

Kap. 7. Elektrisk energi & spänning

Elektrisk energi = elektrisk lägesenergi

→ Lägesenergin beror på laddnings placering i fält.

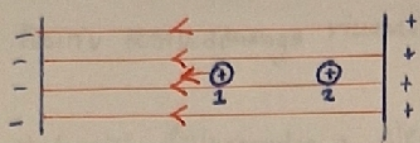
Skilnad i energi kallas $E \Rightarrow$ Ändras vid rörelse med/mot elektrisk kraft

$$\text{Spänning} = \frac{\text{energiskilnad}}{\text{laddning}} = \frac{E}{Q}$$

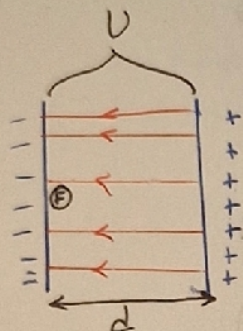
SI-enhet för U (spänning): $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$

Mäts med voltmeter

Samband: $E = U \cdot Q$



2 har högre energi än 1.



Spänning & fältstyrka i homogena fält

Laddning påverkas av kraft: $F = Q \cdot E$

Arbete ($W = F \cdot s$): $F \cdot d = QEd$

Vid beräkning av spänning: $U = \frac{QEd}{Q} = E \cdot d$

Enhet: 1 V/m elv 1 N/C

Elementarladdningen e

Laddningar är uppbyggda av elementarladdningar

$$e = 0,160 \text{ aC}$$

Elektronens laddning: $-e$

Protonens laddning: $+e$

Elektrisk ström

* Ordnad rörelse av laddade partiklar

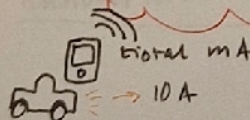
* Betecknas I

$$I = \frac{Q}{t} \quad (\text{laddningstransport i tvärsnitt per tidsenhet})$$

Enhet: $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (1 Coulomb/sek)

Riktning: i positiva laddningars riktning

Strömmars storlek



total kA

Spänning & fältstyrka i ledare



En elektrisk ström drivs genom glödlampen
Glödlamp lyser lika $\Rightarrow$ ström lika starkt överallt
 $\Rightarrow$ i jämnförmig tråd bör elektrisk fältstyrka vara konstant

$\Rightarrow$ Fältlinjer löper lika tät & följer dess spiralform

$$|E| = \frac{U}{L} \quad L = \text{glödlampens längd}$$

Batteriet

Ström från batteri innebär
att e^- $\rightarrow$ $+$ - pol
 $\Rightarrow$ polernas laddningar minskar
 $\Rightarrow$ batteriets spänning sjunker

Finns kemisk process i batteriet
 $\rightarrow$ lyfter tillbaka elektroner till minuspolen
 $\rightarrow$ Batteriets spänning konstant

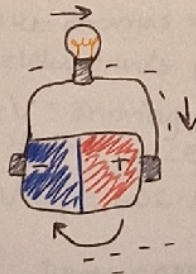
Kemisk energi $\rightarrow$ Ökad E_p hos e^-
Process pågår till dess kemisk energi är slut

Accumulatorer: Laddningsbara batterier

Laddas genom att ström sänds baklänges av starkare
spänningskälla

Aven kemiska processer går baklänges $\Rightarrow$ kemisk energi bildas
Innehåller ofta: Kadmium & kvicksilver

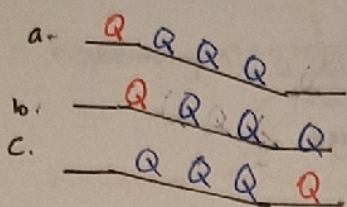
Batteri under användning:



Energi & effekt i elektriska apparater

Energiomsättning i likströmskrets

Elektrisk energi = lägesenergi
Kan räkna som laddningar faller inom krets



(skall ha lika lutning)

En laddning (Q) = $I \cdot \text{tiden}$

$$E = U \cdot Q$$

$$E = U \cdot Q = U \cdot I \cdot t$$

Resonemang: Hela kedjans samlade lägesenergi minskar på litnande sätt som Q

Men b är energimässigt = C

=> energiomsättning i hela kedjan = att en laddning flyttats genom hela kretsen

+ Observera att energiomvandling kan ge annan energi än rörelseenergi.

Effekt

* Uttrycks i watt

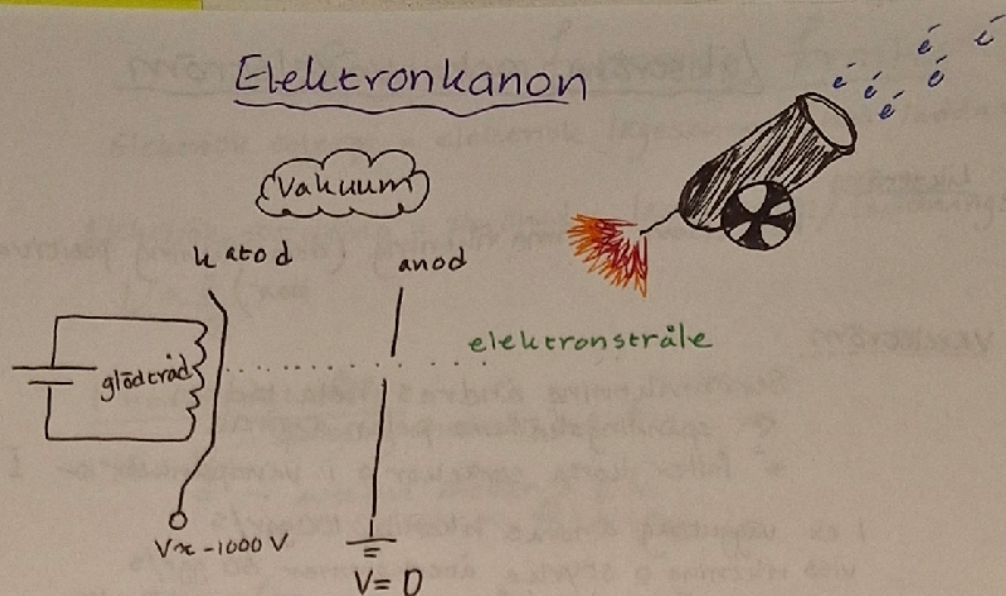
$$P = \frac{E}{t} = \frac{UI t}{t} = U \cdot I$$

kWh = kilowattimme (energienhet)

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJs} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$(J = Ws)$$

Elektronkanon



Metallbit upphettas men kan snabbaste ledningselektroner ta sig till ytskiktet = termisk emission

Från katod emitteras elektroner vid upphettning av glödtråd e^- faller sedan genom starkt elektriskt fält mellan katod & anod $\Rightarrow$ hög fart
Vissa faller genom hål & stråle bildas

Exempel:

Hur hög fart får elektronerna i strålen från en elektronkanon om spänningen mellan anod & katod är $U = 0,85 \text{ kV}$?
Antar att e^- har försumbart låg fart när de emitterats.

$$m_{e^-} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e \cdot U = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2eU}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = 17 \text{ Mm/s}$$

Alltså räknas här m.
formler för rörelseenergi

Används inom atom- och partikelfysiken

Energienheten elektronvolt

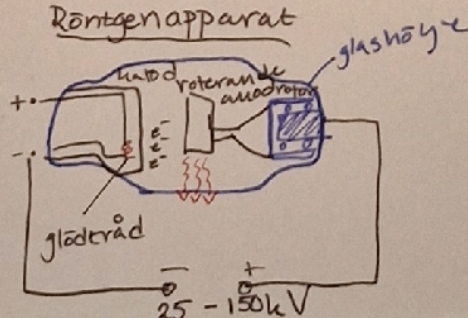
Elektronernas rörelseenergi = $e \cdot U$

$\Rightarrow$ elektronvolt (eV) kan användas som energienhet

1 eV = ändring av rörelseenergi partikel m. laddning e får när accelereras av $U = 1 \text{ V}$

$$1 \text{ eV} = (1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}) (1 \text{ V}) = 1,602 \text{ aJ}$$

Röntgenapparat



Likström och växelström

Likström

Hela tiden samma riktning (den riktning positiva laddningar har)

Växelström

Strömriktning ändras hela tiden

⇐ spänningsskällans poler ändras

e^- faller korta sträckor & i vändpunkter är $\bar{I} = 0$

1 ex vägguttag ändras riktning 100 ggr/s

viss riktning & styrka återkommer 50 ggr/s

växelströmmen har frekvensen 50 perioder/s

= 50 Hz (Hertz)

Orsak

+ Enklare & billigare att åstadkomma växelspanningar

+ Energiförluster vid lång transport blir mindre

Transformatorer ger höga värden $\Rightarrow$ högre U ger att viss effekt kan överföras med lägre ström

($P = U \cdot I$ där U = spänning över mottagande)

Lägre ström = lägre värmeförlust

Vid beräkningar

Samma uttryck men använder effektivvärden.
Effektivvärdet = ett slags medelvärde

Exempel:

En vattenkokare ansluts till ett vanligt vägguttag, vars växelspanning har effektivvärdet 230 V. Kokaren har märkeffekten 800 W.

a) Hur stor ström drar kokaren? (svara m. effektivvärdet)

b) Hur mycket elektrisk energi omvandlas på 2 min?

a) $P = U \cdot I \Rightarrow I = 3,48 \text{ A}$

b) $E = UI \cdot t = 96 \text{ kJ}$

Svar:

a) effektivvärdet är 3,48 A.

b) Energin 96 kJ har omvandlats.

Sammanfattning formler

Elektrisk energi = elektrisk lägesenergi hos laddade partiklar

Elektrisk spänning = skillnad i lägesenergi/laddningsenhet

$$V = \frac{E}{Q}$$

I homogent fält:

$$|E| = \frac{V}{d} \quad \begin{array}{l} \text{— spänning mellan } a \text{ o } b \\ \text{— avstånd mellan } a \text{ o } b \\ \text{(längs en fältlinje)} \end{array}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Det elektriska fältet i ledare orsakar elektronernas rörelse

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{enhet: } 1 \text{ A (ampere)} = 1 \text{ C/s}$$

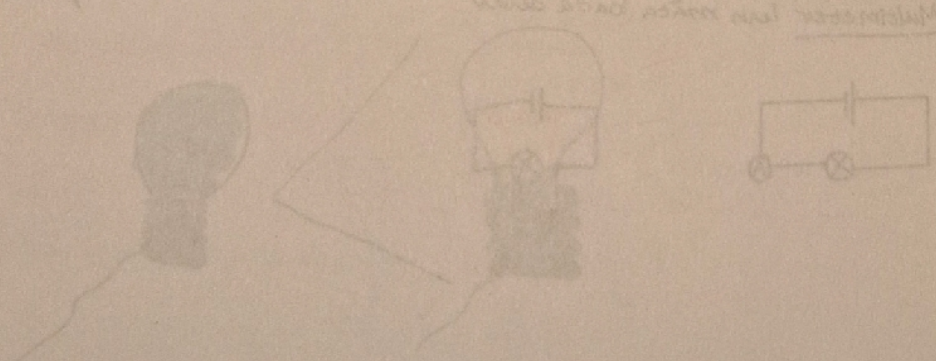
Strömriktning är positiva partiklars riktning

$$P = U \cdot I \quad \text{enhet: } 1 \text{ W (watt)} = 1 \text{ VA} = 1 \text{ J/s}$$

↑
effekt

Energienheten 1 eV är ändring av rörelseenergi partikel med e får vid acceleration genom 1 V.

Växelström rör sig elektroner fram o tillbaka



Kap 8.

Sluten krets

Sluten krets = sammanhängande ledande slinga

⊗ lampa

↑↓ strömkälla

S | strömbrytare

Samband mellan spänning & ström

Resistans

Ström & spänning är proportionella mot varandra

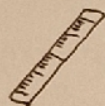
Ohms lag

$$U = R \cdot I \text{ eller } R = \frac{U}{I} \quad R = \text{resistans}$$

Resistans är mått på motstånd laddningarna möter

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow 1 \text{ V/A} = 1 \Omega \text{ (ohm)}$$

Oljka resistorer används inom elektroniken
Består ofta av motståndstråd upplindad på porslinskärna

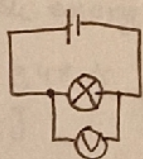
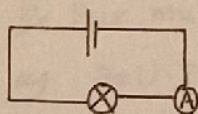


Att mäta ström & spänning

Amperemeter mäter ström - kopplas i serie & skall ha ^{lågre} resistans

Voltmeter mäter spänning - parallellkopplas & skall ha ^{högre} resistans

Multimeter kan mäta båda delar



Resistans i metalltråd

* Både längd & tjocklek påverkar

$$R = \frac{U}{I}$$

Dubbelt så lång tråd går ström ned till hälften

$$\frac{U}{\frac{I}{2}} = \frac{2U}{I} \Rightarrow 2R$$

Resistansen blir då 2 ggr så stor
 $\Rightarrow$ proportionell mot trådens längd

Fordubbling av tvärsnittsarea = halvering av resistans

$\Rightarrow$ Omvänd proportionalitet

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

resistans resistivitet tvärsnittsarea

Resistivitet ρ ($\Omega \cdot m$) mäts i $\Omega \cdot m$

Mindre resistivitet ämnet har = bättre ledare

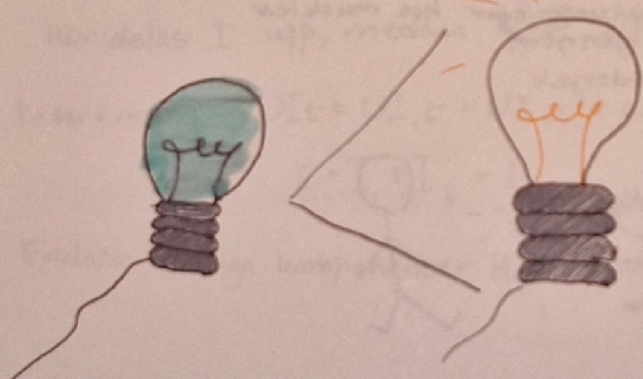


* Även temperatur påverkar resistans

Högre temperatur $\rightarrow$ materialets atomer börjar vibrera

$\Rightarrow$ svårare för ledningselektroner att ta sig fram

$\Rightarrow$ resistiviteten ökar med stigande temperatur



Resistans är mer än 10 ggr högre i tänd glödlampa.

Elektrisk effekt i resistorer

$$P = U \cdot I \quad \text{enligt ohms lag: } U = R \cdot I$$

$$P = U \cdot I = R I I = R I^2$$

$$P = UI = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

$P = UI$ anger effekt för alla likströmskomponenter

$R I^2 = \frac{U^2}{R}$ gäller ENDAST resistorer



Hur farlig är elektriciteten?

Skadefaktorer:

- * Hur stor ström
- * Villken väg genom kroppen
- * Hur länge
- * Kroppens resistans $\Rightarrow$ högre = lägre ström

Hudresistansen utgör största delen av kroppens resistans

Hudresistans minskar när huden blir fuktig

Likström $\rightarrow$ brännskador
 $\rightarrow$ koagulerade proteiner

Växelström $\rightarrow$ brännskador
 $\rightarrow$ funktionsstörningar hos muskler
 $\rightarrow$ stora hjärtrytm
 $\rightarrow$ höjt blodtryck

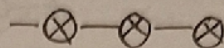
Rädda person



Kopplingar

Seriakoppling

- Koppla på rad
Samma I genom
alla lampor



Resonemang: Spänningskällan lämnar energin UIt på tiden t
Lampor använder lika mycket energi

$$UIt = U_1 I t + U_2 I t + U_3 I t$$

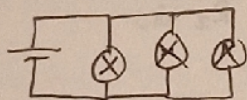
$/ I t$

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + U_3$$

OBS! Om krets bryts blir det strömbrott i hela kretsen
Hela spänningen U kommer finnas mellan ändar på trasiga kretsen

Parallellkoppling

När ex lampor är kopplade med egna trådar till
spänningskälla



Här delas I upp, medan U är konstant

Resonemang: $UIt = UI_1 t + UI_2 t + UI_3 t$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$/ U t$

Endast trasiga komponenter blir strömlösa

Ersättningsresistanser

Räknar ut resistorers resistans & ersätter dessa med en resistor m. total resistans
=> enklare att räkna

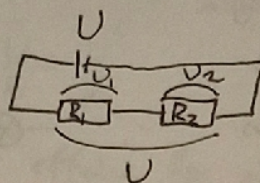
Serielläkopplade

Ohms lag ger:

$$U = RI$$

$$U_1 = R_1 I$$

$$U_2 = R_2 I$$



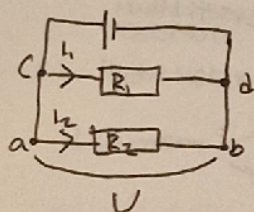
Total spänning är $U = U_1 + U_2 \Rightarrow RI = R_1 I + R_2 I$ / I

=> ersättningsresistansen är $\underline{R = R_1 + R_2}$

Vid serielläkoppling är ersättningsresistansen summan av de ingående resistanserna

$$R_{tot} = R_1 + R_2$$

Parallellkopplade komponenter



Vid parallell kommer I_{tot} delas upp och U vara samma över båda resistorerna

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_1} \Rightarrow I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$\text{Huvudström: } I = I_1 + I_2$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}$$

Vid parallellkoppling är ersättningsresistansen:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}$$

Polspänning & ems

Vid kortslutning av batteri blir strömmen låg pga inre resistans (R_i)

I vanligt batteri är inre resistans 0,5 - 2,0 ohm,
bilibatteri endast ngr $\frac{1}{100}$ ohm

Spänning $\mathcal{E}$ som alstras av kemiska processer
inuti ett batteri kallas ems. (förk. elektromotorisk spänning)

ems = elektromotorisk kraft

Om ingen ström tas ur batteriet

$$\mathcal{E} = U_{\text{polspänning}}$$

Om lämnar ström

$$U_{\text{polspänning}} < \mathcal{E}$$

Större I = lägre U_{pol}

skillnad utgörs över inre resistansens spänning

$$\text{polspänning} = \text{ems} - (\text{inre resistans}) \cdot \text{ström}$$

Polspänning:

$$U = \mathcal{E} - R_i \cdot I$$

Ofta inre resistans så låg så ej behöver ta hänsyn till

Elektrisk potential

Jordning visas med $\perp$ eller $\top$

Jordade ledare väljs till nollnivå vid beräkning av den elektriska potentialen hos laddningar

Om positiv laddning Q har lägesenergi E , räknad i P , elektriska potentialen i P är: $V_P = \frac{E}{Q}$

Elektrisk potential kan ha vilket tecken som helst (= lägesenergi)

Spänning $V = \frac{E_1 - E_2}{Q}$

$\Rightarrow$ är potentialskillnad

$\Rightarrow$ potential mäts i volt

Potential i kretsar

potentialändring

Följer strömräkning: + ems
- alla motstånd

Mot strömräkning: - ems
+ alla motstånd

Räkna först ut strömmen

$$\mathcal{E} - R_i \cdot I - RI = 0$$

polspänning

Kirchhoffs lagar

2: 1 varv i slutet krets summa av potentialförändringar = 0

1: Ingen ström försvinner vid förgrening