

Fysik 1



E-genomgång

- Elektricitet
Kapitel 9 -

Laddning

Laddning är en egenskap hos materia (som även t.ex. massa är).

Beteckningen för laddning är Q och enheten är Coulomb, C

Laddning kan vara positiv:  eller negativ: 

Partiklar med känd laddning

En elektron har laddningen:

$$Q_{\text{elektron}} = - 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



En proton har laddningen:

$$Q_{\text{proton}} = + 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ är en konstant som kallas elementärladdning = 1 e

Uppgift 1: En metallkula har laddningen $-2,6 \cdot 10^{-12} \text{ C}$.

- (Laddning) a) Har kulan överskott eller underskott på elektroner?
b) Hur många elektroner handlar det om?

a) Eftersom kulans laddning är negativ måste antalet elektroner vara fler än antalet protoner \Rightarrow överskott på elektroner

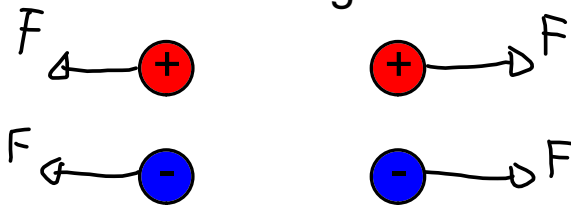
b) Varje elektron bidrar med $-1e$ ($1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)
Antalet elektroner: $\frac{\text{Total laddning}}{\text{En elektrons laddning}} =$

$$= \frac{-2,6 \cdot 10^{-12} \text{ C}}{-1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \approx 16 \text{ milj. st.} \\ = 1,6 \cdot 10^7 \text{ st}$$

Coulombs lag

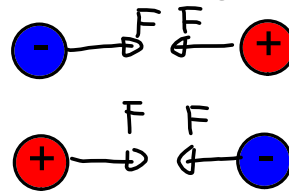
Då två laddningar möts gäller följande:

Lika laddningar möts



Laddningarna
stöter ifrån varandra
genom en kraft, F

Olika laddningar möts



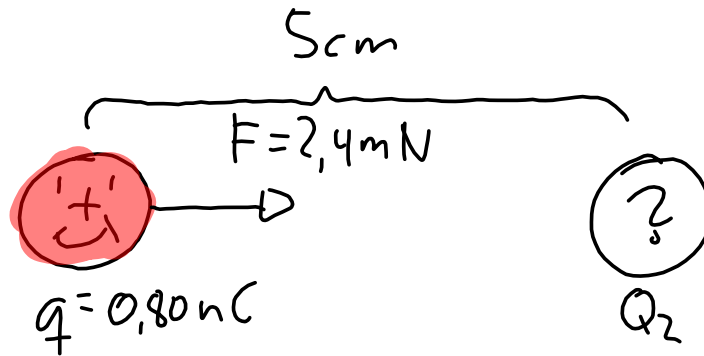
Laddningarna åker
mot varandra genom kraften F

Kraftens storlek bestäms av Coulombs lag: $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$

$$k = 8,99 \cdot 10^9$$

$r =$ Avståndet mellan Q_1 och Q_2
(i m)

Uppgift 2: En positiv laddning på 0,80 nC påverkas av en attraherande kraft på 2,4 mN från laddningen Q_2 . Avståndet mellan laddningarna är 5 cm. Hur stor är Q_2 ? (laddning och tecken)



Eftersom kraften är attraherande har q och Q_2 olika tecken $\Rightarrow Q_2$ negativ

Kraftens storlek ges av Coulombs lag:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$F = 2,4 \text{ mN} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$
 $Q_1 = q = 0,8 \text{ nC} = 0,8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$
 $r = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$
 $k = 8,99 \cdot 10^9$

$$2,4 \cdot 10^{-3} = 8,99 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 10^{-9}}{0,05^2} \right) \cdot Q_2 \quad] \text{mf: "2=4x"}$$

$$\frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{8,99 \cdot 0,8}{0,05^2} \right)} = Q_2 \approx 8,34 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q_2 = -8,34 \cdot 10^{-7} \text{ C}}$$

Elektriska fält

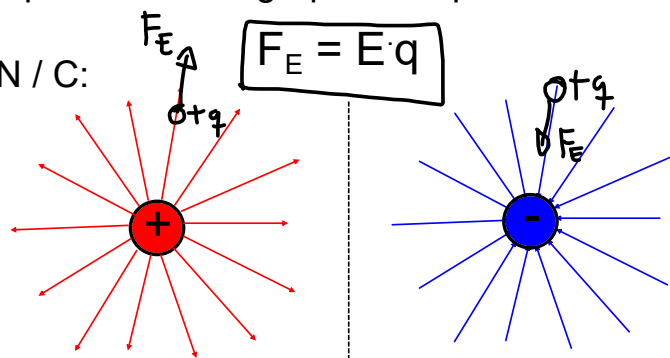
Ett elektriskt fält är som en "elektrisk lukt" som finns i närheten av laddningar.

Den "upplevs" av andra laddningar som antingen "god" eller "dålig", dvs antingen som en attraherande, eller en repellerande kraft, F_E .

Fältets riktning definieras av hur en positiv laddning, q , skulle påverkas, och ritas som linjer med pilar.

Styrkan betecknas E och anges i N / C :

Fältet runt laddningar:

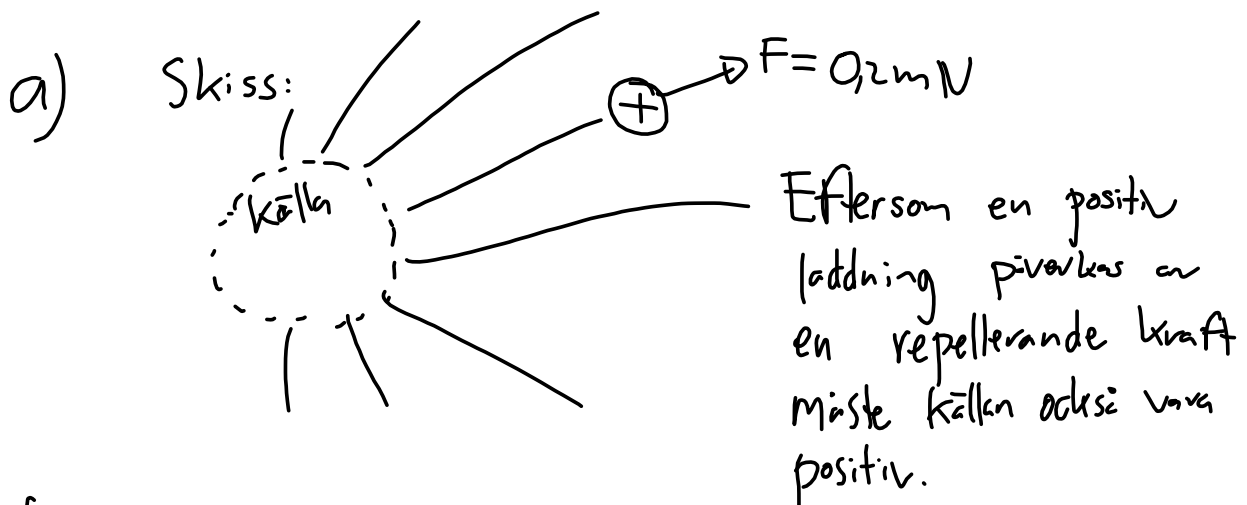


Uppgift 3: En positiv laddning befinner sig i ett elektriskt fält från en källa. Fältstyrkan vid laddningens plats är 2 N/C och laddningen påverkas av en kraft på $0,2 \text{ mN}$ bort från källan.

a) Är fältets källa positiv eller negativ?

Rita en skiss över situationen

b) Beräkna storleken på laddningen.



b)

$F = 0,2 \text{ mN}$
 $E = 2 \text{ N/C}$ $F = Q \cdot E$
 (Jmf: $F = m \cdot g$)

$$\Rightarrow Q = \frac{F}{E} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{2} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ C} = 0,1 \text{ mC}$$

Homogena elektriska fält

Homogena elektriska fält fås mellan två laddade plattor med olika laddning.

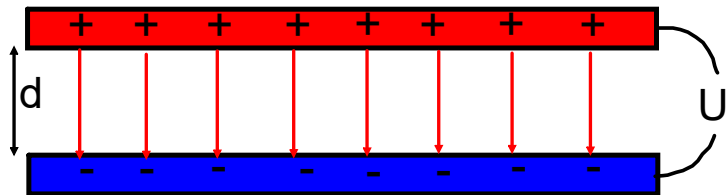
Homogen innebär att fältets styrka, E , är lika stor i hela fältet.

Mellan plattorna definieras den s.k. elektriska spänningen, U , som arbetet som utträttas på en laddning pga fältet delat med laddningens storlek: $U = \frac{W}{q}$

Enheten för spänning är Volt [V]

Fältstyrkan kan sedan uttryckas med spänningen, U , och avståndet mellan plattorna, d :

$$E = \frac{U}{d}$$



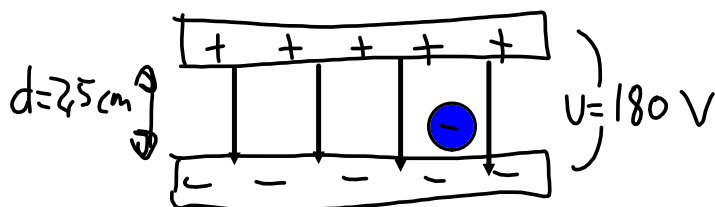
Uppgift 4:
(Homogena
elektriska fält)

En elektron befinner sig i ett homogent fält mellan två parallella plattor. Spänningen mellan dessa är 180 V och avståndet mellan dem 2,5 cm.

Hur stor är kraften som påverkar elektronen då den befinner sig...

a) ... 2 cm från den negativa plattan?

b) ... 1 cm från den negativa plattan?



Kraften beror på
fältstyrkan enligt:

$$F = Q \cdot E$$

För homogena elektriska fält kan

fält beräknas enligt: $E = \frac{U}{d} = \frac{180}{0,025} =$

obs! d i m!

$$= 7200 \text{ V/m } (= \text{N/C})$$

Kraften blir: $F = Q \cdot E = \left[\begin{array}{l} Q \text{ för en elektron} \\ \text{är } Q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ E = 7200 \text{ V/m} \end{array} \right]$

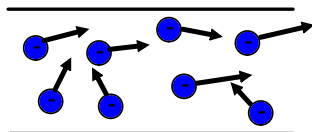
$$= 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 7200 = 1,15 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

b) Kraften är lika stor i hela fältet eftersom fältstyrkan är lika stor och

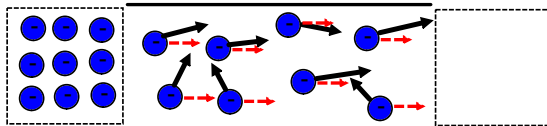
$$F = Q \cdot E = 1,15 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

Elektrisk ström

I en ledare finns det lättrorliga elektroner, som rör sig åt alla möjliga håll.



Om man utsätter ledaren för ett elektriskt fält kommer elektronerna i medeltal att börja röra sig mer åt ett håll: "-----"



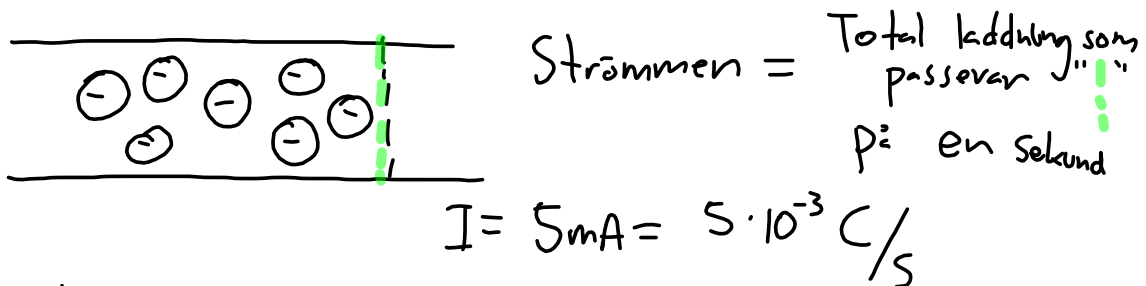
När elektronerna rör sig definerar man den elektriska strömmen, I , som total laddning per tidsenhet som passerar ett tvärsnitt av ledaren: $I = \frac{Q}{t}$

Enheten för ström är Ampere = "A"

$$1A = 1C/s$$

OBS! Elektronerna rör sig från minus till plus
men strömmen räknas från + till -!

Uppgift 5: I en ledare går strömmen 5 mA. Hur många elektroner
(Elektrisk ström) passerar varje tvärsnitt av ledaren på 4 sekunder?



$$I = 5 \text{ mA} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ C/s}$$

Varje elektron har $Q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

På en sekund kommer: $\frac{\text{Total laddning}}{\text{Laddning hos en elektron}}$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,12 \cdot 10^{16} \text{ st}$$

$$\text{På 4 sekunder kommer: } 4 \cdot 3,12 \cdot 10^{16} \\ = 1,25 \cdot 10^{17} \text{ st}$$

Alternativt formelltänk: $I = \frac{Q}{t}$ där $t = 4 \text{ s}$

$Q = ?$

$I = 5 \text{ mA}$

Beräkna $Q = I \cdot t$ och
dela på elektronladdningen

Uppgift 6: Elektroner i rörelse rör sig ungefär några cm varje sekund.
(Elektrisk ström) Hur kan det då gå så snabbt för en lampa att tändas då man trycker på knappen, trots att avståndet mellan knappen och lampan kan vara ganska långt..?

Jämför med att slå på duschen:

Det kommer vatten direkt då man slår på kranen

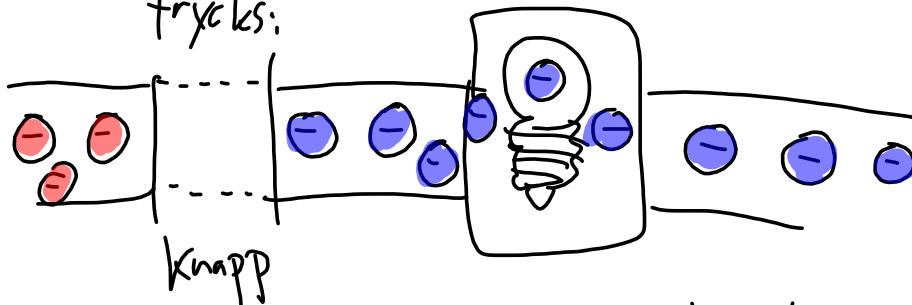
Dock tar det ett tag för vattnet att "bli varmt"



Detta då det varma vattnet behöver en tid för att nå duschen.

Samma sak för elektroner i en skedd men då märkes ingen skillnad mellan "kallt" och "varmt" \Rightarrow

Det finns redan elektroner i ledaren och lampan som rör sig direkt då knappen trycks:



De "röda" är dock de samma som de "blå".

Resistans

Elektronerna som rör sig möter under vägen motstånd, s.k. resistans

Beteckningen är R och enheten är Ohm [Ω]

R beror på spänningen och strömmen enligt Ohms lag : $U = R \cdot I$

Resistansen kan även beräknas med hjälp av materialets förmåga till motstånd, resistivitet, ρ , enligt:

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

l = trådens längd ($i\ m$)
 A = tvärsnittsarean ($i\ mm^2$)

Formelsamlingen
s. 86

Resistivitet och temperaturkoefficienter
Några grundämnenes elektriska egenskaper

Ämne	Resistivitet $\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$ (20 °C)	Temperatur- koefficient K^{-1}	Ämne	Resistivitet $\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$ (20 °C)	Temperatur- koefficient K^{-1}
aluminium	0,0255	$4,29 \cdot 10^{-3}$	kvicksilver	0,96	$0,99 \cdot 10^{-3}$
beryllium	0,040	$7,5 \cdot 10^{-3}$	magnesium	0,044	$4,2 \cdot 10^{-3}$
bly	0,21	$4,22 \cdot 10^{-3}$	molybden	0,05	$4,7 \cdot 10^{-3}$
germanium	$0,5 \cdot 10^3$		natrium	0,047	$5,5 \cdot 10^{-3}$
guld	0,022	$4,0 \cdot 10^{-3}$	nickel	0,07	$6,75 \cdot 10^{-3}$
järn	0,097	$6,6 \cdot 10^{-3}$	platina	0,106	$5,92 \cdot 10^{-3}$
kisel	$1 \cdot 10^3$		rodium	0,043	$4,57 \cdot 10^{-3}$
kobolt	0,06	$6,58 \cdot 10^{-3}$	silver	0,016	$4,10 \cdot 10^{-3}$
kol, grafit	≈ 10		tenn	0,11	$4,63 \cdot 10^{-3}$
koppar	0,0172	$4,3 \cdot 10^{-3}$	titan	0,40	$5,5 \cdot 10^{-3}$
krom	0,127	$3 \cdot 10^{-3}$	volfren	0,05	$4,83 \cdot 10^{-3}$

Uppgift 7: En cirkelformad ledare av titan har radien 1 mm och längden 5 m.
(Resistans)

- Beräkna dess resistans.
- Ledaren utsätts för en spänning på 10 V.

Resistivitet och temperaturkoefficienter

Några grundämnenas elektriska egenskaper

Ämne	Resistivitet $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ (20 °C)	Temperatur- koefficient K^{-1}	Ämne	Resistivitet $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ (20 °C)	Temperatur- koefficient K^{-1}
aluminium	0,0265	$4,29 \cdot 10^{-3}$	kvicksilver	0,96	$0,99 \cdot 10^{-3}$
beryllium	0,040	$7,5 \cdot 10^{-3}$	magnesium	0,044	$4,2 \cdot 10^{-3}$
bly	0,21	$4,22 \cdot 10^{-3}$	molybden	0,05	$4,7 \cdot 10^{-3}$
germanium	$0,5 \cdot 10^3$		natrium	0,047	$5,5 \cdot 10^{-3}$
guld	0,022	$4,0 \cdot 10^{-3}$	nickel	0,07	$6,75 \cdot 10^{-3}$
järn	0,097	$6,6 \cdot 10^{-3}$	platina	0,106	$3,92 \cdot 10^{-3}$
kisel	$1 \cdot 10^3$		rodium	0,043	$4,57 \cdot 10^{-3}$
kobolt	0,06	$6,58 \cdot 10^{-3}$	silver	0,016	$4,10 \cdot 10^{-3}$
kol, grafit	= 10		tenn	0,11	$4,63 \cdot 10^{-3}$
koppar	0,017	$4,3 \cdot 10^{-3}$	titan	0,40	$5,5 \cdot 10^{-3}$
krom	0,127	$3 \cdot 10^{-3}$	volfram	0,05	$4,83 \cdot 10^{-3}$

Formelsamlingen
s. 86

Enligt tabellen gäller
att $\rho_{\text{titan}} = 0,4 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$
 \Rightarrow A ska anges i mm^2
L ska anges i m

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} = \left[\begin{array}{l} A = \text{Arean av en cirkel med } r=1\text{mm} \\ \text{A} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 1^2 = \pi \end{array} \right]$$

$$= \left[\begin{array}{l} \rho_{\text{titan}} = 0,4 \\ A = \pi \text{mm}^2 \\ L = 5\text{m} \end{array} \right] = 0,4 \cdot \frac{5}{\pi} = 0,64 \Omega$$

b) Strömmen fås med hjälp av Ohms lag:







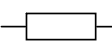

$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R} = \left[\begin{array}{l} U = 10\text{V} \\ R = 0,64 \Omega \end{array} \right] = \frac{10}{0,64}$$

$$= 15,71 \text{A} (!)$$

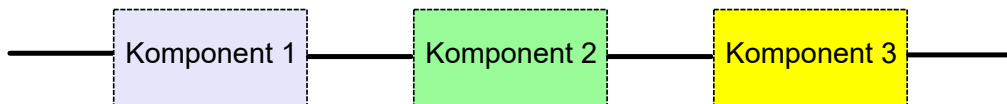
Kopplingscheman

Då man ritar elektriska kopplingar används symboler enligt:

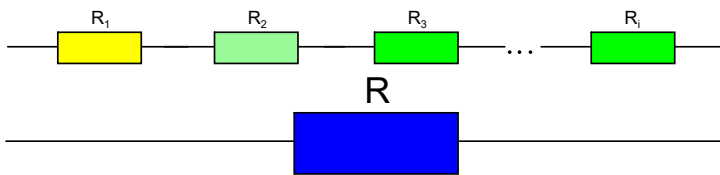
	Strömbrytare		Glödlampa
	Batteri		Voltmeter (kopplas parallellt)
	Sladd		Amperemeter (kopplas i serie)
	Motstånd		Spänningskälla

Seriekoppling

Då komponenter kopplas efter varandra på "samma sladd" kallas det för seriekoppling:



Flera motstånd kopplade i serie kan matematiskt ersättas av ett motstånd, R:



$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_i$$

Strömmen lika genom alla motstånd

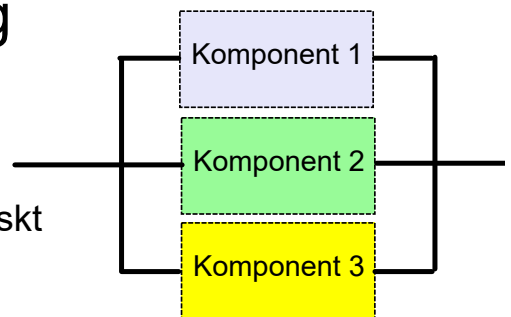
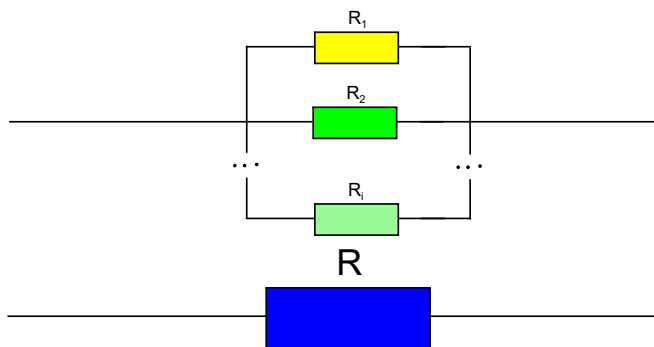
Spänningen OLIKA för varje motstånd

Ohms lag gäller för varje motstånd

Parallellkoppling

Då komponenter kopplas bredvid varandra på "olika sladdar" kallas det för parallellkoppling:

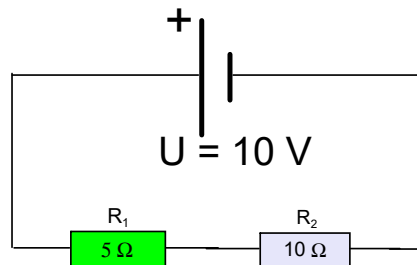
Flera motstånd kopplade parallellt kan matematiskt ersättas av ett motstånd, R:



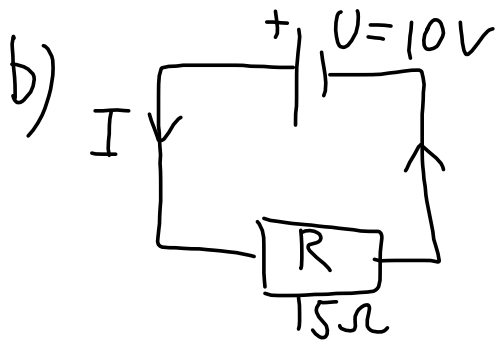
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_i}$$

Strömmen OLIKA genom varje motstånd
Spänningen lika över varje motstånd
Ohms lag gäller för varje motstånd

- Uppgift 8:** Nedanstående schema visar en koppling med resistorer
(Seriekoppling)
- a) Beräkna ersättningsresistansen
 - b) Beräkna strömmen i kretsen



a) $R = \left[\begin{array}{l} \text{Vid seriekoppling gäller} \\ R = R_1 + R_2 + \dots \end{array} \right] = R_1 + R_2 =$
 $= 5 + 10 = 15 \Omega$



Strömmen ges av Ohms lag:

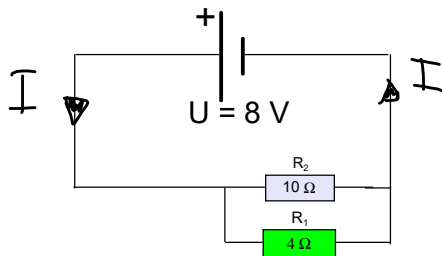
$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{15} = 0,67 \text{ A}$$

Uppgift 9: Nedanstående schema visar en koppling med resistorer

(Parallellkoppling) a) Beräkna ersättningsresistansen

b) Beräkna strömmen igenom R_1



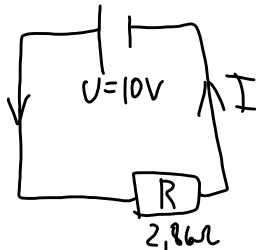
a) Vid parallellkoppling gäller:

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

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{4} \Rightarrow$$

$$R = 2,86 \Omega$$

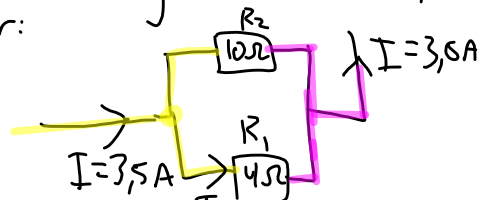
b) Börja med huvudströmmen (= "Totala strömmen")



Ohms lag: $U = R \cdot I$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{2,86} = 3,5 \text{ A}$$

För att få grenströmmen R_1 gäller:



Spänningen över båda motstånd är 10V

Strömmen genom R_1 :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ A}$$

Strömmen genom R_2 kan fås på 2 olika sätt: Dels via $I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$

Dels via "Delade ström"-tänklet

"Om 3,5 A delas upp i 2. Den ena är 2,5 måste den andra vara $3,5 - 2,5 = 1 \text{ A}$ "

$$I = I_1 + I_2$$

Elektrisk potential

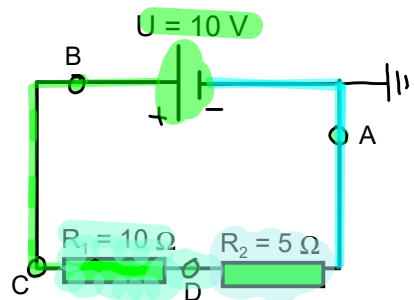
Elektrisk potential är ett mått på "spänningen i en punkt", V_A
Spänning är dock alltid skillnad mellan två punkter, och därför används en naturlig nollnivå som jämförelse.

Denna kallas Jord och betecknas $\frac{|}{-}$

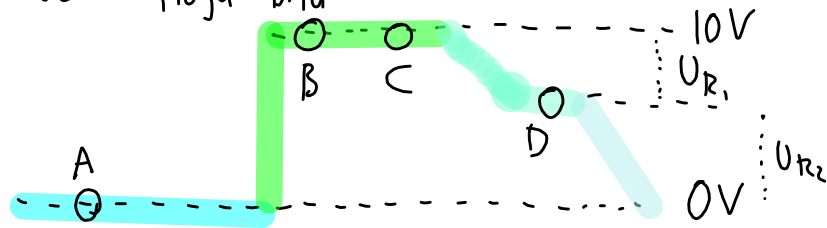
Om man går i strömriktningen kommer potentialen att minska då en resistor passeras ("nedförsbacke"). Minskningen blir så stor som spänningen över resistorn som passerats.

Går man runt ett varv hamnar man alltid tillbaka på samma nivå som man startade.

Uppgift 10: Nedanstående schema visar en koppling med resistorer
(Elektrisk potential) Beräkna potentialen i punkterna A, B, C och D.



Jämförande "Höjd-bild"



A är på jord $\Rightarrow V_A = 0V$

B och C har samma potential, 10V högre än jord $\Rightarrow V_B = V_C = 0 + 10 = 10V$

För att beräkna V_D krävs spänningen över resistorerna:

$$\text{Ersättningsresistansen} \Rightarrow R = R_1 + R_2 = 15 \Omega$$

Strömmen I ges med Ohms lag

$$U = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{10}{15} = 0,67 A$$

$$\text{Över } R_1 : I = 0,67 A$$

$$R = R_1 = 10 \Omega$$

$$U_{R_1} = R \cdot I = 10 \cdot 0,67 = 6,7 V$$

$$\Rightarrow V_D = 6,7 V \text{ lägre än } V_C \Rightarrow$$

$$\boxed{V_D = 10 - 6,7 = 3,3 V}$$

Alternativt kan V_D bestämmas som U_{R_2} högre än 0

Elektrisk energi och effekt

Effekten, P , som utvecklas i en elektrisk krets kan beräknas genom:

$$P = U \cdot I$$

Eftersom U och I ingår i Ohms lag kan sambandet också skrivas: $[U = R \cdot I]$

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

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

En vanlig enhet för energi i elsammanhang är kWh = "energin som effekten 1 kW avger under en timme":

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Uppgift 11: En hårtork som är inkopplad till 220 V drar effekten 1,0 kW.

(Elektrisk effekt)

- Hur stor är strömmen genom hårtorken?
- Hur mycket elektrisk energi använder hårtorken på 3,0 minuter?

a) Effekten ges av: $P = U \cdot I \Rightarrow$

$$I = \frac{P}{U} = \left[\begin{array}{l} P = 1,0 \text{ kW} = 1 \cdot 10^3 \text{ W} \\ U = 220 \text{ V} \end{array} \right]$$
$$= \frac{1 \cdot 10^3}{220} = 4,5 \text{ A}$$

b) Effekt = $\frac{\text{Energi}}{\text{Tidsenhet}}$

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{\text{s}} \quad 1000 \text{ W} = \frac{1000 \text{ J}}{\text{s}}$$

På 3 min gör det $3 \cdot 60 = 180 \text{ s}$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{Energi på 3 min} &= \text{Energi varje sekund} \cdot \text{Antal sek på 3 min} \\ &= 1000 \cdot 180 \\ &= 180 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Slut på kapitel 9