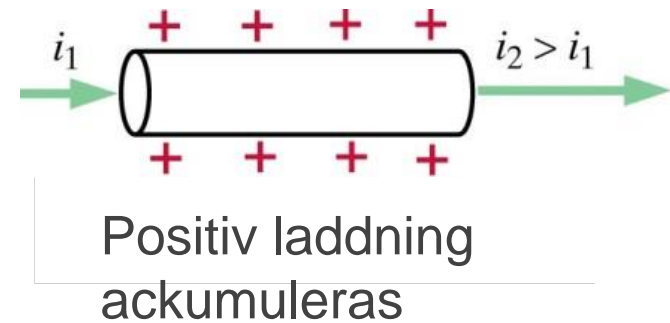
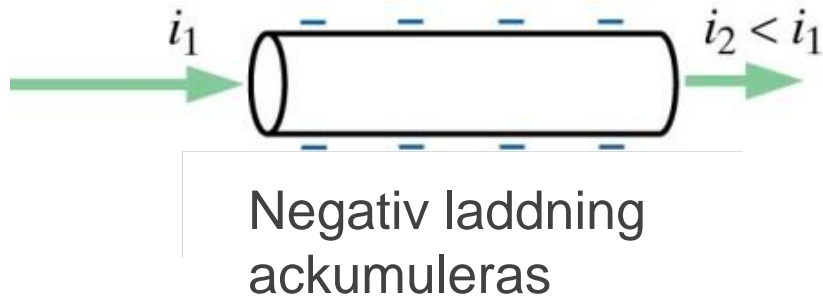


Då kretsen sluts

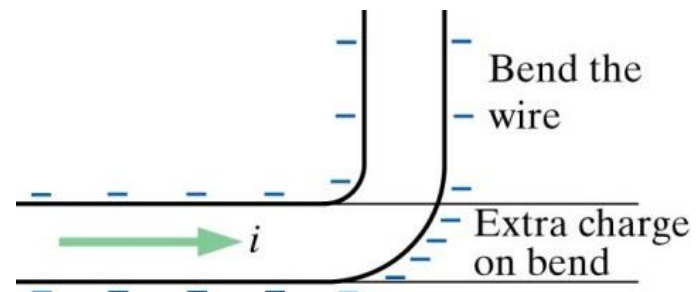


Feedback - Återkoppling - takaisinkytkentä

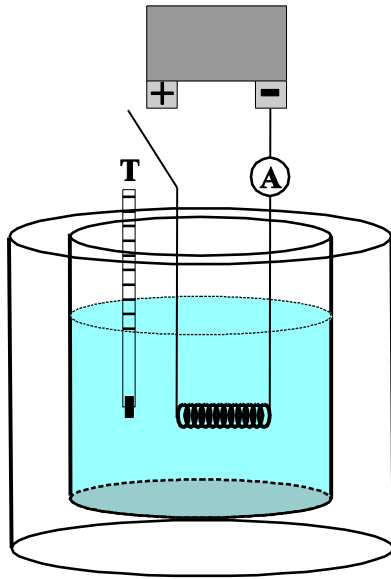
i är elektronströmmen



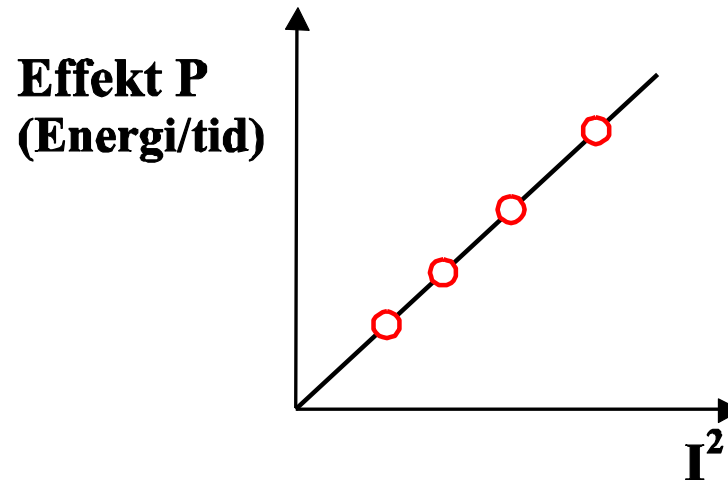
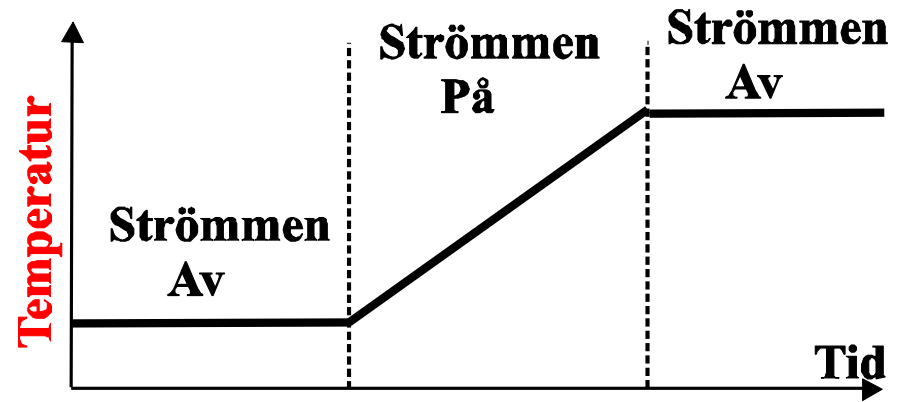
Vad händer med ytladdningen då en ledning böjs då ström går i den?



Motstånd - Vastus



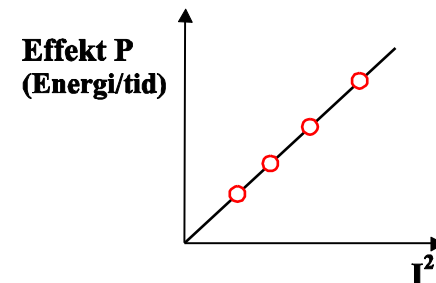
Värmeisolerad vattenbehållare



Motstånd

Värmeeffekten från en elektrisk ledare genom vilken det går en ström: P är proportionellt till strömmen i kvadrat

$$P = \frac{\text{Energi}}{\text{Tid}} \propto I^2$$



Proportionalitetskonstanten har fått namnet:
resistans, R

Enheten för resistansen $[R] = W/A^2 = \Omega$ (ohm)

Material för vilka ovanstående ekvation gäller kallas för **ohmiska** material



Motstånd

Det som gör att en ström går genom en ledare är att man har en spänningsskillnad (V) mellan ledningens ändor.

Ju större spänningsskillnad (V), desto större ström går genom ledaren (en form av **Ohms lag**):

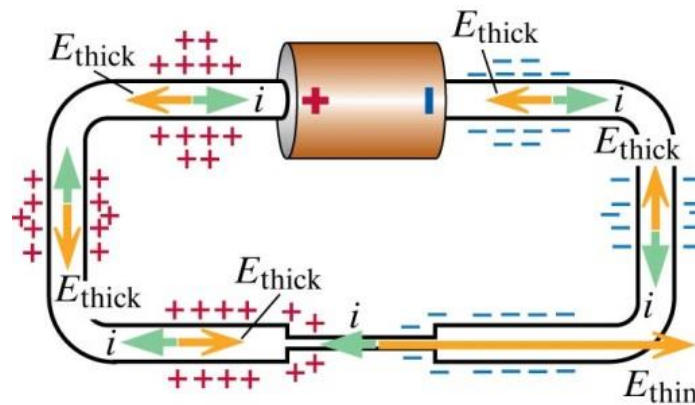
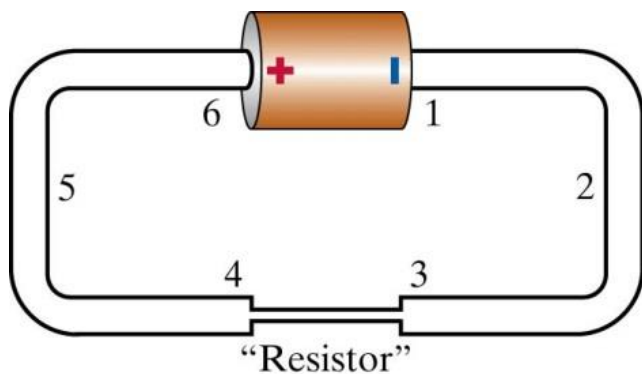
$$V = RI$$

där V är spänningen över motståndet R
[V] $\equiv \Omega A = V$ (volt). Andra viktiga formler:

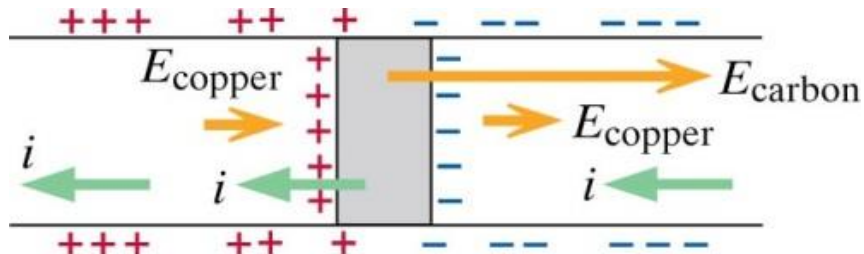
$$P = RI^2 = VI = \frac{V^2}{R}$$



Motstånd - Resistor



koppar – kol – koppar
gränssnitt



$$I = \rho AuE$$

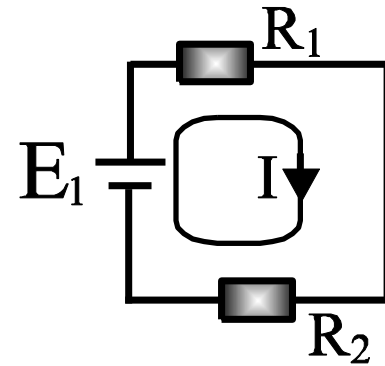


Energi bevaras

Kirchhoffs andra lag:

Summan av potentialskillnaderna runt en krets är noll

$$\sum_i V_i = 0$$



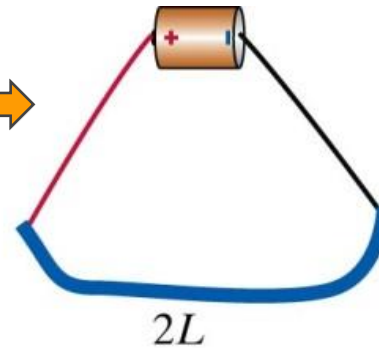
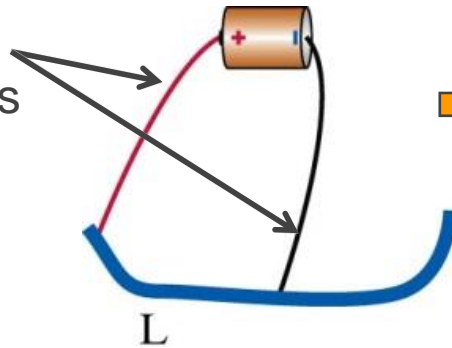
$$E_1 - IR_1 - IR_2 = 0$$



Exempel 1:

Vad händer med strömmen?

Cu tråd med
liten resistans



Nichrome tråd
med stor
resistans

Nichrome:
Icke magnetisk
legering (metalliseos)
av Ni, Cr och ofta Fe

Analys utan elfält

$$emf - \Delta V = emf - IR = 0$$

$$R_L = L\rho / A \quad \rho: \text{resistivitet: } RA/L \text{ (}\Omega\text{m)}$$

$$\Rightarrow I_L = \underline{\underline{emf \cdot A / (L\rho)}}$$

$$\Rightarrow I_{2L} = \underline{\underline{emf \cdot A / (2L\rho)}}$$

Analys med elfält

$$emf - \Delta V = emf - EL = 0$$

$$I = \rho AuE \quad \rho: \text{laddningsdensitet (C/m}^3\text{)}$$

$$L: \quad E = \frac{emf}{L} \quad I = \underline{\underline{\frac{\rho Au \cdot emf}{L}}}$$

$$2L: \quad I = \underline{\underline{\frac{\rho Au \cdot emf}{2L}}}$$



Lärandemål:

- Kunna beräkna det elektriska fältet inne i materialet då en konstant ström går i kretsen (steady state, stabilt tillstånd)
- Kunna förklara rollen för ytladdningar på ström i en krets
- Kunna använda energiprincipen för att analysera en krets kvantitativt genom att använda mikroskopiska storheter som laddningsdensitet och laddningsmobilitet

