

## Table of Contents

1 Conceptes bàsics.....	2
1.1 Electricitat estàtica.....	2
1.2 Conductors, aïllants i corrent d'electrons.....	4
1.3 El circuit elèctric.....	7
1.4 Voltatge i corrent.....	9
1.5 Resistència.....	12
1.6 Medició de voltage i corrent.....	14
1.7 Direcció convencional del corrent i flux d'electrons.....	16
1.8 Solucions.....	18

# 1 Conceptes bàsics

## 1.1 Electricitat estàtica

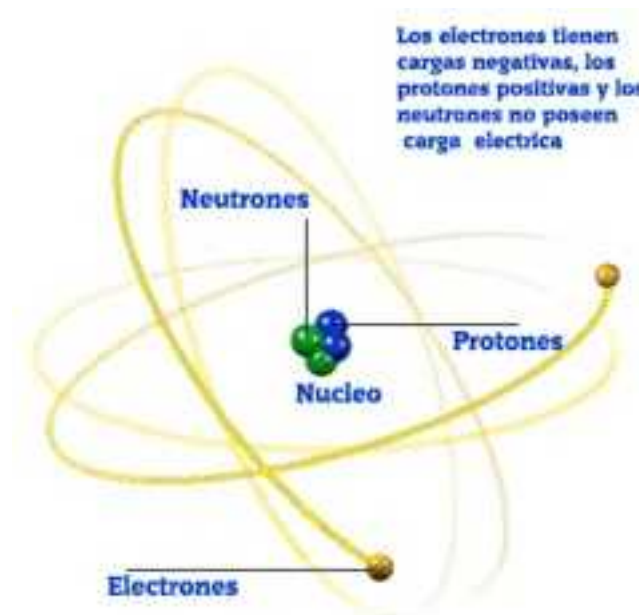
Possiblement, les primeres manifestacions de fenòmens elèctrics que van cridar l'atenció humana, fora llamps, trons i l'atracció i repulsió de certs materials després de ser fregats.

Si per exemple es frega una peça de seda contra un vidre, es percebrà una atracció entre aquests materials.

Video

<https://youtu.be/jLgSXryMxwM?si=rTeYs0HGzSii-KdG>

Per a explicar l'atracció entre la seda i el vidre, es recorre als àtoms, que són les partícules elementals que formen la matèria. El nucli d'un àtom està compost per protons, partícules de càrrega positiva, i generalment de neutrons, que no presenten càrrega. Al voltant d'aquest nucli es mouen electrons, que presenten càrrega negativa. Un àtom té el mateix nombre de protons en el seu nucli, que d'electrons en el seu exterior i per tant es diu que és neutral. Les seves càrregues positives i negatives es compensen.



Fregant la seda contra el cristall, alguns electrons passen d'un material a un altre, produint-se un excés d'electrons en un dels materials, que tindria una càrrega negativa, i una falta d'electrons en l'altre material, que tindria una càrrega positiva. Aquesta separació de càrrega produeix una força que fa que la seda i el cristall s'atreugin.

## 1.2 Conductors, aïllants i corrent d'electrons

Els electrons dels diferents tipus d'àtoms tenen diferents graus de llibertat per a moure's.

En alguns tipus de materials, com els metalls, els electrons externs dels àtoms estan tan poc lligats que es mouen lliurement en l'espai entre els àtoms del material a causa de l'energia tèrmica que tenen a temperatura ambient. Aquests electrons no lligats són lliures d'abandonar els seus àtoms i surar en l'espai entre àtoms veïns.

En altres tipus de materials, com el vidre, els electrons dels àtoms tenen molt poca llibertat de moviment. Encara que forces externes, com el frec físic, poden provocar que alguns d'aquests electrons abandonin els seus àtoms respectius i passin a un altre material.

La mobilitat relativa dels electrons dins d'un material es coneix com a conductivitat elèctrica. La conductivitat ve determinada pels tipus d'àtoms d'un material. Els materials amb alta mobilitat d'electrons (molts electrons lliures) es denominen conductors, mentre que els materials amb baixa mobilitat d'electrons (pocs o cap electró lliure) es denominen aïllants.

La taula mostra alguns exemples comuns de conductors i aïllants:

Conductors	Aïllants
<ul style="list-style-type: none"><li>• plata</li><li>• coure</li><li>• or</li><li>• alumini</li><li>• ferro</li><li>• acer</li><li>• llautó</li><li>• bronze</li><li>• mercuri</li><li>• grafito</li><li>• aigua bruta</li><li>• formigó</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• vidre</li><li>• goma</li><li>• oli</li><li>• asfalt</li><li>• fibra de vidre</li><li>• porcellana</li><li>• ceràmica</li><li>• quars</li><li>• cotó (sec)</li><li>• (sec) paper</li><li>• (sec) fusta</li><li>• plàstic</li><li>• aire</li><li>• diamant</li><li>• aigua pura</li></ul>

Les propietats de conductivitat i aïllament varien dins de les dues categories.

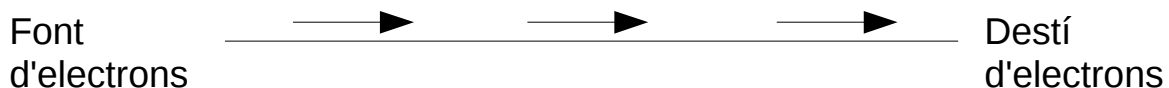
Per exemple, la plata és el millor conductor en la llista de "conductors", conduint millor els electrons que qualsevol dels altres materials. L'aigua bruta i el formigó també figuren com a conductors, però són pitjors conductors que qualsevol metall.

El moviment normal dels electrons "lliures" en un conductor és aleatori, sense una direcció o velocitat particular. No obstant això, els electrons poden ser influenciats per a moure's de manera coordinada a través d'un conductor. Aquest moviment uniforme dels electrons és el que anomenem electricitat o corrent elèctric. Per a ser més precisos, podria dir-se electricitat dinàmica, en contrast amb l'electricitat estàtica, que és una acumulació immòbil de càrrega elèctrica.

Igual que l'aigua flueix per un tub, els electrons poden moure's per l'espai entre els àtoms d'un material conductor. El conductor sembla sòlid als nostres ulls, però qualsevol material compost d'àtoms és, en la seva major part, espai buit. L'analogia líquid-fluid és tan adequada, que el moviment dels electrons a través d'un conductor es denomina sovint "flux".

---

Una línia contínua (com la mostrada a dalt) és el símbol convencional d'un tros continu de cable. Com el cable està fet d'un material conductor, com el coure, els seus àtoms tenen molts electrons lliures que poden moure's fàcilment a través del cable. No obstant això, mai hi haurà un flux continu o uniforme d'electrons dins d'aquest cable tret que tinguin un lloc d'on venir i un lloc on anar. Afegim una hipotètica "Font" i "Destí" d'electrons:



Ara, amb la font d'electrons empenyent electrons cap al cable conductor, es produeix un flux d'electrons de la font al destí (com indiquen les fletxes que apunten d'esquerra a dreta).

No obstant això, el flux es deté si s'interromp el cable conductor:



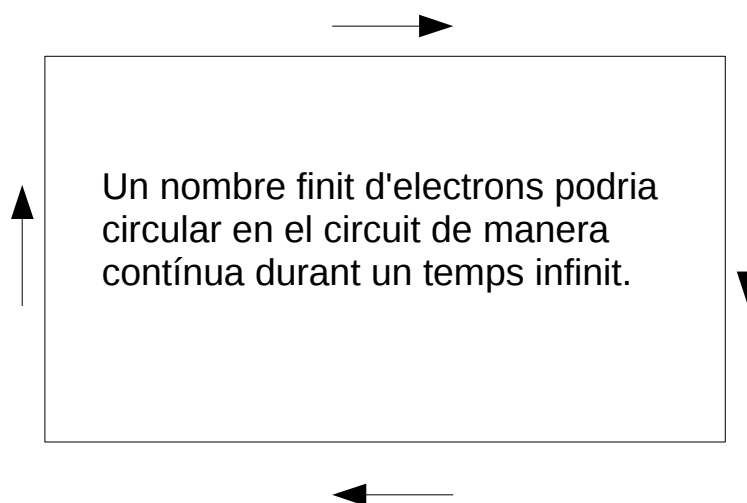
Exercici 1.2-1

Feix un resum dels principals conceptes presentats en els apartats anteriors.

### 1.3 El circuit elèctric

Per a mantenir un flux continu d'electrons entre una font i un destí, es necessitaria una font inesgotable d'electrons. Existeixen fonts inesgotables?

La solució a aquesta paradoxa la dona el circuit elèctric. Si prenem un cable conductor, o diversos cables i els unim de manera que formi un camí continu, permetem un flux continu d'electrons sense haver de recórrer a fonts inesgotables:



Tot el que necessitem és una font d'energia per a mantenir en moviment el flux (el corrent) d'electrons.

Cal tenir en compte que la continuïtat és tan important en un circuit com en un cable. Igual que en l'exemple del cable entre la font i el destí d'electrons, qualsevol interrupció en aquest circuit impedirà que els electrons flueixin a través d'ell.

Un principi important és que no importa on es produeixi la interrupció. Qualsevol discontinuïtat en el circuit impedirà el flux d'electrons a través de tot el circuit.

Tret que hi hagi un bucle continu i ininterromput de material conductor pel qual flueixin els electrons, no es pot mantenir un flux.

## Resum

- Un circuit és un bucle ininterromput de material conductor que permet el pas d'electrons contínuament sense principi ni fi.
- Si un circuit està "interromput", significa que els seus elements conductors ja no formen un camí complet i que en ell no pot produir-se un flux continu d'electrons.
- La ubicació d'un trencament en un circuit és irrellevant per a la seva incapacitat de mantenir un flux continu d'electrons. Qualsevol trencament, en qualsevol lloc d'un circuit, impedeix el flux d'electrons en tot el circuit.

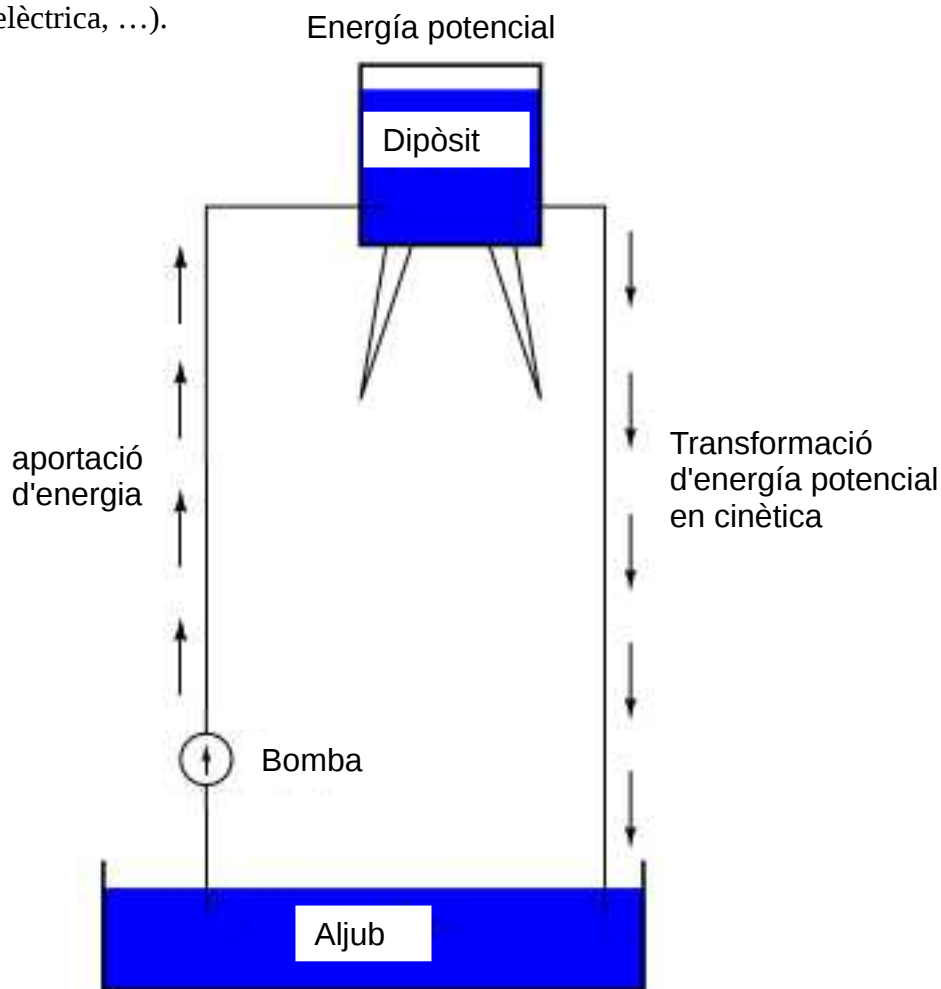


## 1.4 Voltatge i corrent

Per a generar un corrent elèctric en un circuit, es necessita una font d'energia (font d'alimentació), un generador.

En un circuit hidràulic, el generador és una bomba i causa el flux d'aigua en el circuit.

En l'esquema, la bomba condueix l'aigua de l'aljub al dipòsit. Si el dipòsit es trobés a un nivell per sota de l'aljub, el corrent d'aigua que l'omple, fluiria per gravetat, sense necessitat d'utilitzar una bomba, però com es troba a un nivell superior, és necessària la bomba que aporta a l'aigua l'energia necessària per a superar el desnivell entre aljub i dipòsit. Per a elevar l'aigua de l'aljub al dipòsit se li ha aportat energia. L'aigua del dipòsit té una energia potencial major que l'aigua de l'aljub, en trobar-se a major altura. Es diu “potencial”, perquè deixant caure l'aigua del dipòsit a un nivell inferior, es pot aprofitar l'energia “potencial” de l'aigua i transformar-la en una altra mena d'energia (mecànica, elèctrica, ...).

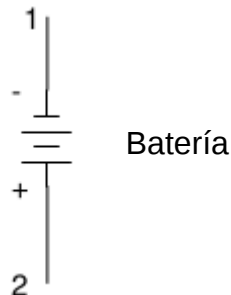


Un altre exemple d'aportació i transformació d'energia potencial és la de la ciclista que puja el pendent d'una muntanya. Durant la pujada, la ciclista va guanyant energia potencial amb cada pedalada. Necessita fer un esforç. En el moment en què arriba al cim, l'esforç es redueix a zero, comença la baixada. Ja no necessita pedalar per a agafar velocitat, l'energia potencial que tenia en el cim es transforma en energia de moviment (cinètica), gràcies a la força de gravetat.

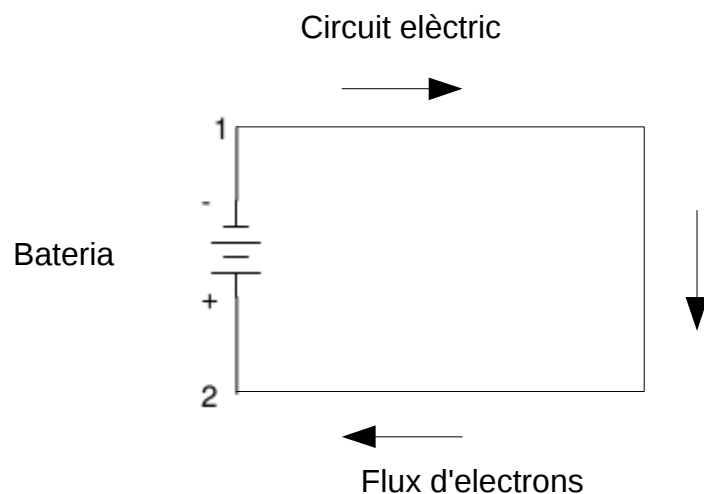


En un circuit elèctric, la font d'alimentació pot ser una bateria. És el cas en molts tipus d'embarcació.

El símbol de la bateria és el següent:



La bateria aporta l'energia necessària per a crear un corrent elèctric. Però sense circuit elèctric, no hi ha corrent. En aquest cas, la bateria està disposada per a aportar energia, però no l'està aportant. La bateria disposa d'energia potencial, que podrà aportar als electrons, quan sigui connectada a un circuit.



Una de les característiques principals d'una bateria és el seu voltatge. El voltatge indica la força amb la qual la bateria pot accelerar els electrons i correspon a l'altura del dipòsit d'aigua en el símil hidràulic. Una altra característica és la seva capacitat, és a dir, la quantitat de càrrega que pot acumular. Coneixent el voltatge i la capacitat de càrrega, es pot calcular l'energia que emmagatzema la bateria.

En el cas de la bateria, el corrent d'electrons es mou sempre del pol negatiu al pol positiu de la bateria. La direcció del corrent no canvia, a això se'n diu corrent continu CC (DC).

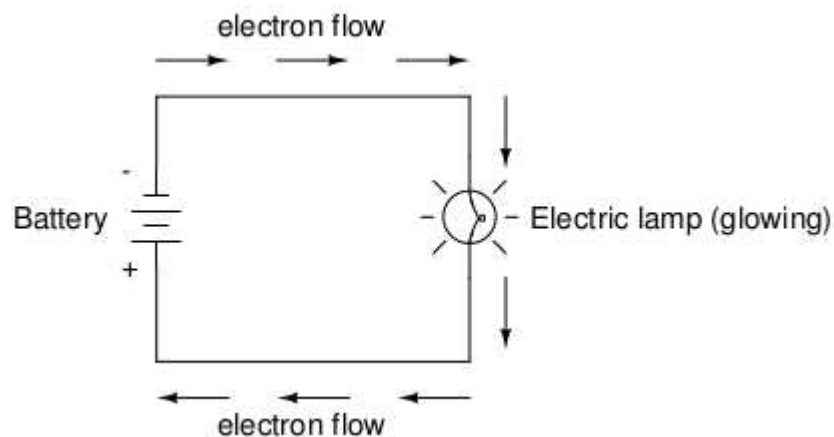
## 1.5 Resistència

El circuit de l'esquema anterior no és pràctic. De fet, pot ser bastant perillós pontejar els pols d'una font de tensió amb un cable. El corrent elèctric pot ser molt gran en un curtcircuit d'aquest tipus, i l'alliberament d'energia gran, normalment en forma de calor.

En general, els circuits elèctrics es realitzen de manera que es pugui fer un ús pràctic d'aquesta energia alliberada, de la forma més segura possible. Un ús pràctic i habitual del corrent elèctric és donar il·luminació mitjançant un llum.

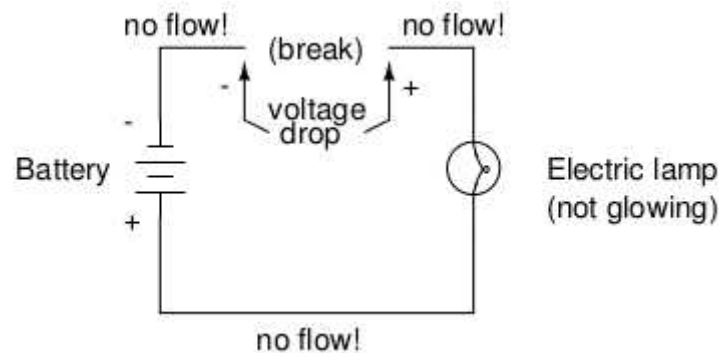
El llum, igual que la pila, té dos punts de connexió conductors, un perquè entrin els electrons i un altre perquè surtin.

Connectat a una font de tensió, el circuit d'un llum elèctric és el següent:



Els electrons que formen el corrent elèctric circulen amb facilitat pels cables conductors que uneixen el llum a la bateria, però per a travessar el filament del llum precisen una força major. Aquesta oposició al corrent elèctric del filament del llum depèn del tipus de material, de la seva secció transversal i de la seva temperatura. Tècnicament es denomina resistència. Es pot dir que els conductors tenen poca resistència i els aïllants, molta. La resistència (llum) limita la quantitat de corrent a través del circuit, evitant el "curtcircuit" que produiria el cable conductor en unir els pols de la bateria.

Quan els electrons circulen a través de la resistència, es genera "fricció". Igual que la fricció mecànica, la fricció produïda pels electrons a través de la resistència es manifesta en forma de calor. Si la continuïtat del circuit es trenca en qualsevol punt, el flux d'electrons es deté en tot el circuit. En el cas d'un llum, això significa que deixarà de brillar:



Sense flux d'electrons, tot el potencial (voltatge) de la bateria està disponible entre els extrems del conductor interromput. Es diu circuit obert, a una interrupció en la continuïtat del circuit que impedeix que circuli el corrent. Una única interrupció de la continuïtat és suficient per a "obrir" un circuit. Es denomina circuit tancat a un circuit sense interrupcions, en el qual el corrent pot fluir.

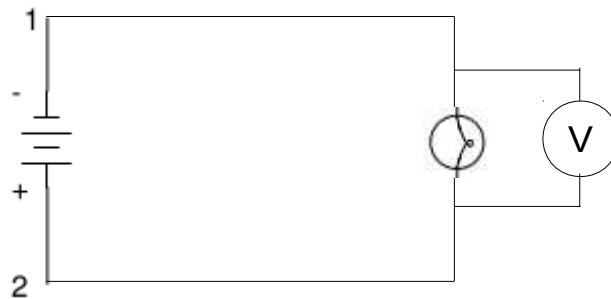
### Resum

- La resistència és la mesura de l'oposició al corrent elèctric.
- Un curtcircuit és un circuit elèctric que ofereix poca o cap resistència al flux d'electrons. Els curtcircuits són perillosos amb fonts d'alimentació d'alt voltatge perquè generen alts corrents que poden alliberar grans quantitats d'energia tèrmica.
- Un circuit obert és aquell en el qual la continuïtat s'ha trencat per una interrupció que impedeix el flux d'electrons.
- Un circuit tancat és un circuit pel qual els electrons poden circular sense interrupció.
- Un dispositiu dissenyat per a obrir o tancar un circuit en condicions controlades es denomina interruptor.
- Els termes "obert" i "tancat" es refereixen tant a interruptors com a circuits complets.
- Un interruptor obert és aquell que no té continuïtat, els electrons no poden fluir a través d'ell.
- Un interruptor tancat és aquell que proporciona un camí directe (de baixa resistència) perquè els electrons flueixin a través d'ell.

## 1.6 Medició de voltage i corrent

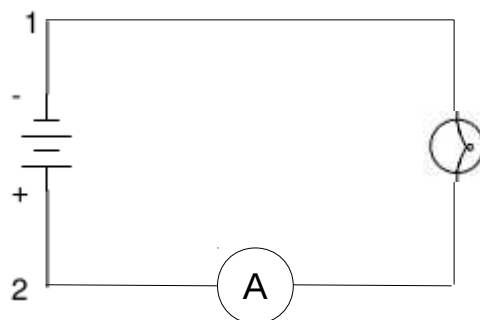
És necessari aportar energia als electrons, perquè aquests puguin fluir a través d'una resistència. Els electrons “perdran” la seva energia en part, o per complet, en passar per una resistència. A això se'n diu una caiguda de tensió. Significa que l'energia dels electrons és major a l'entrada de la resistència que a la sortida. Amb un voltímetre es pot mesurar la diferència d'energia causada per la resistència, tocant els extrems de la resistència.

Esquema d'un circuit amb voltímetre, mesurant la tensió que cau en una resistència (llum):



Recordem que el corrent (intensitat) elèctrica en el circuit d'exemple és igual en qualsevol punt del circuit, mentre que la caiguda de tensió que podem mesurar, depèn del lloc en el qual la mesurem.

Esquema d'un circuit amb amperímetre, mesurant el corrent que circula:



La tensió entre dos punts del circuit es mesura seleccionant V en el polímetre (multímetre), i tocant amb les puntes els dos punts del circuit entre els quals es vol mesurar la caiguda de tensió.

### **Foto polímetre mesurant V d'un llum en sèrie amb una altre**

El corrent es mesura seleccionant A en el polímetre, interrompent el circuit (el llum s'apaga) i restablint la continuïtat del circuit pontejant la interrupció amb les puntes de mesurament del polímetre (el llum torna a encendre's).

### **Foto polímetre mesurant A de dos llums en sèrie**

Es dedueix, que el polímetre ha de tenir una resistència molt alta en mesurar tensió i una resistència molt baixa en mesurar corrent.

La resistència del polímetre ha de ser molt alta en mesurar tensió, perquè si no ho fos, el corrent que passa pel llum en la qual estem mesurant disminuiria, ja que una part passaria pel polímetre. El llum lluiria amb menys intensitat.

**Imatge de dos llums en sèrie. A una d'elles se li connecta un llum en paral·lel que equival a un polímetre de baixa resistència.**

En mesurar corrent, la resistència del polímetre ha de ser molt baixa, perquè si no ho fos, limitaria la quantitat de corrent que passa pel llum i aquesta lluiria amb menys intensitat.

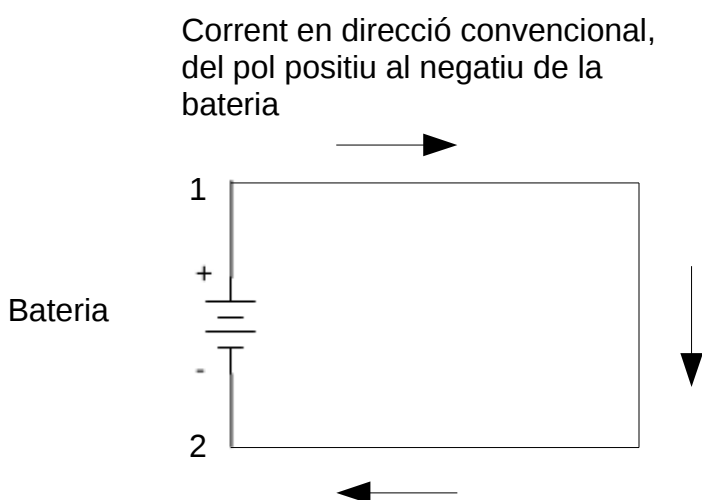
**Imatge de tres llums en sèrie. Una d'elles equival a un polímetre d'alta resistència.**

**Comentar practica\_00.pdf**

## 1.7 Direcció convencional del corrent i flux d'electrons

En el segle XVIII, quan Bernjamín Franklin va fer descobriments fonamentals sobre la naturalesa dels fenòmens elèctrics, es va acordar que la càrrega elèctrica fluiria del pol de més càrrega (excés de càrrega, positiu) al pol de menys càrrega (negatiu). La teoria dels àtoms per a explicar el corrent elèctric mitjançant electrons s'utilitzaria en temps posteriors.

Per aquesta raó, fins i tot avui dia, en molts llibres de text i publicacions relacionades amb la tecnologia elèctrica s'aplica aquest sentit de flux, que és contrari al del flux dels electrons.



En aquests apunts s'indica el corrent en sentit convencional, ja que coincideix amb la simbologia de components semiconductors, com a díodes o transistors.

Un díode és un component de material semiconductor, que permet el pas del corrent en un sentit, però no en el contrari. El seu símbol és:

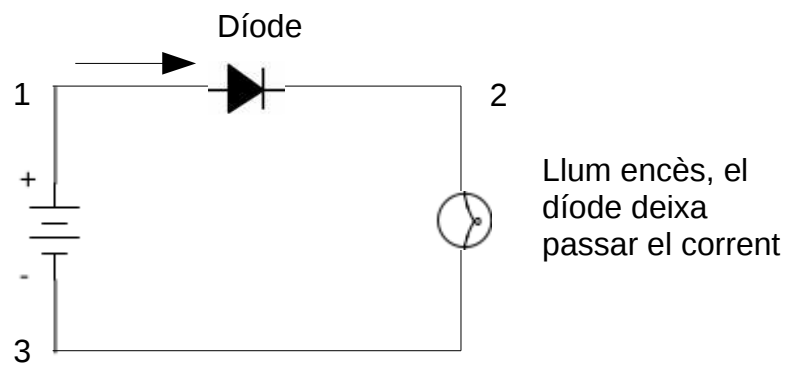


La fletxa indica el sentit en el qual deixa passar el corrent, si s'aplica el sentit convencional.

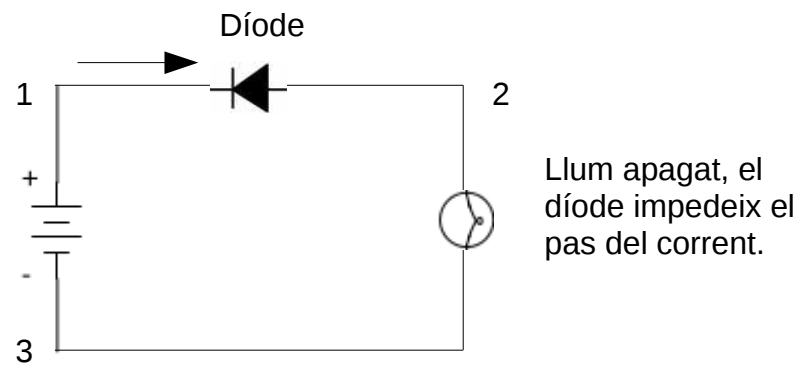
En el següent esquema s'observa un circuit en el qual el díode està connectat de manera que deixa passar el corrent. Per tant, el llum s'encén.

La direcció del corrent convencional coincideix amb la direcció indicada per la fletxa del símbol del díode.





Si el díode es connecta al revés, el llum quedaria apagada, perquè el díode bloqueja el pas del corrent.



## 1.8 Solucions

### Exercici 1.2-1

Feix un resum dels principals conceptes presentats en els apartats anteriors

#### Resum

- En els materials conductors, els electrons exteriors de cada àtom es poden moure fàcilment, i es denominen electrons lliures.
- En els materials aïllants, els electrons exteriors no tenen tanta llibertat de moviment.
- Tots els metalls són conductors de l'electricitat.
- L'electricitat dinàmica, o corrent elèctric, és el moviment uniforme dels electrons a través d'un conductor.
- L'electricitat estàtica és una càrrega acumulada i immòbil (si es troba en un aïllant) formada per un excés o una falta d'electrons. Es produeix per separació de càrregues per una força mecànica durant el contacte en materials diferents.
- Perquè els electrons flueixin contínuament (indefinidament) a través d'un conductor, ha d'existir un circuit elèctric que torni els electrons procedents de la font d'alimentació a la mateixa font d'alimentació (circuit elèctric tancat).
- Perquè els electrons flueixin a través d'un conductor, ha d'haver-hi un camí ininterromput perquè entrin i surtin del conductor.

Aquests apunts són una adaptació de “Lessons in electric circuits volume 1 DC” , de l'autor Tony R. Kuphaldt.

Traducció i adaptació Paulino Posada

Traducció al castellà realitzada amb la versió gratuïta del traductor [www.deepl.com/translator](http://www.deepl.com/translator)

Traducció al català realitzada amb <https://www.softcatala.org/traductor/>