9 Elektricitet

901. Se lärobokens facit.

902. Elektronens laddning är $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C. För att neutralisera den positiva laddningen på klotet måste man därför tillföra $\frac{2{,}5 \cdot 10^{-9}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}} = 1{,}6 \cdot 10^{10}$ st elektroner.

Svar: $1{,}6 \cdot 10^{10}$ st

903. Coulombs lag ger att kraften är

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

$$= 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{(0{,}051 \cdot 10^{-9})^2} \text{ N} =$$

$= 8{,}9 \cdot 10^{-8}$ N = 89 nN

Svar: 89 nN

904. På grund av influens kommer elektroner i klot 1 att avlägsna sig från staven och fly över till klot 2. Klot 1 kommer alltså att bli positivt laddat. Klot 2 blir negativt laddat.

Svar: a) positiv b) negativ

905. Natriumjonen är positivt laddad och kloridjonen negativt laddad. Båda har elementarladdningen $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C. Kraften mellan dem blir enligt Coulombs lag

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

$$= 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{(1{,}0 \cdot 10^{-6})^2} \text{ N} =$$

$= 2{,}3 \cdot 10^{-16}$ N

Svar: $2{,}3 \cdot 10^{-16}$ N

906. Coulombs lag $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$ ger att om avståndet r mellan laddningarna dubblas till $2r$, kommer kraften att bli $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{(2r)^2} = F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4r^2}$, dvs. endast en fjärdedel av den tidigare kraften.

Svar: Kraften blir bara en fjärdedel jämfört med innan.

907. Staven måste vara positivt laddad. Då kommer elektronerna i elektroskopet att vilja förflytta sig upp mot staven och utslaget på elektroskopet minskar.

Svar: positiv

908. När låter kulorna få kontakt med varandra, delar de på överskottsladdningen. De får då laddningen

$\frac{-8{,}0 + 5{,}0}{2} \text{ nC} = -1{,}5 \text{ nC}$ vardera.

Kraften mellan kulorna får vi med Coulombs lag.

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

$$= 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-1{,}5 \cdot 10^{-9}) \cdot (-1{,}5 \cdot 10^{-9}}{0{,}020^2} \text{ N} =$$

$= 5{,}1 \cdot 10^{-5}$ N = 51 μN

Eftersom båda kulorna är negativa är kraften repulsiv.

Svar: 51 μN, repulsiv

909. a) Ja, det finns en attraktiv kraft mellan kloten. Eftersom klot B är negativt laddat kommer detta klot att medföra en laddningsförskjutning i klot A så att elektroner i detta klot kommer att förflyttas åt vänster (så långt bort från klot B som möjligt). Den vänstra sidan blir således negativ och den högra sidan (som vetter mot klot B) blir positiv. Den vänstra sidan kommer således att repelleras från klot B, medan den högra sidan attraheras. Eftersom den högra sidan är närmare klot B kommer den attraktiva kraften att vara större än den repellerande kraften. Det blir således en nettokraft mellan kloten som är attraktiv.
b) Om man jordar klotet B kommer man att ladda ur det. Båda kloten är sedan oladdade och någon kraft finns inte mellan dem.

Svar: a) Ja, en attraktiv kraft mellan kloten. b) Nej, ingen kraft.

910. Den positiva partikeln påverkas av attraktiva krafter både åt vänster och åt höger.
Coulombs lag ger dessa båda krafter.

Kraften åt vänster är $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} =$

$= 8,99 \cdot 10^9 \cdot \frac{-4,0 \cdot 10^{-9} \cdot 1,0 \cdot 10^{-9}}{0,025^2}$ N $= -5,75 \cdot 10^{-5}$ N

Kraften åt höger är $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} =$

$= 8,99 \cdot 10^9 \cdot \frac{-8,0 \cdot 10^{-9} \cdot 1,0 \cdot 10^{-9}}{0,05^2}$ N $= -2,88 \cdot 10^{-5}$ N

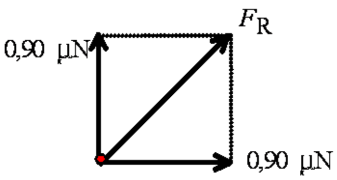
Minustecknet anger att kraften är attraktiv.
Kraften åt vänster är större och den resulterande kraften blir $(5,75 \cdot 10^{-5} - 2,88 \cdot 10^{-5})$ N $= 2,87 \cdot 10^{-5}$ N =
= 29 µN åt vänster.

Svar: a) 29 µN b) åt vänster

911. Partikeln i punkten P påverkas av båda de andra partiklarna med lika stora krafter eftersom både laddningarna och avståndet är lika.
En sådan kraft är enligt Coulombs lag:

$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 8,99 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,0 \cdot 10^{-9} \cdot 1,0 \cdot 10^{-9}}{0,10^2}$ N =

$= 9,0 \cdot 10^{-7}$ N = 0,90 µN
Partikeln i P påverkas av en repulsiv kraft åt höger och en repulsiv kraft uppåt. Den resulterande kraften F_R får vi som diagonalen i en kvadrat.



F_R bestäms med Pythagoras sats.

$F_R = \sqrt{0,90^2 + 0,90^2}$ µN $= 1,3$ µN

Svar: Den resulterande kraften är 1,3 µN och riktad snett uppåt höger.

912. a) Ström är laddning per tidsenhet. $I = \frac{Q}{t}$

b) Spänning mellan två punkter är den energi som krävs för att flytta en laddning mellan dessa två punkter. Spänning är energi per laddning.

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

c) Resistans är förmågan att släppa fram eller hindra ström. Resistans är spänning dividerat med ström,

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

913. Se lärobokens facit.

914. Ohms lag ger $U = R \cdot I = 67 \cdot 1,5$ V = 100,5 V

Svar: 100 V

915. Ohms lag ger $U = R \cdot I = 5 \cdot 0,6$ V = 3 V

Svar: 3 V

916. a) Laddningen $Q = I \cdot t$ ger att $I = \frac{Q}{t} = \frac{1,2}{4}$ A $= 0,3$ A
Mobiltelefonen drar strömmen 0,3 A.
b) Resistansen får vi med Ohms lag.

$R = \frac{U}{I} = \frac{3,6}{0,3}\ \Omega = 12\ \Omega$

c) Q = 1,2 Ah = 1,2 A · 3600 s = 4320 As = 4320 C
d) Energin $E = Q \cdot U = 4320 \cdot 3,6$ J = 15552 J

Svar: a) 0,3 A b) 12 Ω c) 4,3 kC d) 16 kJ

917. Till P går strömmen 1,2 A. från P går strömmarna (0,5 + 2,3) A = 2,8 A. Enligt Kirchhoffs första lag måste det gå lika stor ström till P som det går därifrån.
I den fjärde ledningen måste det då gå
(2,8 – 1,2) A = 1,6 A in mot P.

Svar: Det går 1,6 A mot P.

918. Se lärobokens facit.

919. Ledningens tvärsnittsarea

$A = \pi r^2 = \pi \cdot 36^2$ mm^2 = 4072 mm^2

Resistiviteten för koppar är enligt tabell

$$\rho_{\mathrm{Cu}} = 0{,}0178\ \frac{\Omega \cdot \mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\ .$$

Ledningens resistans är

$$R = \rho_{\mathrm{Cu}} \cdot \frac{l}{A} = 0{,}0178 \cdot \frac{42000}{4072}\ \Omega = 0{,}18\ \Omega$$

<u>Svar: 0,18 Ω</u>

920. Trådens radie är $\frac{0{,}10}{2} = 0{,}05$ mm och dess tvärsnittsarea

är $A = \pi r^2 = \pi \cdot 0{,}05^2$ mm^2 = 0,00785 mm^2

Resistiviteten för guld är enligt tabell

$$\rho_{\mathrm{Au}} = 0{,}022\ \frac{\Omega \cdot \mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\ .$$

Ledningens resistans är

$$R = \rho_{\mathrm{Au}} \cdot \frac{l}{A} = 0{,}022 \cdot \frac{1{,}5}{0{,}00785}\ \Omega = 4{,}2\ \Omega$$

Om strömmen *I* genom ledaren ska vara 50 mA måste spänning över ledaren enligt Ohms lag vara

$U = R \cdot I = 4{,}2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}$ V = 0,21 V

<u>Svar: 0,21 V</u>

921. Att strömmen är 2,6 A innebär att laddningen 2,6 C passerar genom ledaren varje sekund. Elektronens laddning är $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C. Genom ledaren passerar då

$$\frac{2{,}6}{1{,}602 \cdot 10^{-19}} = 1{,}6 \cdot 10^{19}\ \text{st elektroner varje sekund.}$$

På 1 minut passerar $1{,}6 \cdot 10^{19} \cdot 60 = 9{,}7 \cdot 10^{20}$ st elektroner.

<u>Svar: $9{,}7 \cdot 10^{20}$ st</u>

922. Vi bestämmer först resistansen för de olika trådarna genom att dividera spänning med ström enligt Ohms lag.

Arean $A = \pi r^2$ och $\rho = \frac{R \cdot A}{l}$

Tråd	l (m)	$R = \frac{U}{I}$ (Ω)	$A = \pi r^2$ (mm^2)	$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$ (Ωmm^2/m
1	0,30	6,82	0,031	0,71
2	0,30	1,67	0,13	0,70
3	0,60	14,3	0,031	0,75
4	0,60	3,53	0,13	0,74

Ett medelvärde av värdena i den sista kolumnen ger $\rho = 0{,}71$ Ωmm^2/m

<u>Svar: 0,71 Ωmm^2/m</u>

923. a) Se lärobokens facit.

b) Densiteten för koppar är enligt tabell 8,933 g/cm^3 = 8933 kg/m^3. 1 km av kabeln väger 73 kg och har alltså en volym av

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{73}{8933}\ \mathrm{m}^3 = 0{,}00817\ \mathrm{m}^3$$

Dess tvärsnittsarea

$$A = \frac{V}{l} = \frac{0{,}00817}{1000}\ \mathrm{m} = 8{,}17 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m}^2 = 8{,}17\ \mathrm{mm}^2$$

$A = \pi r^2$ ger att radien är

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{8{,}17}{\pi}}\ \mathrm{mm} = 1{,}6\ \mathrm{mm}$$

och diametern 2 · 1,6 mm = 3,2 mm

c) Resistiviteten för koppar är enligt tabell

$$\rho_{\mathrm{Cu}} = 0{,}0178\ \frac{\Omega \cdot \mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\ .$$

Ledningens resistans är

$$R = \rho_{\mathrm{Cu}} \cdot \frac{l}{A} = 0{,}0178 \cdot \frac{4260 \cdot 10^3}{8{,}17}\ \Omega = 9279\ \Omega$$

<u>Svar: a) – b) 3,2 mm c) 9,3 kΩ</u>

924. a) Ett vanligt svenskt vägguttag har spänningen U = 230 V. Enligt Ohms lag blir strömmen genom

lampan $I = \frac{U}{R} = \frac{230}{1320}\ \mathrm{A} = 0{,}17\ \mathrm{A}$

b) Resistiviteten för volfram vid den aktuella temperaturen är 0,92 μΩ · m.

$R = \rho_{\mathrm{W}} \cdot \frac{l}{A}$ ger att trådens tvärsnittsarea

$$A = \rho_{\mathrm{W}} \cdot \frac{l}{R} = 0{,}92 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0{,}02}{1320}\ \mathrm{m}^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{m}^2$$

$A = \pi r^2$ ger att $r^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{m}^2$

$$r = \sqrt{\frac{1{,}4 \cdot 10^{-11}}{\pi}}\ \mathrm{m} = 2{,}1 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m}$$

Trådens diameter är då

$2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-6}$ m = 0,0042 mm 4,2 μm

<u>Svar: a) 0,17 A b) 4,2 μm</u>

925. a) Den totala spänningen från tre seriekopplade batterier är (3 + 3 + 3) V = 9 V. Strömmen genom batterierna och genom motståndet får vi från Ohms lag:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9}{36}\text{ A} = 0,25\text{ A}$$

b) Batterierna är parallellkopplade. Den totala spänningen är 3V och strömmen genom resistorn är

$$I = \frac{U}{R} = \frac{3}{36}\text{ A} = 0,083\text{ A}$$

Varje batteri bidrar med en tredjedel av denna ström. Genom varje batteri går alltså strömmen

$$\frac{0,083}{3}\text{ A} = 0,028\text{ A}$$

Svar: a) 0,25 A b) 0,028 A

926. a) Strömmen från batteriet går genom två lampor. Resistansen är alltså dubbelt så stor som tidigare och lamporna lyser svagare.
b) Även här har vi två lampor och dubbelt så stor resistans, men här har vi också två seriekopplade batterier. Spänningen har alltså också blivit dubbelt så stor. Enligt Ohms lag kommer då strömmen att bli lika stor som om vi hade haft ett batteri och en lampa. Lamporna lyser normalt.
c) Lamporna ligger parallellt. Över varje lampa ligger den spänning som batteriet har. Lamporna lyser normalt.
d) Batterierna ligger parallellt och deras spänning är lika stor som om vi bara hade haft ett batteri. denna spänning ligger över lampan som lyser normalt.
e) Nu är batterierna seriekopplade och spänning har blivit dubbelt så stor. Denna stora spänning ligger över en lampa som lyser mycket starkt (om den inte går sönder).

Svar: a) svagare b) normalt c) normalt d) normalt e) starkare

927. Lampa A lyser starkast. Den ligger i huvudledningen och får maximalt med ström. Sedan delar sig strömmen i två vägar: antingen genom lampa B eller genom lamporna C, D och resistorn. Eftersom denna nedre väg har störst resistans går det minst ström här. Den ström som går den nedre grenledningen måste först gå genom lampa C och sedan dela upp sig så att en del av strömmen går genom lampa D och en del genom resistorn. Genom lampa D går det alltså mindre ström än genom lampa C. Lampa D lyser svagast.

Svar: D

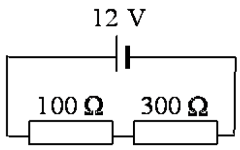
928. a) Strömmen kan välja två vägar, genom lampa C eller genom de båda lamporna A och B. Denna väg har således störst resistans och lamporna A och B lyser därför svagare än lampa C. C lyser starkast.
b)Lampa B är placerad parallellt med en resistansfri ledare. Ingen ström kommer då att gå genom lampa B. Den lyser inte alls!

Svar: a) C b) B

929. 1) Lamporna i kopplingarna c) och d) lyser nog. Ampere- och voltmetrarna är rätt inkopplade.
I a) har man lagt amperemetern parallellt med lampan. Amperemetern har normalt en mycket liten resistans. Nästan ingen ström kommer då att gå genom lampan. Den lyser inte. I koppling b) har man lagt voltmetern i serie med lampan. Det sker ingen skada, men voltmetern har så stor resistans att nästan ingen ström går i kretsen. Lampan kan då inte lysa.
2) Koppling a) är mycket olämplig. Eftersom amperemetern har så liten resistans kommer det att gå en mycket stor ström genom den. Den är ju direkt ansluten till batteriet. En mycket stor ström genom en amperemeter kan förstöra den.

Svar. 1) c och d 2) a

930. a)



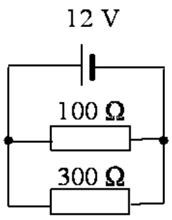
b) R_{tot} = (100 + 300) Ω = 400 Ω

c) Ohms lag ger $I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{12}{400}\text{ A} = 0,03\text{ A}$

d) Spänningen över 300 Ω-resistorn är enligt Ohms lag $U = R \cdot I = 300 \cdot 0,03\text{ V} = 9\text{ V}$

Svar: b) 400 Ω c) 0,03 A d) 9 V

931. a)



b) $\dfrac{1}{R_{tot}} = \dfrac{1}{100} + \dfrac{1}{300} = \dfrac{3}{300} + \dfrac{1}{300} = \dfrac{4}{300} = \dfrac{1}{75}$

R_{tot} = 75 Ω

c) Ohms lag ger $I = \dfrac{U}{R_{tot}} = \dfrac{12}{75}\ \text{A} = 0{,}16\ \text{A}$

d) Strömmen genom 300 Ω-resistorn är enligt

Ohms lag $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{12}{300}\ \text{A} = 0{,}04\ \text{A}$

Svar: b) 75 Ω c) 0,16 A d) 0,04 A

932. a) Över 20 Ω-resistorn ligger spänningen U.
Ohms lag ger $U = R \cdot I = 20 \cdot 3{,}0\ \text{V} = 60\ \text{V}$.
Över de seriekopplade motstånden i den övre grenledningen ligger då också 60 V.
Ersättningsresistansen för dessa båda motstånd är (10 + 30) Ω = 40 Ω.
Strömmen i denna ledning är enligt Ohms lag

$I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{60}{40}\ \text{A} = 1{,}5\ \text{A}$. Det går således 1,5 A både genom 10 Ω-resistorn och 30 Ω-resistorn.

b) Spänningen över 30 Ω-resistorn (Ohms lag) är
$U = 30 \cdot 1{,}5 = 45\ \text{V}$

Svar: a) 1,5 A b) 45 V

933. a) Spänning över 30 Ω-resistorn (Ohms lag) är
$U = 30 \cdot 0{,}5 = 15\ \text{V}$. Eftersom 20 Ω-resistorn är parallellkopplad med 30 Ω-resistorn ligger det 15 V även över denna resistor.
b) genom att tillämpa Ohms lag för båda dessa resistor kan vi beräkna strömmen genom båda.
Genom 30 Ω-resistorn går strömmen

$I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{15}{30}\ \text{A} = 0{,}5\ \text{A}$

Genom 20 Ω-resistorn går strömmen

$I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{15}{20}\ \text{A} = 0{,}75\ \text{A}$

Genom 10 Ω-resistorn går då strömmen (Kirchhoffs första lag) (0,5 + 0,75) A = 1,25 A.

Svar: a) 15 V b) 1,25 A

934. Ersättningsresistansen för de två seriekopplade motstånden är (5 + 15) Ω = 20 Ω.
Dessa båda er parallellkopplade med de två övriga motstånden. Ersättningsresistansen för hela kretsen är R_{tot}.

$\dfrac{1}{R_{tot}} = \dfrac{1}{20} + \dfrac{1}{30} + \dfrac{1}{60} = \dfrac{3}{60} + \dfrac{2}{60} + \dfrac{1}{60} = \dfrac{6}{60} = \dfrac{1}{10}$

R_{tot} = 10 Ω

Strömmen I genom batteriet får vi med Ohms lag:

$I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{24}{10}\ \text{A} = 2{,}4\ \text{A}$

Svar: 2,4 A

935. Effekten $P = U \cdot I = 0{,}6 \cdot 0{,}7\ \text{W} = 0{,}42\ \text{W}$

Svar: 0,42 W

936. a) Jag kan seriekoppla dem.
R_{tot} = (400 + 200 +200) Ω = 800 Ω
b) Jag kan parallellkoppla dem.

$\dfrac{1}{R_{tot}} = \dfrac{1}{400} + \dfrac{1}{200} + \dfrac{1}{200} = \dfrac{1}{400} + \dfrac{2}{400} + \dfrac{2}{400} = \dfrac{5}{400} = \dfrac{1}{80}$

R_{tot} = 80 Ω

c) Jag kan parallellkoppla de två 200 Ω-motstånden.

$\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{200} + \dfrac{1}{200} = \dfrac{2}{200} = \dfrac{1}{100} \quad \Rightarrow \quad R = 100\ \Omega$

Sedan kan jag seriekoppla med 400 Ω-motståndet.
R_{tot} = (100 + 400) Ω = 500 Ω

d) Jag kan parallellkoppla 400 Ω-motståndet med ett 200 Ω-motstånd.

$\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{400} + \dfrac{1}{200} = \dfrac{1}{400} + \dfrac{2}{400} = \dfrac{3}{400}$

$R = \dfrac{400}{3}\ \Omega = 133\ \Omega$

Sedan kan jag seriekoppla med det andra 200 Ω-motståndet. R_{tot} = (133 + 200) Ω = 333 Ω

937. 360 Ω-resistorn är parallellkopplad med 480 Ω-resistorn. Deras ersättningsresistans är R.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{360} + \frac{1}{480} = \frac{4}{1440} + \frac{3}{1440} = \frac{7}{1440}$$

$$R = \frac{1440}{7}\ \Omega = 206\ \Omega$$

Denna resistans är seriekopplad med 250 Ω.
Den totala ersättningsresistansen i kretsen är
R_{tot} = (206 + 250) Ω = 456 Ω
Strömmen i kretsen bestäms med Ohms lag:

$$I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{1{,}5}{456}\ \text{A} = 0{,}0033\ \text{A} = 3{,}3\ \text{mA}$$

Amperemetern visar 3,3 mA
b) Strömmen genom 250 Ω-resistorn är 3,3 mA.
Spänningen över den är då
$U = R \cdot I$ = 250 · 0,033 V = 0,82 V
Voltmetern visar 0,82 V

Svar: Amperemetern visar 3,3 mA.
Voltmetern visar 0,82 V.

938. Ohms lag tillämpad på det första motståndet ger direkt att strömmen i kretsen är

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12}{200}\ \text{A} = 0{,}06\ \text{A} = 60\ \text{mA}$$

Samma ström går genom det andra motståndet.

Dess resistans är $R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{14}{0{,}06}\ \Omega = 233\ \Omega$

Batteriets spänning U = (12 + 14) V = 26 V

Svar: Amperemetern visar 60 mA, U = 26 V, R_2 = 233 Ω

939. a) $P = U \cdot I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{P}{U} = \frac{60}{230}\ \text{A} = 0{,}26\ \text{A}$

b) Genom brödrosten går strömmen

$$I = \frac{P}{U} = \frac{870}{230}\ \text{A} = 3{,}78\ \text{A}$$

Till glödlamporna får det då gå högst
(6 – 3,78) A = 2,22 A
Eftersom varje glödlampa behöver strömmen 0,26 A kan Elin högst koppla in $\frac{2{,}22}{0{,}26} = 8{,}5$ glödlampor, dvs. högst 8 glödlampor.

Svar: a) 0,26 A b) 8 glödlampor

940. Resistansen hos en glödtråd bestäms med uttrycket

$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$. Om trådens diameter ökar till det dubbla så kommer dess area att bli fyra gånger så stor.
Trådens resistans minskar då till en fjärdedel.

Effekten i glödtråden är $P = \frac{U^2}{R}$.

Om resistansen R minskar till en fjärdedel kommer effekten således att öka fyra gånger. Den nya effekten blir då 4 · 40 W = 160 W.

Svar: 160 W

941. Motstånden ligger parallellt över samma spänning.
Om det ena motståndet har dubbelt så stor resistans som det andra, så går det hälften så mycket ström genom det.
$I_1 = 2I_2$. Den totala strömmen är $I_1 + I_2 = 2I_2 + I_2 = 3I_2$
Strömmen genom det större motståndet är I_2. Dess andel av den totala strömmen är $\frac{I_2}{3I_2} = \frac{1}{3} = 0{,}33 = 33\%$.

Svar: 33%

942. a) I den vänstra grenledningen är resistansen
(60 + 20) Ω = 80 Ω och i den högra är resistansen
(40 + 20) Ω = 60 Ω
Över båda grenledningarna ligger spänningen 4,5 V.
Strömmen I_a genom den högra ledningen är enligt Ohms lag: $I = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5}{60}\ \text{A} = 0{,}075\ \text{A}$.

Strömmen I_b genom den vänstra ledningen är enligt Ohms lag: $I_b = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5}{80}\ \text{A} = 0{,}05625\ \text{A}$.

$I_c = I_d$ är huvudströmmen genom batteriet. Enligt Kirchhoffs första lag är den summan av I_a och I_b.
$I_c = I_d = I_a + I_b$ = (0,05625 + 0,075) A = 0,13125 A
b) Spänningen över 60 Ω-motståndet är
U = 60 · 0,05625 = 3,375 V

Svar: a) I_a = 0,075 A, I_b = 0,056 A, $I_c = I_d$ = 0,13 A
b) 3,4 V

943. Koppars resistivitet $\rho_{Cu} = 0{,}0178\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Trådens resistans är

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = 0{,}0178 \cdot \frac{0{,}80}{1{,}5}\ \Omega = 0{,}0095\ \Omega$$

Tråden tål effekten $P = R \cdot I^2$ = 0,0095 · 10^2 W = 0,95 W

Svar: 0,95 W

944. Batteriets polspänning $U = \varepsilon - R_i \cdot I = 9{,}0 - 4{,}5 \cdot I$

Spänningen $U_2 = U - 4{,}0 = 9{,}0 - 4{,}5 \cdot I - 4{,}0 =$
$= 5{,}0 - 4{,}5 \cdot I$

Spänningen U_2 kan också uttryckas med Ohms lag
$U_2 = 7{,}5 \cdot I$

Vi har då två uttryck för spänningen U_2 och sätter dem lika. $U_2 = 7{,}5 \cdot I = 5{,}0 - 4{,}5 \cdot I$

Det ger att $7{,}5 \cdot I + 4{,}5 \cdot I = 5{,}0$

$$12 \cdot I = 5{,}0 \quad \Rightarrow \quad I = \frac{5{,}0}{12}\ \text{A} = 0{,}42\ \text{A}$$

$U_2 = 7{,}5 \cdot I = 7{,}5 \cdot 0{,}42\ \text{V} = 3{,}1\ \text{V}$

Svar: $I = 0{,}42$ A, $U_2 = 3{,}1$ V

945. a) Genom R_3 och R_4 går strömmen 4,5 mA. Över dessa motstånd ligger hela batterispänningen 4,5 V.
Ohms lag ger då att

$$R_3 + R_4 = \frac{U}{I} = \frac{4{,}5}{4{,}5 \cdot 10^{-3}} = 1000\ \Omega$$

Eftersom $R_3 = 150\ \Omega$ så är $R_4 = 850\ \Omega$.

Eftersom strömmen 12,5 mA går genom batteriet och 4,5 mA genom R_3 och R_4 så ger Kirchhoffs första lag att strömmen (12,5 – 4,5) mA = 8,0 mA går genom R_1 och R_2. På samma sätt som ovan kan vi utnyttjar vi Ohms lag: $R_1 + R_2 = \dfrac{U}{I} = \dfrac{4{,}5}{8{,}0 \cdot 10^{-3}} = 562{,}5\ \Omega$.

$R_1 = 500\ \Omega \quad \Rightarrow \quad R_2 = (562{,}5 - 500)\ \Omega = 62{,}5\ \Omega$

b) Om vi sluter strömbrytaren blir R_1 och R_4 parallellkopplade och R_2 och R_3 parallellkopplade.

Ersättningsresistansen för R_1 och R_4 blir $R_{1,4}$.

$$\frac{1}{R_{1,4}} = \frac{1}{500} + \frac{1}{850} = 0{,}00318$$

$$R_{1,4} = \frac{1}{0{,}00318}\ \Omega = 315\ \Omega$$

Ersättningsresistansen för R_2 och R_3 blir $R_{2,3}$.

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{62{,}5} + \frac{1}{150} = 0{,}0227$$

$$R_{2,3} = \frac{1}{0{,}0227}\ \Omega = 44{,}1\ \Omega$$

$R_{1,4}$ och $R_{2,3}$ är seriekopplade.

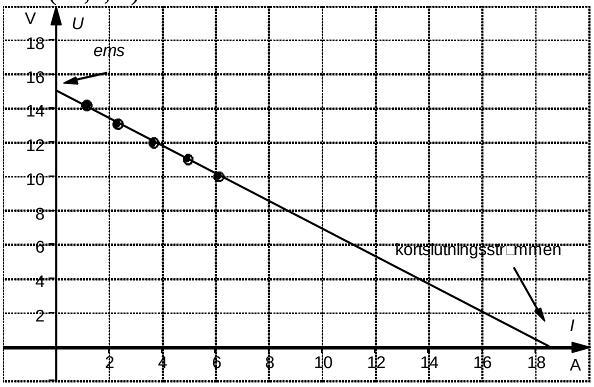
Ersättningsresistansen för hela kretsen är
$R_{tot} = R_{1,4} + R_{2,3} = (315 + 44{,}1)\ \Omega = 359\ \Omega$

Strömmen genom batteriet får vi med Ohms lag.

$$I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{4{,}5}{359}\ \text{A} = 0{,}013\ \text{A} = 13\ \text{mA}$$

Svar: a) $R_2 = 63\ \Omega$, $R_4 = 850\ \Omega$ b) 13 mA

946. a) Punkterna läggs in i ett diagram och förbinds med en rät linje. Vi ser att linjen skär axlarna i punkterna (0, 15) och (18,5, 0).



Batteriets ems är den spänning då $I = 0$, dvs. $\mathcal{E} = 15$ V. Batteriets inre resistans får vi från linjens lutning k.

$$k = \frac{15 - 0}{0 - 18{,}5} = -0{,}81 \quad R_i = 0{,}81\ \Omega$$

b) Kortslutningsströmmen är 18,5 A. Det är den maximala ström som går att ta ut från batteriet.
c) Den totala resistansen är
$R_i + R_y = (0{,}81 + 3)\ \Omega = 3{,}81\ \Omega$
Strömmen genom batteriet får vi med Ohms andra lag.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_i + R_y} = \frac{15}{3{,}81}\ \text{A} = 3{,}9\ \text{A}$$

Svar: a) $\mathcal{E} = 15$ V, $R_i = 0{,}81\ \Omega$ b) 18,5 A c) 3,9 A

947. Se lärobokens facit.

948. Resistansen i kretsen är (12 + 6) Ω = 18 Ω.
Strömmen i kretsen ges av Ohms lag.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{18}\ \text{A} = 1{,}33\ \text{A}$$

Spänningen över 6 Ω-motståndet är
$6 \cdot 1{,}33$ V = 8 V. Strömmen går medurs i kretsen. Vi gör en potentialvandring och vandrar från jord och passerar 6 Ω-motståndet till punkten P. Potentialen ökar då från 0 V till 8 V. Potentialen i P är 8 V.

Svar: 8 V

949. Kraften F på en laddning är $F = E \cdot Q$.
På en elektron är kraften
$F = E \cdot e = 7{,}5 \cdot 10^3 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{N} = 1{,}2 \cdot 10^{-15}\ \text{N}$

Svar: $1{,}2 \cdot 10^{-15}$ N

950. Punkten A ligger vid batteriets pluspol. Den har störst potential. Om vi följer strömmen mot batteriets minuspol så sjunker potentialen alltmer. Punkten C ligger närmast minuspolen och har lägst potential. Den är 0 V för den är jordad. Batteriet minuspol har ännu lägre potential. Den är negativ.

Svar: A har störst potential, C har minst

951. Strömmen i kretsen är 2 A och går från höger till vänster. Vi startar i jord (0 V) och gör en potentialvandring till punkten A. Potentialen minskar då vi passerar batteriet men ökar då vi passerar motståndet mot strömriktningen.
$0 - 20 + 12 \cdot 2 = V_A$
$V_A = +4$ V

Svar: 4 V

952. Spänningen i ett vägguttag är 230 V.

a) Elektriska fältet är $E = \frac{U}{d} = \frac{230}{0{,}60}$ V/m = 383 V/m

b) Kraften $F = E \cdot e = 383 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ N =
= $6{,}1 \cdot 10^{-17}$ N
c) Accelerationen får vi från Newtons andra lag.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{6{,}1 \cdot 10^{-17}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}\ \text{m/s}^2 = 6{,}7 \cdot 10^{13}\ \text{m/s}^2$$

d) En elektrons energi är $E = U \cdot e$, där e är elektronens laddning
Energin övergår från potentiell elektrisk energi till rörelseenergi $\frac{mv^2}{2}$. Således $U \cdot e = \frac{mv^2}{2}$

$$v = \sqrt{\frac{2U \cdot e}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 230 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} = 9{,}0 \cdot 10^6\ \text{m/s}$$

Svar: a) 380 V/m b) $6{,}1 \cdot 10^{-17}$ N c) $6{,}7 \cdot 10^{13}$ m/s^2
d) 9,0 Mm/s

953. Totala resistansen i kretsen är (10 + 30 + 20) Ω = 60 Ω.
Strömmen i kretsen är enligt Ohms lag

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{60}\ \text{A} = 0{,}2\ \text{A}$$

Spänningen över 20 Ω-motståndet är
$R \cdot I = 20 \cdot 0{,}2$ V = 4 V
Strömmen går medurs i kretsen. Punkten P ligger på en lägre potential än jord. Dess potential är då –4V.

Svar: –4V

954. Ersättningsresistansen för de två parallellkopplade motstånden är R_p.

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{75} + \frac{1}{50} = \frac{2}{150} + \frac{3}{150} = \frac{5}{150} = \frac{1}{30}$$

$R_p = 30\ \Omega$

R_p är seriekopplad med ett 10 Ω-motstånd. Den totala resistansen i kretsen är (10 + 30) Ω = 40 Ω.

Huvudströmmen i kretsen är $I = \frac{U}{R} = \frac{36}{40}\ \text{A} = 0{,}9\ \text{A}$,

Över 10 Ω-motståndet ligger då spänningen
$U = R \cdot I = 10 \cdot 0{,}9\ \text{V} = 9\ \text{V}$
Över de parallellkopplade motstånden är då spänningen (36 – 9) V = 27 V. Det är också spänningen mellan den jordade punkten och batteriets minuspol. Minuspolen har lägst potential. Jordpunkten har potentialen 0 V. Minuspolen har således potentialen –27 V.

Svar: –27 V

955. a) I den övre grenledningen är ersättningsresistansen $R_1 = (5 + 10)\ \Omega = 15\ \Omega$.
Strömmen i denna grenledning är

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{15}\ \text{A} = 0{,}8\ \text{A}$$

Strömmen går från vänster till höger.
Vi vandrar från jord över 10 Ω-motståndet och kommer till punkten P.
Dess potential är då $V_P = 0 + 10 \cdot 0{,}8\ \text{V} = 8\ \text{V}$.
I den nedre grenledningen är ersättningsresistansen $R_2 = (12 + 18)\ \Omega = 30\ \Omega$.
Strömmen i denna grenledning är

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12}{30}\ \text{A} = 0{,}4\ \text{A}$$

Strömmen går från vänster till höger.
Vi vandrar från jord över 18 Ω-motståndet och kommer till punkten Q.
Dess potential är då $V_Q = 0 + 18 \cdot 0{,}4\ \text{V} = 7{,}2\ \text{V}$.
b) En voltmeter mäter spänningen mellan två punkter, dvs. potentialskillnaden mellan punkterna.
Voltmetern visar (8 – 7,2) V = 0,8 V
c) Strömmen kommer att gå från punkten med hög potential till punkten med lägre potential, dvs. från P till Q. Observera att om vi förbinder punkterna P och Q med en ledningstråd ändra potentialerna för dessa punkter. De får nu samma potential.

Svar: a) $V_P = 8$ V, $V_Q = 7{,}2$ V b) 0,8 V c) från P till Q

956. Mittpunkten mellan laddningarna ligger 10 cm från vardera laddningen. Vi placerar en liten testladdning $+q$ i denna punkt. Vi beräknar kraften på denna laddning från de båda andra laddningarna med hjälp av Coulombs lag.
a) Kraften från +1,0 nC-laddningen är

$$F_1 = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot q}{0{,}10^2} = 900 \cdot q$$

Kraften är repulsiv.
Kraften från –5,0 nC-laddningen är

$$F_2 = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{-5{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot q}{0{,}10^2} = -4500 \cdot q$$

Kraften är attraktiv.
De båda krafterna verkar åt samma håll. Den resulterande kraften är då
$F_R = F_1 + F_2 = 900q + 4500q = 5400q$
Den elektriska fältstyrkan är

$$E = \frac{F_R}{q} = \frac{5400 \cdot q}{q}\ \text{N/C} = 5400\ \text{N/C}$$

Fältet är riktad mot den negativa laddningen.
b) Kraften från +5,0 nC-laddningen är

$$F_3 = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{+5{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot q}{0{,}10^2} = 4500 \cdot q$$

Kraften är repulsiv..
De båda krafterna verkar åt olika håll. Den resulterande kraften är då
$F_R = F_1 - F_3 = 900q - 4500q = -3600q$
Den elektriska fältstyrkan är

$$E = \frac{F_R}{q} = \frac{3600 \cdot q}{q}\ \text{N/C} = 3600\ \text{N/C}$$

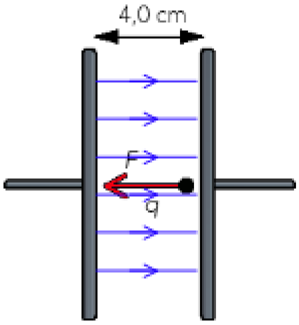
Fältet är riktad mot 1,0 nC-laddningen.

Svar: a) 5400 N/C b) 3600 N/C

957. a) Lampan är placerad i en sluten krets. Den lyser. Det går ingen ström genom jordledningen.
b) Lampan är placerad i en sluten krets. Kretsen är jordad i två punkter. Det går då ström i dessa jordledningar. Strömmen går genom lampan, som lyser.
c) Det finns en sluten krets, men där är inte lampan placerad. Det går ingen ström genom jordledningen och lampan lyser inte.
d) Det finns en sluten krets. Strömmen kan gå genom jordledningen, men strömmen måste gå genom lampan, som lyser.
e) Här är batteriet kortslutet via jordledningarna. Det kommer att gå en stor ström i kretsen, men strömmen går inte genom lampan. Strömmen väljer att gå den resistansfria vägen genom jord. Lampan lyser inte.
f) Här kommer inte strömmen att gå genom jord eftersom lampan sitter i denna gren av kretsen. Det finns en ledning som direkt förbinder batteriets plus- och minuspol, dvs. en kortslutning. Då går ingen ström genom lampan.

Svar: a), b) och d)

958. a) Eftersom kraften på en negativ laddning är riktad åt vänster är det elektriska fältet riktat åt höger.
Figuren nedan visar några elektriska fältlinjer.



b) Elektriska fältstyrkan är

$$E = \frac{F}{q} = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{1{,}5 \cdot 10^{-6}} \text{ N/C} = 40 \text{ kN/C}$$

c) Elektriska fältstyrkan kan också skrivas $E = \frac{U}{d}$.

$$U = E \cdot d = 40000 \cdot 0{,}04 = 1600 \text{ V}$$

Svar: a) – b) 40 kN/C c) 1600 V

959. Oljedroppens massa är
$m = 0{,}73 \cdot 10^{-9}$ g $= 0{,}73 \cdot 10^{-12}$ kg
Dess tyngd är
$mg = 0{,}73 \cdot 10^{-12} \cdot 9{,}82$ N $= 7{,}17 \cdot 10^{-12}$ N
a) Låt droppens laddning vara Q.
Droppen påverkas av en elektrisk kraft Riktad uppåt.
Denna kraft är $F = E \cdot Q = 15 \cdot 10^{6} \cdot Q$.
Då droppen svävar fritt är dessa båda krafter lika stora.
$15 \cdot 10^{6} \cdot Q = 7{,}17 \cdot 10^{-12}$

$$Q = \frac{7{,}17 \cdot 10^{-12}}{15 \cdot 10^{6}} = 4{,}78 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

b) Elementarladdningen $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C

Antal elementarladdningar är $\frac{4{,}78 \cdot 10^{-19}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}} = 2{,}98 = 3$

(Obs. ett helt antal!)

Svar: a) $4{,}78 \cdot 10^{-19}$ C b) 3 st

960. a) Eftersom resistorerna är seriekopplade så går det samma ström genom dem. Strömmen genom 50 Ω-resistorn är således också 0,48 A.
b) Ersättningsresistansen är (25 + 50) Ω = 75 Ω.
Enligt Ohms lag är spänningen över batteriet
$U = R \cdot I = 75 \cdot 0{,}48$ V $= 36$ V

Svar: a) 0,48 A b) 36 V

961. Enligt Coulombs lag är kraften mellan laddningarna

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 8{,}99 \cdot 10^{9} \cdot \frac{50 \cdot 10^{-9} \cdot 50 \cdot 10^{-9}}{0{,}25^2} \text{ N} =$$

$$= 3{,}6 \cdot 10^{-4} \text{ N} = 0{,}36 \text{ mN}$$

Svar: 0,36 mN

962. Elektroskopets utslag kommer att öka.
Då den positivt laddade glasstaven närmar sig elektroskopet kommer negativa laddningar (elektroner) att dras mot plattan. Det blir alltså ett ännu större elektronunderskott på elektroskopets nål och utslaget ökar.

Svar: Utslaget ökar.

963. Voltmeterns utslag ändras inte. Voltmetern mäter bara spänningen över batteriet som ju är (i stort sett) oförändrad. Huvudströmmen var 0,20 A. Det gick alltså 0,10 A till varje lampa. Om lampa 2 går sönder, går ingen ström till den. Lampa 1 lyser oförändrat. Den får sin ström på 0,10 A. Amperemetern visar detta.

Svar: Voltmetern visar 2,0 V, amperemetern visar 0,10 A.

964. a) Spänningen över 25 Ω-resistorn är enligt Ohms lag
$U = R \cdot I = 25 \cdot 0{,}48$ V $= 12$ V.
Resistorerna är parallellkopplade. Då ligger spänningen 12 V även över 50 Ω-resistorn. Strömmen genom denna resistor är $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{50}$ A $= 0{,}24$ A
b) Spänningen över batteriet är lika med spänningen över motstånden, dvs. 12 V.

Svar: a) 0,24 A b) 12 V

965. Se lärobokens facit.

966. a) Strömmen genom batteriet är 7,0 mA och strömmen genom R_2 är 5,0 mA . Enligt Kirchhoffs första lag är då strömmen genom R_1 (7,0 – 5,0) mA = 2,0 mA.
Spänningen över detta motstånd är
$U = R \cdot I = 750 \cdot 0{,}002$ V = 1,5 V.
Spänningen över batteriet och över R_2 är då också 1,5 V.
R_2 bestäm med Ohms lag.

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{1{,}5}{0{,}0050}\ \Omega = 300\ \Omega$$

b) Strömmen genom 75 Ω-resistansen får vi med Ohms lag. $I_1 = \frac{U}{R_3} = \frac{4{,}0}{75}\ \text{A} = 0{,}053\ \text{A}$

Kretsen b) är seriekopplad, så $I = I_1 = I_2$ = 0,053 A.
R_4 bestäms också med Ohms lag,

$$R_4 = \frac{U}{I_2} = \frac{5{,}0}{0{,}053}\ \Omega = 94\ \Omega$$

Svar: a) U = 1,5 V, R_2 = 300 Ω b) I_1 = 53 mA, R_4 = 94 Ω

967. Ohms lag ger oss resistanserna.

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{8}{1{,}4 \cdot 10^{-3}}\ \Omega = 5{,}7\ \text{k}\Omega$$

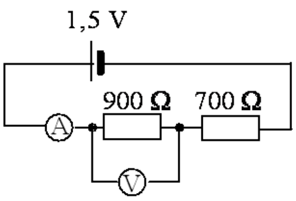
$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{4}{1{,}4 \cdot 10^{-3}}\ \Omega = 2{,}9\ \text{k}\Omega$$

Svar: R_1 = 5,7 kΩ, R_2 = 2,9 kΩ

968. Ersättningsresistansen R_{tot} = (700 + 900) Ω = 1600 Ω.
Strömmen i kretsen

$$I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{1{,}5}{1600}\ \text{A} = 9{,}375 \cdot 10^{-4}\ \text{A} = 0{,}94\ \text{mA}$$

Kopplingsschema:



Spänningen över 900 Ω-resistorn är
$U_{900} = 900 \cdot 9{,}375 \cdot 10^{-4}$ V = 0,84 V

Svar: Amperemetern visar 0,94 mA, voltmetern visar 0,84 V

969. a) Lampa A sitter i den ogrenade ledningen. All ström från batteriet går genom denna lampa. Den lyser starkast.
b) Huvudströmmen förgrenar sig på två grenledningar, en med lampa D och en med de seriekopplade lamporna B och C. Resistansen i denna gren är störst och därmed är strömmen genom lamporna B och C minst. De lyser svagast.

Svar: a) A b) B och C

970. a) Nej, elektronerna påverkas av en kraft riktad mot det elektriska fältet.
b) Nej, Kraften beror bara på fältstyrkan och på laddningens storlek
c) Ja, det är rätt.
d) Nej. Den elektriska fältstyrkan minskar då avståndet d mellan plattorna ökar enligt uttrycket $E = \frac{U}{d}$.

Svar: c)

971. a) Ohms andra lag: $\mathcal{E} = (R_i + R_y) \cdot I$

Strömmen $I = \frac{\mathcal{E}}{R_i + R_y} = \frac{8{,}0}{2{,}5 + 10}\ \text{A} = 0{,}64\ \text{A}$

b) Spänningen över batteriet (polspänningen) är
$U = \mathcal{E} - R_i \cdot I = (8{,}0 - 2{,}5 \cdot 0{,}64)$ V = 6,4 V
Man kan också säga att polspänningen är lika med spänningen över det yttre motståndet.
$U = R_y \cdot I = 10 \cdot 0{,}64$ V = 6,4 V

Svar: a) 0,64 A b) 6,4 V

972. Se lärobokens facit.

973. a) Om hon seriekopplar lamporna kommer det inte att gå någon ström i kretsen eftersom en lampa är trasig.
Om strömmen är 0 A kommer enligt Ohms lag spänningen över 200 Ω-lampan att vara
$U = R \cdot I = 200 \cdot 0$ V = 0 V. På samma sätt är spänningen över 400 Ω-lampan 0 V. Men den totala spänningen över all tre lamporna är 12 V. Det ligger alltså 12 V över den trasiga lampan.
b) Om hon parallellkopplar lamporna till batteriet kommer hela batterispänningen att ligga över var och en av lamporna, dvs. 12 V.

Svar: a) Över lamporna som är hela ligger spänningen 0 V. Över den trasiga lampan är spänningen 12 V.
b) 12 V över var och en av lamporna.

974. Q = 1800 mAh = 1,8 A · 3600 s = 6480 As = 6480 C
Den lagrade energin är
$E = Q \cdot U$ = 6480 · 6,0 J = 38880 J

Svar: 39 kJ

975. Batterispänningen är 9,0 V. Spänningen över R_1 är 3,0 V. Då är spänningen över R_2 (9,0 – 3,0) V = 6,0 V.
Strömmen I i kretsen får vi genom att tillämpa Ohms lag på R_2. $I = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6,0}{750}\ \text{A} = 0,008\ \text{A}$
Samma ström går genom R_2.
Effektutvecklingen i ett motstånd är $P = U \cdot I$.
Effektutvecklingen i R_1 är
$P_1 = U_1 \cdot I = 3,0 \cdot 0,008\ \text{W} = 0,024\ \text{W} = 24\ \text{mW}$
Effektutvecklingen i R_2 är
$P_2 = U_2 \cdot I = 6,0 \cdot 0,008\ \text{W} = 0,048\ \text{W} = 48\ \text{mW}$

Svar: R_1: 24 mW, R_2: 48 mW

976. a) Motstånden är parallellkopplade.
Ersättningsresistansen för de yttre motstånden är R_{tot}.
$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{7} = 0,226 \quad \Rightarrow \quad R_{tot} = 4,42\ \Omega$$
$R_i + R_y$ = (3,5 + 4,42) Ω = 7,92 Ω
Polspänningen är U = 1,5 V.
Ohms första lag ger att $I = \frac{U}{R_y} = \frac{1,5}{4,42}\ \text{A} = 0,34\ \text{A}$
Ohms andra lag ger
$\mathcal{E} = (R_i + R_y) \cdot I$ = 7,92 · 0,34 = 2,7 V
I hela kretsen utvecklas effekten
$$P = (R_i + R_y) \cdot I^2 = 7,93 \cdot 0,34^2\ \text{W} = 0,91\ \text{W}$$
I batteriet utvecklas effekten
$$P = R_i \cdot I^2 = 3,5 \cdot 0,34^2\ \text{W} = 0,40\ \text{W}$$
$$\frac{0,40}{0,91} = 0,44 = 44\%$$
b) Motstånden är seriekopplade.
Ersättningsresistansen för de yttre motstånden är R_{tot}.
R_{tot} = (7 + 5) Ω = 12 Ω
$R_i + R_y$ = (3,5 + 12) Ω = 15,5 Ω
Polspänningen är U = 1,5 V.
Ohms första lag ger att $I = \frac{U}{R_y} = \frac{1,5}{12}\ \text{A} = 0,125\ \text{A}$
Ohms andra lag ger
$\mathcal{E} = (R_i + R_y) \cdot I$ = 15,5 · 0,125 = 1,9 V
I hela kretsen utvecklas effekten
$$P = (R_i + R_y) \cdot I^2 = 15,5 \cdot 0,125^2\ \text{W} = 0,24\ \text{W}$$
I batteriet utvecklas effekten
$$P = R_i \cdot I^2 = 3,5 \cdot 0,125^2\ \text{W} = 0,05\ \text{W}$$
$$\frac{0,05}{0,24} = 0,23 = 23\%$$

Svar: a) $\mathcal{E}$ = 2,7 V, 44%   b) $\mathcal{E}$ = 1,9 V, 23%

977. a) $I = \frac{Q}{t} = \frac{10}{1 \cdot 10^{-3}}\ \text{A} = 10 \cdot 10^3\ \text{A} = 10\ \text{kA}$
b) $E = U \cdot Q = 100 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3\ \text{J} = 10^9\ \text{J}$
c) –e) Se lärobokens facit.

Svar: a) 10 kA   b) 10^9 J   c) - e) –

978. a) Ett vanligt vägguttag har spänningen 230 V.
Strömmen genom vattenkokaren bestäms med Ohms lag.

$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{35}\ \text{A} = 6{,}6\ \text{A}$

b) Det beror på hur stor säkring man har. Två vattenkokare kräver 6,6 · 2 A = 13 A.
Så stora säkringar har man normalt inte.
c) – d) Se lärobokens facit.

Svar: a) 6,6 A b) Troligen inte c) - d) –

979. Lampa E sitter i den ogrenade ledningen. All ström från batteriet går genom denna lampa. Den lyser starkast.

Svar: E

980. Den elektriska energin hos en elektron är
$E = e \cdot U$

Denna energi omvandlas till rörelseenergi $\frac{mv^2}{2}$.

Energiprincipen ger

$\frac{mv^2}{2} = e \cdot U \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} =$

$= \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 30 \cdot 10^3}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}}\ \text{m/s} = 1{,}0 \cdot 10^8\ \text{m/s}$

Hastigheten är så stor, en tredjedel av ljushastigheten, att man egentligen inte kan räkna som vi gör här.
Man bör räkna i enlighet med relativitetsteorin. Det framgår av ett senare kapitel. Men felet blir i detta fall inte större än att svaret ändå är rätt.

Svar: $1{,}0 \cdot 10^8$ m/s

981. En Ne^+-jon har laddningen $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C.

Den elektriska fältstyrkan i röret är $E = \frac{U}{d}$, som också

kan skrivas $E = \frac{F}{Q}$. Vi får $\frac{F}{Q} = \frac{U}{d}$

$F = \frac{Q \cdot U}{d} = \frac{e \cdot U}{d} = \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 230}{2{,}6}\ \text{N} = 1{,}4 \cdot 10^{-17}\ \text{N}$

Svar: $1{,}4 \cdot 10^{-17}$ N

982. a) Spänningen över varje lampa är $\frac{230}{7}\ \text{V} = 33\ \text{V}$.

b) 45 dygn = 45 · 24 h = 45 · 24 · 3600 s = 3888000 s
Ljusstaken förbrukar 7 · 3 W = 21 W.
Energiåtgången under 45 dygn är då
$E = P \cdot t = 21 \cdot 3888000\ \text{Ws} = 8{,}2 \cdot 10^7\ \text{Ws}$
1 kWh = 1000 Wh = 1000 · 3600 s = $3{,}6 \cdot 10^6$ Ws

Ljusstaken förbrukar således $\frac{8{,}2 \cdot 10^7}{3{,}6 \cdot 10^6} = 22{,}68\ \text{kWh}$

Det kostar 22,68 · 1,50 kr = 34 kr

Svar: a) 33 V b) 34 kr

983. Om strömbrytaren är öppen går strömmen genom två motstånd. Om man sluter S, kortsluter man ett av motstånden. Ingen ström går genom detta och därmed inte heller genom amperemetern. Amperemetern visar 0 A. Voltmetern mäter polspänningen *U* över batteriet.
När S är sluten går strömmen bara genom ett av motstånden. Den totala resistansen i kretsen minskar. Det blir då en större ström som går ut från batteriet. Eftersom batteriet har en viss inre resistans ser vi från uttrycket
$U = \mathcal{E} - R_i \cdot I$ att om strömmen *I* ökar kommer polspänningen *U* att minska. Voltmeterns utslag minskar.

Svar: Voltmeterns utslag minskar, amperemetern visar 0 A

984. a) 7 minuter = 7 · 60 s = 420 s
$E = P \cdot t = 40 \cdot 10^6 \cdot 420\ \text{Ws} = 1{,}68 \cdot 10^{10}\ \text{Ws} =$
$= 1{,}68 \cdot 10^{10}\ \text{J} = 16{,}8\ \text{GJ}$
b) 1 Ah = 1 A · 3600 s = 3600 As = 3600 C

Energin i varje cell är $E = \frac{1{,}68 \cdot 10^{10}}{13760}\ \text{J} = 1{,}2 \cdot 10^6\ \text{J}$

Laddningen i varje cell är *Q*.

$E = Q \cdot U \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{E}{U} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{1{,}2}\ \text{C} = 1{,}0 \cdot 10^6\ \text{C}$

Omräknat till Ah är denna laddning

$\frac{1{,}0 \cdot 10^6}{3600}\ \text{Ah} = 283\ \text{Ah}$

Svar a) 16,8 GJ b) 280 Ah

985. En elektron väger endast $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.
Tyngdkraften på en elektron är därför otroligt liten.
$mg = 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 9{,}82 = 8{,}9 \cdot 10^{-30}$ N. Den kraften är, jämfört med de elektriska krafterna som verkar på en elektron, fullständigt försumbar.
Den elektriska kraften på en elektron är $F_e = E \cdot e$, där e är elektronens laddning. $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C
Om den ska vara lika stor som gravitationskraften får vi

$$E \cdot e = mg \Rightarrow E = \frac{mg}{e} = \frac{8{,}9 \cdot 10^{-30}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}} = 5{,}6 \cdot 10^{-11} \text{ V/m}$$

Det är i storleksordningen bara någon biljontedel av jordens elektriska fält.

Svar: $5{,}6 \cdot 10^{-11}$ V/m

986. Ersättningsresistansen för de parallellkopplade resistanserna 88 Ω och 65 Ω är R_p.

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{88} + \frac{1}{65} = 0{,}0267$$

$$R_p = \frac{1}{0{,}0267} = 37{,}4\ \Omega$$

Två grenledningar finns med seriekopplade resistanser.
I den vänstra är resistansen
$R_1 = (37{,}4 + 75)\ \Omega = 112{,}3\ \Omega$
och i den högra är resistansen
$R_2 = (95 + 65)\ \Omega = 160\ \Omega$
Över båda dessa grenledningar ligger batterispänningen $U = 9{,}0$ V. Effektutvecklingen i den vänstra grenledningen är $P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{9{,}0^2}{112{,}3}\text{ W} = 0{,}72\text{ W}$

och i den högra $P_2 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{9{,}0^2}{160}\text{ W} = 0{,}51\text{ W}$

Effektutvecklingen i hela kretsen är
$P_1 + P_2 = (0{,}72 + 0{,}51)\text{ W} = 1{,}23\text{ W}$
I den vänstra grenledningen går enligt Ohms lag strömmen $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{9{,}0}{112{,}3}\text{ A} = 0{,}080\text{ A}$

Spänningen över 75 Ω-motståndet är
$U = R \cdot I = 75 \cdot 0{,}080\text{ V} = 6{,}0\text{ V}$
Spänningen över 88 Ω-motståndet är
$(9{,}0 - 6{,}0)\text{ V} = 3{,}0\text{ V}$ och effektutvecklingen över detta motstånd är $P = \frac{U^2}{R} = \frac{3{,}0^2}{88}\text{ W} = 0{,}10\text{ W}$

Svar: I hela kretsen 1,23 W, i 88 Ω-resistorn 0,10 W

987. På grund av influens kommer negativa laddningar att överföras från kula B till kula A. De kommer att få lika stora laddningar, säg att kula B får laddningen $+Q$ och kula A får laddningen $-Q$.

Coulombs lag $F = k \cdot \frac{Q \cdot Q}{r^2}$ ger kraften mellan kulorna.

$$Q = \sqrt{\frac{F \cdot r^2}{k}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}25^2}{8{,}99 \cdot 10^9}}\text{ C} = 1{,}2 \cdot 10^{-8}\text{ C}$$

Svar: Kula A får –12 nC och kula B får +12 nC

988. Effektutvecklingen i en resistor kan skrivas på tre sätt

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

a) När trådarna är seriekopplade går det samma ström genom dem. Däremot ligger det olika stor spänning över dem. Eftersom strömmen är lika är det lämpligt att utnyttja att $P = R \cdot I^2$. Vi ser då direkt att effektutvecklingen är störst i den tråd som har störst resistans, dvs. kromnickeltråden.
b) När trådarna är parallellkopplade ligger det lika stor spänning över dem. Däremot går det olika mycket ström genom dem. Eftersom spänningen är lika är det lämpligt att utnyttja att $P = \frac{U^2}{R}$. Vi ser då att effektutvecklingen är störst i den tråd som har minst resistans, dvs. koppartråden.

Svar: a) kromnickeltråden b) koppartråden

989. Hur starkt en lampa lyser beror på hur mycket ström som går genom lampan. Låt varje lampa ha resistansen R och låt batterispänningen vara U. När strömbrytaren S är öppen går strömmen genom lamporna A och C. Resistansen i kretsen är $2R$ och strömmen genom lamporna är $I_1 = \frac{U}{2R}$. När vi nu sluter strömbrytaren S kommer lamporna B och C att vara parallellkopplade och deras ersättningsresistans är R_p, där

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad R_p = \frac{R}{2}$$

Den totala resistansen i kretsen (med lampa A seriekopplad) blir är R_{tot} $R_{tot} = \frac{R}{2} + R = \frac{3R}{2}$

Strömmen i kretsen blir nu $I_2 = \frac{U}{\frac{3R}{2}} = \frac{2U}{3R}$, vilket är mer än $I_1 = \frac{U}{2R}$. Denna nya större ström går genom lampa A som alltså lyser starkare än tidigare. Denna ström kommer sedan att delas i två lika stora strömmar genom B och C. Lampa B får alltså strömmen $\frac{I_2}{2} = \frac{U}{3R}$, vilket är mindre än $I_1 = \frac{U}{2R}$. Lampa B kommer alltså att lysa svagare än tidigare. Alternativ d) är korrekt.

Svar: d)

990. Sambandet mellan polspänningen, strömmen, inre resistansen och ems för ett batteri är

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

Med insatta värden får vi

$$\begin{cases} 1{,}43 = \mathcal{E} - R_i \cdot 0{,}15 & (1) \\ 0{,}57 = \mathcal{E} - R_i \cdot 0{,}85 & (2) \end{cases}$$

Vi löser ut e från båda ekvationerna och sätter dem lika.

$1{,}43 + R_i \cdot 0{,}15 = 0{,}57 + R_i \cdot 0{,}85$

$R_i \cdot 0{,}85 - R_i \cdot 0{,}15 = 1{,}43 - 0{,}57$

$0{,}70 \cdot R_i = 0{,}86 \quad \Rightarrow \quad R_i = \frac{0{,}86}{0{,}70}\ \Omega = 1{,}23\ \Omega$

Detta värde insatt i ekv. (1) ger:

$1{,}43 = \mathcal{E} - 1{,}23 \cdot 0{,}15$

$\mathcal{E} = 1{,}61$ V

Svar: $\mathcal{E} = 1{,}6$ V, $R_i = 1{,}2\ \Omega$

991. a) Glödlampor kopplas alltid till en viss spänning U. Effektutvecklingen i lampan bestäms av dess resistans R enligt $P = \frac{U^2}{R}$. Vi ser att ju mindre resistansen är, desto större blir effekten. För att minska resistansen bör vi alltså göra glödtråden tjockare.

b) Av uttrycket ovan ser vi att om vi vill öka effekten 3 gånger (från 25 W till 75 W), ska resistansen minska till $\frac{1}{3}$. Trådens resistans bestäms av $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$. Om vi inte ändrar något annat än trådens area A, ser vi att om resistansen ska minska till $\frac{1}{3}$, ska vi göra arean A 3 gånger större. $A = \pi \cdot r^2$. $A = \pi \cdot r^2 \quad \Rightarrow \quad r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$

Om A blir 3 gånger större kommer radien r att bli $\sqrt{3} = 1{,}73$ gånger större. Radien ska således ökas med 73%.

Svar: a) tjockare b) 73 %

992. Av diagrammet ser vi att då strömmen genom batteriet är 0 A så är batteriets polspänning 1,6 V. Kortslutningsströmmen är 5,5 A. Då är polspänningen 0 V. Linjens lutning ger oss batteriets inre resistans R_i.

Lutningen är $\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{0 - 1{,}6}{5{,}5 - 0} = -0{,}29\ \Omega$.

Den inre resistansen $R_i = 0{,}29\ \Omega$.

Då Petra ansluter en motor med resistansen 7,70 Ω blir den totala resistansen i kretsen (0,29 + 7,70) Ω = 7,99 Ω.

Ohms andra lag: $\mathcal{E} = (R_i + R_y) \cdot I$

Strömmen i kretsen blir

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_i + R_y} = \frac{1{,}6}{7{,}99}\ \text{A} = 0{,}20\ \text{A}$$

I motorn utvecklas effekten

$P = R \cdot I^2 = 7{,}70 \cdot 0{,}20^2$ W = 0,31 W

Svar: 0,31 W

993. a) Fältstyrkan är $E = \frac{U}{d} = \frac{3{,}2 \cdot 10^3}{0{,}20}$ V/m = 16 kV/m

b) En proton har elementarladdningen
$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C och dess massa är
$m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.
Kraften på protonen är $F = E \cdot e = m \cdot a$.
Accelerationen

$$a = \frac{E \cdot e}{m} = \frac{16000 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{1{,}67 \cdot 10^{-27}} \text{ m/s}^2 = 1{,}5 \cdot 10^{12} \text{ m/s}^2$$

<u>Svar: a) 16 kV/m b) $1{,}5 \cdot 10^{12}$ m/s^2</u>

994. Här får vi göra lämpliga uppskattningar. Låt oss anta att tekoppens volym är 3 dl = 0,3 liter. Tevattnet väger då 0,3 kg. Anta vidare att vattnet från början har temperaturen 10 °C och skall värmas till 80 °C, dvs. en höjning av temperaturen med 70 °C.
För detta krävs tillförsel av energin
$E = c \cdot m \cdot \Delta T = 4{,}18 \cdot 10^3 \cdot 0{,}3 \cdot 70$ J = 87780 J
Han vill att detta ska ske på 5 minuter, dvs. 300 s.
Tevattnet måste då tillföras effekten

$$P = \frac{E}{t} = \frac{87780}{300} \text{ W} = 293 \text{ W}$$

Effekten hos ett motstånd är

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{U^2}{P} = \frac{12^2}{293} = 0{,}49\ \Omega$$

Nu har vi inte räknat med några effektförluster, men vi har i alla fall rätt storleksordning på motståndets resistans. William kan väl försöka leta efter effektmotstånd med $R = 0{,}5\ \Omega$ som tål att bli så varma.

<u>Svar: någonting i storleksordningen 0,5 Ω</u>

995. a) Det elektriska fältet är riktat åt motsatt håll som elektronerna rör sig. Det elektriska fältet är riktat från anod till katod.
b) Den elektriska energin hos en elektron är
$E = e \cdot U$.

Denna energi omvandlas till rörelseenergi $\frac{mv^2}{2}$ då elektronerna når anoden.
Energiprincipen ger

$$\frac{mv^2}{2} = e \cdot U \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}5 \cdot 10^3}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} \text{ m/s} = 3{,}0 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

c) Som framgår ovan har avståndet ingen betydelse. Det påverkar det elektriska fältets storlek, men det påverkar inte energin hos elektronerna.. Om vi ökar spänningen från 2,5 kV till 5 kV, dvs. en fördubbling, så ser vi av uttrycket $v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}$ att om U fördubblas kommer hastigheten att öka med en faktor $\sqrt{2}$, dvs. till

$$3{,}0 \cdot 10^7 \cdot \sqrt{2} \text{ m/s} = 4{,}2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

<u>Svar: a) Från anoden till katoden b) $3{,}0 \cdot 10^7$ m/s</u>
<u>c) $4{,}2 \cdot 10^7$ m/s</u>

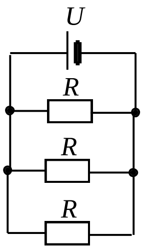
996. Strömmen genom resistorn är 2,5 A. Över amperemetern ligger spänningen $U = R_A \cdot I = 0{,}80 \cdot 2{,}5$ V = 2,0 V.
Eftersom voltmetern visar 18 V ligger endast (18 – 2,0) V = 16 V över resistorn.
Resistorns resistans är enligt Ohms lag

$$R = \frac{U}{I} = \frac{16}{2{,}5}\ \Omega = 6{,}4\ \Omega$$

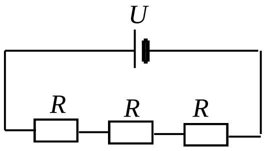
<u>Svar: 6,4 Ω</u>

997. Fyra möjliga kopplingar finns, a) alla parallellt, b) alla i serie, c) en i serie och de övriga två parallellt eller d) två i serie och en parallellt med dessa.

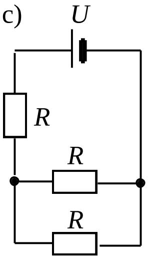
a)



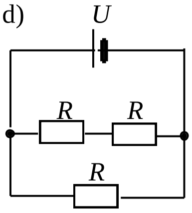
b)



c)



d)



a) Låt ersättningsresistansen vara R_{tot}.

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}$$

$$R_{tot} = \frac{R}{3} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{U}{\frac{R}{3}} = \frac{3U}{R}$$

b) $R_{tot} = R + R + R = 3R \quad I = \dfrac{U}{R_{tot}} = \dfrac{U}{3R}$

c) Ersättningsresistansen för de två parallellkopplade motstånden är R_p.

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

$$R_p = \frac{R}{2} \quad R_{tot} = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2} \quad I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{U}{\frac{3R}{2}} = \frac{2U}{3R}$$

d) De seriekopplade har resistansen $2R$.
Om dessa kopplas parallellt med resistansen R får vi den totala resistansen R_{tot}.

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{2R} + \frac{2}{2R} = \frac{3}{2R}$$

$$R_{tot} = \frac{2R}{3} \quad I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{U}{\frac{2R}{3}} = \frac{3U}{2R}$$

Svar: $\dfrac{3U}{R}$, $\dfrac{U}{3R}$, $\dfrac{2U}{3R}$ eller $\dfrac{3U}{2R}$

998. Resistiviteten för koppar är enligt tabell

$$\rho_{Cu} = 0{,}0178\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}.$$

Sladdens tvärsnittsarea är

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{1{,}1}{2}\right)^2\ \text{mm}^2 = 0{,}95\ \text{mm}^2$$

Ledningens resistans är

$$R = \rho_{Cu} \cdot \frac{l}{A} = 0{,}0178 \cdot \frac{0{,}28}{0{,}95}\ \Omega = 0{,}0052\ \Omega$$

Den totala resistansen i kretsen är
$R_i + R_y$ = (0,25 + 0,0050) Ω = 0,255 Ω
Strömmen i kretsen är enligt Ohms lag

$$I = \frac{\varepsilon}{R_i + R_y} = \frac{1{,}6}{0{,}255}\ \text{A} = 6{,}27\ \text{A}$$

Den utvecklade värmeeffekten i sladden är

$$P = R \cdot I^2 = 0{,}0052 \cdot 6{,}27^2\ \text{W} = 0{,}206\ \text{W}$$

På 2 minuter omvandlas energin
$E = P \cdot t$ = 0,206 · 2 · 60 J = 24,7 J
Denna energi ger värme i sladden.
$E = c \cdot m \cdot \Delta T$
Kopparsladdens volym är

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = \pi \cdot \left(\frac{1{,}1}{2}\right)^2 \cdot 280\ \text{mm}^3 = 0{,}266\ \text{cm}^3$$

Koppars densitet är ρ = 8,933 g/cm^3
Kopparsladden massa
$m = \rho \cdot V$ = = 8,933 · 0,266 g = 2,38 g
Specifika värmekapaciteten för koppar är
c = 0,387 kJ/(kg · K).
Temperaturhöjningen är

$$\Delta T = \frac{E}{c \cdot m} = \frac{24{,}7}{387 \cdot 0{,}00238}\ \text{K} = 26{,}9\ \text{K}$$

Svar: 27 ^{o}C

999. a) Lampan utvecklar effekten 350 W om det går 5,0 A genom den.

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

Lampans resistans $R_{\text{lampa}} = \frac{P}{I^2} = \frac{350}{5{,}0^2}\ \Omega = 14\ \Omega$

Lampan är avsedd för spänningen
$U = R \cdot I = 14 \cdot 5{,}0$ V = 70 V
Det var klokt av Tilda att räkna innan hon anslöt lampan till 230 V. Den hade gått sönder!
Om hon ska kunna använda lampan till 230 V, ska det ligga 70 V över lampan och (230 – 70) V = 160 V över motståndet som ligger i serie. Strömmen ska vara 5,0 A och motståndets resistans ska vara

$$R = \frac{U}{I} = \frac{160}{5{,}0}\ \Omega = 32\ \Omega$$

b) Värmeeffekten i motståndet är

$$P = R \cdot I^2 = 32 \cdot 5{,}0^2\ \text{W} = 800\ \text{W}$$

<u>Svar: a) 32 Ω   b) 800 W</u>

9100. Lamporna som är märkta 34 V, 3 W är avsedda för 230 V spänning. 7 · 34 V = 238 V

Effekten $P_1 = U_1 \cdot I_1 \quad \Rightarrow \quad I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{3}{34}\ \text{A} = 0{,}09\ \text{A}$

Strömmen 0,09 A ska alltså gå genom en sådan lampa för att den sak lysa normalt. Dess resistans är

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{34}{0{,}09}\ \Omega = 385\ \Omega$$

För den andra typen av lampa som Anna hittade gäller på motsvarande sätt

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{3}{16}\ \text{A} = 0{,}19\ \text{A}$$

Strömmen 0,19 A ska alltså gå genom en sådan lampa för att den ska lysa normalt. Dess resistans är

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{16}{0{,}19}\ \Omega = 85\ \Omega$$

Om hon nu seriekoppar sex lampor av den rätta typen och en lampa av den nya typen kommer den totala resistansen i kretsen vara (6 · 385 + 85) Ω = 2400 Ω
Strömmen genom alla lamporna är

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{2400}\ \text{A} = 0{,}096\ \text{A}$$

Det är något mer än vad den rätta lamporna ska ha. De sex rätta lamporna kommer därför att lysa något starkare än normalt. De bör kunna tåla det. 0,096 A är däremot mycket mindre än vad den nya lampan ska ha. Den kommer att lysa mycket svagt.

<u>Svar: Den nya lampan lyser svagare än de andra lamporna och den lyser svagare än en riktig lampa.</u>

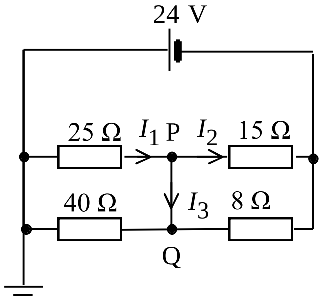
9101. a) I den övre grenledningen är ersättningsresistansen
R_1 = (25 + 15) Ω = 40 Ω.

Strömmen i denna ledning är $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{24}{40}\ \text{A} = 0{,}60\ \text{A}$.

I den nedre grenledningen är ersättningsresistansen
R_2 = (40 + 8) Ω = 48 Ω.
Strömmen i denna ledning är

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{24}{48}\ \text{A} = 0{,}50\ \text{A}.$$

Strömmen går från vänster till höger genom motstånden.
Vi vandrar från jord till punkten P över 25 Ω-motståndet.
Potentialen i P är V_P = 0 –25 · 0,60 V = –15 V.
Vi vandrar från jord till punkten Q över 40 Ω-motståndet.
Potentialen i Q är V_Q = 0 –40 · 0,50 V = –20 V.
P har högre potential än Q.
b) Om vi förbinder punkterna P och Q med varandra kommer strömmen att gå från P till Q.
c) När dessa punkter har förbundits med en ledare kommer de att få samma potential. Alla strömmar från tidigare kommer att ändras.
Strömmen genom 25 Ω-motståndet är I_1, strömmen genom 15 Ω-motståndet är I_2 och strömmen genom ledningen mellan P och Q är I_3.



Resistansen för de vänstra parallellkopplade motstånden

är R_3 där $\frac{1}{R_3} = \frac{1}{25} + \frac{1}{40} \quad \Rightarrow \quad R_3 = 15{,}4\ \Omega$

Resistansen för de högra parallellkopplade motstånden är

R_4 där $\frac{1}{R_4} = \frac{1}{15} + \frac{1}{8} \quad \Rightarrow \quad R_4 = 5{,}2\ \Omega$

Totala resistansen i kretsen
$R_{\text{tot}} = R_3 + R_4$ = (15,4 + 5,2) Ω = 20,6 Ω
Strömmen i kretsen blir då enligt Ohms lag

$$I = \frac{U}{R_{\text{tot}}} = \frac{24}{20{,}6}\ \text{A} = 1{,}16\ \text{A}$$

Spänningen över de parallellkopplade 25 Ω- och 40 Ω-motstånden är $U = R_3 \cdot I$ = 15,4 · 1,16 V = 17,9 V
Strömmen genom 25 Ω-motståndet är då

$$I_1 = \frac{17{,}9}{25}\ \text{A} = 0{,}717\ \text{A}$$

Spänningen över de parallellkopplade 15 Ω- och 8 Ω-motstånden är $U = R_4 \cdot I$ = 5,2 · 1,16 V = 6,1 V
Strömmen genom 15 Ω-motståndet är då

$I_2 = \frac{6{,}1}{15}\ \text{A} = 0{,}405\ \text{A}$

Med hjälp av Kirchhoffs första lag kan vi beräkna strömmen I_3 mellan P och Q:

$I_3 = I_1 - I_2$ = (0,717 – 0,405) A = 0,311 A

Svar: a) P b) från P till Q c) 0,31 A

9102. Låt varje motstånd ha resistansen R.
De parallellkopplade motstånden har då ersättningsresistansen $\frac{R}{2}$. Resistansen för dessa är alltså hälften av resistansen för det seriekopplade motståndet intill. För seriekopplade motstånd gäller att spänningen över motstånden är proportionell mot deras resistanser. Det ligger alltså dubbelt så stor spänning över det seriekopplade motståndet som över de parallellkopplade. Över dessa ligger 6 V (spänningen mellan jord och A). Över det seriekopplade motståndet ligger då 12 V och polspänningen är (6 + 12) V = 18 V

Svar: 18 V

9103. a) För att få resistansen till 125 Ω kan vi seriekoppla ett 20 Ω- och ett 30 Ω-motstånd. De utgör då tillsammans resistansen (20 + 30) Ω = 50 Ω. Detta kan vi sedan parallellkoppla med vårt 50 Ω-motstånd. Då blir ersättningsresistansen för denna kombination R_1, där

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{50} + \frac{1}{50} = \frac{2}{50} = \frac{1}{25} \quad \Rightarrow \quad R_1 = 25\ \Omega$$

Om vi sedan seriekopplar våra återstående motstånd på 40 Ω och 60 Ω får vi den totala resistansen (25 + 40 + 60) Ω = 125 Ω.

b) Låt oss parallellkoppla 20 Ω- och 30 Ω-motstånden. Ersättningsresistansen för dem blir R_1, där

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{3}{60} + \frac{2}{60} = \frac{5}{60} = \frac{1}{12} \quad \Rightarrow$$

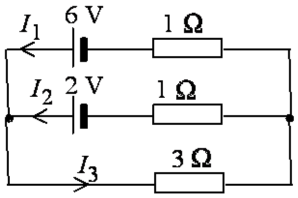
$\Rightarrow \quad R_1 = 12\ \Omega$. Låt oss sedan parallellkoppla 40 Ω- och 60 Ω-motstånden. Ersättningsresistansen för dem blir R_2, där

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{40} + \frac{1}{60} = \frac{3}{120} + \frac{2}{120} = \frac{5}{120} = \frac{1}{24} \quad \Rightarrow$$

$\Rightarrow \quad R_2 = 24\ \Omega$. Låt oss sedan seriekoppla dessa med det återstående 50 Ω-motståndet. Den totala resistansen blir (12 + 24 + 50) Ω = 86 Ω.

Svar: a) seriekoppla 20 Ω- och 30 Ω-motstånden och parallellkoppla sedan dessa med 50 Ω-motståndet. Sedan seriekopplas hela denna kombination med 40 Ω- och 60 Ω-motstånden.
b) 20 Ω- och 30 Ω-motstånden parallellkopplas för sig, 40 Ω- och 60 Ω-motstånden parallellkopplas för sig. Sedan seriekopplas båda dessa kombinationer med 50 Ω-motståndet.

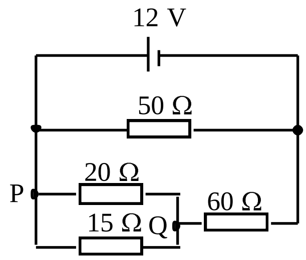
9104. Låt strömmen genom 6 V-batteriet vara I_1 och genom 2 V-batteriet I_2. Strömmen genom 3 Ω-resistorn är I_3, där $I_3 = I_1 + I_2$ enligt Kirchhoffs första lag. Strömmarna antas gå i de riktningar som figuren anger.



Vi gör en potentialvandring moturs i den övre kretsen, genom de båda batterierna och genom de båda 1 Ω-resistorerna. Vi startar i 6V-batteriets minuspol och vandrar moturs.
Kirchhoffs andra lag ger:
$+6 - 2 + 1 \cdot I_2 - 1 \cdot I_1 = 0$
$I_1 - I_2 = 4$ (1)
På samma sätt gör vi en potentialvandring i den nedre kretsen, genom 2 V-batteriet och genom 1 Ω- och 3 Ω-resistorerna. Vi startar i 2 V-batteriets minuspol.
$+2 - 3 \cdot I_3 - 1 \cdot I_2 = 0$
$I_2 + 3 \cdot I_3 = 2$ (2)
Enligt Kirchhoffs första lag är $I_1 + I_2 = I_3$
Vi ersätter I_3 med detta uttryck i ekv. (2) och får
$I_2 + 3 \cdot (I_1 + I_2) = 2$
$3 \cdot I_1 + 4 \cdot I_2 = 2$ (3)
Vi har följande ekvationssystem:
$$\begin{cases} I_1 - I_2 = 4 & (1) \\ 3I_1 + 4I_2 = 2 & (3) \end{cases}$$
Ekv. (1) multipliceras med 4 och därefter adderas ekvationerna ledvis.
$$\begin{cases} 4I_1 - 4I_2 = 16 & (1) \\ 3I_1 + 4I_2 = 2 & (3) \end{cases}$$
$7 \cdot I_1 = 18 \quad \Rightarrow \quad I_1 = 2{,}6$ A
Strömmen I_1 går genom batteriet.
(Om man beräknar de övriga strömmarna ser man att $I_2 = -1{,}43$ A, vilket innebär att vi har gjort ett felaktigt antagande om strömriktningen genom 2 V-batteriet. Strömmen är 1,43 A från vänster till höger i denna del av kretsen.)

<u>Svar: 2,6 A</u>

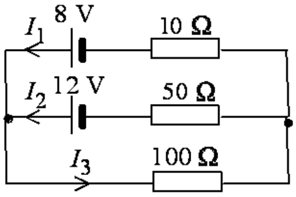
9105. Strömmen kan gå flera vägar, antingen genom 50 Ω-motståndet eller genom de parallellkopplade vägarna med 15 Ω och 20 Ω och sedan genom 60 Ω-motståndet. Kretsen kan bättre ritas så här:



Resistansen hos de parallellkopplade motstånden är R_1.
$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{15} + \frac{1}{20} = \frac{4}{60} + \frac{3}{60} = \frac{7}{60} \quad \Rightarrow \quad R_1 = \frac{60}{7}\,\Omega = 8{,}6\ \Omega$$
Denna resistans är seriekopplad med 60 W. Resistansen i den nedre grenledningen är då (8,6 + 60) Ω = 68,6 Ω. Över denna gren av kretsen ligger hela batterispänningen 12 V. Strömmen i ledningen (strömmen genom 60 Ω-resistorn) är enligt Ohms lag $I = \frac{12}{68{,}6}$ A = 0,175 A
Spänningen över 60 Ω-resistorn är 60 · 0,175 V = 10,5 V
Spänningen mellan punkterna P och Q är då
(12 – 10,5) V = 1,5 V

<u>Svar: 1,5 V</u>

9106. Låt strömmen genom 10 Ω-resistorn vara I_1
genom 50 Ω-resistorn I_2 och genom 100 Ω-resistorn I_3.
Strömmarna antas gå i de riktningar som figuren anger.



Vi gör en potentialvandring moturs i den övre kretsen, genom 8 V- och 12 V-batterierna och genom 10 Ω- och 50 Ω-resistorerna. Vi startar i 8V-batteriets minuspol.
Kirchhoffs andra lag ger:

$+8 - 12 + 50 \cdot I_2 - 10 \cdot I_1 = 0$

$50 \cdot I_2 - 10 \cdot I_1 = 4 \qquad (1)$

På samma sätt gör vi en potentialvandring i den nedre kretsen, genom 12 V-batteriet och genom 100 Ω- och 50 Ω-resistorerna. Vi startar i 12V-batteriets minuspol.

$+12 - 100 \cdot I_3 - 50 \cdot I_2 = 0$

$-50 \cdot I_2 - 100 \cdot I_3 = -12 \qquad (2)$

Enligt Kirchhoffs första lag är $I_1 + I_2 = I_3$
Vi ersätter I_3 med detta uttryck i ekv. (2) och får

$-50 \cdot I_2 - 100 \cdot (I_1 + I_2) = -12$

$-50 \cdot I_2 - 100 \cdot I_1 - 100 \cdot I_2 = -12$

$-150 \cdot I_2 - 100 \cdot I_1 = -12 \qquad (3)$

Vi har följande ekvationssystem:

$$\begin{cases} 50I_2 - 10I_1 = 4 & (1) \\ -150I_2 - 100I_1 = -12 & (3) \end{cases}$$

Ekv. (1) multipliceras med 3 och därefter adderas ekvationerna ledvis.

$$\begin{cases} 150I_2 - 30I_1 = 12 & (1) \\ -150I_2 - 100I_1 = -12 & (3) \end{cases}$$

$-130 \cdot I_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad I_1 = 0$, vilket skulle visas.