



Unitat 7. Corrent continu

Activitats

1. Poseu exemples de medis conductors i medis aïllants i expliqueu quina aplicació tenen en el transport o l'aïllament dels corrents elèctrics.

Exemples de medis conductors són els metalls i les substàncies polars com ara l'aigua. L'aplicació més coneguda és la fabricació de cables metàl·lics per a circuits elèctrics. En el cas de l'aigua, per exemple, una atmosfera prou humida ajuda a eliminar els efectes de l'electricitat electrostàtica.

Exemples de medis aïllants són els plàstics, la fusta i el formigó. Amb els primers es recobreixen els cables metàl·lics dels circuits elèctrics per a evitar curtcircuits i fugues. Amb la fusta i el formigó es construeixen els pals que subjecten els cables elèctrics utilitzats per al transport de l'energia elèctrica.

2. Tenint present que la càrrega de l'electró val $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C, calculeu la càrrega amb el seu signe dels ions següents:

a) H^+

El H^+ , també anomenat protó, té una unitat de càrrega elèctrica positiva, per tant: $q = +1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

b) OH^-

L'ió OH^- té una unitat de càrrega elèctrica negativa, per tant: $q = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

c) SO_4^{2-}

L'ió SO_4^{2-} té dues unitats de càrrega elèctrica negativa, per tant: $q = -2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = -3,2 \cdot 10^{-19}$ C.

3. Considerem un tros de conductor exposat a una ddp entre els seus extrems $V_1 - V_2$, amb $V_1 > V_2$. Dibuixeu la força que rep un electró lliure, la seva acceleració, la seva velocitat i el sentit convencional del corrent.

La força va en sentit de V_2 a V_1 .

L'acceleració va en sentit de V_2 a V_1 .

La velocitat va en sentit de V_2 a V_1 .

La intensitat va en sentit contrari, de V_1 a V_2 .

4. Deduïu, seguint un raonament similar a l'il·lustrat en la figura 7.5, que les càrregues positives sotmeses només a la força elèctrica es mouen de regions d'energies potencials elèctriques altes a regions d'energies potencials baixes. En quin sentit es mouran respecte dels potencials elèctrics?

Considerem un conductor carregat positivament i una càrrega positiva, per exemple un protó, situada en un punt B a una certa distància del cos. A causa de la repulsió elèctrica, el protó s'allunya del cos passant del punt B al punt A , més allunyat del cos, tot augmentant la seva energia cinètica. Com que el cos carregat i el protó formen un sistema conservatiu, el treball fet per la força elèctrica quan el protó es mou de la posició B a la A és igual a la variació d'energia potencial elèctrica canviada de

signe. Però, a més, aquest treball és igual a la variació de la seva energia cinètica, que és positiva.

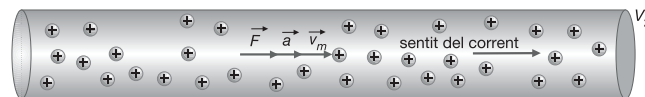
Per tant:

$$\left. \begin{aligned} W &= -\Delta E_p \\ W &= \Delta E_c > 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow -(E_{pA} - E_{pB}) = \Delta E_c > 0 \rightarrow E_{pB} > E_{pA}$$

És a dir, tota càrrega elèctrica positiva tendeix a moure's cap a les zones de menor valor d'energia potencial elèctrica.

Quant als valors del potencial elèctric, com que l'energia potencial elèctrica d'una càrrega en un punt de l'espai és igual al producte del valor de la càrrega pel valor del potencial en aquest punt, resulta que les càrregues elèctriques positives tendeixen a moure's cap a les zones de menor valor del potencial elèctric.

5. Suposeu que el conductor de la figura 7.6 se substitueix per un tub de vidre que conté ions de gas amb càrrega positiva i a molt baixa pressió. Si en els seus extrems s'aplica una ddp $V_1 - V_2$ amb $V_1 > V_2$, dibuixeu la força elèctrica que rep un ió, la seva acceleració, la seva velocitat i el sentit convencional del corrent dins el tub.



$$V_1 > V_2$$

6. Quants electrons passen per segon en un filament d'una bombeta si hi circula un corrent constant de 0,45 A?

Quan una bombeta està funcionant hi passen electrons que per efecte de la fricció produeixen llum.

Si la intensitat és de 0,45 A, la quantitat de càrrega que circula en 1 segon és de 0,45 C.

Tenint en compte que la càrrega d'un electró és $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, podem calcular la quantitat d'electrons que passen per segon pel filament:

$$0,45 \text{ C} \cdot \frac{1 \text{ e}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 2,8 \cdot 10^{18} \text{ e}$$

7. Per un conductor metàl·lic hi passa un corrent continu de 4,3 A. Quina quantitat de càrrega hi passa en 2 minuts? Quants electrons hi passen per segon?

Podem saber la càrrega que passa per un conductor en un temps determinat, sabent la intensitat. En el nostre cas:

$$\Delta Q = I \Delta t = 4,3 \text{ A} \cdot 120 \text{ s} = 516 \text{ C}$$

En un segon:

$$\Delta Q (1 \text{ s}) = I = 4,3 \text{ C}$$

Per altra banda, com que la càrrega d'un electró és:

$$1 \text{ e} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Podem calcular el nombre d'electrons que equivaldrien a una càrrega de 4,3 C.

$$4,3 \text{ C} \cdot \frac{1 \text{ e}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 2,69 \cdot 10^{19} \text{ electrons}$$



8. Per un plasma hi circulen electrons i ions positius en sentits contraris simultàniament. Si han passat $1,23 \cdot 10^{18}$ electrons per segon en un sentit, quina és la intensitat que circula pel fluorescent?

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1,23 \cdot 10^{18} \cdot 2 e}{1 s} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} C}{1 e} = 0,3936 A$$

9. a) Quina és la ddp entre dos punts d'un conductor de Cu de resistència 20Ω quan hi passa un corrent d'1,5 A?

$$\Delta V = RI = 20 \cdot 1,5 = 30 V$$

- b) Quina longitud té si la secció és de 2 mm^2 i la resistivitat del coure és $\rho_{Cu} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$?

$$R = \rho \frac{l}{S} \rightarrow l = \frac{RS}{\rho} = \frac{20 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-8}} = 2353 m$$

10. Quin diàmetre té un conductor de coure de longitud 200 m si presenta una resistència al pas de corrent de 4Ω quan la temperatura és de $40 \text{ }^\circ\text{C}$?

Consultant les taules del llibre, obtenim:

$$\rho_{20 \text{ }^\circ\text{C}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \quad i \quad \alpha_{20 \text{ }^\circ\text{C}} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Calculem la resistivitat a la temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \rho(40 \text{ }^\circ\text{C}) &= \\ &= 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m [1 + 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} (40 - 20) \text{ K}] = \\ &= 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \end{aligned}$$

Calculem la secció del conductor:

$$4 = 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \frac{200 m}{S} \rightarrow S = 9,16 \cdot 10^{-7} m^2$$

Per últim, calculem el diàmetre passant prèviament la secció a mm^2 :

$$S = 9,16 \cdot 10^{-7} m^2 \frac{10^6 \text{ mm}^2}{1 m^2} = 0,9163 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S = \pi R^2 \rightarrow R &= \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,9163}{\pi}} = 0,54 \text{ mm} \rightarrow \\ &\rightarrow \phi = 1,08 \text{ mm} \end{aligned}$$

11. Un fil d'alumini té una resistència de $1,23 \Omega$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Calculeu la resistència del fil a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ consultant les taules i negligint els efectes de dilatació del material.

La resistivitat d'un conductor varia amb la temperatura d'acord amb la fórmula següent:

$$\rho(T) = \rho_{293} \cdot [1 + \alpha(T - 293)]$$

Podem relacionar la resistència d'un conductor a temperatures diferents:

$$\left. \begin{aligned} R_{20} &= \rho_{20} \cdot \frac{l}{s} \\ R_{50} &= \rho_{50} \cdot \frac{l}{s} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{R_{50}}{R_{20}} = \frac{\rho_{50}}{\rho_{20}}$$

$$R_{50} = R_{20} \cdot \frac{\rho_{50}}{\rho_{20}}$$

Per altra banda:

$$\rho_{50} = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha(323 - 293)]$$

$$\frac{\rho_{50}}{\rho_{20}} = 1 + \alpha \cdot 30$$

En el cas de l'alumini: (consultem la taula del llibre).

$$\alpha = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$R_{50} = 1,23 \Omega \cdot 1,114 = 1,37 \Omega$$

12. S'aplica una diferència de potencial de $1,2 V$ en un fil de tungstè de longitud $2,4 m$ i secció transversal $0,45 \text{ mm}^2$. Quin és el corrent que hi circula a $20 \text{ }^\circ\text{C}$? Consulteu les taules.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

En el nostre cas:

$$l = 2,4 m$$

$$S = 0,45 \text{ mm}^2 = 0,45 \cdot 10^{-6} m^2$$

Consultant la taula del llibre la resistivitat del tungstè a $20 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\rho_{20} = 5,5 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$$

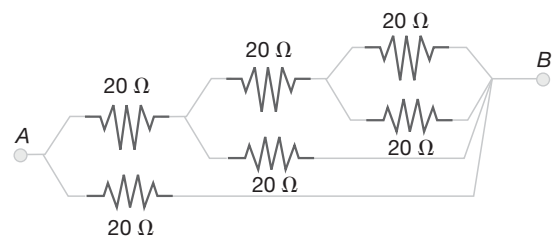
Per tant,

$$R = 5,5 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \cdot \frac{2,4 m}{0,45 \cdot 10^{-6} m^2} = 0,2933 \Omega$$

I la intensitat:

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{1,2}{0,2933} = 4,1 A$$

13. Calculeu la resistència equivalent del sistema de resistències següent (fig. 7.24):



Primer calculem la resistència equivalent de les dues resistències en paral·lel més pròximes al punt B. Després la sumarem amb la resistència en sèrie. Aquest procediment l'anirem repetint amb les resistències que queden.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{2}{20} \rightarrow R = 10 \Omega$$

$$R = 20 + 10 = 30 \Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{5}{60} \rightarrow R = 12 \Omega$$

$$R = 20 + 12 = 32 \Omega$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{20} + \frac{1}{32} = \frac{8 + 5}{160} \rightarrow R_e = \frac{160}{13} = 12,3 \Omega$$



14. Una resistència de 5Ω pot ser travessada per un corrent màxim de 20 mA si no volem que es faci malbé. Si li està arribant un corrent d' 1 A , com haurem de connectar-li (en sèrie o en paral·lel) una segona resistència per tal que passin 20 mA a través seu? Raoneu-ne la resposta. Quin valor ha de tenir aquesta segona resistència?

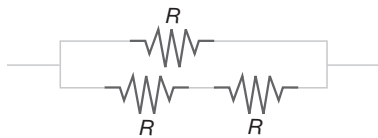
Cal connectar una resistència de valor R en paral·lel per la qual passi part de la intensitat i així tota la intensitat no circularà per la resistència de 5Ω .

Les dues resistències estaran sotmeses a la mateixa ΔV però per la resistència de 5Ω circularà una intensitat de 20 mA i per R circularà una intensitat igual a: $I = 1 - 0,02 = 0,98 \text{ A}$.

Per tant el valor de R és:

$$\Delta V = 0,02 \cdot 5 = 0,98 R \rightarrow R = 0,102 \Omega = 102 \text{ m}\Omega$$

15. Sabent que les tres resistències de la figura 7.25 són iguals i que la resistència del conjunt és de 8Ω , quin serà el valor de cada una de les resistències?



$$\frac{1}{8} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} \rightarrow \frac{1}{8} = \frac{1+2}{2R} = \frac{3}{2R} \rightarrow R = 12 \Omega$$

16. De vegades expressem la càrrega d'una bateria en amperes hora, és a dir, els amperes que pot proporcionar la bateria durant una hora. En tenim una de 50 V amb una càrrega de 280 amperes hora . De quanta energia disposa?

$$E = \Delta V I t = 50 \text{ V} \cdot 280 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 5,04 \cdot 10^7 \text{ J}$$

17. Per una resistència de 580Ω hi passa un corrent de 350 mA . Quina potència dissipa la resistència? Si es manté el corrent durant 20 hores , quina energia dissipa en forma de calor? Expressau el resultat en joules i en quilowatts hora.

Calculem la potència que dissipa la resistència:

$$P = I^2 \cdot R = (0,350 \text{ A})^2 \cdot (580 \Omega) = 71,1 \text{ W}$$

Sabem que $1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$

Per tant podem calcular l'energia consumida en 20 hores (72000 s).

$$71,1 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 72000 \text{ s} = 5,12 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Coneixem l'equivalència entre J i kWh

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Així:

$$5,12 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 1,42 \text{ kWh}$$

18. Tenim dos forns elèctrics de 1000 W i 1500 W i tots dos funcionen connectats a una tensió de 230 V . Dieu quin dels dos gasta més energia elèctrica, per quin dels dos passa més corrent i quin té més resistència elèctrica.

$$\text{Tenint en compte que } P = \frac{W}{t} = I \Delta V = \frac{\Delta V^2}{R}$$

Gasta més energia el que té més potència.

Passa més corrent pel que té més potència.

Té més resistència elèctrica el que té menys potència.

19. Quina és la despesa econòmica deguda al funcionament d'una bombeta de 100 W durant 24 hores , si el cost de l'electricitat és de $15 \text{ cèntims d'euro per quilowatt hora}$? I el d'una bombeta de 40 W ?

Per a una bombeta de 100 W la despesa és:

$$100 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} \cdot \frac{0,15 \text{ €}}{10^3 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}} = 0,36 \text{ €}$$

Per a una bombeta de 40 W la despesa és:

$$40 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} \cdot \frac{0,15 \text{ €}}{10^3 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}} = 0,14 \text{ €}$$

20. Les bombetes de baix consum són unes bombetes que fan més llum, gasten menys i duren més. Consulteu-ne bibliografia i doneu algunes raons dels seus avantatges.

Resposta oberta.

21. Determineu la resistència interna d'un generador elèctric de fem 120 V amb una tensió entre els seus borns de 110 V quan subministra un corrent de 20 A .

$$\mathcal{E} = \Delta V + rI \rightarrow 120 = 110 + 20r \rightarrow r = 0,5 \Omega$$

22. Un generador de fem \mathcal{E} i resistència r pot alimentar mitjançant un interruptor una resistència externa R de 15Ω o una d'altra de 35Ω . Quan ho fa amb la primera, hi passa un corrent d' 1 A i amb la segona, de $0,5 \text{ A}$. Determineu la fem i la r . Té el mateix rendiment el generador en els dos casos?

$$\left. \begin{array}{l} \mathcal{E} = 1 \cdot (15 + r) \\ \mathcal{E} = I(R + r) \rightarrow \\ \mathcal{E} = 0,5 \cdot (35 + r) \end{array} \right\} \rightarrow r = 5 \Omega$$

$$\mathcal{E} = 20 \text{ V}$$

No, el rendiment del generador amb la resistència externa de 15Ω és més baix.

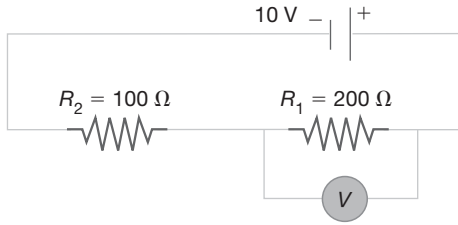
23. Un generador de fem 20 V i resistència interna $r = 10 \Omega$ alimenta una resistència externa d' $1 \text{ k}\Omega$. Calculeu la intensitat que circula i la ddp del generador.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{20}{1000 + 10} = 0,0198 \text{ A} = 19,8 \text{ mA}$$

$$\Delta V = RI = 1000 \cdot 0,0198 = 19,8 \text{ V}$$



24. Trieu el valor correcte de la ddp del voltímetre de la figura 7.41, el qual té una resistència interna de $2\text{ M}\Omega$.



- a) 6,66 V b) 6,45 V c) 8,78 V d) 4,32 V

Calculem la intensitat en el circuit considerant la resistència interna del voltímetre

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{2 \cdot 10^6} \rightarrow R_{eq} = 199,98 \Omega$$

(voltímetre)

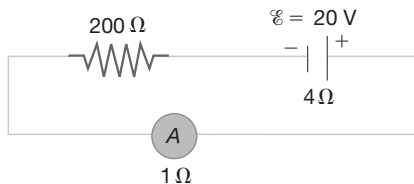
$$I = \frac{10}{100 + 199,98} = 0,0333 \text{ A}$$

la diferencia de potencial és

$$\Delta V = I \cdot R = 0,0333 \cdot 200 = 6,6 \text{ V}$$

La resposta correcta és la a).

25. Per al circuit següent (fig. 7.42), calculeu la ddp entre els borns del generador i la intensitat que marca l'amperímetre.



$$I = \frac{\Sigma \mathcal{E}}{\Sigma R + \Sigma r} = \frac{20}{200 + 4 + 1} = 0,0976 \text{ A} = 97,6 \text{ mA}$$

$$\Delta V = \mathcal{E} - rI = 20 - 4 \cdot 0,0976 = 19,6 \text{ V}$$

26. Per comprar-vos un amperímetre de bona qualitat, quines qualitats valoreu? I d'un voltímetre?

En un amperímetre, cal que la resistència interna sigui molt petita, i en un voltímetre, molt gran.

27. Quan fem funcionar un motor elèctric, és correcte dir que «tota l'energia elèctrica que gastem es transforma en energia mecànica»?

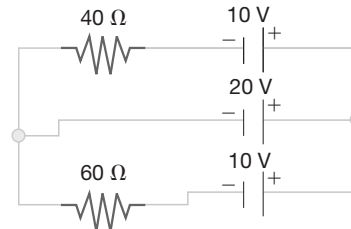
No. Una part de l'energia elèctrica es perd per efectes del fregament, corrents de Foucault, en forma de calor. Una bona part es transforma en energia cinètica.

28. Una bateria de fem $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$ i resistència interna $r = 1 \Omega$ es connecta en sèrie amb una resistència $R = 20 \Omega$ i amb un motor de resistència interna negligible i fem $\mathcal{E}' = 4 \text{ V}$. Quant valdrà la diferència potencial entre els extrems de la resistència R ?

$$I = \frac{\Sigma \mathcal{E} - \Sigma \mathcal{E}'}{\Sigma R + \Sigma r + \Sigma r'} = \frac{12 - 4}{20 + 1} = 0,381 \text{ A}$$

$$\Delta V = RI = 20 \cdot 0,381 = 7,6 \text{ V}$$

29. Quina és la ddp en els extrems de la resistència de 40Ω del circuit adjunt (fig. 7.55)? Trieu la resposta correcta.



- a) 10 V
b) 20 V
c) 23,4 V

Apliquem la llei d'Ohm generalitzada al circuit. Prenem la intensitat en sentit antihorari:

$$-10 + 20 = +40 I_1 \rightarrow I_1 = 0,25 \text{ A}$$

$$\Delta V = I \cdot R = (0,25 \text{ A}) \cdot (40 \Omega) = 10 \text{ V}$$

La resposta correcta és la a).

30. Una bateria de fem $2,5 \text{ V}$ i resistència interna $0,8 \Omega$ s'utilitza per encendre una bombeta i quan el circuit es tanca hi passa un corrent d' $1,5 \text{ A}$. Trobeu a) la potència subministrada per la bateria, b) la potència dissipada per la bateria i c) la potència dissipada per la bombeta.

$$\varepsilon = 2,5 \text{ V}$$

$$r = 0,8 \Omega$$

$$I = 1,5 \text{ A}$$

Calculem la potència subministrada per la bateria:

$$P_1 = \varepsilon \cdot I = (2,5 \text{ V}) \cdot (1,5 \text{ A}) = 3,75 \text{ W}$$

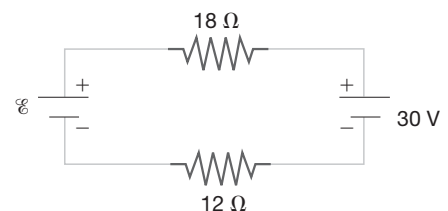
La potència dissipada per la bateria és (a causa de la resistència interna):

$$P_2 = -I^2 \cdot r = -(1,5 \text{ A})^2 \cdot 0,8 \Omega = -1,8 \text{ W}$$

La potència utilitzada per la bombeta serà la resultant:

$$P_3 = -P_1 + P_2 = -1,95 \text{ W}$$

31. Pel circuit de la figura 7.56 calculeu el valor de la força electromotriu \mathcal{E} hi circula un corrent de $0,4 \text{ A}$ en sentit contrari a les agulles del rellotge.





Apliquem la llei d'Ohm generalitzada suposant el sentit de corrent que ens indica el problema:

$$30 - \varepsilon = I \cdot 18 + I \cdot 12$$

$$I = 0,4 \text{ A}$$

$$\varepsilon = 18 \text{ V}$$

Activitats finals

Qüestions

1. Podries citar un exemple de corrent elèctric on participin càrregues positives i negatives a la vegada?

L'electròlisi, per exemple.

2. Justifiqueu quines de les respostes següents són correctes:

A) El sentit convencional del corrent elèctric en un circuit:

- a) Es pot considerar que és el que tindrien càrregues mòbils positives.
 b) És el mateix que el del moviment dels electrons dins els conductors que constitueixen el circuit.

La resposta correcta és la a). El sentit convencional de circulació del corrent elèctric és el que tindrien càrregues elèctriques positives si aquestes fossin les càrregues mòbils.

Independentment del signe de les càrregues mòbils reals, es pren com a sentit positiu del corrent aquest sentit convencional.

B) En un flux de càrregues elèctriques en moviment:

- a) Les càrregues positives es mouen segons la direcció d'augment del potencial elèctric; i les negatives, a la inversa.
 b) Les càrregues positives es mouen segons la direcció de disminució del potencial elèctric; i les negatives, a la inversa.
 c) Totes les càrregues, independentment del seu signe, es mouen en la direcció de disminució del potencial elèctric.

La resposta correcta és la b). Les càrregues positives es mouen cap a potencials elèctrics més petits i les negatives cap a potencials elèctrics més alts. Això equival al fet que ambdós tipus de càrregues tendeixen a moure's cap a zones amb energies potencials elèctriques més petits. Podeu consultar també l'activitat 3.

3. Si un grup de partícules amb una càrrega elèctrica de 5 C superen una diferència de potencial de +40 V, quin és el seu canvi d'energia potencial elèctrica?

$$\Delta E_p = q \cdot \Delta V = 5 \cdot 40 = 200 \text{ J}$$

4. Quan passa corrent per un conductor, la velocitat mitjana dels electrons és molt gran o molt petita?

És petita comparada amb la velocitat de la llum i amb la velocitat de propagació del so en els medis materials.

5. Un conductor de coure de longitud l i secció S té una resistència R . Quina és la resistència si tenim un altre conductor de coure de longitud 20 vegades més llarg i de secció, la meitat?

Si la resistivitat del coure és ρ , la resistència d'un conductor de longitud l i secció S és:

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

Per tant, la resistència d'un conductor de longitud 20 vegades més llarg i secció la meitat, és:

$$R' = \rho \frac{20l}{\frac{S}{2}} = 40R$$

6. Dues bombetes iguals es connecten en paral·lel a un generador de corrent continu. Si una de les bombetes es fon, raoneu si l'altra lluirà més o menys o iguals que abans. Què hauria passat si les bombetes haguessin estat connectades en sèrie i una s'hagués fosa?

Quan es fon una de les bombetes, només lluirà la bombeta bona i amb la mateixa intensitat de llum. Veiem-ho:

Considerem que la resistència de cada bombeta és R i que estan sotmeses a una ddp de ΔV . Quan les dues bombetes funcionen correctament, la intensitat I del circuit es reparteix en les dues bombetes, de manera que per a cada una circula una intensitat de valor: $I_{\text{bombeta}} = I/2$. Per tant, l'energia W que dissipa cada bombeta en un interval de temps t és:

$$R_e = \frac{R}{2} \rightarrow I = \frac{2 \Delta V}{R}$$

$$I_{\text{bombeta}} = \frac{\Delta V}{R} \rightarrow W = R \left(\frac{\Delta V}{R} \right)^2 t = \frac{\Delta V^2}{R} t$$

Si es fon una de les bombetes, tenim que per a l'altra bombeta:

$$I_{\text{bombeta}} = \frac{\Delta V}{R} \rightarrow W = R \left(\frac{\Delta V}{R} \right)^2 t = \frac{\Delta V^2}{R} t$$

Comprovem, doncs, que la bombeta encesa dissipa la mateixa energia que abans, és a dir, llueix igual.

En el cas que estiguessin en sèrie, en fondre's una d'elles, el circuit queda obert i no passa corrent, per tant, les bombetes s'apaguen.

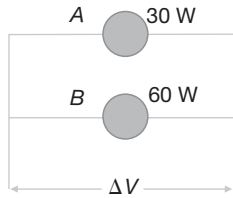
7. Donat un conjunt de resistències, en quina forma s'han de connectar per a obtenir el màxim valor de resistència possible?, i per a obtenir-ne el mínim?

En sèrie per obtenir-ne el màxim valor. En paral·lel per obtenir-ne el mínim valor.

8. Les bombetes A i B estan connectades a la mateixa diferència de potencial com es mostra a la figura 7.63. Sabem que



les bombetes són de 60 W i 30 W. Quina de les dues bombetes té més resistència? En quina d'elles hi passa més corrent? Justifiqueu les respostes.



Sabem que la potència P dissipada en una resistència R sotmesa a una ddp de valor ΔV i per la qual circula una intensitat I es pot expressar com:

$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R} = \Delta V \cdot I$$

Per tant, la resistència i la intensitat es poden expressar com:

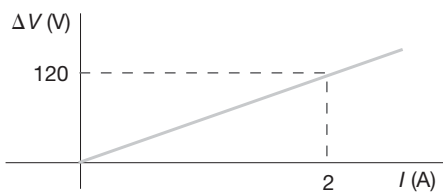
$$R = \frac{(\Delta V)^2}{P}$$

$$I = \frac{P}{\Delta V}$$

Com que el valor de ΔV és el mateix per les dues resistències deduïm que la que té una potència més gran és la de menor resistència òhmica. També, la de potència més gran és aquella per on circula una intensitat més gran. Per tant:

$$R_{30\text{ W}} > R_{60\text{ W}} \quad \text{i} \quad I_{30\text{ W}} < I_{60\text{ W}}$$

9. La figura 7.64 representa el gràfic «diferència de potencial-intensitat» en una resistència R connectada a un generador de corrent continu. Quanta energia emetrà la resistència R en forma de calor si se li aplica una ddp de 200 V durant 15 minuts?



Del pendent de la gràfica de la figura trobem el valor de R , d'acord amb la llei d'Ohm:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{120}{2} = 60 \Omega$$

Troblem l'energia dissipada a partir de l'expressió de la calor emesa per una resistència de valor òhmic R sotmesa a una ddp de valor ΔV durant un període de temps t :

$$\frac{(\Delta V)^2}{R} t = \frac{200^2 \text{ V}^2}{60 \Omega} 15 \text{ min} \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 6 \cdot 10^5 \text{ J}$$

10. Es connecta una bateria de 12,0 V a una resistència de 100 Ω . Negligint la resistència interna de la bateria, quina és la potència que dissipa la resistència:

- a) 2,45 W b) 1,44 W c) 3,86 W

Com que negligim la resistència interna de la bateria, la ddp de la resistència serà la que ens dona la bateria, o sigui, 12 V.

$$P = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} = \frac{12^2}{100} = 1,44 \text{ W}$$

La resposta correcta és la b).

11. Una pila alimenta una resistència externa R . Com varien els valors de la fem i de la diferència de potencial de la pila si el valor de R augmenta?, i si el valor de R disminueix?

La fem de la pila és independent de la resistència externa que es connecta. Ara bé, la diferència de potencial (ddp) de la pila sí que depèn de la resistència externa. Si el valor de la resistència externa augmenta, augmenta la ddp de la pila, i si disminueix, la ddp també disminueix.

12. Quan dues resistències idèntiques es connecten en sèrie entre els borns d'una bateria, la potència subministrada per aquesta és de 20 W. Si les connectem en paral·lel entre els borns de la mateixa bateria, quina potència subministra ara? Trieu la resposta correcta.

- a) 80 W b) 10 W c) 20 W

Si considerem la bateria ideal, sense resistència interna, la potència subministrada per la bateria és la mateixa que la dissipada per les resistències.

Considerem primer quina és la resistència equivalent en els dos casos:

En sèrie: $R_e = \Sigma R = R + R = 2R$

En paral·lel: $\frac{1}{R_e} = \Sigma \frac{1}{R} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \Rightarrow R_e = \frac{R}{2}$

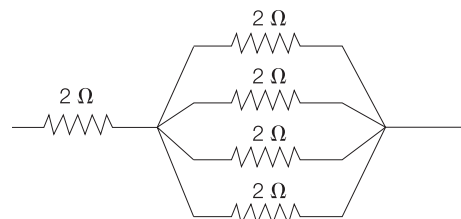
La potència dissipada en els dos casos serà:

En sèrie: $P_s = \frac{V^2}{2R} = 20 \text{ W}$

En paral·lel: $P_p = \frac{V^2}{\frac{R}{2}} = \frac{2 \cdot V^2}{R} = 4 \cdot P_s = 4 \cdot 20 = 80 \text{ W}$

La resposta correcta és la a).

13. Disposeu de moltes resistències de 2 Ω . Com ho faríeu per obtenir-ne una de 2,5 Ω ?



14. La ddp entre els borns d'una pila, pot ser més gran que la fem d'aquesta pila?

No, i no pot ser més gran que la fem de la pila.



15. La ddp entre els borns d'un motor, pot ser més gran que la fem d'aquest motor?

Sí, i no pot ser més petita que la fem del motor.

Problemes

1. Per un conductor circula un corrent de 20 mA. Quants electrons passen en una centèsima de segon?

$$q = It = 20 \text{ mA} \cdot \frac{10^{-3} \text{ A}}{1 \text{ mA}} \cdot 10^{-2} \text{ s} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot \frac{1 \text{ e}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,25 \cdot 10^{15} \text{ electrons}$$

2. Amb quina velocitat mitjana es mouen els electrons d'un corrent de 2 A que passa per un conductor de Cu?

Dades:

$\rho_{\text{Cu}} = 8,9 \text{ g/cm}^3$; $S = 1 \text{ mm}^2$; $M_{\text{Cu}} = 63,5 \text{ g/mol}$, i suposem que cada àtom de Cu proporciona com a mitjana un electró lliure.

$$v = \frac{2 \text{ C}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ e}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot \frac{1 \text{ àtom Cu}}{1 \text{ e}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ àtom Cu}} \cdot \frac{63,5 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{8,9 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \cdot \frac{1}{10^{-6} \text{ m}^2} = 1,48 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

3. a) Un feix d'ions positius de tipus X^{2+} travessa una secció a raó de 10^{12} ions/ms. Quina intensitat de corrent passa per la superfície?

$$\frac{10^{12} \text{ ions}}{10^{-3} \text{ s}} \cdot \frac{+2 \text{ e}}{1 \text{ ió}} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ e}} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ A} = 0,32 \text{ mA}$$

- b) Quin és el sentit del corrent elèctric?

El mateix que el sentit del moviment dels ions, ja que són positius.

4. En un conductor d'alumini de longitud 20 m i secció 1 mm^2 passa un corrent de 2 A. Quina diferència de potencial hi ha entre els extrems?

Dades: $\rho_{\text{Al}} = 2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$

$$\Delta V = RI = \rho \frac{l}{S} I = 2,8 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot \frac{20}{10^{-6}} = 1,12 \text{ V}$$

5. Un fil de coure de resistència 2Ω està a una temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Suposem que els efectes de dilatació tèrmica són negligibles.

- a) Quina resistència tindrà quan la temperatura és de $80 \text{ }^\circ\text{C}$? ($\alpha_{\text{Cu}} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)

$$\rho(T) = \rho_{293} (1 + \alpha(T - 293))$$

$$R(T) = R_{293} (1 + \alpha(T - 293)) = 2 \cdot (1 + 3,9 \cdot 10^{-3} \cdot 60) = 2,468 \Omega$$

- b) En quin percentatge ha augmentat la resistència?

$$\frac{\Delta R}{R} \cdot 100 = \frac{0,468}{2} \cdot 100 = 23,4\%$$

6. El fet que la resistència dels bons conductors tingui un comportament gairebé lineal amb la temperatura permet utilitzar-los com a termòmetres, i normalment es construeixen de platí. Considerem un filferro de platí a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ que té una resistència de 100Ω . Si se submergeix en un líquid, s'observa que la resistència passa a ser de 105Ω . Calculeu quina és la temperatura del líquid ($\alpha_{\text{Pt}} = 3,93 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$).

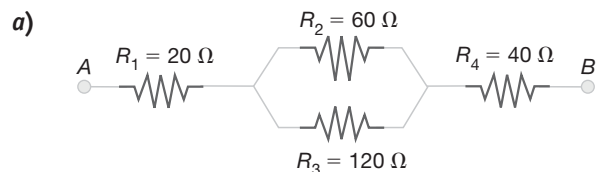
$$R(T) = R_{293} (1 + \alpha(T - 293)) = 100 \cdot (1 + 3,93 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta T) = 105 \rightarrow \Delta T = 12,72 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T - 20 = 12,72 \rightarrow T = 32,72 \text{ }^\circ\text{C}$$

7. Un tros de conductor de cert material té una longitud l , una secció S i presenta una resistència òhmica R . Calculeu el nou valor de resistència que presentarà si aquest conductor és deformat fins que la seva longitud té un valor $9l$.

$$Sl = S'l' \rightarrow Sl = S' \cdot 9l \rightarrow S' = \frac{S}{9}$$

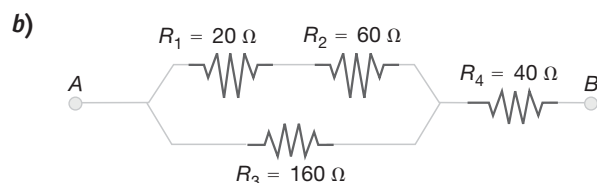
$$R = \rho \frac{l}{S} \rightarrow R' = \rho \cdot \frac{9l}{\frac{S}{9}} = \rho \frac{81l}{S} = 81R$$

8. Calculeu la resistència equivalent dels sistemes de resistències següents:



$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{120} = \frac{1}{40} \rightarrow R_{23} = 40 \Omega$$

$$R_e = 20 + 40 + 40 = 100 \Omega$$



$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{80} + \frac{1}{160} = \frac{3}{160} \rightarrow R_{123} = 53,33 \Omega$$

$$R_e = 40 + 53,33 = 93,33 \Omega$$



9. Calculeu les intensitats i les ddp de cada resistència dels casos a) i b) del problema anterior quan entre A i B s'aplica una ddp de 100 V.

a) $I_{R1} = I_{R4} = \frac{100}{100} = 1 \text{ A}$

$\Delta V_{R1} = 20 \text{ V} ; \Delta V_{R4} = 40 \text{ V}$

$\Delta V_{R2} = \Delta V_{R3} = 100 - 60 = 40 \text{ V}$

$I_{R2} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} = 0,666 \text{ A}$

$I_{R3} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} = 0,333 \text{ A}$

b) $I_{R4} = \frac{100}{93,53} = 1,071 \text{ A} = \frac{15}{14}$

$\Delta V_{R4} = 40 \cdot \frac{15}{14} = \frac{300}{7} = 42,86 \text{ V}$

$\Delta V_{R12} = \Delta V_{R3} = 100 - \frac{300}{7} = \frac{400}{7} = 57,14 \text{ V}$

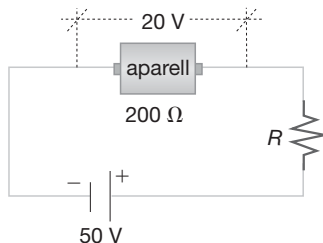
$I_{R3} = \frac{10}{28} = 0,357 \text{ A}$

$I_{R1} = I_{R2} = \frac{5}{7} = 0,714 \text{ A}$

10. Disposem de 8 resistències de 5 Ω connectades en paral·lel. Si s'aplica una ddp de 20 V entre els extrems del conjunt, quina intensitat passa per cada resistència?

$$I = \frac{20}{5} = 4 \text{ A}$$

11. Tenim un circuit (fig. 7.67) que consta d'un aparell que funciona correctament quan està sotmès a una ddp entre els seus extrems de 20 V. Si s'alimenta per mitjà d'un generador de 50 V, quina resistència R cal posar per garantir el bon funcionament de l'aparell?



La intensitat que passa per l'aparell és $I = \frac{20}{200} = 0,1 \text{ A}$

La ddp de la resistència R és $50 - 20 = 30 \text{ V}$.

Per tant, el valor de la resistència protectora és:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{30}{0,1} = 300 \Omega$$

12. Una bombeta de 100 W i 220 V està funcionant durant 30 dies a raó de 8 h/dia. Calculeu:

a) La resistència de la bombeta.

$$P = \frac{\Delta V^2}{R} \rightarrow R = \frac{\Delta V^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484 \Omega$$

b) El consum en euros si el quilowatt hora val 0,15 €.

$$E = P t = 0,1 \text{ kW} \cdot 30 \text{ dies} \cdot \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ dia}} = 24 \text{ kWh}$$

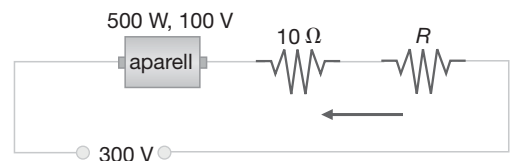
$$\text{Consum} = 24 \cdot 0,15 = 3,6 \text{ €}$$

13. Un forn elèctric funciona a 220 V i proporciona una energia de 15 000 J/min. Quina és la resistència del forn?

$$P = \frac{15000 \text{ J}}{1 \text{ minut}} \cdot \frac{1 \text{ minut}}{60 \text{ s}} = 250 \text{ W}$$

$$R = \frac{\Delta V^2}{P} = \frac{220^2}{250} = 193,6 \Omega$$

14. Calculeu la resistència R que cal posar en sèrie amb la de 10 Ω en el circuit (fig. 7.68) perquè l'aparell de 500 W funcioni a 100 V.



Calculem la intensitat que passa per l'aparell:

$$I = \frac{P}{\Delta V} = \frac{500}{100} = 5 \text{ A}$$

La caiguda de tensió de la resistència de 10 Ω és:

$$\Delta V = 10 \cdot 5 = 50 \text{ V}$$

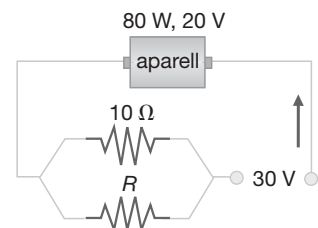
La caiguda de tensió de la resistència R és, per tant:

$$\Delta V = 300 - 100 - 50 = 150 \text{ V}$$

I la resistència és:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{150}{5} = 30 \Omega$$

15. Calculeu la resistència R que cal posar en paral·lel (figura 7.69) amb la de 10 Ω perquè l'aparell de 80 W funcioni a 20 V.



Calculem la intensitat que passa per l'aparell:

$$I = \frac{P}{\Delta V} = \frac{80}{20} = 4 \text{ A}$$

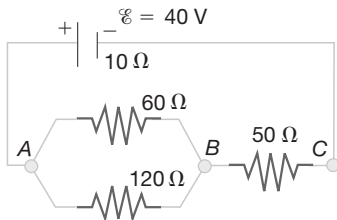
El sistema de resistències en paral·lel està alimentat amb una ddp de 10 V, i en conseqüència, la intensitat que passa per la resistència de 10 Ω és:

$$I = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

Per tant, la intensitat que passa per la resistència R és de 3 A i el valor d'aquesta resistència és:

$$R = \frac{10}{3} = 3,3 \Omega$$

16. Determineu la intensitat que passa pel generador, la ddp entre els seus borns i el rendiment del circuit següent (fig. 7.70).



La resistència equivalent del circuit extern és:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{60} + \frac{1}{120} = \frac{1}{40} \rightarrow R = 40 \Omega$$

$$R_e = 50 + 40 = 90 \Omega$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{40}{90 + 10} = 0,4 \text{ A}$$

$$\Delta V = RI = 90 \cdot 0,4 = 36 \text{ V}$$

$$\eta = \frac{\Delta V}{\mathcal{E}} = \frac{36}{40} = 0,9 \rightarrow 90\%$$

17. Un tren elèctric porta un generador de $\mathcal{E} = 18 \text{ V}$ i $r = 2 \Omega$ que fa anar el motor de fcm de 15 V i resistència interna de 10 Ω , i sis bombetes iguals de resistències 8 Ω cadascuna connectades en paral·lel. Calculeu la intensitat que passa pel generador i el rendiment del motor.

Calculem la resistència equivalent del sistema en paral·lel:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{6}{8} \rightarrow R_e = \frac{4}{3} \Omega = 1,33 \Omega$$

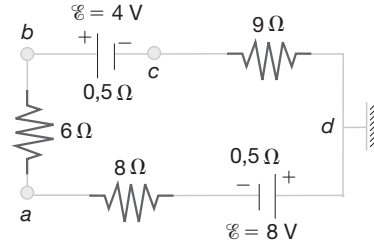
Intensitat que passa pel circuit:

$$I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}'}{R + r + r'} = \frac{18 - 15}{1,33 + 2 + 10} = 0,225 \text{ A} = 225 \text{ mA}$$

El rendiment és:

$$\eta = \frac{\mathcal{E}}{\Delta V'} = \frac{15}{15 + 10 \cdot 0,225} = 0,869 \rightarrow 86,9\%$$

18. Trobeu el potencial en el punt a del circuit de la figura 7.71. Quina és la diferència de potencial entre els borns de la bateria de 4 V?



$$I = \frac{\Sigma \mathcal{E} + \Sigma \mathcal{E}'}{\Sigma R + \Sigma r + \Sigma r'} =$$

$$= \frac{4 + 8}{9 + 6 + 8 + 0,5 + 0,5} = 0,5 \text{ A}$$

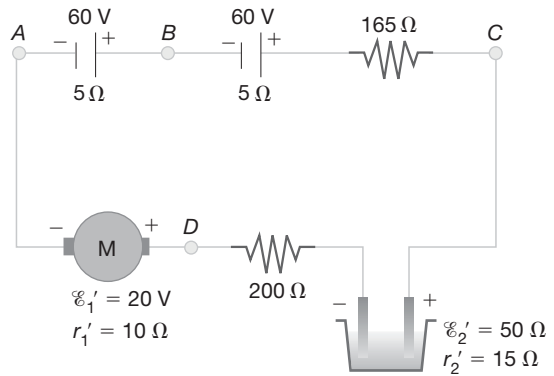
Aquest corrent va en el sentit contrari de les agulles del rellotge. Ho veiem per la disposició de les bateries.

Com que el punt d està connectat a terra, el potencial al punt a serà el mateix que la ddp entre aquest dos punts.

$$\Delta V_{da} = V_a = -8 + 0,5 \cdot 0,5 + 8 \cdot 0,5 = -3,75 \text{ V}$$

$$\Delta V_{bc} = 4 - 0,5 \cdot 0,5 = 3,75 \text{ V}$$

19. A partir del circuit següent (fig. 7.72), determineu:



- a) La intensitat.

$$I = \frac{\Sigma \mathcal{E} - \Sigma \mathcal{E}'}{\Sigma R + \Sigma r + \Sigma r'} =$$

$$= \frac{60 \cdot 2 - 20 - 50}{165 + 200 + 2 \cdot 5 + 10 + 15} = 0,125 \text{ A}$$

- b) Les ddp entre els punts AB, BC, CD i DA.

$$V_{AB} = -60 + 5 \cdot 0,125 = -59,375 \text{ V}$$

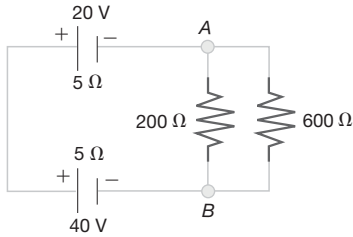
$$V_{BC} = -60 + 5 \cdot 0,125 + 165 \cdot 0,125 = -38,8 \text{ V}$$

$$V_{CD} = 50 + 15 \cdot 0,125 + 200 \cdot 0,125 = 76,9 \text{ V}$$

$$V_{DA} = 20 + 10 \cdot 0,125 = 21,3 \text{ V}$$

Podeu comprovar que la suma de les diferències de potencial és zero.

20. Determineu V_{AB} i la intensitat que passa per la resistència de 600Ω del circuit següent (fig. 7.73).



Resistència equivalent.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{200} + \frac{1}{600} \rightarrow R_e = 150 \Omega$$

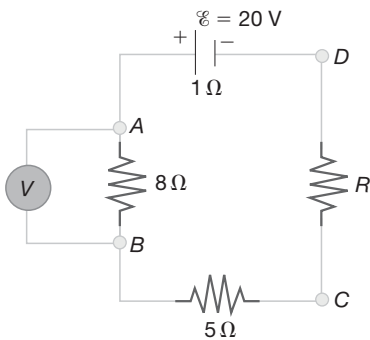
Intensitat que passa pels generadors:

$$I = \frac{40 - 20}{150 + 2 \cdot 5} = 0,125 \text{ A}$$

$$V_{AB} = 0,125 \cdot 150 = 18,75 \text{ V}$$

$$I = \frac{18,75}{600} = 0,03125 \text{ A} = 31,25 \text{ mA}$$

21. La intensitat que circula per la resistència de 5Ω val $1,25 \text{ A}$ (fig. 7.74).



a) Què marcarà el voltímetre?

Suposant un voltímetre ideal:

$$\Delta V = RI = 8 \cdot 1,25 = 10 \text{ V}$$

b) Quin és el valor de la resistència R entre C i D ?

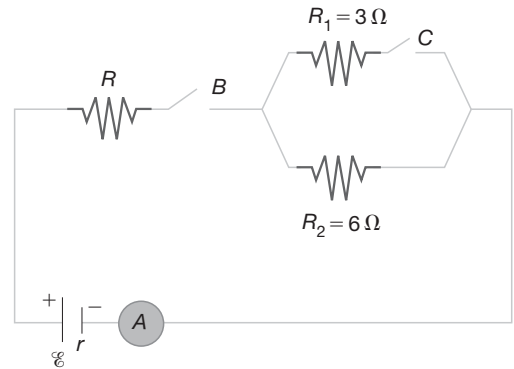
$$I = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum R + \sum r} = \frac{20}{8 + 5 + 1 + R} = 1,25 \rightarrow R = 2 \Omega$$

c) Calculeu l'energia dissipada per la resistència de 5Ω en 1 hora i l'energia subministrada pel generador en aquest mateix temps.

$$E_R = RI^2 t = 5 \cdot 1,25^2 \cdot 3600 = 28125 \text{ J}$$

$$E_{\mathcal{E}} = \mathcal{E} I t = 20 \cdot 1,25 \cdot 3600 = 90000 \text{ J}$$

22. En el circuit de la figura 7.75, quan l'interruptor B està tancat i el C obert, l'amperímetre A marca $0,375 \text{ A}$. Si $\mathcal{E} = 4,5 \text{ V}$ i $r = 1 \Omega$:



a) Quin és el valor de la resistència R ?

Quan B és tancat i C és obert, tenim que:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{\sum R + r} \rightarrow 0,375 = \frac{4,5}{R + 6 + 1} \rightarrow R = 5 \Omega$$

b) Quina potència dissipa en forma de calor dins del generador?

$$P = rI^2 = 1 \cdot 0,375^2 = 0,141 \text{ W}$$

c) Què marcarà l'amperímetre si mantenim tancats simultàniament els dos interruptors B i C ?

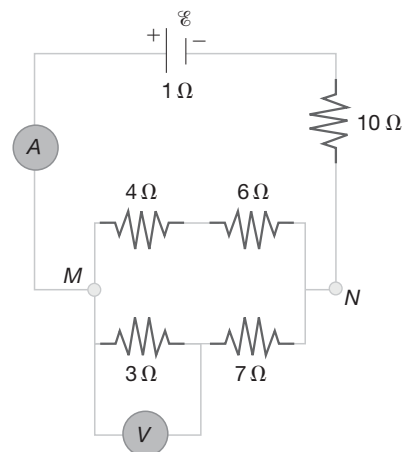
Si es tanca C , la resistència equivalent del circuit extern és:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \rightarrow R = 2 \Omega \rightarrow R_e = 2 + 5 = 7 \Omega$$

L'amperímetre marcarà:

$$I = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum R + \sum r} = \frac{4,5}{7 + 1} = 0,562 \text{ A}$$

23. L'amperímetre del circuit representat en la figura 7.76 marca $0,2 \text{ A}$. Calculeu:



a) La resistència equivalent entre M i N i la fem \mathcal{E} del generador.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \rightarrow R = 5 \Omega$$

$$I = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum R + \sum r} \rightarrow 0,2 = \frac{\mathcal{E}}{5 + 10 + 1} \rightarrow \mathcal{E} = 3,2 \text{ V}$$

- b) La intensitat per a cadascuna de les dues branques entre M i N i la indicació del voltímetre.

Com que les resistències són iguals en cada branca, la intensitat de cada branca és la meitat de la intensitat total:

$$i = \frac{I}{2} = 0,1 \text{ A}$$

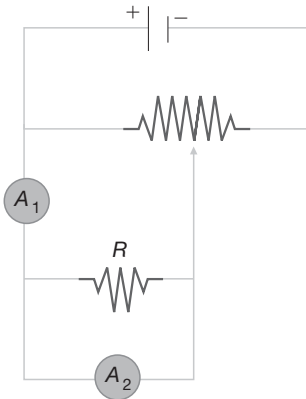
El voltímetre ens marcarà: $\Delta V = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ V}$

- c) L'energia subministrada pel generador en 10 min i la potència dissipada en la resistència de 6Ω .

$$E_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}It = 3,2 \cdot 0,2 \cdot 600 = 384 \text{ J}$$

$$E_R = Ri^2 = 6 \cdot 0,1^2 = 0,06 \text{ W}$$

24. Per mesurar la resistència d'un element R s'ha fet el muntatge de la figura 7.77 i els resultats obtinguts són els de la taula 7.4.



I (mA)	V (V)
7,5	0,49
15	0,99
22,5	1,48
30	2,01
36	2,41
47,5	3,12
52	3,39

- a) Dels aparells A_1 i A_2 , quin serà el voltímetre i quin serà l'amperímetre?

A_1 és l'amperímetre, i A_2 el voltímetre.

- b) Quant val la resistència de R ?

Calculem la resistència per a cada mesura i després en fem la mitjana:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

$$\frac{0,49}{0,0075} = 65,33 \Omega; \quad \frac{0,99}{0,015} = 66 \Omega$$

$$\frac{1,48}{0,0225} = 65,77 \Omega$$

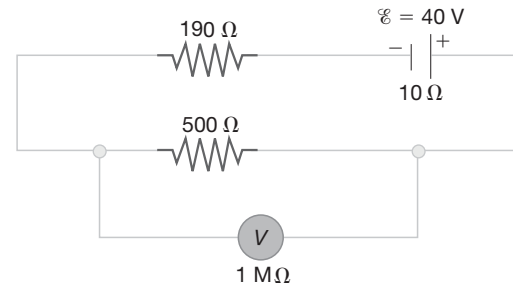
$$\frac{2,01}{0,03} = 67 \Omega; \quad \frac{2,41}{0,036} = 66,94 \Omega$$

$$\frac{3,12}{0,0475} = 65,68 \Omega; \quad \frac{3,39}{0,052} = 65,19 \Omega$$

La mitjana és:

$$\frac{65,33 + 66 + 65,77 + 67 + 66,94 + 65,68 + 65,19}{7} = 66 \Omega$$

25. Determineu el que marca el voltímetre i la ddp del generador del circuit següent (fig. 7.78).



$$I = \frac{\Sigma \mathcal{E}}{\Sigma R + \Sigma r} = \frac{40}{190 + 500 + 10} = 0,0571 \text{ A}$$

$$\Delta V = RI = 500 \cdot 0,0571 = 28,57 \text{ V}$$

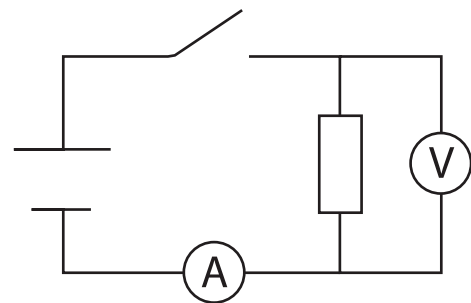
$$\Delta V = \mathcal{E} - rI = 40 - 10 \cdot 0,0571 = 39,4 \text{ V}$$

26. En un circuit com el de la figura 7.79, realitzem una experiència que consisteix a anar modificant el valor de la resistència R i mesurar la diferència de potencial entre els seus extrems (ΔV) i la intensitat del corrent (I) que la travessa. Per dur-la a terme, disposem d'un generador de corrent continu de fem $\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$, d'un conjunt de resistències iguals de valor R_0 d'un voltímetre i d'un amperímetre. Els resultats que obtenim en l'experiència són els que s'exposen en la taula següent:

R	ΔV (V)	I (A)
R_0	1,45	$4,85 \cdot 10^{-1}$
$2R_0$	1,48	$2,46 \cdot 10^{-1}$
$3R_0$	1,45	$1,64 \cdot 10^{-1}$
$4R_0$	1,49	$1,24 \cdot 10^{-1}$
$5R_0$	1,49	$9,9 \cdot 10^{-2}$

- a) Feu un esquema indicant com col·locaríeu en el circuit el voltímetre i l'amperímetre. Com ha de ser la resistència interna de cadascun d'aquests aparells?

L'esquema del circuit és el següent:



El voltímetre s'ha de connectar en paral·lel amb la resistència R per tal que en els seus extrems respectius hi hagi la mateixa ddp. Cal que la resistència interna del voltímetre sigui molt gran ($R_V \rightarrow \infty$) per tal que tota la intensitat circuli per R i, per tant, la intensitat mesurada per l'amperímetre sigui realment la intensitat que circula per R .



L'amperímetre s'ha de connectar en sèrie amb la resistència R per tal que per ell circuli la mateixa intensitat que per R . Cal que la resistència interna de l'amperímetre sigui molt petita ($R_A \rightarrow 0$) per tal de no introduir una caiguda de tensió addicional. Si així fos, s'hauria de tenir en compte el valor real de la resistència interna en els càlculs dels propers apartats.

b) Segons aquesta experiència, quin seria el valor de R_0 i quin marge d'error assignaríeu a aquest valor?

Aplicant la llei d'Ohm ($\Delta V = IR$) als diferents conjunts de dades tenim:

$$1,45 = 4,85 \cdot 10^{-1} R_0 \rightarrow R_0 = 2,99 \Omega$$

$$1,48 = 2,46 \cdot 10^{-1} 2 R_0 \rightarrow R_0 = 3,01 \Omega$$

$$1,45 = 1,64 \cdot 10^{-1} 3 R_0 \rightarrow R_0 = 2,95 \Omega$$

$$1,49 = 1,24 \cdot 10^{-1} 4 R_0 \rightarrow R_0 = 3,00 \Omega$$

$$1,49 = 9,9 \cdot 10^{-2} 5 R_0 \rightarrow R_0 = 3,01 \Omega$$

El valor mitjà de la resistència és:

$$\bar{R}_0 = \frac{2,99 + 3,01 + 2,95 + 3,00 + 3,01}{5} = 2,99 \Omega$$

Els errors particulars de les mesures més petites i més grans són:

$$e_1 = |2,95 - 2,99| = 0,04 \Omega$$

$$e_2 = |3,01 - 2,99| = 0,02 \Omega$$

Prenem com a valor absolut el més gran dels dos valors anteriors:

$$e_a = 0,04 \Omega$$

Per tant, el resultat de la mesura és:

$$R_0 = (2,99 \pm 0,04) \Omega$$

c) Quina de les mesures de la intensitat té una incertesa relativa més gran? Per què els valors de (ΔV) són lleugerament inferiors a la fem del generador? Fixeu-vos en la figura 7.79.



La mesura d'intensitat que té una incertesa més gran és la mesura número 5: $I = 9,9 \cdot 10^{-2}$ A ja que té menys nombre de xifres significatives. En té dues, mentre que les altres mesures totes es donen amb tres xifres significatives. La seva incertesa relativa és:

$$e_r = \frac{0,1}{9,9} \cdot 100 = 1\%$$

Els valors de ΔV són inferiors al de la fem del generador perquè aquest té una determinada resistència interna r que produeix una caiguda de tensió dins el generador. Així, tot i que l'amperímetre sigui ideal i no introdueixi una caiguda de tensió, la ddp en els extrems de R no pot coincidir amb la fem del generador per la caiguda de tensió dins el generador, la qual depèn també de la intensitat que circula pel circuit: $\Delta V = \varepsilon - Ir$.