

Competències de pensament científic

CIÈNCIES 12-15

Unitat 7

3r d'ESO / 1



Domesticant el llamp: llamps i trons... mòbils i GPS



Nom:

Nivell i grup:

Curs escolar:

Editen:



Generalitat de Catalunya
Departament d'Educació



Universitat Autònoma de Barcelona

Col·labora:



Obra Social "la Caixa"

(Imatges de la portada: pròpia,
wikimedia, YouTube, pixabay, pròpia)

Josep Corominas
Digna Couso

Competències de pensament
científic – Ciències 12-15

Unitat 7

Novembre 2023

ISBN:
978-84-920738-2-5

7



Domesticant el llamp: llamps i trons... mòbils i GPS

Contingut

Introducció	7
SA1 El poder dels llamps.....	8
1.1 El misteri dels llamps	10
1.2 Com estudiar els fenòmens elèctrics: l'electroscopi.....	12
1.3 Més càrregues, més energia... i cau el llamp!.....	25
SA2 Fem treballar les càrregues	37
2.1 Les càrregues poden circular. Conductors i aïllants elèctrics.....	39
2.2 Com circula el corrent pels materials?.....	43
2.3 Mesurem... I les variables dels circuits esdevenen magnituds elèctriques!	51
2.4 Continua el viatge de l'ambulància... Com està organitzat el subministrament d'energia a la caixa que transporta el ronyó refrigerat?.....	59
SA3 Generar i aprofitar l'electricitat.....	69
3.1 Quines característiques ha de tenir un determinat muntatge o dispositiu per generar electricitat?	70
3.2 Màquines que generen electricitat.....	73
3.3 Balanç d'energia en un circuit elèctric.....	77
SA4 Una arribada amb problemes i el final de la història	81
4.1 Llamps i trons... Llum i so	82
4.2 Sempre en contacte, sempre situats: la màgia del mòbil i el GPS	89
4.3 Una aturada gairebé fatal: el desfibril·lador i els marcapassos.....	94
Annexos.....	103
A.Resum de magnituds elèctriques	103
B.Resum de lleis elèctriques	104



Durant mil·lennis, per a la humanitat l'electricitat era una 'força' desbocada i temible de la naturalesa que es mostrava en forma de llamps perillosíssims. Però els darrers segles els humans hem anat aprenent a domesticar aquesta 'força' amagada en la matèria, a amansir-la, a controlar-la per posar-la al nostre servei, amb les precaucions convenients, és clar.

Sense electricitat, la imatge d'aquesta pàgina seria inimaginable. Podríem il·luminar de manera estable tants pisos sense l'estabilitat del corrent elèctric? Tindria sentit construir gratacels de centenars de pisos sense ascensors ràpids moguts elèctricament? Ens podríem comunicar instantàniament amb tot el món sense la capacitat de transmetre veu o dades en forma de corrent elèctric o d'unes inesperades ones electromagnètiques?

Tot plegat ha estat possible perquè hem après que els materials –i els organismes també!– són elèctrics. Uns descobriments que obren les portes a tot un món científic i tecnològic, que és el nostre món actual. En aquesta unitat ens proposem aprofundir-hi.

Ja no podem viure sense electricitat!



Introducció

Malgrat la tempesta... hem arribat! Una història que pot acabar bé

Una nit de tempesta. Llamps i trons, llampecs. Des de casa seria un espectacle impressionant, magnífic. Però des de la cabina de l'ambulància és molt diferent, perquè l'angoixa de no arribar a temps impedeix cap altre sentiment. El conductor i el seu acompanyant gairebé no parlen, escolten la remor de l'aigua que cau i malden per reconèixer-hi la del torrent, que potser s'ha endut el pont i els deixarà, a ells, immòbils en la nit, i a l'hospital sense el ronyó que els metges estan esperant al quiròfan, a punt per intervenir.

Un llampec els enlluerna; l'ajudant mira el rellotge i l'alegra comprovar que el tro arriba tres segons més tard, dos més que fa una estona. La tempesta s'allunya, el perill dels llamps també, però encara queda una horeta de conduir en plena nit i en un terreny enfangat... que s'allarga molt més quan, en arribar al riu, es comprova que el pont ha desaparegut i que de cap manera es pot creuar a l'altra banda. Mentre el conductor truca a l'hospital, el seu acompanyant consulta el mapa pel GPS, però per la zona on passen no marca cap camí. Mira el cel, però no hi ha cap estrella que li permeti orientar-se. Pot usar el seu mòbil com a brúixola i torna a estudiar el mapa; coneix bé la comarca i això l'anima a intentar trobar una ruta alternativa i, si és possible, menys enfangada.



El conductor sembla preocupat: li han dit que no hi ha temps per perdre i que l'helicòpter no té accés a aquesta zona tan arbrada... Mentre està aturat enmig de la pluja es pregunta d'on ha sortit tanta electricitat (i diuen que és cara!), com sabia el seu ajudant que la tempesta s'allunyava, com poden comunicar-se amb l'hospital... i com podien mantenir el ronyó en condicions, si anaven passant les hores i continuaven aturats.

Algunes d'aquestes preguntes el continuen intrigant hores d'ara...

Comentem-ho!

Aquesta història ens parla de fenòmens i situacions que tenen a veure amb l'electricitat: les càrregues elèctriques, l'ús de l'energia, les comunicacions mitjançant senyals electromagnètics... El llamp i els llampecs ens introdueixen en els misteris de l'electricitat.

Segur que ja sabeu moltes coses sobre l'electricitat i les seves aplicacions. Potser heu vist fenòmens elèctrics espectaculars en museus de ciència. Les recordarem totes i les ampliarem en aquesta primera secció.

1. El poder dels llamps

El repte de protegir-nos dels llamps



En algun moment, tothom es pot trobar condicions meteorològiques desfavorables, amb perill de caiguda de llamps. Ja saps que els llamps concentren molta energia i poden fer molt de mal. És per això que cal aprendre a protegir-nos-en.

1. Proposa dues mesures de seguretat que cal prendre en cas de caiguda de llamps i justifica-les científicament.

Podrem estudiar el llamp sense fer-nos mal?

Ens preguntem sobre les “diferències” que provoquen aquesta descàrrega elèctrica tan espectacular —el llamp— que podem reproduir a casa nostra de forma controlada i segura. I ho farem muntant un senzill dispositiu per estudiar les càrregues (i les descàrregues) elèctriques. Amb això començarem a conèixer la *naturalesa elèctrica dels materials* i el funcionament dels *sistemes elèctrics*.



2. Per començar, com que deveu saber moltes coses sobre l'electricitat, us proposem que reflexioneu sobre alguns detalls del relat responnent les preguntes següents:

a) Com pot saber l'ajudant del conductor que la tempesta s'allunya?

b) Llamps, llampecs i trons són manifestacions de canvis durant els quals es produeix també una transferència d'energia. On s'han produït aquests canvis?

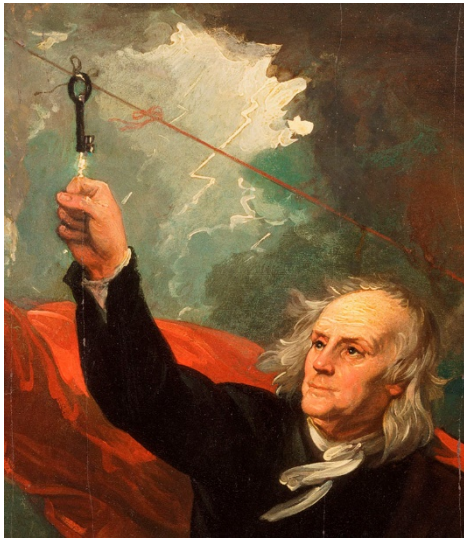


c) A la imatge que acompanyava la història d'introducció, reproduïda aquí, hi veus un llampec o un llamp? Quina és la diferència?

d) El conductor de l'ambulància i el seu ajudant no estan totalment aïllats, tots dos poden comunicar-se amb l'hospital enviant i rebent senyals electromagnètics. Quins aparells, a més dels telèfons mòbils, reben o emeten senyals d'aquest tipus?

1.1 El misteri dels llamps

Franklin, pioner en dominar els llamps... i en reconèixer càrregues



(wikimedia)

Aquesta imatge representa el científic nord-americà Benjamin Franklin l'any 1752 fent un experiment que el va fer famós.

Volia demostrar que el llamp era una descàrrega elèctrica com d'altres que es produïen en els laboratoris. Pretenia capturar l'electricitat dels llamps per emmagatzemar-la.

Un dia de tempesta va fer volar un estel amb una punxa metàl·lica, un fil mullat per conduir l'electricitat i una clau de ferro al final. Franklin ho aguantava tot amb un fil eixut. La clau es va carregar elèctricament: feia guspires en acostar-hi la mà.

Aquest experiment no s'ha de fer mai, perquè és molt i molt perillós: dues persones que poc després imitaven el que Franklin havia fet, van morir electrocutades per un llamp!

Aquell mateix any, Benjamín Franklin va publicar una aplicació interessant d'aquest experiment. Va proposar d'utilitzar l'efecte *punxa metàl·lica* per protegir-nos dels llamps. Era el naixement del parallamps.

3. La gosadia de Franklin va permetre de començar a conèixer, captar i aprofitar un poder que es manifestava de manera espectacular a la naturalesa. Val la pena comprendre molt bé què és el que volia fer i com ho va fer:

a) Explica, amb el teu propi llenguatge, l'experiment de Franklin. Acompanya'l amb un diagrama dels aparells que va utilitzar. (Aniràs millorant aquest diagrama a mida que avancem).

Com acabeu de llegir, amb l'electricitat no s'hi juga, caldrà prendre moltes precaucions.

En dur a terme el seu experiment, es veu que Franklin va tocar sense voler la clau metàl·lica que penjava de l'extrem del fil, rebent una forta descàrrega elèctrica. A partir de llavors, anava molt amb compte: si s'aïllava del terra ja no rebia la descàrrega.

És el mateix motiu perquè no us deixen utilitzar l'eixugacabells elèctric quan esteu molls i descalços.



b) Pots fer una hipòtesi que permeti explicar per què li calia aïllar-se del terra? (Més endavant l'aniràs contrastant amb nous experiments i informacions).

c) A Franklin l'interessaven els llamps, no tant els llampecs. En aquesta imatge es veu la diferència entre uns i altres. Sabries explicar-la (potser després de recórrer a un diccionari)?



Produïm llamps a la cuina

Heu observat la manera com s'encén la flama del gas en un escalfador, en una estufa de butà o en algunes cuines de gas? La flama s'encén amb un dispositiu que fa petites espurnes.

Observeu un encenedor de cuina dels anomenats *electrònics* o *piezoelèctrics*. A la fotografia podeu veure'n un d'aquest tipus en el moment de fer una espurna. L'encenedor genera unes guspires, com llamps en miniatura.

I, efectivament, són llamps en miniatura!

Què deuen tenir en comú aquestes petites espurnes amb els enormes llamps?



(YouTube)

La mida no, però sí la causa que els provoca (quina deu ser?) també la naturalesa mateixa de l'espurna (de què està feta?) i els seus efectes –amb conseqüències molt diferents– sobre el cos humà: l'enrampada (per què ens enrampem?).

En canvi, mentre que els llamps són gairebé incontrolables, aquests petits llamps els podem provocar prement un polsador. Amb la ciència i la tecnologia hem aconseguit domesticar aquesta fúria de la naturalesa que és el llamp fins al punt de poder-la produir a petita escala a la cuina de casa només prement un piu.

No és admirable?

Per acabar, només una dada: la potència –l'energia per segon– d'un llamp pot arribar a ser 2000 vegades superior a la d'una gran central nuclear. Quina llàstima que encara no sapiguem com aprofitar-la! El llamp no l'hem arribat a “domesticar”, però l'electricitat sí.

Ens cal saber-ne més.

1.2 Com estudiar els fenòmens elèctrics: l'electroscopi

L'electroscopi



Us fabricareu, per parelles, el vostre propi electroscopi, que fareu servir per a les vostres investigacions sobre càrregues, descàrregues i interaccions elèctriques.

Amb aquest instrument podreu estudiar de manera ordenada les interaccions elèctriques per intentar esbrinar les lleis que les regeixen.

Què necessiteu?

- cartolina
- fil de coure gruixut, de 30 cm o 35 cm de llarg o bé fil d'estany de soldar
- eines: tisores i alicates
- una tira de 12 cm x 1 cm de paper d'alumini
- un vas qualsevol de vidre una mica gran o un pot de vidre amb la seva tapa, que no ha de ser metàl·lica

Què fareu?

- Si teniu un pot de vidre, feu un forat en el tap que sigui suficient per passar-hi el fil de coure o de soldar. Si teniu un vas de vidre, agafeu la cartolina i feu-hi un forat en el centre, per passar el fil de coure o de soldar.
- Doblegueu el fil de coure o de soldar tal com es veu en la imatge i passeu-lo per forat fet al tap o a la cartolina (observeu que l'extrem del fil no ha de quedar a l'aire). Al forat que es veu a la foto, s'hi ha posat un adhesiu.
- Doblegueu l'altre extrem del fil en angle recte i pengeu-hi la tira d'alumini.
- Poseu la tapa al pot de vidre, amb la tira d'alumini penjant a dins, o col·loqueu la cartolina sobre el vas de vidre.



Electroscopis senzills.
El de l'esquerra és fet amb fil de soldar d'estany i el de la dreta amb fil de coure gruixut.



Proveu el funcionament de l'electroscopi:

- Fregueu una palla de refresc amb un mocador de paper i acosteu la palla fregada al metall del tap de l'electroscopi. Heu d'observar com les làmines d'alumini es van separant.



- Toqueu amb el dit el metall: les làmines s'han de tornar a ajuntar.

Si no podeu fer aquest experiment el podeu veure en aquest vídeo:

<http://youtu.be/shHVbQQ0iJvA>

- El mateix experiment, fet amb un encenedor electrònic modificat:

<http://youtu.be/hreE1jBunDk>



Aquest comportament et recorda el dels imants?

Els imants també es fan força a distància entre ells, d'atracció i de repulsió. Com més a prop, més força. Cada imant té dos pols magnètics, anomenats nord i sud, que no es poden separar. Els pols del mateix nom es repel·leixen i els de nom diferent s'atreuen.

El que hem vist amb l'electroscopi són fenòmens elèctrics, no pas magnètics, però tot i ser diferents, s'assemblen en força aspectes, no en tots.

Com es comporten les càrregues elèctriques?

Per interpretar els fenòmens electrostàtics, podem provar les següents idees:

- Els fenòmens electrostàtics són el resultat de la interacció de partícules que componen els àtoms i que estan dotades d'una propietat anomenada **càrrega elèctrica**. A partir d'ara, doncs, hem de pensar que els **àtoms** estan fets de partícules més petites.
- Aquestes partícules poden tenir dos tipus oposats de càrrega, anomenades **positiva** i **negativa**. Una i altra **es compensen** mútuament de forma exacta.
- Normalment la matèria **és neutra** i no mostra fenòmens electrostàtics perquè les càrregues de diferent signe estan aparellades, neutralitzant-se completament.
- Al fregar dos materials diferents pot ser que algunes partícules carregades **passin d'un objecte a l'altre**, fent que tots dos quedin **carregats elèctricament**, un amb càrrega total positiva i l'altre negativa, degut a l'excés de càrregues d'un dels signes. A diferència dels pols d'un imant, les càrregues elèctriques **es poden separar**.
- Alguns materials, anomenats **conductors**, permeten el pas de partícules carregades sense sofrir alteracions ni ells mateixos ni les càrregues.
- Les partícules amb càrregues de **signe contrari** es fan mútuament **forces d'atracció**.
- Les partícules amb càrregues del **mateix signe** es fan mútuament **forces de repulsió**.



- Com **més grans** és el valor de les **càrregues**, **més grans** són les **forces** que es fan.



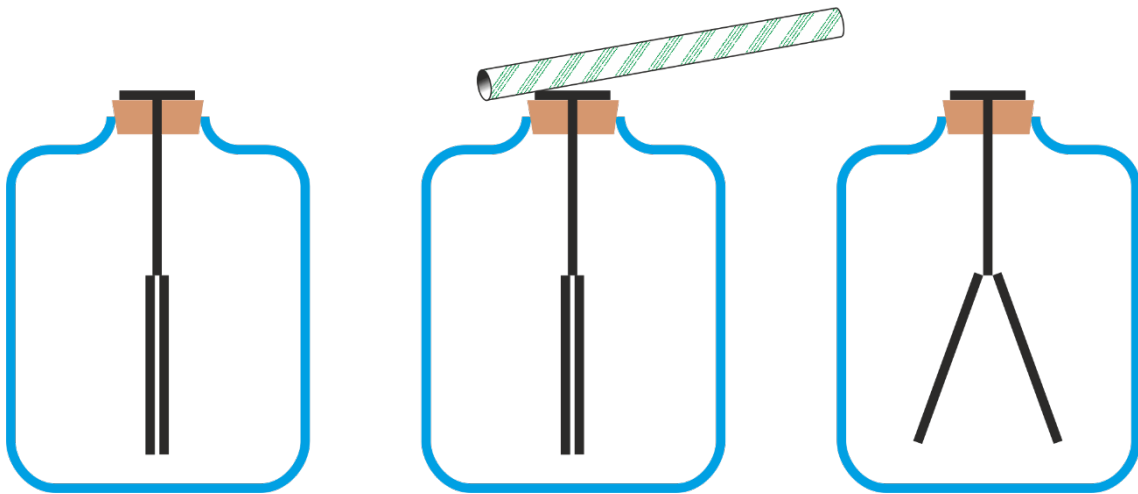
- Com **més gran** és la **separació** entre càrregues, **més petites** són les **forces** que es fan.



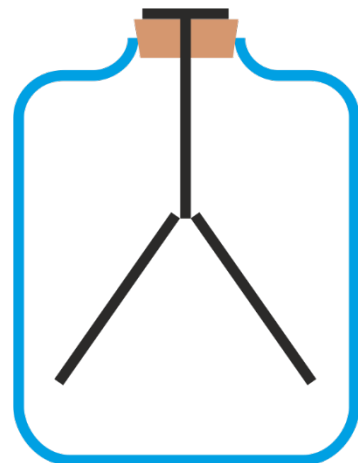
4. Pensem ara tots plegats en el que hem fet amb l'electroscopi.

Ara, utilitzant aquestes idees, provocarem i interpretarem una sèrie de fenòmens electrostàtics. Tingues en compte que sovint no podem saber si un objecte està carregat positivament o negativament. En aquest cas, pots fer tot el raonament **suposant un dels signes** però **avisant** que pot ser a la inversa.

- a) Com interpretes que després de fregar la palleta i fer-li tocar el cable de l'electroscopi, les làmines s'hagin separat? Diries que les partícules carregades han viatjat? Dibuixa què ha anat passant amb les càrregues.

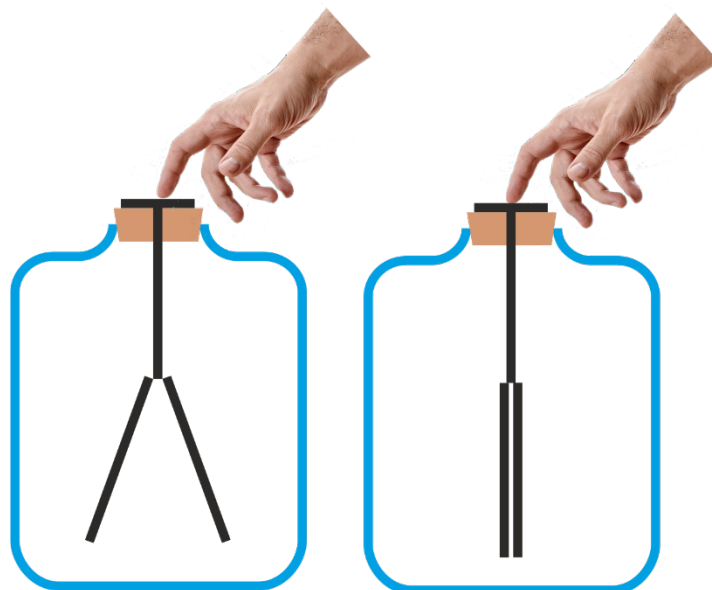


- b) Heu vist en el segon vídeo que l'electroscopi també es carrega amb l'encenedor piezoelèctric modificat però les làmines queden més separades ara que en el vídeo anterior. Quina explicació hi trobes? Dibuixa les càrregues en comparació amb el cas anterior:





c) Quan es toca amb un dit l'electroscopi, les làmines es tornen a ajuntar. Com t'ho expliques? Dibuixa-ho. Hi ha hagut algun objecte conductor?



L'electricitat de la matèria ens obliga a repensar el nostre model de partícules. Sabem que la matèria és feta d'unes petites parts, que hem anomenat *partícules*. I que cada substància conté un o més elements (recordem el cas del carboni dels aliments, o l'hidrogen i l'oxigen de l'aigua) en forma d'àtoms d'aquests elements, que són els que formen les partícules. Els fenòmens elèctrics ens obliguen a pensar que tots els àtoms han de tenir una estructura elèctrica.

En definitiva, necessitem un model elèctric per a l'àtom. Com ens hem d'imaginar els àtoms per poder explicar els fenòmens elèctrics, a més a més del que ja sabem sobre l'estructura dels materials i dels canvis químics de les substàncies? Com deu ser, doncs, un **àtom elèctric**?

L'àtom elèctric

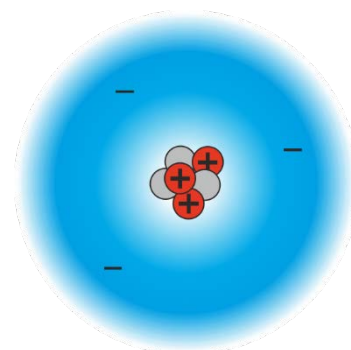
Després d'estudiar-ho molt durant entre el final del segle XIX i principis del XX, el que els científics imaginaven sobre l'àtom es pot recollir, de forma molt simplificada, en la següent imatge.

La part externa s'anomena **escorça electrònica** perquè està ocupada pels **electrons**, unes petites partícules de càrrega **negativa**.

La part central s'anomena **nucli**. Està format per un grup compacte de dos tipus de partícules: són els **neutrons**, sense càrrega elèctrica, i els **protons**, de càrrega **positiva**.

De fet, en aquest dibuix el nucli està molt exagerat doncs a aquesta escala hauria d'aparèixer com un petitíssim puntet.

Pel que fa a la massa, la d'un protó i la d'un neutró és gairebé la mateixa; i és 1836 vegades més gran que la d'un sol electró.



Per tot plegat, aquest model ens ofereix una imatge sorprenent de l'àtom (i, per tant, de la matèria). L'escorça electrònica i el nucli tenen característiques molt diferents: l'àtom té la part més externa gran i lleugera mentre que la interna és molt i molt reduïda però concentra gairebé tot el pes de l'àtom!

Com es diferencien els àtoms dels diferents elements?

El dibuix anterior vol representar un àtom amb 3 electrons i 3 protons. Això vol dir que es tracta d'un àtom de l'element número 3, el *liti*.

Tots els àtoms de liti, com els que hi ha en alguns tipus de piles o bateries, tenen la mateixa estructura.

Des del punt de vista atòmic, els àtoms d'un element es caracteritzen pel nombre de protons dels nuclis, que habitualment és igual al d'electrons. Aquesta xifra que identifica cada element s'anomena el **nombre atòmic** d'aquell element, i s'utilitza per ordenar els elements a la taula periòdica.

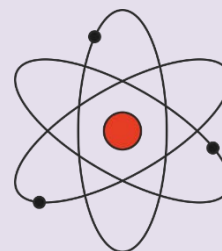
Per això, el nombre atòmic del liti és 3 i a la taula periòdica trobaràs el liti en el tercer lloc.



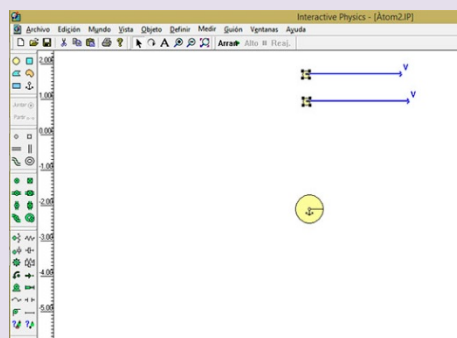
PER APROFUNDIR-HI

Els electrons donen voltes al nucli?

5. Hi ha imatges dels àtoms, com aquesta, que volen representar els electrons girant en òrbites a l'entorn del nucli com els planetes giren a l'entorn del Sol. Es tractarà de crear una simulació, per exemple amb el programa *Interactive Physics*, per posar-ho a prova.



- Crea una simulació fixant un objecte central, que farà de nucli, amb càrrega positiva. A una certa distància col·loca'n un altre de lliure, que farà d'electró, amb càrrega negativa. Dóna-li una certa velocitat tangencial (perpendicular al radi). Posa en marxa la simulació i ves-la retocant fins a aconseguir que realitzi una òrbita estable més o menys circular. Quan la tinguis, desa-la.
- Canvia-li el nom i situa ara l'electró en una òrbita més alta. Quan aconseguixis una òrbita estable, desa-la també.
- Canvia de nou el nom per incorporar a la segona simulació l'electró de la primera. Ara tindràs un àtom amb dos electrons. Quan engegues la simulació, es manté l'estabilitat? Per què?
- Pots fer provatures de tota mena per aconseguir una situació estable. Anota tots els teus intents.
- Prepara una presentació del teu estudi als companys de classe. Al final, la conclusió: és estable un àtom amb dos electrons girant? La taula periòdica hauria de tenir un sol element?



Cal dir que el model proposat més amunt preveu una zona, l'escorça, ocupada pels electrons. Si els electrons, tan petits i lleugers, han d'ocupar una zona extensa, com s'ho fan? Sembla difícil, però la física quàntica hi ha trobat resposta, que queda lluny del que podem fer aquest curs. (Una pista: al polsar una corda de guitarra, la pertorbació viatja amunt i avall, però nosaltres només veiem que ocupa tota la corda... Sí, la solució quàntica passarà per les ones).



6. Anem a rumiar una mica sobre el model d'àtom amb components elèctrics.

- a) Tenint en compte l'espai que ocupen l'escorça i el nucli i la massa que tenen, què pots dir sobre la densitat d'aquestes dues parts de l'àtom?**
- b) Mirat així, un bloc de ferro és tot igual de massís?**

Sorprenent, oi? Fixem-nos ara en les forces.

- c) Quina mena de forces es fan els electrons entre si?**
- d) Si no rebessin més forces, quines conseqüències tindria?**
- e) Quina mena de forces es fan els protons entre si?**
- f) Si no rebessin més forces, quines conseqüències tindria?**

Si ens quedéssim aquí tindríem un panorama ben lamentable: no només encara no hem explicat res amb aquest model, sinó que sembla que tots els àtoms s'hagin de desmuntar immediatament! Així que, abans de desintegrar-nos, més val que hi busquem solucions.

- g) Quines forces atractives i repulsives reben els electrons? Quina guanya? Què canvia si tots s'allunyen del nucli? I si s'hi acosten?**
- h) Quines són més grans: les forces atractives entre protons i electrons o les repulsives entre protons? Si no hi haguessin altres forces, quina seria la conseqüència?**

Felicitats! Acabes de descobrir l'energia nuclear! Però de nou tenim un àtom que esclata en bocins, que es desmunta sol, i no podem permetre que això ens passi...

Se sap que els protons no s'ajunten entre si, però sí quan hi ha un nombre adequat neutrons.

- i) Es fan força elèctrica protons i neutrons? Es deuen fer alguna altra força? Com ho saps?**

Felicitats de nou! Acabes de descobrir l'anomenada *interacció forta*, que només abasta la mida del nucli. (També ho deixarem per als que estudiïn quàntica).

- j) Finalment, vistes les forces que hi ha dins d'un àtom, argumenta quines partícules diries que són més fàcils d'arrencar, les que requereixen menys energia per fer-ho.**
- k) Per tant, què deu passar quan freguem dos objectes i s'electritzen?**

Ara, amb tot plegat ja pots compondre un text ben aclaridor sobre l'àtom.

Investiguem més fenòmens electrostàtics



Amb l'electroscopi com a ajuda el pas següent és intentar esbrinar quin tipus de càrrega adquireixen els diferents objectes i materials de què disposeu.

Ens preguntem si podem identificar les càrregues adquirides pels diferents materials.

Què necessiteu?

- electroscopi
- palleta de refresc
- mocador de paper
- varetes de diversos materials (per exemple, de vidre, de metacrilat)

Què fareu?

7. Es tracta d'utilitzar l'electroscopi per classificar els materials segons la seva càrrega.

- a) Com fareu cadascuna de les comprovacions?
- b) Com sabràs si es carreguen amb la mateixa càrrega o amb la contrària?

c) Ara feu els experiments que calgui per classificar els materials (si no us és possible fer-los, podeu mirar els vídeos de més avall):

materials que es carreguen amb el mateix signe	materials que es carreguen amb el mateix signe, contrari de l'anterior



Hi ha cap manera de saber el signe (positiu o negatiu) de les càrregues que adquireixen els objectes?

Amb els experiments fets fins ara heu arribat a esbrinar si determinats cossos i materials tenien un tipus de càrrega o un altre, però no era possible saber si la càrrega era positiva o negativa.

En realitat el que importa –i és realment útil– en el coneixement de les propietats dels materials és saber diferenciar unes càrregues de les altres, el nom que els hàgim donat és poc rellevant (en hem acostumat a parlar de *càrregues positives i negatives* com hauríem pogut dir *càrregues blanques i negres* o *càrregues 1 i 2*).

Així, al segle XIX, es va decidir donar el nom de **càrregues positives** a l'electricitat que adquireix el vidre quan es frega amb llana o seda. A partir d'això ja podrem anar esbrinant quin tipus de càrregues adquireixen els diferents materials.

L'electrònica ens ajuda en l'assignació del tipus de càrregues. Farem servir un **electroscopi electrònic**, que ens indicarà el tipus de càrrega que adquireixen els materials.

Un electroscopi electrònic té un LED que pot canviar de color segons que se li acosti un cos carregat positivament o negativament.

L'electroscopi electrònic posa en evidència un fet clau per entendre el procés d'adquisició de càrrega elèctrica.

Si te'n vols construir un, pot utilitzar les instruccions que trobaràs a la pàgina

<http://insespriu.cat/tecno/electroscopiElectronic.htm>.

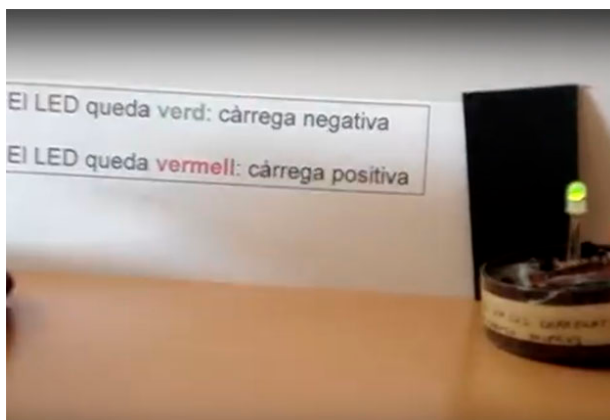


(xtec.cat)

8. Mireu-vos atentament aquest vídeo abans de respondre les qüestions.

<http://youtu.be/pCVSgenSyS0>.

- a) Com sabrem el signe de les càrregues adquirides per la seda i pel poliestirè?
- b) Quina càrrega adquireix la palla de refresc de poliestirè?
- c) Quina càrrega adquireix el fulard de seda?



9. A partir dels resultats dels experiments (o del que vegeu en aquests vídeos) ompliu el quadre següent amb els signes correctes de les càrregues de cada material.

- V3 Seda i poliestirè <http://youtu.be/pCVSgenSyS0>
- V5 Seda i vidre <http://youtu.be/Nq7kV86WjhU>
- V7 Llana i poliestirè <http://youtu.be/rkgkPDDMQZs>
- V4 Seda i metacrilat <http://youtu.be/FiWbwQE3gVY>
- V6 Llana i metacrilat <http://youtu.be/oHgVgBHRQ4>
- V8 Paper i poliestirè http://youtu.be/vxS6cl2N_NU

vídeo	freguem	càrregues adquirides per...	
V3	seda i poliestirè	la seda: -	el poliestirè: +
V4	seda i metacrilat	la seda:	el metacrilat:
V5	seda i vidre	la seda:	el vidre:
V6	llana i metacrilat	la llana:	el metacrilat:
V7	llana i poliestirè	la llana:	el poliestirè:
V8	paper i poliestirè	el paper:	el poliestirè:

(Fixeu-vos que no sempre un material adquireix la mateixa càrrega quan es frega amb altres materials. Per exemple, la llana es carrega negativament quan es frega amb el metacrilat i positivament quan es frega amb el poliestirè).

PER APROFUNDIR-HI

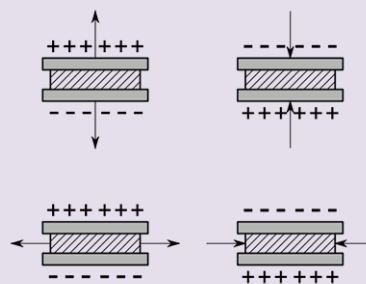
Com es carrega la punta de l'encenedor piezoelèctric?

10. Respondre a aquesta pregunta sembla ben fàcil, però ens caldria tenir una mica més d'informació de què és un material *piezoelèctric*.

Per començar mira els vídeos <http://youtu.be/cYczqXlfwQc> i <http://youtu.be/s76smR5-eCk>. El que es fa en el primer és comprimir el material piezoelèctric en prémer el gallet de l'encenedor. En el segon, es deixa anar el gallet. En cada un dels casos tenim una càrrega diferent. Quina?

Caldrà buscar informació de què és la *piezoelectricitat* i de què és un *sensor piezoelèctric*. A la Viquipèdia, per exemple, entre molts altres llocs. Per una banda has de mirar de comprendre el fenomen i la seva explicació en algun cas. I per altra banda, trobar la relació de la piezoelectricitat amb les impressores o els sonars, entre altres aplicacions tecnològiques inesperades.

Finalment quedaria exposar als teus companys, de forma ben entenedora, tot el que has après sobre la piezoelectricitat i les seves aplicacions.



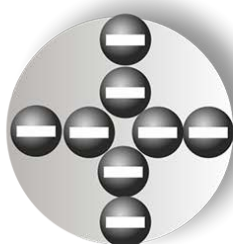
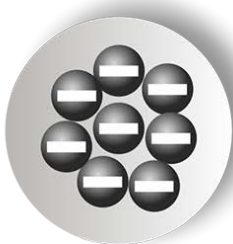
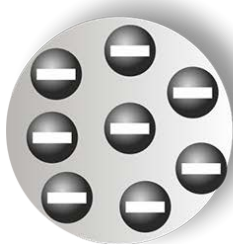
(wikimedia)



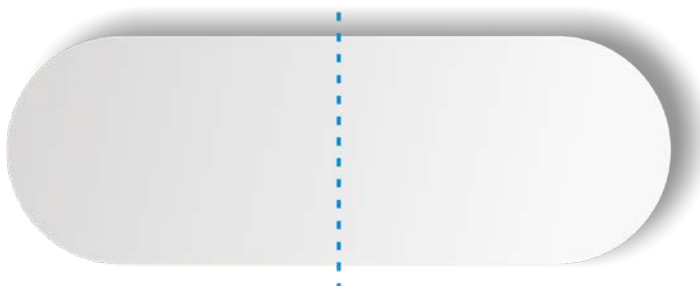
El curiós comportament de l'electricitat a les punxes

11. Amb el que ja sabem d'electricitat mirarem d'entendre què passa amb les punxes.

- a) Imagina que tenim un cercle fet d'un material conductor, carregat positivament amb vuit àtoms carregats (ionitzats). Sabent que els protons (com els àtoms als quals pertanyen) no es poden moure de lloc, com interpretes que les càrregues puguin moure's? Com s'ho fan?
- b) Com que aquestes càrregues es fan força entre si i poden moure's pel cercle, com creus que acabaran situades finalment? (Tria el dibuix que creguis millor, o dibuixa'l tu mateix). Per què tries aquesta opció?



- c) Tenint en compte el cas anterior, dibuixa ara com podria ser la distribució de les vuit càrregues en aquest altre conductor, tenint en compte que per la simetria dreta-esquerra hi deu haver quatre càrregues a cada costat. Justifica el teu dibuix.



- d) Si t'interessa fer saltar una espurna entre dos objectes carregats elèctricament, els donaries forma rodona i punxeguda?

Escriu aquí la teva argumentació:

És possible fer força elèctrica contra objectes neutres?



Fins ara hem pogut veure com interaccionen les càrregues entre si. Però hi pot haver casos on també puguem observar interacció entre objectes carregats i objectes neutres que, a més a més, són aïllants?

Anem a investigar-ho.

Què necessiteu?

- mocadors de paper
- trossets de paper fi
- trossets de paper d'alumini
- palles de refresc (són d'un plàstic que pot ser polipropilè o polietilè)

Què fareu?

- Agafeu una palla de refresc amb una mà i un mocador de paper amb l'altra, fregueu amb suavitat el mocador contra la palla.
- Acosteu la palla a uns trossets de paper fi que haureu posat damunt la taula i mireu què passa.
- Repetiu-ho amb els paperets d'alumini

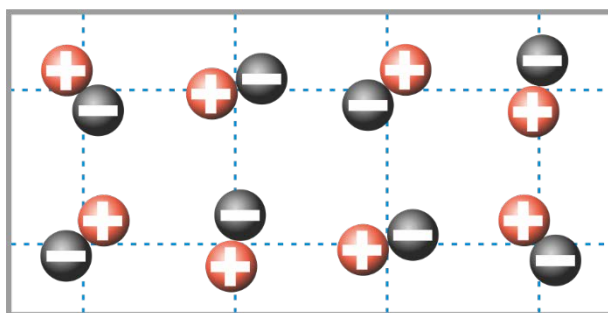
Resultats i anàlisi

El que heu vist us pot semblar estrany, perquè heu fet moure elèctricament uns petits objectes que no estaven pas carregats. Ens està fallant, la nostra teoria?

No! Anem a rumiar-hi una mica.

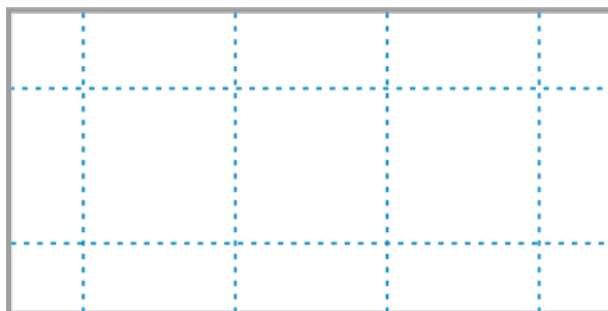
12. Vejam si podem aclarir el que ha passat, contestant al final les preguntes següents.

Els paperets són neutres, però no vol dir que no tinguin càrregues. Tots els objectes contenen càrregues, però mentre els objectes siguin neutres, les càrregues positives i les negatives es compensen. Podem imaginar-nos una situació com aquesta, que mostra les càrregues, aparellades, en una secció d'un dels paperets:



A més a més, en els objectes aïllants, com els que heu utilitzat, la càrregues no poden marxar del seu lloc de la xarxa... Però sí que poden girar!

- a) Si al paperet del dibuix anterior li acostem, per la part superior, la palleta (que suposarem carregada negativament), com quedarien col·locades ara les càrregues si poden girar lliurement sense marxar del seu lloc a la xarxa? Dibuixa-ho en el segon rectangle





- b) En el segon dibuix, el gruix de les càrregues positives és ara més a prop o més lluny de la canyeta que en el primer dibuix, on estaven orientades a l'atzar?
- c) I què en pots dir de la distància de les negatives a la palleta?
- d) Tenint en compte aquests canvis de distàncies, guanyaran les atraccions o les repulsions de la palleta contra les càrregues del paper? Explica el que has vist?



(YouTube)

- e) Fixa't ara en aquesta imatge. Amb un tub de plàstic prèviament fregat podem desviar el rajolí d'aigua, que també és neutra. Per què es desvia?

D'on ve la paraula 'electricitat'?

Les paraules electricitat, electrostàtica, electroscope... tenen totes la mateixa arrel.

Prové del mot grec ἤλεκτρον (pronunciat *ēlektron*), passant pel llatí *electricum*. En aquestes llengües era el nom que tenia l'ambre, una resina fòssil.

En fregar-la, és capaç d'atraure petits objectes poc pesants. Ara diríem que s'ha electritzat o carregat elèctricament.



Un collaret fet amb peces d'ambre. Les dues peces centrals tenen inclosos una mosca (la de dalt) i un mosquit (a baix) d'una antiguetat d'entre 40 i 60 milions d'anys.

(Wikimedia)

13. Utilitzarem aquesta simulació:

<http://phet.colorado.edu/es/simulation/balloons>

Observa que tant a la paret com en el jersei hi ha tantes càrregues positives com negatives: representen objectes i materials que inicialment no tenen cap càrrega “neta” total, són neutres. El globus tampoc té cap càrrega (si cliques a *Show charge differences*, veuràs com no apareix cap càrrega a cap objecte).



a) Utilitzant el cursor frega el globus contra el jersei. Quines càrregues adquireixen cadascun dels cossos? Com ho interpretes?

b) Amb el cursor arrossega el globus per separar-lo del jersei. Després observa quin moviment fa espontàniament al deixar-lo anar. Explica-ho segons les forces que hi actuen.

c) Acosta el globus a la paret. Com t'expliques que s'hi quedi adherit?

d) Clica ara a *Two balloons*. Prova de fregar el nou globus amb el jersei. Observa i interpreta el que passa quan intentes acostar els dos globus.

Així, doncs, els fenòmens electrostàtics queden perfectament explicats amb el nostre model d'àtom. També ens podrà explicar el llamp?



1.3 Més càrregues, més energia... i cau el llamp!

Els experiments que hem fet fins ara ens indiquen que en fregar dos objectes entre si, un cedeix electrons a l'altre i cadascun acaba amb una càrrega elèctrica del mateix valor però de signe contrari. Ens ho mirarem en termes d'energia.

14. Contesta aquestes preguntes al final, elaborant un text ben lligat.

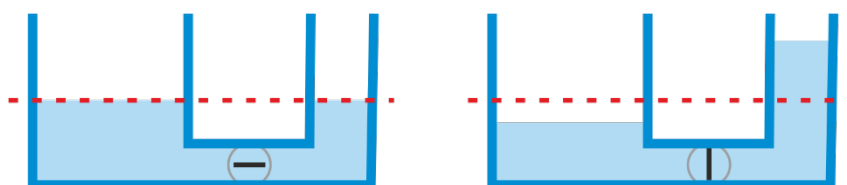
En un objecte neutre les càrregues positives i negatives estan aparellades i es compensen. I s'atreuen mútuament. Electritzar un objecte fregant-lo amb un altre vol dir separar alguns electrons dels seus àtoms, on els protons els atreuen, i allunyar-los-en per portar-los fins a àtoms de l'altre objecte. Això vol dir que caldrà fer-hi força mentre es recorre una distància: electritzar implica fer un treball, és a dir invertir-hi energia.



- a) Si volem aconseguir que aquest treball sigui més gran, quins dos factors haurem de modificar i com?**

Ho podem comparar amb una situació més visible: l'aigua que movem entre dos dipòsits.

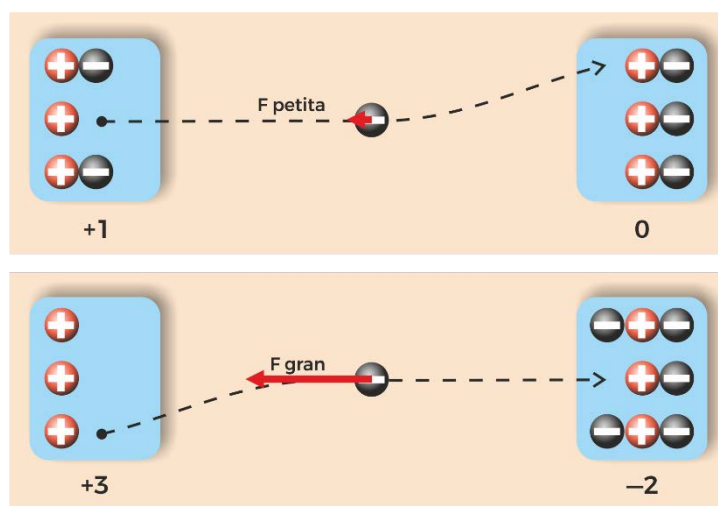
- b) Utilitza la descripció d'aquest procés hidràulic de bombeig d'aigua entre dos dipòsits per fer-ne una de semblant referida al cas de l'electrització de dos objectes.**



cas hidràulic	cas elèctric
En una situació normal, el nivell dels dos dipòsits és el mateix.	En una situació normal, la matèria és neutra.
Però si fem un treball per obligar una part de l'aigua a anar cap a l'altre dipòsit	
un tindrà més nivell que l'altre	
si mantenim l'aixeta tancada	

c) Fixem-nos que passen diverses coses. Continua fent la “traducció” d'un cas a l'altre.

cas hidràulic	cas elèctric
En relació al nivell d'equilibri l'aigua que sobra a un costat és exactament la que falta a l'altre	
Ha calgut fer un treball per portar aigua cap amunt	
Cada gram d'aigua que hem transportat ens costa més energia perquè el desnivell a vèncer és cada vegada més alt	(mira la figura següent)



Tant en el cas hidràulic com en l'elèctric es passa d'un estat relaxat a un altre que és tens: l'aigua té tendència a anivellar-se i els electrons arrencats tenen tendència a tornar al seu lloc.

- d) Si l'aigua no torna a anivellar-se és perquè la vàlvula impedeix el pas de l'aigua. En el cas de l'electrització, per què no s'ajunten les càrregues de signe contrari?
- e) Quan l'aire és humit, tots aquests experiments acaben en fracàs perquè tot es descarrega molt de pressa. Com t'ho expliques?

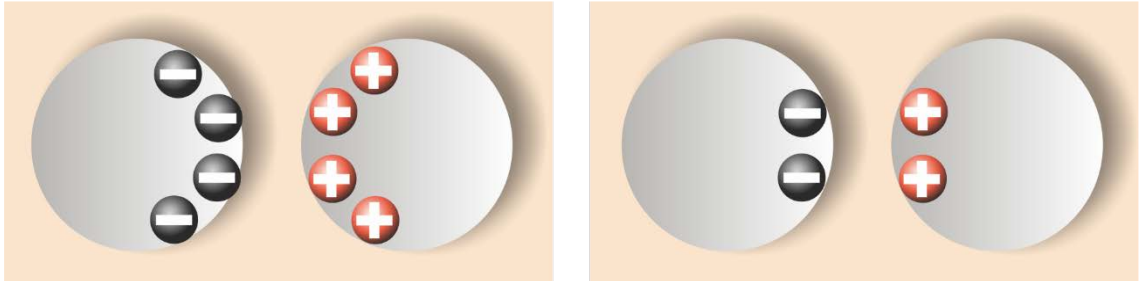
Una manera de mesurar aquesta tensió elèctrica és mitjançant l'**energia que fa falta per transportar una unitat de càrrega** (que s'anomena **coulomb**, pronunciat 'culóm' i simbolitzat per **C**) d'un cos a l'altre. Aquesta energia s'anomena **diferència de potencial**, *tensió elèctrica* o voltatge.

Es mesura en **volts**, que simbolitzem per **V**.



f) Dels dos casos representats en la figura anterior, en quin hi ha més voltatge? Com ho saps?

g) Fes el mateix amb aquests dos casos:



Ja veus que, en principi, la tensió augmenta amb la càrrega.

h) Finalment argumenta si la força elèctrica és o no conservativa (o sigui, si pot tornar-nos el treball que hi invertim). Podem parlar d'energia potencial elèctrica?

Com aconseguir milions de volts? El generador electrostàtic de Van de Graaff

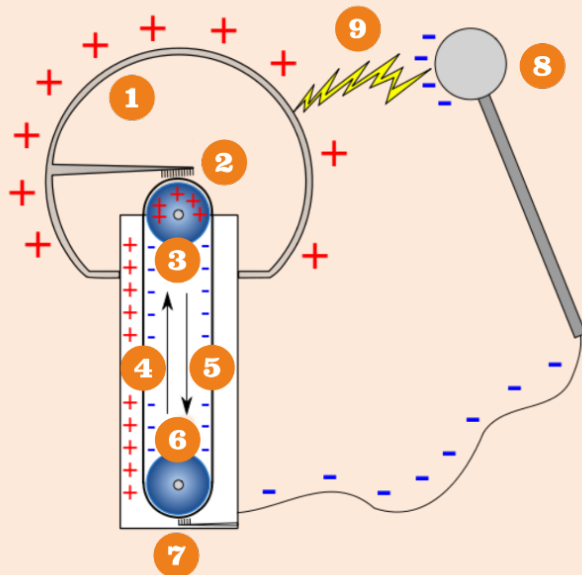


Ja hem vist que un encenedor piezoelèctric electritza molt millor que nosaltres fregant. Ens podem preguntar de quina manera podríem electritzar molt més els objectes que fregant-los com nosaltres hem fet. De quina manera seria possible obtenir voltatges més alts?

El 1929 el físic nord-americà *Robert Van de Graaff* va inventar un generador electrostàtic per obtenir amb facilitat voltatges molt elevats. Els d'aquest tipus poden arribar a produir voltatges de 5 milions de volts.

De fet, el seu fonament és molt simple, només es tracta de treure el màxim de partit de la idea d'electrització per fricció.

Un petit motor (6) fa moure la corretja de goma (4 i 5) que frega amb una pinta metàl·lica (7). Al fregar-hi, la corretja es va carregant. La seva càrrega (3) la transfereix, mitjançant una segona pinta metàl·lica (2), a la gran bola metàl·lica de la part superior (1). La bola es pot anar carregant amb tanta càrrega com es vulgui... fins que arriba un moment que l'aire de l'entorn, que normalment és un bon aïllant, de sobte esdevé conductor, ja no pot mantenir separada tanta càrrega. En aquest moment, a l'acostar-hi un cos (8) connectat a la primera pinta (7), salta una guspira en forma de llamp (9).



(Imatges: wikimedia)

Oi que de vegades al treure't un jersei a les fosques es veuen petites espurnes i se sent com crepiten? Són petits llamps deguts al voltatge creat amb el fregament.

El generador de Van de Graaff pot fer saltar espurnes importants, amb un crepitar més fort. Però els campions són els llamps que es generen, també per fricció, durant una tempesta.



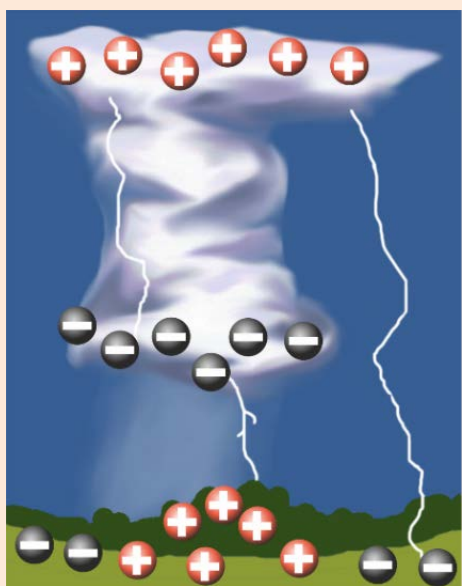


Però què és un llamp?

Què és aquesta espurna enorme que salta en el cel i que per uns instants és capaç d'il·luminar la foscor de la nit?

I què provoca el tro, un soroll inquietant si se sent de lluny, que esdevé una explosió inesperada i aterridora quan un llamp cau a prop nostre?

La resposta exacta encara no se sap del tot, però sí que en tenim algunes pistes.



Pot ser que els raigs còsmics d'alta energia xoquin amb molècules de l'aire, ionitzant-les, és a dir, arrencant-los electrons i deixant la resta amb càrrega positiva. Aquests electrons poden acabar en una altra molècula, que esdevé negativa. (Àtoms o molècules, habitualment neutres, quan adquireixen càrrega s'anomenen **ions**).

Així, dins del núvol de tempesta hi ha càrregues (figura) amb voltatges molt elevats, els ions s'acceleren, segons la càrrega que tinguin, en direccions diferents, adquirint més energia cinètica. Tanta energia, que al xocar amb noves molècules de l'aire provoquen també la seva ionització.

Això provoca una allau de partícules carregades en sentits contraris, que crea una mena de tub que conté ions molt ràpids i amb molta energia. Això és un gas molt calent i ionitzat (**plasma**) ocupant aquest *canal iònic* o *canal de plasma*. Aquest gas que s'ha escalfat de cop té unes partícules tan ràpides que la seva pressió augmenta moltíssim, comprimint sobtadament les capes d'aire properes, com en una explosió, i generant, doncs, el tro.

Un mateix llamp pot constar de diverses descàrregues que passen pel mateix canal o altres de propers, produint llavors un efecte de parpelleig. Un cop descarregada l'energia, que es transmet cap a l'entorn, els ions es recombinen formant de nou partícules neutres.

Algunes dades sobre llamps són espectaculars. El voltatge per fer saltar el llamp es situa entre els 40 000 i els 120 000 V.

De mitjana, només una quarta part dels llamps cauen a terra, mentre que la resta es descarreguen als núvols. Dels que cauen a terra, entre el 10 i el 20 % provenen de l'enclusa del cumulonimbus, i per aquest motiu poden afectar de forma inesperada punts del terra allunyats de la tempesta, amb el perill que suposa.

Un llamp mitjà allibera l'energia equivalent a cremar 150 litres de gasolina, creant un canal iònic d'1 a 3 cm de diàmetre on la temperatura puja a 30 000 K (molt més que la superfície del Sol, 6000 K). Al ser tan calents els llamps es veuen de color blavós, com les estrelles més calentes.

Tanta calor pot fer multiplicar per 10 la pressió de l'aire dins del canal en una fracció de segon. I el tro que produeix pot arribar a sentir-se a 20 km de distància.

15. Un cop vist com funcionen els llamps, ja podràs contestar preguntes com aquestes:

- a)** Un llamp transfereix una gran quantitat d'energia a l'entorn. Pots seguir la ruta de l'energia fins al llamp per aclarir d'on ve aquesta energia?
- b)** Per què els parallamps acaben en punxa? I per què estan sempre connectats a terra amb un cable? Què podria passar, sense aquest cable?
- c)** Per què recomanen desendollar els aparells elèctrics durant una tempesta?
- d)** Per què és perillós, durant una tempesta elèctrica, refugiar-se a sota d'un arbre?



Diversos parallamps a la Casa de les Punxes, obra de Puig i Cadafalch, a Barcelona (La Vanguardia)

El misteri de les forces a distància

Acabem de veure com les forces elèctriques en una tempesta actuen fins i tot a quilòmetres de distància entre si. Les forces entre imants i les atraccions gravitatòries també són interaccions a distància.

Ara deixarem de banda el magnetisme –que funciona diferent– i estudiarem conjuntament la força gravitatòria i l'elèctrica perquè tenen un comportament molt semblant, excepte que la força elèctrica pot produir repulsions, cosa que la gravitatòria no pot fer.

Efecte de la distància

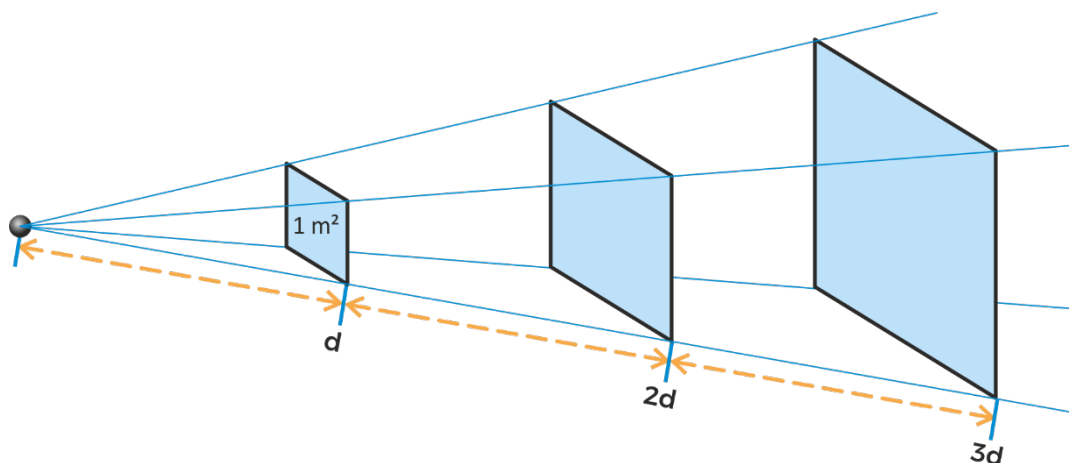
No és senzill entendre com poden interaccionar dos objectes a distància. Hi ha alguna cosa que transmet aquesta força, i que “avisa” un cos de la presència gravitatòria o elèctrica d'un altre?

Els físics consideren que cada objecte “emet” algun tipus d'influència. Però farem servir aquesta idea per intentar comprendre el funcionament de les forces gravitatòria i elèctrica.

Un objecte amb massa o amb càrrega fa força a distància contra una altra massa o càrrega. Podem imaginar que el primer objecte emet en totes direccions algun tipus d'influència.



16. Imaginem que un objecte emetés partícules en totes direccions. Algunes passarien per aquest metre quadrat encarat cap a l'objecte emissor.



- a) Per recollir les mateixes partícules al doble o al triple de distància caldrà un quadrat cada vegada més gran. Prenent com a mesura el quadrat petit dibuixa els quadrats d'un metre quadrat que caben en el segon quadrat i també en el tercer.
- b) Quina fracció de les partícules que rep el primer quadrat les rebrà un metre quadrat en el segon quadrat? I en el tercer?
- c) Si l'objecte que emet aquestes partícules interacciona, per mitjà d'elles, amb un altre objecte, no rebrà la mateixa força si el col·loquem on hi ha el primer quadrat, el segon o el tercer. Tenint en compte la força que rep on hi havia el primer quadrat, dibuixa la força que rebrà quan estiguin al doble i al triple de distància.



- d) En definitiva, podem dir que cada vegada que la distància es multiplica per X, la força gravitòria o elèctrica quedarà...
- e) Aquesta relació també ens permet preveure com disminueix la il·luminació amb la distància a la font de llum. Per exemple, si Júpiter és a una distància del Sol que és unes 5 vegades més gran que la de la Terra, calcula quant de temps hauries de posar una placa fotovoltaica allà per obtenir el mateix que a la Terra en una hora.



La nau Juno, de la NASA, dibuixada a l'òrbita de Júpiter, obté energia amb els seus panells solars (NASA)

Efecte del valor de la massa o de la càrrega

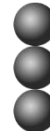
17. Sense massa no hi ha força gravitatòria. I sense càrregues no hi ha força elèctrica. Però com més gran és la massa o la càrrega, més grans es fan les forces. Vegem de quina manera.



- a)** Aquests dos objectes s'estan fent la força elèctrica o gravitatòria indicada. Prenent-ho com a referència, dibuixa totes les forces que rep cada objecte en aquest cas: Per quant s'ha multiplicat la força que rep cada objecte?



- b)** I també en aquest altre. Per quant s'ha multiplicat la força que rep cada objecte, en relació al primer cas?



- c)** Per tant, podem dir que cada vegada que una de les càrregues o masses es multiplica per X, i l'altra per Y, la força elèctrica o gravitatòria quedarà...
- d)** Finalment, podem afirmar que la força elèctrica és proporcional a... i inversament proporcional a... És la llei de Coulomb de l'electricitat.
I que la força gravitatòria és proporcional a... i inversament proporcional a... És la llei de Newton de la gravitació.



Practiquem-ho: forces elèctriques

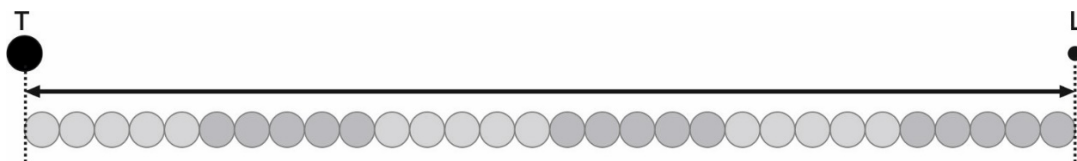
18. A partir de les lleis de Coulomb i de Newton podràs resoldre casos com els següents. Tingues en compte que les distàncies es mesuren sempre entre els centres dels objectes.

- a) Suposem que entre dues càrregues que disten 1 m la força és de 10^{-6} N. Si les acostem fins a una separació d'1 cm entre els seus centres, quant valdrà ara la força?
- b) Suposem que augmentem les càrregues anteriors a un valor doble cada una i la distància entre centres es fa també el doble, en quant canviarà la força que es fan entre elles?

Practiquem-ho: forces gravitatòries

19. Ja saps que l'atracció entre la Terra i la Lluna és la causa de les marees. Quan es va formar la Lluna, la seva distància a la Terra sembla que era unes quinze vegades menor que ara. (T'imagines com seria veure al cel una Lluna amb un diàmetre aparent quinze vegades més gran que el que nosaltres veiem!?)

- a) Comparades amb les marees actuals, quantes vegades devien ser més fortes aquelles marees?
- b) Si una persona que és sobre la superfície de la Terra la portéssim fins a l'òrbita de la Lluna (una òrbita que té un radi equivalent a uns 30 diàmetres terrestres) per quan es dividiria el seu pes? I la seva massa? (Les distàncies entre cossos extensos es mesuren del centre d'un al de l'altre).



- c) La Terra té un radi d'uns 6400 km. L'estació espacial internacional (ISS) gira entorn de la Terra realitzant una òrbita cada hora i mitja a uns 400 km sobre la seva superfície. Creus que a la ISS la gravetat és zero?



L'estació espacial internacional, ISS
(NASA)

En resum...

20. Fins aquí hem pogut aclarir unes quantes coses sobre electricitat. Ho resumirem en aquestes frases que cal completar:

- a)** La matèria, feta d'àtoms, conté petites parts –partícules– anomenades... respectivament amb càrrega...
- b)** Normalment els objectes són neutres perquè...
- c)** Quan electritzem dos objectes fregant-los, un adquireix càrrega positiva perquè... i l'altre una d'igual però negativa perquè...
- d)** Pel que fa a les forces, les càrregues del mateix signe es... i les de signe diferent...
- e)** La llei de... diu que la força elèctrica entre dues càrregues és directament proporcional a... i inversament proporcional a...
- f)** De forma semblant, la llei de... diu que la força gravitatòria entre dues masses és directament proporcional a... i inversament proporcional a...
- g)** L'energia que cal per transportar una unitat de càrrega entre dos punts s'anomena v... o t... entre aquests dos punts. Es mesura en... que es representen amb el símbol...
- h)** Per exemple, si entre els dos pols d'una pila hi ha 9 V, significa que...
- i)** Quan salta el llamp és perquè l'aire s'ionitza. Això vol dir que es formen... , que són...
- j)** Els parallamps ens protegeixen dels llamps de la següent manera:...

Resolem el repte de protegir-nos dels llamps

Ara que ja saps més sobre els llamps, és hora de crear el fulletó perquè tothom estigui informat sobre les mesures de prevenció i seguretat en un dia de llampecs i trons. I que li resultin raonables.

21. Es tracta de fer un fulletó que deixi clar:

- a partir de dibuixos, com es produeixen els llamps
- les seves conseqüències sobre les persones i els materials
- algunes de les mesures de seguretat més essencials i la seva justificació científica



Hem entès el llamp i hem après a produir-ne. També sabem com manejar càrregues elèctriques amb seguretat. Per a nosaltres, ara l'electricitat ja forma part de la matèria. Estem preparats per fer circular càrregues dòcilment pels camins que els prepararem perquè lliurin energia allà on tinguem previst. Les farem treballar per a nosaltres. Amb netedat i seguretat.



2. Fem treballar les càrregues



Les càrregues poden circular per un conductor amb més o menys facilitat i per això diem que alguns materials són millors conductors que altres. En aquesta secció construirem *circuits* amb materials *conductors*, és a dir amb capacitat per al transport de càrregues elèctriques, que sovint són *electrons*, però que en certs casos es tracta d'altres partícules... que ja coneixes.

Volem trobar la manera de controlar el 'cabal' de càrregues que circulen. Ens fixarem en els intercanvis d'energia en un circuit elèctric i en les diferents maneres de generar la *diferència de potencial* que fa que l'electricitat "domesticada" sigui tan pràctica per empènyer diversos canvis que ens podem ser molt útils.

1. Per començar us proposem que reflexioneu sobre alguns detalls que hem remarcat del relat següent, responent les preguntes posteriors:

- *Abans d'ahir, quan vaig baixar de l'ambulància, en tancar la porta vaig notar com una sacsejada elèctrica...*
- *A mi mai m'ha passat, deus ser molt sensible, tu... Que haves tocat algun fil elèctric abans?*
- *Si hagués tocat un fil o un cable amb corrent, m'hauria enrampat llavors i no després.*
- *Això de l'electricitat és força misteriós. La caixa on portem el ronyó per trasplantar, va connectada a la bateria de l'ambulància i diu que ha d'anar a 12 watts.*
- *T'equivoques, ha d'anar a 12 volts. Per què tanta gent confon coses tan bàsiques?*

Aquest breu diàleg entre els dos conductors de l'ambulància mentre sortegen les dificultats per avançar enmig de la tempesta ens porta als punts que tractarem en aquesta segona secció.

- a) Comenteu la “sacsejada”!** Teniu alguna experiència semblant amb algun objecte electritzat? T'has enrampat mai amb un cable amb corrent? És força desagradable i perillosa, oi? Recordeu que Franklin es va salvar per portar sabates aïllants!
- b) Les piles i bateries es distingeixen pels watts o pels volts? Què significa aquí el valor 12?**



El repte de la potència contractada adequada

Quan fem un contracte de subministrament elèctric, pactem amb la companyia la potència màxima que ens haurà garantir. Com més altra sigui la potència que es contracta, més alt és el seu preu, que es cobra cada mes, que s'afegeix al de l'energia consumida, els impostos i altres conceptes.

2. Però com es pot saber la potència màxima que cal contractar a la nostra llar perquè la potència contractada s'adeqüi a la que realment farem servir? Què podem fer per disminuir la potència contractada a les nostres llars? Ara mateix, dona algunes pistes de com et sembla que es podria aconseguir.



2.1. Les càrregues poden circular. Conductors i aïllants elèctrics

El corrent elèctric

Fins ara hem considerat diferents casos d'objectes que es mantenen carregats perquè estaven envoltats de materials no conductors, que també anomenem aïllants. Però a l'electroscopi hem vist materials per on poden circular les càrregues, concretament els electrons. La circulació de càrregues s'anomena *corrent elèctric*. Quan l'electroscopi es carregava o es descarregava les càrregues elèctriques es movien i, per tant, formaven un breu corrent elèctric.

El *corrent elèctric*, va ser estudiat pel físic i matemàtic francès **André-Marie Ampère** (1775-1836). Tot i ser de família acomodada va tenir una formació sobretot autodidacta. Als tretze anys es va apassionar per les matemàtiques. Va impartir classes particulars mentre investigava en el seu laboratori privat i després ensenyà a secundària i a la universitat. Va ser un dels precursors en fer servir les matemàtiques per representar relacions físiques. Va fer importants descobriments que relacionaven l'electricitat amb el magnetisme i que li van permetre inventar aparells com el telègraf elèctric i l'electroimant. (T'imagines la transcendència social de l'aparició del telègraf?)



Monument dedicat a Ampère a Lió, ciutat propera al poble on va néixer.
(Charles Textor, Wiquimedia)

Ara nosaltres, com ell va fer, també volem investigar corrents elèctrics.

Quins efectes podem atribuir al corrent elèctric?

Ara es tractarà d'ampliar el que ja sabeu sobre les càrregues per aclarir altres fenòmens, com són els que produeix el corrent elèctric.

Començarem per preparar un *circuit elèctric*, la "pista" per la qual suposadament es mouen partícules amb càrrega elèctrica.

Partirem d'alguns coneixements previs:

- Ens cal una "diferència" (recordem la muntanya russa!) que "empenyi" els electrons: la diferència de potencial.
- Ens cal un material *conductor* que permeti que alguns dels electrons dels seus àtoms puguin marxar-ne i recuperar-los: no tots els materials ho permeten! Els metalls són bons conductors.
- Ens cal "poder notar" que els electrons es mouen. Per a això ja no ens serveix l'electroscopi, necessitarem nous instruments que aprofitin altres fenòmens generats pel corrent elèctric.

3. Coneixeu algun fenomen que sigui provocat per un corrent elèctric?

Compte! No es tracta que citeu aparells que funcionen amb electricitat, com un led o una rentadora, sinó que penseu en *accions* que atribuïm al corrent elèctric, per exemple: el corrent elèctric fa que funcioni una torradora de pa, tot convertint l'energia elèctrica en calor.

Què més se us acut?

És conductor o no ho és?



Volem esbrinar si determinats materials (uns “cartrons problema”) són conductors o no. Us proporcionem cables elèctrics i els estris següents, que segur que ja coneixeu:

objecte	aparença	símbol
bronzidor		
pila		
cartró 1		

4. Amb la pila i els cables muntareu un circuit que incorpori també el bronzidor i el cartró problema.

a) Abans de res, penseu què passarà al tancar el circuit segons que el material contingut en el cartró sigui conductor o no:

Si és conductor...

Si no és conductor...

b) Dibuixeu aquí dins el diagrama del circuit que muntareu, utilitzant els símbols adequats.



Què necessiteu?

- cinc cartrons preparats que us subministrarà la professora o el professor, tots del mateix aspecte extern, cadascun amb dos terminals per connectar-lo
- cable elèctric (de què està fet...?)
- un bronzidor (aquest dispositiu sonarà, fent un brunzit, si hi circula corrent elèctric)
- una pila de 4,5 V



Què cal fer?

c) Classifiqueu els cartrons segons el seu comportament:

Conductors	Aïllants



5. Completeu més avall les frases següents:

- a) La pila posarà en moviment els electrons perquè proporciona un... Els electrons aniran des de... fins a... passant per... i pels...
- b) És a dir: els electrons reben energia quan passen per... En la comparació amb un circuit hidràulic seria equivalent a...
- c) Els electrons només circularan pel cable si el circuit està **tancat**, és a dir, que...
- d) Quan el circuit funciona, l'energia viatja de... fins a... transportada per... Notem que hi arriba quan... Llavors, l'energia que havia començat a... acaba a... En un circuit hidràulic, l'equivalent al brunzidor podria ser...
- e) Si hi posem un cartró que conté un conductor, hem de pensar que els electrons... Mentre que si el cartró conté un aïllant...
- f) És molt important que el circuit estigui tancat perquè... Igualment, en un circuit hidràulic tancat...

6. Ara aixequen la part de cada cartró que tapava el que hi ha entre els dos terminals.

- a) Quins materials són bons conductors? Quins són aïllants?**
- b) Per completar la recerca podeu provar ara alguna cosa no metàl·lica, per exemple una mina de llapis. És molt fàcil de fer la prova: és suficient que feu punxa a un llapis pels seus dos extrems. Comenteu les vostres observacions. Conclusió?**

Hem vist que alguns materials són conductors i altres no, però encara ens falta comprendre per què es comporten d'aquesta manera.



2.2. Com circula el corrent pels materials?

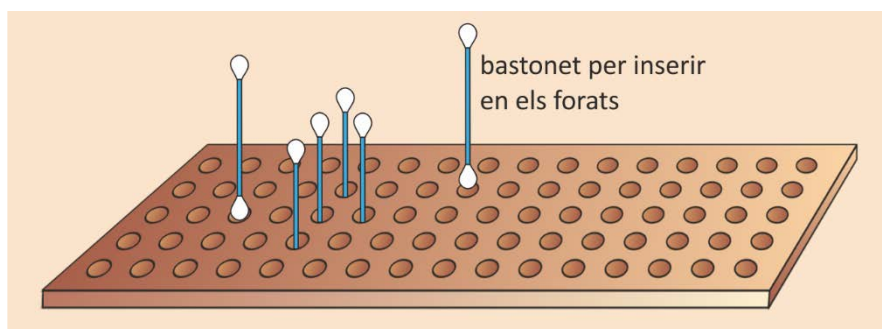
Una maqueta per entendre la conducció elèctrica en els sòlids

Ens cal imaginació! Hi pot haver alguna relació entre un artefacte que mostrarem i el funcionament dels vostres circuits? Mirem-nos-ho.

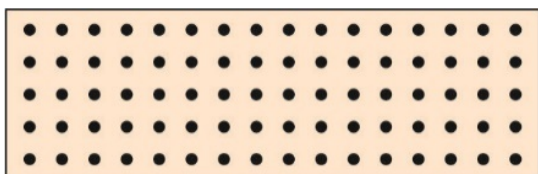
Què necessiteu?

- planxa de cartró amb forats distribuïts regularment
- bastonets de cotó
- bales de vidre

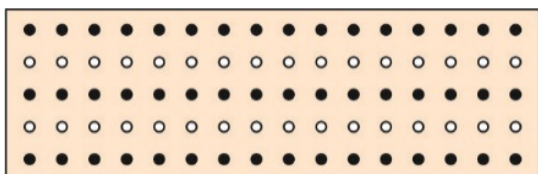
Com ho muntareu?



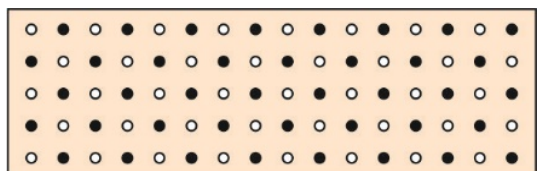
Us proposem tres possibles situacions per col·locar els bastonets en els forats (els punts negres representen forats on s'ha inserit un bastonet):



Primera situació:
tots els forats ocupats



Segona situació: alguns forats ocupats, per exemple els d'una mateixa filera i desocupats els de la següent

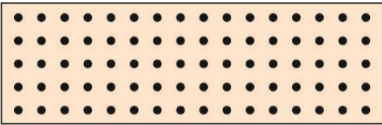
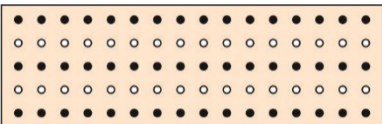
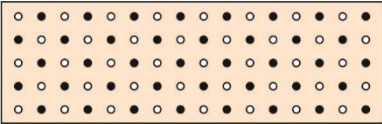


Tercera situació: forats ocupats i desocupats alternant-se

Ara ompliu tant com pugueu de bales de vidre els espais entre els bastonets.

7. Us posem a prova:

- a) Què creieu que passarà quan donem al tauler una mica de pendent? Per fer la vostra predicció considereu si s'observarà moviment fàcil de les bales de vidre o no:

situació	predicció	observació (en la maqueta o en el vídeo)
 Primera situació: tots els forats ocupats		
 Segona situació: algunes fileres lliures i altres ocupades		
 Tercera situació: forats alternativament ocupats i lliures		

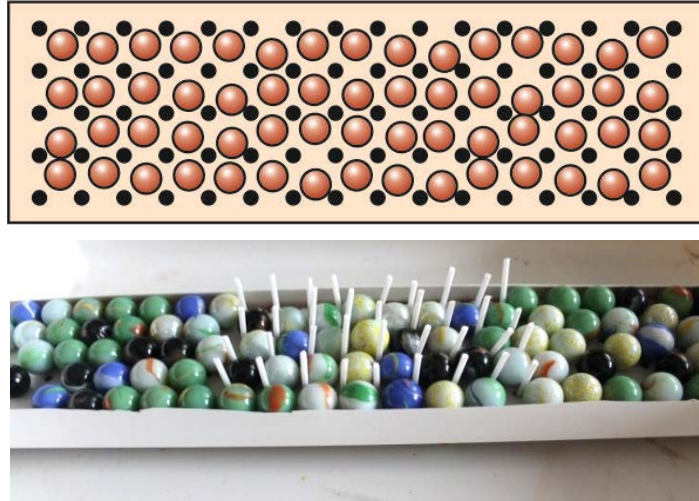
- b) Després de les prediccions, feu servir la maqueta per veure què passa. Si no la teniu, podeu mirar aquest vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=PrUXLclN7tQ> que, utilitzant la maqueta, us ajudarà a pensar sobre aquestes tres situacions:

- què fa possible la circulació del corrent elèctric per un bon conductor
- com és la circulació del corrent elèctric per un conductor que ofereix força resistència
- què deu passar en el cas d'un material aïllant

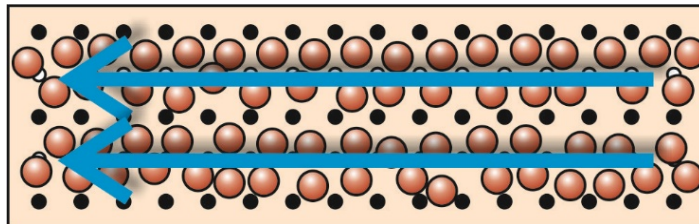
- c) Vistos els resultats, ja podeu completar la taula anterior.

**Primera situació:**

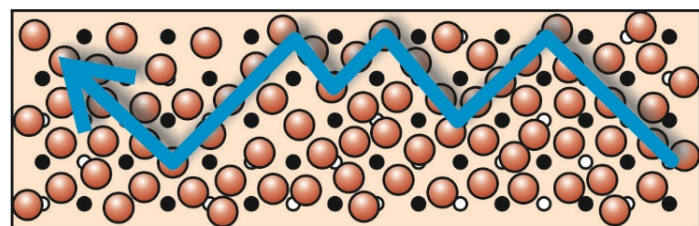
Quan inclinem el tauler, les bales continuen immobilitzades: no hi ha possibilitat que circulin, les bales no poden moure's

**Segona possibilitat:**

Les bales poden circular molt fàcilment entre els bastonets

**Tercera possibilitat:**

Si volem que les bales circulin igual de fàcilment que abans, caldrà inclinar amb més pendent el tauler, ja que les bales hi troben certa dificultat per circular

**Què significa aquest maqueta?**

Recordeu el que vàreu estudiar a 2n d'ESO sobre la muntanya russa?

Les bales de la maqueta llisquen per un pendent perquè a la part alta del pendent tenen energia potencial, que en arribar a baix s'ha convertit en energia de moviment (cinètica) i calor. Pel camí han rebut energia, transferida en forma de treball per la força de la gravetat.

8. Si la maqueta simula que alguns materials són conductors i uns altres no ho són, i que aquests materials formen part d'un circuit elèctric, cal donar un significat elèctric adient al que observem en el model de boles. Elabora'n un text al final.

a) Les bales de vidre, què representen en un circuit elèctric?

b) I els bastonets, immòbils, què representen?

La *inclinació* que donem a la maqueta és necessària perquè les bales llisquin. A més inclinació, més circulació de bales.

c) Què representa aquesta inclinació en el nostre circuit? Què ens diu sobre la circulació d'electrons pel circuit?

A més a més, el *nombre de bales que entren en un cert temps per un extrem del cartró ha de ser igual al nombre de bales que surten per l'altre extrem en el mateix temps*.

d) Què ens diu això sobre el circuit? Per què les entrades i les sortides han de ser iguals?

e) Canvia el material pel pas de corrent? Com ho saps?

f) Com distingiries amb números un corrent de bales intens d'un de poc intens? Podries fer-ho servir per definir la intensitat d'un corrent de bales?



Comparem circuits de bales i d'electrons

Encara podem extreure més informació de la maqueta. Ens ajudarà a identificar allò que tenen en comú tots els circuits i allò que els fa diferents entre si, i més o menys adequats a la funció que els volem donar.

Les variables d'un circuit

9. Ara identificarem les variables dels circuits. Interpreta cada variable, pensant en el model de boles, en forma de text coherent al final.

En tots els circuits hi ha un **generador** de corrent. Segons la maqueta, poden generar *més o menys diferència de potencial*.

a) En un circuit elèctric, quin és el generador capaç de produir una diferència de potencial?

Segons la maqueta, els materials poden ser més o menys conductors, oferint més o menys **resistència elèctrica** al pas del corrent.

b) Conductors i aïllants: quins són els que tenen una resistència elèctrica més elevada?

Hi ha casos que els electrons no es poden moure per més *diferència de potencial* que els proporcionem.

c) Quins casos són aquests? Per què passa això? Hi haurà molta o poca resistència elèctrica, llavors?

No és el cas quan tenim un circuit que funciona! De vegades només cal posar-hi un voltatge molt petit perquè hi hagi circulació de càrregues.

d) Quins són els materials que han resultat millors conductors? Tenen gaire resistència elèctrica?

e) Entre quins punts del circuit hi ha més voltatge? Entre quins punts no hi ha voltatge? I això per què passa?

A la maqueta heu vist que poden circular-hi *més o menys bales cada segon*.

f) A què anomenem intensitat elèctrica en un punt del circuit?

La **intensitat** en un punt d'un circuit elèctric és...

Avantatges i limitacions de la maqueta

La maqueta de bales ens fa pensar que la **resistència elèctrica**, la **intensitat del corrent** i la **diferència de potencial** estan relacionats.

Per exemple, pot ser que per obtenir la mateixa **intensitat de corrent** (pensem en el nombre de bales que passen per una secció cada segon) calgui donar més **diferència de potencial** (l'energia que el desnivell proporciona a cada bala i que lliura durant la baixada) quan la dificultat dels electrons per circular-hi és elevada, és a dir, aquella part del circuit té molta **resistència elèctrica**.

Però tots els models tenen les seves limitacions. En el cas de la nostra maqueta, ens serveix per pensar amb comoditat sobre el comportament dels materials sòlids, però no és tant fàcil d'aplicar a un líquid que sigui elèctricament conductor, com tampoc als gasos, a través dels quals normalment no hi pot circular corrent (tot i que ja hem vist com el llamp aconsegueix travessar l'aire!)

Cada vegada que aparegui una nova magnitud elèctrica o una nova llei, recull-la a l'Annex A (*Resum de magnituds elèctriques*) o a l'Annex B (*Resum de lleis elèctriques*). Així ho tindràs ben organitzat i t'ajudarà a assimilar-ho.



Fem prediccions elèctriques amb la maqueta i les bales

10. Completa les següents frases per fer prediccions, acabant-les correctament i fent el dibuix del model de boles de les dues situacions de cada cas:

més gran, igual o menor?	situació inicial	situació final
a) Amb el mateix material conductor i la mateixa longitud del circuit, si augmentem la diferència de potencial (ddp) la intensitat del corrent serà...		
b) Si elevem la resistència d'un conductor (augmenta la dificultat perquè hi circulin els electrons), per aconseguir que hi circulin els mateixos electrons que abans caldrà una ddp ...		
c) Si dos circuits tenen la mateixa ddp , i la intensitat en el primer és més elevada que en l'altre, és perquè la resistència del primer serà... que la del segon.		



El corrent pot circular per les dissolucions?

Ens podem preguntar si només els metalls condueixen l'electricitat. Què deu passar amb les dissolucions?



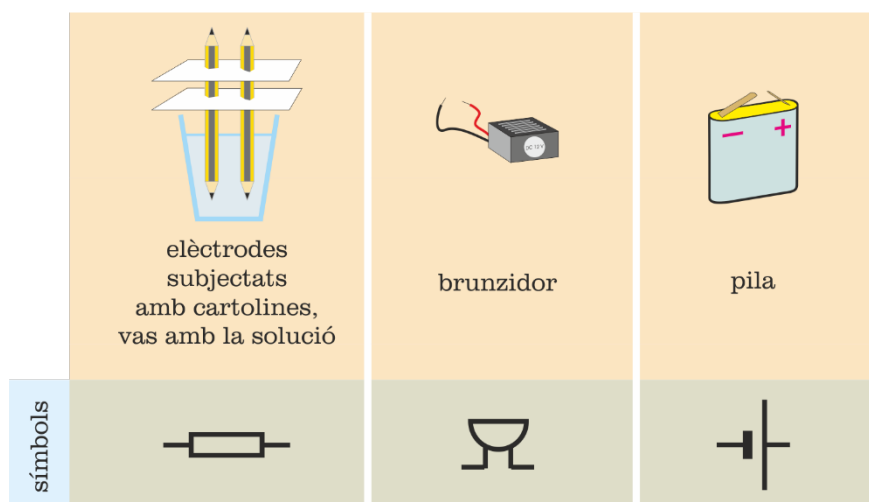
11. Ara muntareu un circuit similar per descobrir si l'agua i les solucions aquoses condueixen o no el corrent elèctric.

Necessiteu:

- sal, sucre, soda salina (o sal de fruita)...
- aigua destil·lada
- vas de plàstic
- brunzidor
- 2 llapis amb punxa pels dos extrems (o dos elèctrodes de grafit)
- cables elèctrics per connectar
- cartolina per subjectar els llapis



brunzidor



Abans de fer el muntatge discutiu amb els vostres companys i el professor o professora les següents qüestions:

- a) Quanta aigua i quant de solut fareu servir? Sempre seran les mateixes quantitats? Per què és important de tenir-ho en compte?**
- b) Raoneu per què és important fer la prova col·locant els elèctrodes sempre a la mateixa distància de separació (que s'intenta garantir amb les cartolines).**

c) Recolliu els resultats en aquesta taula de dades:

	Condueix el corrent elèctric?
aigua destil·lada	
aigua de l'aixeta	
sal en aigua	
succe en aigua	
soda salina o sal de fruita en aigua	
vinagre (aneu augmentant-ne la quantitat)	

Els metalls són conductors de l'electricitat i ja hem vist que expliquem aquesta propietat imaginant una estructuració dels àtoms que permeti que els electrons "circulin".

Ara acabem de veure que les solucions de sals condueixen el corrent elèctric. Però les sals ja es veu que són molt diferents als metalls! Com s'ho fan, per conduir el corrent? S'hi deu de moure alguna cosa que transporti càrrega elèctrica!

En les solucions aquoses que són conductores hi ha **ions** que es poden moure lliurement segons la polaritat elèctrica que s'hi apliqui. Aquests ions són àtoms o grups d'àtoms que provenen de les substàncies que s'hi han dissolt.

Les substàncies que formen solucions aquoses conductores s'anomenen, de manera genèrica, "sals", "àcids" i "bases"; les substàncies de cada grup tenen algunes propietats en comú, ja ho veurem.

I ara ja podeu acabar de lligar caps:

- d) Què tenen en comú les diferents substàncies solubles en aigua que són elèctricament conductores? Posa'n exemples.**
- e) Totes les substàncies solubles donen solucions conductores? Exemples.**
- f) Com has interpretat el que ha passat amb el vinagre?**
- g) Totes aquestes substàncies sòlides que has utilitzat no condueixen en estat sòlid. Com t'expliques que donin solucions conductores?**
- h) Fins aquí hem trobat tres mecanismes de conducció elèctrica: el dels metalls, el d'algunes dissolucions, i el dels llamps a través de l'aire. Els podries resumir?**



2.3. Mesurem... i les variables dels circuits esdevenen magnituds elèctriques!

Dedicarem un record a tres científics importants: Ohm, Volta i Ampère, que van pensar molt sobre els circuits quan encara se'n sabia ben poc. Potser ells tres no es coneixien, però nosaltres sempre els recordem alhora. Aviat sabreu per què.



Alessandro Volta

Físic i químic italià (1745-1827). Pertanyent a una família de la noblesa va treballar de professor de secundària i posteriorment d'universitat. És conegut per haver descobert i aïllat el gas metà, obtingut en un llac, i per haver inventat el 1799 la pila elèctrica, que s'anomenà pila voltaica. Com que fins llavors els fenòmens elèctrics es generaven a partir de fricció entre objectes, va resultar molt sorprenent que es pogués generar electricitat per mètodes químics. Això va significar l'inici de l'electroquímica com a camp de coneixement. També va descobrir la proporcionalitat entre la càrrega d'un objecte i el voltatge que adquireix. És per aquest descobriment, i no pel de la pila, que es va donar el nom de volt a la unitat de potencial elèctric.



(Imatges: Wikimedia)

Georg Ohm

Físic alemany (1789-1854). Nascut en una família humil, el seu pare, serraller, es va formar de manera autodidacta i va poder proporcionar-li una excel·lent educació. Va treballar de professor de secundària i d'universitat. Utilitzant material elaborat per ell mateix va investigar el corrent elèctric utilitzant les piles que Volta havia descobert feia poc. Així va descobrir la proporcionalitat entre voltatge i intensitat i també la relació de proporcionalitat directa entre resistència d'un conductor i la seva longitud, i de proporcionalitat inversa entre la resistència i la seva secció.

I d'**André Marie Ampère** ja n'hem parlat abans.

La intensitat de corrent

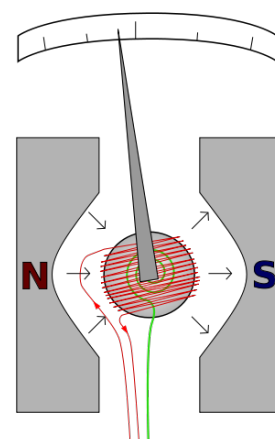


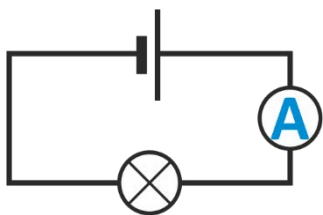
(Imatges: wikimedia)

La **intensitat** d'un corrent elèctric és la càrrega que passa per un punt del circuit en un segon. Es representa amb el símbol **I**.

Es mesura amb un instrument anomenat **amperímetre**. L'agulla està unida a una bobina per on es fa passar el corrent i que es converteix en electroimant que interacciona amb

l'imant que envolta la bobina. Com més intensitat hi passa, més força es fan i més es desvia l'agulla. Una molla permet que l'agulla pugui tornar al seu lloc.





Per mesurar la intensitat cal obrir el circuit en aquell punt perquè tot el corrent que hi passava passi ara per l'amperímetre que el torna a tancar.

La unitat d'intensitat és l'**ampere** (pronunciat 'ampèr'; el plural, *amperes*, es pronuncia 'ampèrs'). Ret homenatge a André-Marie Ampère, el primer científic que va parlar d'*intensitat* del corrent elèctric.

L'*ampere* es representa amb el símbol **A**. (En un diagrama, un amperímetre també es representa amb una A però dins d'un cercle).

Diem que la intensitat del corrent en un circuit elèctric és d'**un ampere** (1 A) quan per una secció del circuit hi circula **un coulomb** (1 C) de càrrega **cada segon** (1 s).

Si el circuit funciona durant un temps, hi haurà circulat una quantitat de càrrega que correspondrà a la intensitat (la càrrega que circula en un segon) multiplicada pel nombre de segons que han transcorregut:

$$\text{càrrega (C)} = \text{intensitat (A)} \times \text{temps (s)}$$

$$q = I \cdot t$$

$$I = \frac{q}{t}$$

12. Anem a fer-ho servir.

a) Si tenim un corrent de 2 A que està circulant durant 1,5 hores, quants coulombs hi hauran passat?

b) Tenint en compte que la càrrega d'un electró és de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, quants electrons per segon estan circulant per un punt del circuit on la intensitat del corrent és d'1 A?



La diferència de potencial

Les càrregues no es mourien pel circuit si no fos per la pila, que “les empeny” realitzant un treball que depèn de la diferència de potencial que proporciona al circuit.



La **diferència de potencial**, **ddp** (que també s’anomena **tensió** o **voltatge**) entre dos punts és l’energia guanyada o perduda per cada unitat de càrrega que circula entre aquests dos punts.

Es representa per **V** i es mesura amb un instrument anomenat **voltímetre**. Es tracta d’un amperímetre modificat, de manera que conté una resistència gran connectada en sèrie amb l’aparell. En un circuit, un voltímetre es representa amb una V dins d’un cercle.

La unitat de la **ddp** és el **volt (V)**.

(Compte!: el mateix símbol, V, serveix per representar dues coses diferents: per una banda, la magnitud ‘diferència de potencial’ en una fórmula, i per l’altra la seva unitat en un resultat numèric, per exemple $V = 4,5 \text{ V}$).

Oi que les paraules *voltatge*, *voltímetre* i *volt* us recorden algú? Esclar! L’inventor de la primera pila, Alessandro Volta.

Una diferència de potencial d’**un volt** significa que per transportar **un coulomb** de càrrega elèctrica s’ha de transferir una energia, en forma de treball, d’**un joule**:

treball realitzat (J) = diferència de potencial (V) × càrrega transportada (C)

$$W = V \cdot q$$

$$V = \frac{W}{q}$$

13. Discutirem l’abast d’aquesta expressió. Per exemple, justifiqueu per què...

a) ...si la **ddp** és més elevada, hem de fer més treball per “pujar-hi” una determinada càrrega que si la **ddp** fos menor.

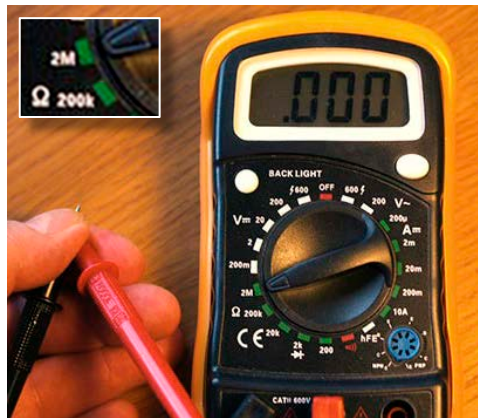
b) ...per una determinada **ddp**, el treball que cal realitzar també depèn de la càrrega transportada.

La resistència elèctrica d'un conductor

La **resistència elèctrica** d'un conductor mesura la dificultat que ofereix al pas de corrent. Es representa amb el símbol **R**. Es sol mesurar amb un **multímetre**, que en dóna el valor en **ohms (Ω)**.

Aquest nom ens recorda el científic que va trobar una manera de relacionar la resistència del circuit amb els valors de la *ddp* del generador i de la intensitat del corrent. Els seus experiments li van permetre enunciar la llei que ara porta el seu nom: la **lleï d'Ohm**. Aviat en parlarem.

Quan el multímetre funciona com a **ohmímetre**, fa passar corrent gràcies a una pila interna, i com més intensitat detecta, menys resistència està mesurant. A la imatge, en curtcircuit, la resistència és zero. (De fet l'aparell es protegeix ell mateix de curtcircuits com el de la foto bloquejant el corrent quan és massa elevat).



Alguns valors elèctrics

Per fer-nos una idea de valors comuns d'intensitat elèctrica i de tensió, tenim algunes dades:

- una pila d'1,5 V per encendre la bombeta d'una llanterna proporciona uns 0,08 A
- una bateria de cotxe proporciona un voltatge de 12 V i pot subministrar 400 A en el moment d'arrencar el motor
- per una bombeta de baix consum connectada a una tensió de 220 V hi circulen uns 0,1 A
- quan un llamp salta cap a terra hi sol haver una diferència de potencial entre un núvol i el terra d'entre 40 000 i 120 000 V
- la intensitat d'un llamp està entre els 5 000 i els 200 000 A



Relacionem magnituds... i tindrem una llei



Farem circular per un conductor una determinada intensitat de corrent, degut a que entre els seus extrems hi haurà una diferència de potencial o tensió. Ja heu vist que podem suposar una relació entre la *ddp*, la intensitat i la resistència del circuit. Ohm la va posar en evidència després de moltes mesures acurades... però els seus col·legues no varen acceptar les seves conclusions, perquè no les entenien prou bé.

Vosaltres seguireu ara el pensament d'Ohm, amb aparells i muntatges moderns. En primer lloc, caldrà muntar un circuit, segons el diagrama que us donarem.



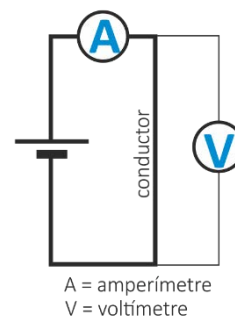
Què necessiteu?

- fils conductors de materials diferents
- generador (font d'alimentació variable, 0-25 V, 3 A)
- sensor de corrent (Multilog)
- sensor de voltatge (Multilog)
- cables i pinces de cocodril per fer les connexions

Predicció

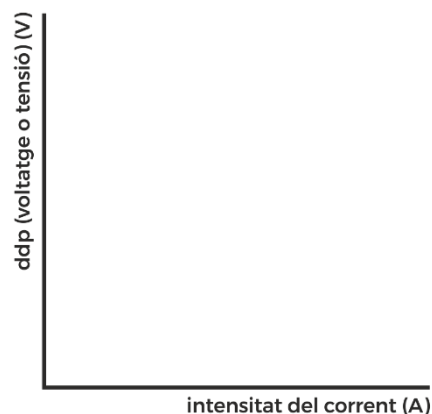
El voltímetre ens marcarà la diferència de potencial entre els extrems del conductor que estem estudiant, que serà la que ens subministra el generador. Podem anar-la variant.

Al mateix temps, l'amperímetre ens indicarà la intensitat del corrent que passa pel conductor. A la pantalla de l'ordinador veurem com a mida que variem la tensió, variarà també la intensitat del corrent.



14. Ara pensem sobre l'experiment que farem:

- a) Fes una predicció de com esperes que sigui la gràfica que representa la relació entre la intensitat i la tensió entre els extrems del conductor.



Com fareu l'experiment?

Un cop muntat el circuit assegureu-vos que configureu correctament el programa.

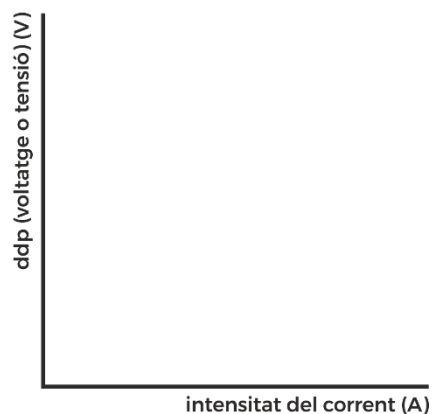
Enguegueu la captació de dades i comenceu pel valor inicial de zero volts de la font d'alimentació i aneu augmentant a poc a poc el voltatge fins a uns 10 volts. Observeu l'aspecte de les dues gràfiques que apareixen a la pantalla: corresponen a la variació del voltatge i de la intensitat en funció del temps.

Podem dir que, en un circuit determinat, *la intensitat és funció de la tensió*.

Pareu ara la captació de dades i apagueu la font d'alimentació. Guardeu l'arxiu de dades.

Utilitzeu-les per representar la variació de la intensitat en funció del voltatge.

- b) Dibuixa-la en aquests eixos, de forma aproximada.
- c) Compara l'aspecte de la gràfica obtinguda amb la predicció i escriu l'equació de la corba que has obtingut (és una recta?).



Conclusió**d) Completa:**

El voltatge i la intensitat del corrent són ...

e) Què canviaria de la gràfica si modifiquem el circuit fent-lo menys conductor?**f) Comproveu la vostra predicció i anoteu-ne els resultats seguint la pauta: què penso? què faig? què passa? per què passa?**

Aquests experiments us permetran donar un significat al pendent de la recta, que és la **constant de proporcionalitat** entre el voltatge i la intensitat: ens dona el valor de la **resistència elèctrica** del conductor.

g) Ara ja pots enunciar la llei de Ohm, amb les teves pròpies paraules:

$$\frac{V}{I} = R \quad (\text{Llei d'Ohm})$$

h) Tot i que no has tingut cap ohmímetre, ara ja pots saber el valor de la resistència del conductor que heu utilitzat en l'experiment. Ho pots fer només amb les dades de l'amperímetre i del voltímetre, gràcies a la llei d'Ohm.

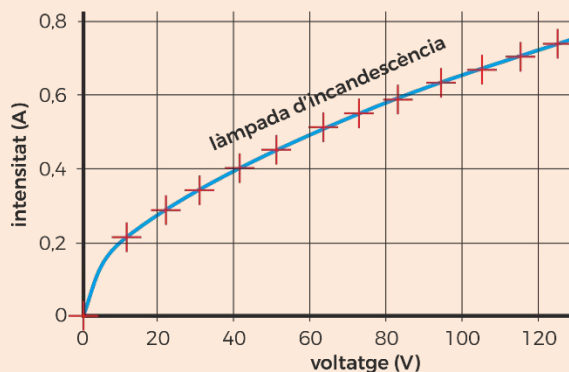


I si la gràfica no és una línia recta...?

Però hi ha un petit problema: la gràfica voltatge – intensitat no sempre surt recta, com en aquesta gràfica d'una bombeta d'incandescència. Això vol dir que la llei d'Ohm no sempre es compleix, no és universal. Llàstima!

Quan la gràfica és una línia recta (que correspon a un valor constant de la resistència) es diu que el conductor és **òhmic**.

Però pot donar-se el cas que la gràfica obtinguda a l'experiment no sigui una línia recta. En aquest cas, els valors de la resistència aniran canviant amb el voltatge. Si la resistència de l'objecte estudiat no és constant, es diu que es tracta d'un conductor **no òhmic**. És el cas de la bombeta d'incandescència de la gràfica anterior.



En què es basa el sensor que hem utilitzat?

Segurament has usat sensors o coneixes la seva utilitat. Molts sensors es basen en el fet que la resistència d'un conductor canvia segons determinades circumstàncies.

Per exemple, hi ha sensors de llum (com els que encenen els fanals del carrer quan la intensitat lumínica és baixa), sensors de pressió (a les balances i a les bàscules: al canviar la pressió varia la seva resistència elèctrica); sensors de temperatura (en els termòmetres digitals, la seva resistència elèctrica depèn de la temperatura), etc.



Posa't a prova!

Saps llegir totes aquestes magnituds (intensitat del corrent, tensió, resistència) en els diferents aparells elèctrics que fem servir tan sovint? Saps què ens estan dient? Vegem-ho.

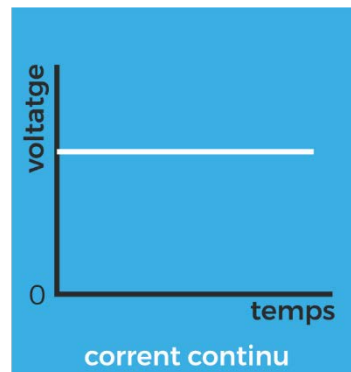
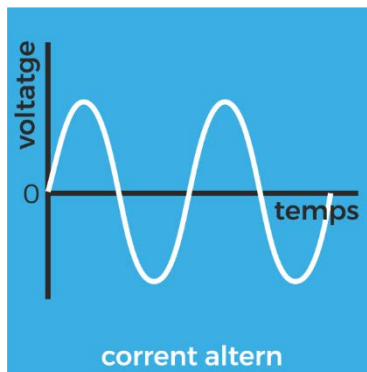
15. Observa les dades d'un carregador de bateries per a una càmera de vídeo i completa la taula de dades:

Voltatge que ha de tenir la xarxa elèctrica	
Potència elèctrica que consumeix	
Voltatge que proporciona a la càmera	
Intensitat elèctrica màxima cap a la càmera	



Per què el corrent que tenim a casa és altern?

El **corrent altern** d'alt voltatge es pot transportar amb menys pèrdues que si és **continu** i de baix voltatge. És per això que aquest alimentador **transforma** el voltatge de la xarxa, abaixant-lo fins al valor que la càmera necessita per funcionar correctament. A més a més, **rectifica** el corrent, convertint el corrent altern d'entrada en continu a la sortida.



16. Algunes qüestions senzilles:

- a) Si utilitzem aquest aparell per fer funcionar una càmera durant 10 minuts, quanta càrrega ha circulat per la càmera, tenint en compte la intensitat proporcionada per l'alimentador?
- b) Si l'alimentador sotmet la càrrega sortint a un voltatge de 5,3 V, quin treball en joules ha de fer per moure la càrrega anterior per dins de la càmera?
- c) L'alimentador obté aquesta energia de la xarxa. Però si la xarxa ens proporciona energia no és pas per art de màgia. Si podem fer funcionar una càmera de vídeo és perquè l'energia de la xarxa prové, per exemple, de...
- d) Recordant que la potència és l'energia proporcionada per segon, sabries calcular la potència que consumeix aquesta càmera?
- e) Compara la potència consumida per la càmera amb la potència consumida per l'alimentador. Com t'expliques les diferències? Què se n'ha fet de l'energia que falta?



I ara, després d'aquests càlculs, anem a sistematitzar les relacions que acabes de fer servir. Et servirà per estalviar feina quan hakis de fer càlculs semblants. Tots ells tenen una protagonista, vella coneguda nostra, que ens acompanya contínuament durant la nostra vida i que s'escampa incansablement per tot l'Univers: *l'energia*.



2.4. Continua el viatge de l'ambulància...

Com està organitzat el subministrament d'energia a la caixa que transporta el ronyó refrigerat?

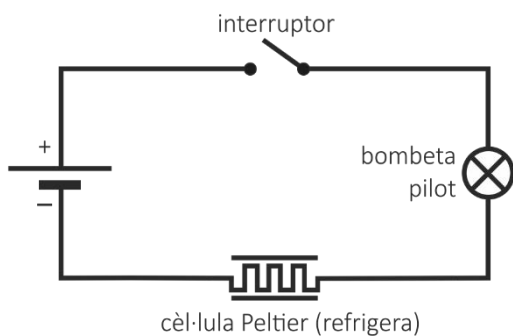
Els conductors de l'ambulància es pregunten de quina manera s'aconsegueix mantenir la refrigeració de la caixa que transporta el ronyó. Saben que ha d'estar connectat a un circuit elèctric però no tenen clar això dels *volts* o dels *watts*. Van ben despistats! Ho aclarirem tot seguit.

L'energia –que quan es transfereix pren la forma de treball, llum o calor– serà un aspecte important d'aquest apartat i encara ho serà més a la secció 3.

A 12 volts o a 12 watts?

Per comprendre del tot l'impacte d'un circuit elèctric necessitem una magnitud coneguda, la *potència elèctrica*, l'energia transferida per segon, representada per P . La seva unitat de mesura també la coneixeu: el *watt*.

Comencem per observar el diagrama del circuit elèctric al qual està connectada la caixa. Sabeu llegir-lo? En els circuits elèctrics cada component té un símbol determinat. Repassem-ho.



Sistema de transport amb refredament mitjançant una cèl·lula Peltier (ENVCO)

- El *generador* (la bateria de l'ambulància) subministra el corrent elèctric. Observeu que el símbol es representa amb dues barres, la més *llarga* indica el pol *positiu*, on és menor el valor de l'energia potencial elèctrica dels electrons (al ser negatius, hi estan ben “enganxats”). L'altra barra, més *curta*, representa el pol *negatiu*, on els electrons tenen més energia (ja que al repel·lir-se “frisen” per escapar-ne). Per tant, entre els dos extrems del generador, hi ha una diferència de potencial, que en aquest cas és de 12 V.
- La tensió de la bateria proporciona *energia* al circuit: l'escalfa una mica, permet fer un treball sobre les càrregues de manera que circulin pels conductors, encén la bombeta (la qual indica que pel circuit circula electricitat i que es manté la refrigeració) i fa funcionar el dispositiu que manté la refrigeració, anomenat “cèl·lula Peltier”.

Per què no és el mateix 'potència' que 'diferència de potencial'?

Encara que els termes són semblants, indiquen i mesuren coses ben diferents, no ens hem de confondre:

- La *potència* és l'energia transferida en la unitat de temps (un segon).

$$\text{potència (W)} = \frac{\text{energia transferida (J)}}{\text{temps (s)}} \qquad P = \frac{E}{t}$$

- La *diferència de potencial* –o voltatge o tensió– entre dos punts d'un circuit és l'energia que dóna a una càrrega d'un coulomb que circula entre aquests dos punts.

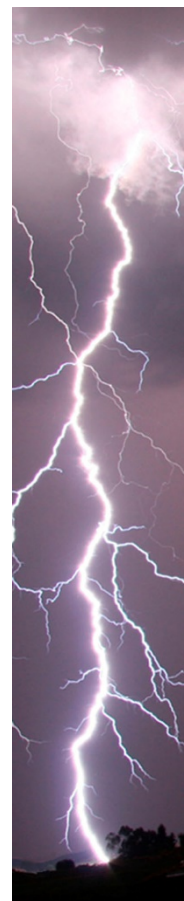
$$\text{voltatge (V)} = \frac{\text{energia transferida (J)}}{\text{càrrega que ha circulat (C)}} \qquad V = \frac{E}{q}$$

Per això, l'energia transferida entre els dos punts és proporcional a la càrrega que hi circula i a la tensió entre els dos punts:

$$\begin{aligned} \text{energia transferida (J)} &= \\ &= \text{càrrega que ha circulat (C)} \times \text{voltatge (V)} \end{aligned} \qquad E = q \cdot V$$

17. Practiquem-ho una mica per saber si seria interessant aprofitar l'energia dels llamps.

- Si un llamp té una intensitat de 30 000 A i dura 0,2 s, quina càrrega haurà transferit?
- Si el voltatge de la descàrrega era de 50 000 V, quanta energia s'ha alliberat?
- La potència mitjana que consumeix una llar a Catalunya és de 390 W. L'energia del llamp, durant quant de temps podria alimentar d'energia una sola llar?



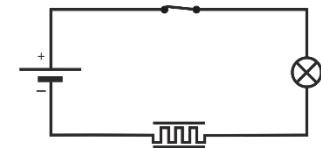
El problema serà com capturar i guardar tota aquest energia durant dies i dies.



En resum: com circulen els electrons?

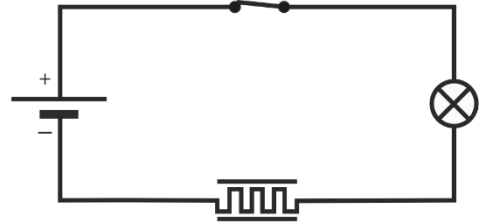
18. Seguirem el camí dels electrons en el seu viatge pel circuit. Respon les preguntes totes juntes al final elaborant un text ben entenedor.

- a)** De quin pol de la pila fugen els electrons? Per quin motiu?
- b)** Els electrons, que van donant voltes al circuit, en quin moment tenen més energia? Qui és que els la dona?
- c)** En aquest circuit de l'ambulància, on perden la seva energia els electrons? On va a parar aquesta energia? De quina manera? Ho pots comparar amb el que passava amb les bales de vidre?
- d)** Quan els electrons tornen a la pila, per quin pol hi entren? Per què?
- e)** I un cop ja hi han arribat, tenen energia potencial elèctrica? Per què?
- f)** I aquests electrons que ja han arribat es poden tornar a enviar pel circuit? Com? A costa de quina energia?
- g)** Mentre funciona el circuit, on comença i on acaba l'energia? Per què el seu funcionament no pot ser indefinit, que no s'acabés mai?
- h)** I amb els electrons passa el mateix? S'acaben o no s'acaben? Explica-ho.



19. De vegades, la història de la ciència complica la vida dels científics actuals...

- a) Marca amb fletxes d'un color el sentit de circulació dels electrons en aquest circuit quan l'interruptor està tancat. Indica que es tracta dels electrons.

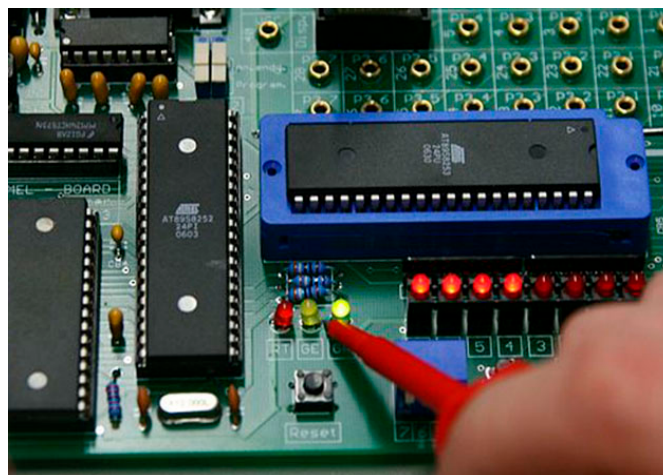
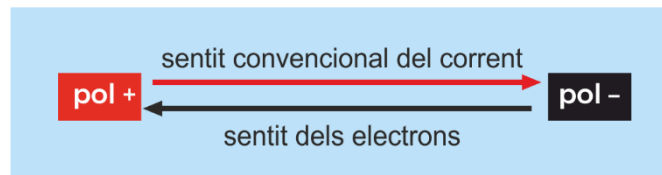


El segle XIX, quan els científics encara no tenien clar el model de l'àtom, es creia que el corrent elèctric era com un fluid de càrregues positives que sortien del pol positiu del generador, circulaven per circuit i tornaven al generador pel pol negatiu. Com que de fet no sabien què era el que circulava, és com si s'ho haguessin jugat a cara o creu (o es movien les càrregues positives o es movien les negatives). I van perdre.

D'aquí ens ha quedat la convenció, potser empipadora però encara vigent, de considerar que **el corrent elèctric d'un circuit circula del pol positiu del generador al negatiu**, encara que els electrons circulin a la inversa.

- b) Representa amb fletxes d'un altre color en el mateix diagrama, d'acord amb la convenció actual, el sentit del corrent, indicant-ho amb claredat.

Per tant, recorda que no has de confondre el sentit de circulació dels electrons amb el sentit que, per convenció, atribuïm a la intensitat del corrent!:





Tenir objectes carregats elèctricament pot tenir alguna utilitat pràctica?

20. Llegiu-vos les següents informacions que es refereixen a aplicacions dels circuits i càrregues elèctriques a instruments que fem servir de manera habitual. Podeu treballar en petits grups de manera que cada grup llegeixi una d'aquestes quatre informacions. Després les explicarà als altres grups, de la manera més clara i gràfica possible.

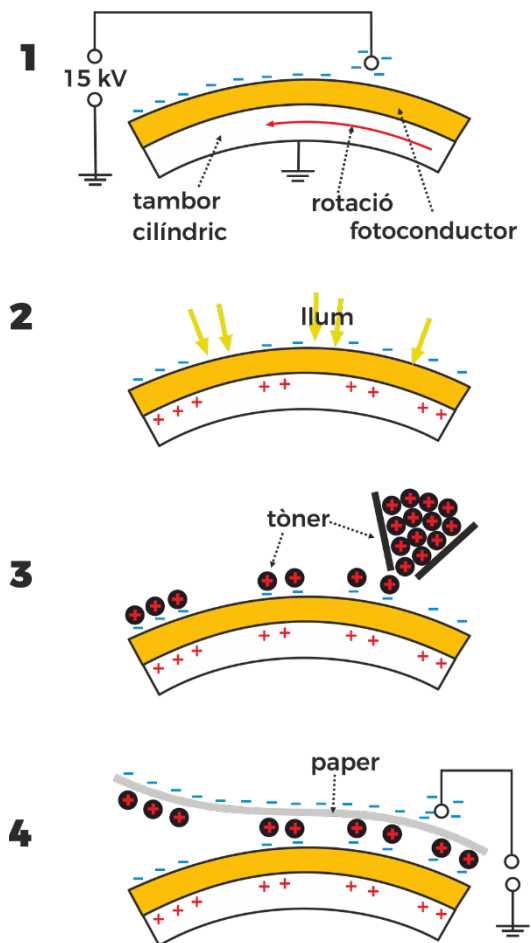
A. El cas de la fotocopidora

La càrrega electrostàtica és útil en una fotocopidora?

Una fotocopidora utilitza càrregues elèctriques per produir les còpies. L'original (la pàgina a copiar) es col·loca sobre una làmina de vidre. La imatge d'aquesta pàgina es projecta sobre un tambor que té una capa que es carrega elèctricament amb càrregues negatives (1). Quan s'il·lumina (2): les parts del tambor que són il·luminades per la llum es descarreguen; les altres, no.

Un pigment negre (3) en pols anomenat *tòner* es carrega positivament. El tòner és atret per les parts carregades negativament del tambor, les que no han rebut llum, i s'hi enganxa. El tambor gira i entra en contacte amb el paper (4) que s'ha carregat negativament i sobre el qual es farà la còpia. El tòner passa del tambor al paper, fent una imatge en blanc i negre de l'original.

Finalment, el paper s'escalfa per aconseguir que el tòner s'adhereixi al paper. Aquesta operació s'anomena 'fixació' de la imatge. És per això que el paper de la copiadora encara és calent quan surt de la màquina. Finalment cal descarregar-ho tot posant-ho en contacte a terra.



B. El perill de tocar objectes carregats elèctricament

Per què de vegades, en baixar d'un cotxe i tocar la porta per fora notem una descàrrega?

Tocar la porta d'un cotxe de vegades et pot fer una enrampada. Si tant el seient del cotxe com la roba que portes són de fibra sintètica, llavors en seure o moure't sobre el seient es produeix una transferència de càrregues i quedes carregat elèctricament.

Quan surts del cotxe i toques les parts externes passen càrregues dels teus dits cap a terra, cosa que notes d'una manera no gaire agradable.

De la mateixa manera, si camines sobre una catifa de materials sintètics i les teves sabates estan fetes de materials també sintètics (plàstics), el fregament va acumulant càrregues en el teu cos. Si toques un radiador metàl·lic, que fa contacte amb terra, passaran càrregues del teu cos al terra i notaràs una petita enrampada.

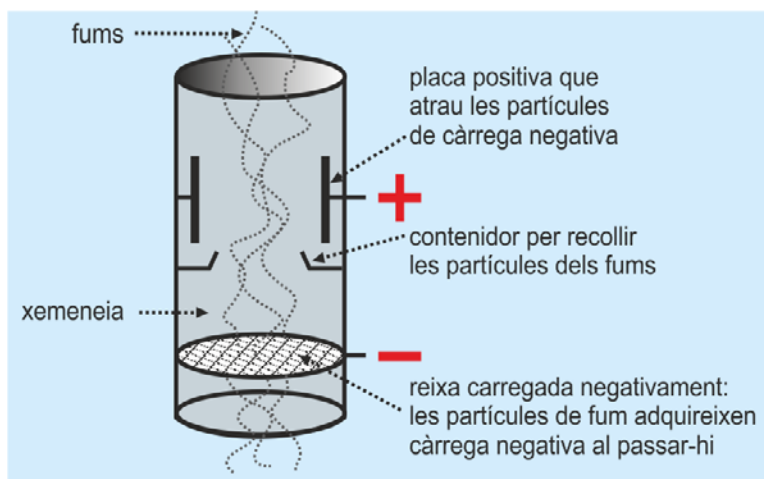
C. Com es pot eliminar la contaminació per fums amb càrregues elèctriques?:

Els electrofiltres

Algunes fàbriques –per exemple les que fabriquen ciment o altres que cremen carbó– generen fums juntament amb gasos. Si no s’hi posa remei, escapen a l’entorn i el contaminen.

Els fums són micropartícules sòlides i s’eliminen mitjançant ‘filtres electrostàtics’.

La figura mostra el diagrama d’un sistema per eliminar les micropartícules del fum.



La reixa inferior electritza negativament el fum que hi passa. D’aquesta manera, en passar per les plaques positives, les partícules de fum s’hi queden enganxades. Posteriorment ho fan caure en els contenidors, que es buiden periòdicament.

D. Les càrregues elèctriques col·laboren en la lluita contra les plagues en agricultura?



Per evitar que les grans superfícies de conreu de cereals agafin plagues perilloses, s’hi llencen productes en forma de gotes fines des d’avio-netes que sobrevolen els cultius.

El problema que tenen és que el vent pot dificultar que les plantes rebin la suficient quantitat de producte o que vagi a parar a llocs que no interessa.

Per solucionar aquest problema, les microgotes de producte que llença l’avió es carreguen elèctricament, de manera que encara que les plan-

tes no tinguin cap càrrega elèctrica, les microgotes s’hi adhireixen. A més a més, el fet que totes les gotes tinguin càrregues del mateix signe fa que quedin ben dispersades i no es formin gotes grans.



Què has après en aquesta segona secció i què tens clar fins ara de tota la unitat?

21. Es tracta d'assegurar-te que tens clares les idees més importants que hem anat veient fins ara en aquesta unitat. Amb l'ajuda de la taula següent ves revisant el que has anat apuntant fins ara. Posa un senyal en aquelles caselles que creguis tenir superades i procura aclarir la resta:

Afirmació important	Ho tinc als apunts	Ho recordo i crec que ho he entès
Hi ha dos tipus de càrregues elèctriques, que anomenem positives i negatives.		
Les càrregues del mateix signe experimenten una força de repulsió. Les de signe contrari, força d'atracció.		
La força entre les càrregues és directament proporcional al producte del valor de les càrregues i inversament proporcional a la seva distància elevada al quadrat.		
Quan freguem un objecte amb un altre, transferim electrons de l'un a l'altre. El cos que guanya electrons queda negatiu i el que en perd, positiu.		
Les càrregues es poden anar acumulant o compensant.		
Per explicar l'existència de càrregues tenim un model de com són els àtoms. El nostre model atòmic descriu un àtom format per un nucli –que conté partícules positives (els protons) i partícules sense càrrega (els neutrons)– i per un entorn del nucli, amb partícules de càrrega negativa (els electrons) ocupant la part més externa.		
El nombre atòmic d'un àtom és el nombre de protons que té. El nombre atòmic caracteritza els elements químics.		
El materials conductors tenen càrregues amb llibertat de moviment que es poden desplaçar quan s'estableix una diferència de potencial entre dos punts del material.		
Les magnituds que ens serveixen per descriure la circulació de càrregues per un circuit són: la intensitat, que es mesura en amperes i la tensió, voltatge o diferència de potencial, que es mesura en volts.		
La tensió i la intensitat són directament proporcionals en alguns conductor. La constant de proporcionalitat és la resistència elèctrica, que es mesura en ohms i ens indica si un material conductor facilita gaire el pas del corrent elèctric a través seu.		
La resistència elèctrica en un conductor es calcula dividint la diferència de potencial entre els seus dos extrems pel valor de la intensitat que hi circula.		

En alguns materials no hi ha proporcionalitat entre intensitat i tensió. Llavors es diu que és un conductor no òhmic.		
En un circuit que funciona hi ha d'haver sempre un generador de corrent i diversos elements més. El generador impulsa els electrons a circular i transferir energia a altres elements. Un circuit en funcionament sempre és un recorregut tancat.		
Els aparells elèctrics es caracteritzen per la diferència de potencial que els cal per funcionar bé, per la intensitat que hi ha de circular i per la seva potència (l'energia que transfereix cada segon) quan funcionen correctament.		
En un circuit, els electrons circulen des del pol negatiu del generador cap al positiu. La intensitat del corrent la representem, segons un conveni internacional, en sentit contrari: del pol positiu al negatiu del generador.		

22. I ara, abans de res, tornem al diàleg de l'inici d'aquesta segona part. Es tracta de solucionar els punts de la conversa entre els dos conductors que hi estaven marcats:

a) "En tancar la porta vaig notar com una sacsejada elèctrica..."

b) "Si hagués tocat un fil o un cable amb corrent, m'hauria enrampat llavors i no després".

c) "Ha d'anar a 12 watts".



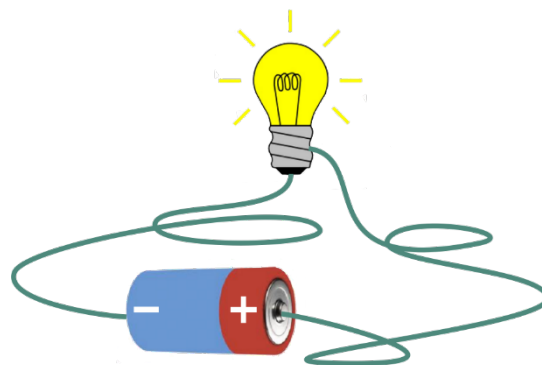
23. A continuació, intenta resoldre les següents qüestions sobre el que heu vist fins ara d'aquesta unitat, tant de la primera com de la segona part:

a) Omple els buits en el text següent per formar frases correctes:

El corrent elèctric és degut a un moviment en un conductor metàl·lic.
L'estructura dels materials aïllants no permet i és per això
que no poden conduir el corrent. El metall coure s'empra per fer els cables elèctrics perquè és un
..... El recobriment de plàstic que tenen els cables de coure és
per

La càrrega elèctrica que es mou pel circuit s'anomena
Les càrregues també es poden acumular en els materials, que queden
Si un material queda carregat positivament és perquè s'han transferit des
del material que queda cap al que queda amb càrrega
Entre càrregues de diferent signe hi ha forces d'..... i entre càrregues d'igual
signe les forces són de

b) Marca el sentit del moviment dels electrons i el sentit convencional del corrent, amb un color diferent, en aquest diagrama. Indica el significat de cada color.



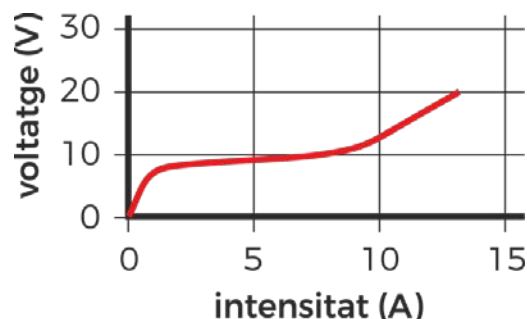
c) Una pila proporciona una tensió d'1,5 V a un circuit per on passa una càrrega d'un coulomb cada 20 segons. Sabries trobar la resistència d'aquest circuit?

d) Quina és la potència consumida en el cas anterior?

24. Seguim posant a prova el que saps:

- a) Quan la Núria va anar a esquiar feia un dia molt fred i hi havia molt poca humitat ambiental. Es va voler pentinar, amb prou feines ho va aconseguir perquè els cabells seguien la pinta i no es quedaven al seu lloc. Què passava?

- b) Quan hem recollit dades de valors de diferència de potencial i d'intensitat de corrent que passa per un conductor i les hem representat en una gràfica, hem obtingut aquest resultat. S'ha tornat boig, el circuit? O potser és que el material del circuit és especial? Què en penses?



Resolem el repte de la potència contractada adequada

A casa teva, el contracte de subministrament elèctric amb la companyia, especifica la potència màxima que us garanteix. Si l'heu contractada molt més alta del que necessiteu estareu pagant per un servei que no rebeu. Si és més baixa de la que consumeix, us podeu trobar que els aparells no tinguin prou energia per funcionar bé. És per això que t'has d'assegurar que la potència que teniu contractada és moderadament superior a la que realment necessiteu.

25. Ara es tracta de saber-ho, per prendre alguna decisió sobre si cal modificar la potència contractada, augmentant-la o disminuint-la, o bé si ja és prou correcta.

- Quina és la potència que teniu contractada a casa?
- Fes una llista de tots els aparells, làmpades, dispositius... que podeu tenir connectats al corrent en un moment de despesa energètica màxima. Hauries de mirar quina és la seva potència màxima de cadascun d'ells. Quant suma?
- Podeu fer disminuir aquesta la potència consumida màxima a la teva llar? Concreta-ho a la llista anterior.
- Finalment quina seria la teva proposta final, ben argumentada?



3. Generar i aprofitar l'electricitat

Anem veient la importància de l'electricitat per produir canvis que ens resulten útils: mitjançant una reacció química, la pila empeny els electrons ("pu-gen la muntanya") que amb la seva energia van produint ("arrossegant") altres canvis: escalfen el circuit, encenen una bombeta o uns leds, fan funcionar un motor, refreden el recipient amb l'òrgan a trasplantar...

En aquesta tercera part considerem diferents maneres d'empènyer els electrons pel circuit i anirem entenent una mica millor que els canvis en la natura es poden gestionar: segons com es faci el canvi, resultarà útil (és a dir, "fa" allò que ens convé) o no... El circuit i la seva gestió poden ser força complexos, però tot i així sabem que l'energia es conservarà sempre!



(aliexpress.com)

A més a més podreu aplicar i ampliar el que ja sabeu sobre circuits i generadors elèctrics.

Però escoltem la conversa...

- Trobo que vas massa a poc a poc, encara no he pogut parlar amb l'hospital però em sembla que el temps és important...
 - El camí és dolent i encara que la tempesta afluixa, no vull que ens estimbem en una corba.
 - Hauries d'anar amb els llums llargs: no tinguis por, que la bateria no es gastarà...
 - Sí que es gasta, pensa que portem més aparells elèctrics que un cotxe normal. La setmana passada es va avariar l'alternador. Em van dir que sense alternador, et quedes amb la bateria descarregada de seguida.
 - Tot això és molt complicat per a mi. Quan vaig amb la bici, tinc un llum que s'encén quan pedalo i un altre que sempre està encès, sense que hagi de pedalar...
 - Deixa't d'històries i mira si ja tens cobertura.
-

Aquest breu diàleg entre els dos conductors de l'ambulància, mentre sortegen les dificultats per avançar enmig de la tempesta, ens porta als punts que tractarem en aquesta tercera part.

Ens plantegen el problema de *generar electricitat*: l'ambulància no està endollada enlloc...

Perquè per l'aparell hi circuli el corrent necessari per fer-lo funcionar, ens cal una *ddp* adequada. De vegades, la natura ens la "regala", com quan cau un llamp i no la podem fer servir. Però si la volem "domesticar" ens l'hem de fabricar. Hem de construir una pila, per exemple, o una dinamo o un motor que proporcioni el voltatge adequat. Ens cal enginy!

3.1 Quines característiques ha de tenir un determinat muntatge o dispositiu per generar electricitat?

A l'apartat anterior hem vist que els metalls són bons conductors elèctrics. El que no sabem és si els imants poden “fer moure” els electrons del metalls.

El repte de fer un imant que es pugui desconectar

Els imants que venen a les ferreteries són permanents, no es poden desconectar.

1. Què se t'acut per construir un imant que es pugui desconectar amb un simple interruptor?

Generarem corrent elèctric amb un imant?

2. Prepareu-vos per fer aquests experiments.



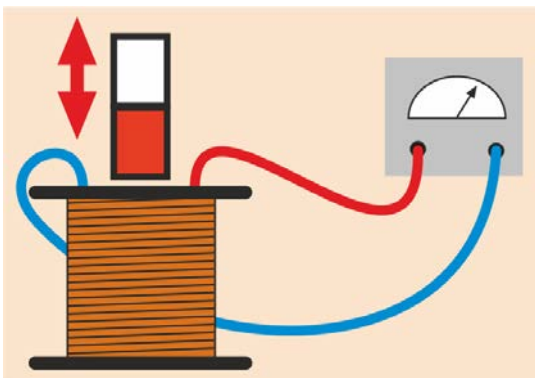
a) Coneixes algun altre cas que es faci corrent a partir d'un moviment?

Què necessiteu?

- un conjunt de bobines
- un imant de barra
- un voltímetre (connectat a l'escala de 200 mV, en c.c.)
- diversos cables de connexió



Què fareu?



De moment, explorar. Observeu el muntatge: es connecta el voltímetre a la bobina i es mou l'imant fent-lo entrar i sortir a la bobina ràpidament.

b) Fixeu-vos què marca el voltímetre mentre moveu ràpid l'imant. De quina manera s'obtenen valors més alts de voltatge?

c) Quan deixeu quiet l'imant a dins de la bobina, què marca el voltímetre? Per què?

d) Fixa't en el signe dels valors en volts quan introduïu l'imant a dins de la bobina i quan l'en traieu. Dona sempre valors positius?

e) Ja saps que els imants tenen dos pols. S'obté el mateix efecte si capgíreu els pols de l'imant?

f) Si mantenim quiet l'imant i anem movent la bobina, creus que obtindrem el mateix efecte? Proveu-ho.

g) Proveu de substituir la bobina per una altra amb un nombre diferent de voltes de fil conductor. Què ha canviat? Per què?

h) Resumeix les observacions en aquesta taula:

prova	observació (voltatge obtingut)
canvi per una bobina de més voltes	
l'imant passa a més velocitat	
l'imant es queda quiet a dins la bobina	
l'imant es manté quiet molt a prop de la bobina	

I) Traieu conclusions d'aquest experiment exploratori, completant les frases:

Un imant i una bobina que es mouen un respecte de l'altre, generen...

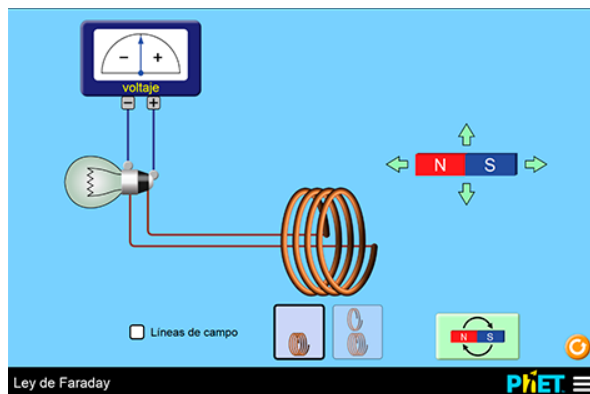
El valor de la diferència de potencial depèn de...

Hi pot haver alguna manera de fer que el pas de l'imat per l'interior de la bobina generi una diferència de potencial més elevada? Les interaccions entre els conductors i els imants són sorprenents i en volem saber més. Repetirem l'experiment a poc a poc, de manera virtual, per poder-hi pensar millor i respondre la pregunta.

3. Obriu ara la pàgina https://www.walter-fendt.de/html5/phes/generator_es

Hi veureu una pantalla com aquesta.

- a) Descriviu el que passa quan, amb el cursor, es mou l'imat passant-lo per la bobina.
- b) Cliqueu després la icona amb dues bobines i compareu el que passa quan l'imat travessa una bobina de poques voltes o quan travessa una de moltes voltes.
- c) Proveu també de canviar la posició dels pols de l'imat, clicant la icona que ho indica. Què canvia



(phet.colorado.edu)

- d) Amb les observacions que heu anat fent en aquesta investigació, ja podeu donar una resposta a la pregunta:
“Quines característiques ha de tenir un determinat muntatge o dispositiu per generar electricitat?”

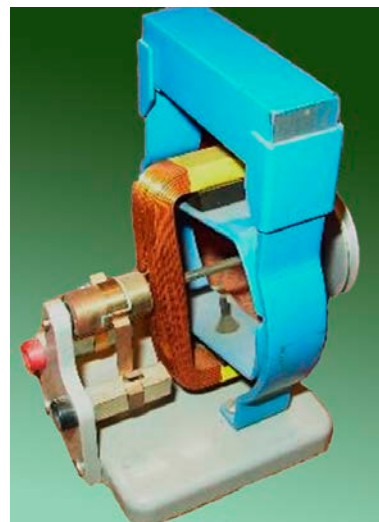


3.2 Màquines que generen electricitat

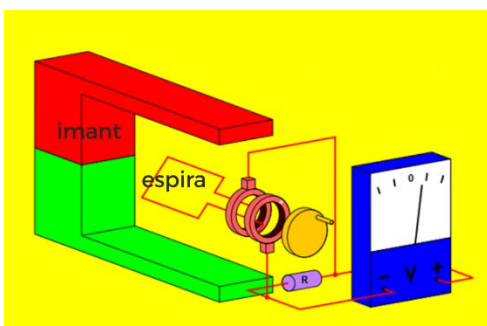
4. Amb el que ja sabeu sobre imants i bobines, podeu observar amb mirada experta el generador elèctric de la figura.

a) Quins dels objectes que heu anat investigant hi veieu?

b) De quina manera s'aconsegueix que hi hagi moviment de la bobina o de l'imant?



Finalment, observeu la següent simulació: https://www.walter-fendt.de/html5/phes/generator_es.htm

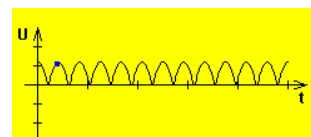


(www.walter-fendt.de)

En la simulació observareu que podeu clicar a “*sin conmutador*” o a “*con conmutador*”. Segons trieu una o altra opció es dibuixa una gràfica dels valors de la diferència de potencial generada (que aquí es representa amb la lletra U) en funció del temps que està girant la bobina que pot tenir dos aspectes diferents:



sense commutador



amb commutador

c) Fixeu-vos en el que marca el voltímetre, a mida que va girant la bobina. Descriu com varia la ddp en cada un dels casos. En quin dels casos el voltatge pren valors positius i negatius alternativament?

(Podeu seguir el sentit del corrent elèctric si activeu “*corriente inducida*” i mireu el sentit de les fletxes del corrent que circula pels cables conductors)

Com es genera l'electricitat en un vehicle?

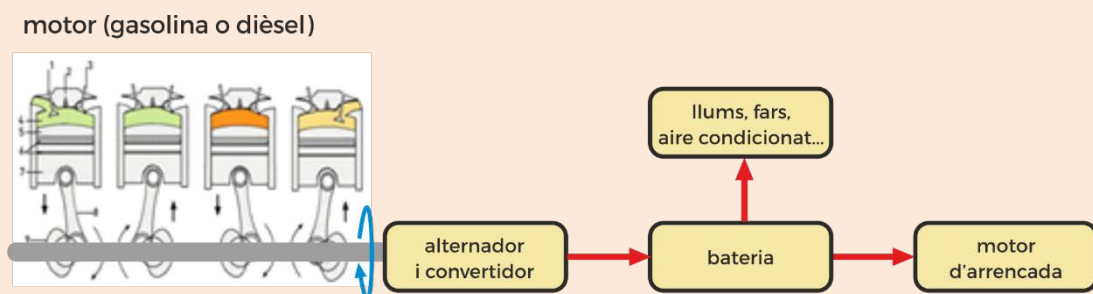
Amb els experiments i les observacions sobre l'aparell que acabeu de dur a terme ja podeu tranquil·litzar el conductor de l'ambulància que tenia por de quedar-se sense corrent. No ha de patir, però el sistema elèctric d'un cotxe és ben complicat i segurament per això no el coneix bé!

5. Intentarem ajudar-lo:

a) Pots citar alguns elements del sistema elèctric d'un cotxe (o d'una moto)?

Circuit elèctric bàsic en un cotxe

Mireu-vos el diagrama elèctric del circuit més bàsic d'un automòbil. Les fletxes vermelles indiquen transferències d'energia:



S'hi veuen tres parts:

- La **producció d'energia elèctrica**. L'alternador és el dispositiu que mitjançant l'energia mecànica proporciona treball per fer circular càrregues elèctriques. Una corretja de transmissió, connectada a l'eix del motor fa girar l'alternador, que porta acoblat un rectificador de corrent perquè es pugui carregar la bateria
- L'**emmagatzematge d'energia**. La bateria, que és carregada per l'alternador amb el seu rectificador, subministra prou energia per l'arrencada, els llums i diversos circuits elèctrics, així com perquè les bugies del motor de gasolina puguin realitzar espurnes elèctriques
- El **consum d'energia**. Els llums, els fars, la botzina, l'encesa de la bugia i altres dispositius com la radio, els motors que pugen els vidres... I, en el nostre cas particular, també per mantenir la refrigeració de la caixa de transport del ronyó que s'ha de trasplantar.



- b)** Un cop llegides les informacions anteriors explica amb les teves paraules el “flux d’energia” en el sistema elèctric d’un cotxe que s’està movent
- c)** Fixa’t en el diagrama per explicar les conseqüències elèctriques que tindria que s’acabés la gasolina del dipòsit.
- d)** La bateria del cotxe s’assembla a la dinamo de la bicicleta (el conductor de l’ambulància diu que a la bici hi té *“un llum que s’encén quan pedalo”*). Quines són aquestes semblances?

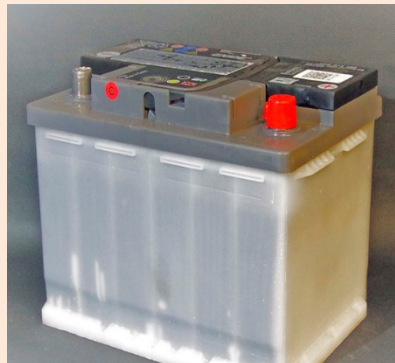
La transformació del “pedalar” (que fa moure la bicicleta) en corrent elèctric i en llum és ben sorprenent! És de gran abast i cal que la compreguem molt bé.



Quin és el principi de funcionament d'una pila i d'una bateria?

Una bateria (que també s'anomena un 'acumulador') produeix, igual que una pila, corrent elèctric a partir d'una reacció química entre dues substàncies.

Podem imaginar, per entendre el seu funcionament, que una de les substàncies va cedint càrregues elèctriques, mentre que l'altra substància les va recollint. Si aquestes dues substàncies estan en contacte directe una amb l'altra, les càrregues passaran i, amb això, la reacció química es produirà, però no hauré pogut aprofitar el corrent d'electrons.



Perquè aquesta reacció química ens sigui "útil" caldrà que les substàncies no estiguin en contacte directe sinó mitjançant un intermediari adequat. Així tindrem la possibilitat de connectar uns cables entre les dues substàncies que reaccionen i aprofitar la circulació de càrregues elèctriques pels cables per obtenir un treball elèctric útil. Hauré construït un circuit elèctric.

Les substàncies de la pila reaccionen i proporcionen als electrons l'energia necessària per moure's pel circuit. Però si el circuit és obert, llavors la reacció s'atura. En principi, la pila no "es gasta" quan no funciona.



Quan les substàncies inicials han reaccionat completament i només hi queden les substàncies finals, la pila queda esgotada i ja no ens pot proporcionar més energia.

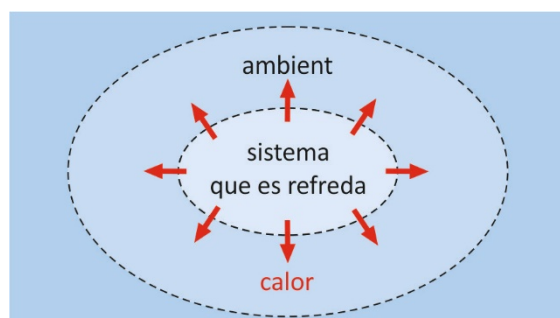
En canvi, en les bateries i en les piles recarregables, com les dels mòbils, les substàncies finals poden reaccionar entre elles i tornen a produir les substàncies inicials a condició que se li proporcionï energia, que és el que fa el vehicle quan el motor funciona o el que fa el carregador quan el connectem a una pila recarregable com la dels mòbils.





3.3 Balanç d'energia en un circuit elèctric

Retornem al contenidor que transporta l'òrgan que s'ha de trasplantar. La bateria subministra energia elèctrica a una unitat refrigeradora situada en el contenidor que conté el ronyó. Aquesta unitat el que fa és transferir calor cap a l'exterior del contenidor, de manera que manté la temperatura interior més baixa que la de l'exterior.



Per mantenir la temperatura constant a l'interior del contenidor, es necessiten 100 joules cada segon: com ja sabeu, això correspon a una potència de 100 W.

$$\text{potència} = \frac{\text{energia transferida}}{\text{temps}} \quad P = \frac{E}{t}$$

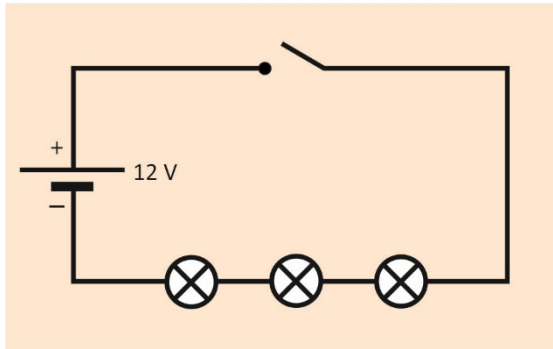
6. La potència que necessita un aparell elèctric es calcula a partir de la diferència de potencial i de la intensitat del corrent:

$$P = V \times I$$

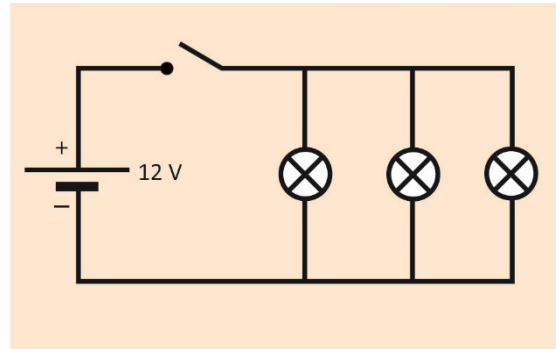
a) Sabries demostrar que aquesta expressió és correcta? Hauràs d'utilitzar la definició de cadascuna de les magnituds.

b) Quina intensitat de corrent ha de subministrar la bateria perquè funcioni el sistema de refrigeració? (Hauràs de recordar quin voltatge proporciona la bateria).

En realitat, la intensitat que subministra la bateria és molt superior, doncs hi ha més aparells elèctrics en una ambulància: llums, fars, aire condicionat, bugies del motor... Tots aquests aparells necessiten estar connectats a una diferència de potencial de 12 V. Però els podem connectar en sèrie o bé en paral·lel.



Tres bombetes en sèrie



Tres bombetes en paral·lel

- c) En cada un dels dos circuits, indica amb fletxes el sentit de circulació del corrent.
 - d) Indica també la diferència de potencial entre els extrems de cadascuna de les bombetes.
 - e) Com queda alterat el funcionament de cada circuit si una de les seves bombetes es fon?
-
- f) Ara considera que a més a més de bombetes hem de connectar el motor per un ventilador i un dispositiu (una cèl·lula Peltier) que mantingui la refrigeració. Dibuixa el nou circuit, de manera que tots els dispositius es mantinguin connectats als 12 V de la bateria.



La bateria pot subministrar l'energia necessària durant un temps llarg?

Recordeu que la bateria és una font d'energia i que aquesta energia es transfereix com a treball per transportar càrregues elèctriques pel circuit.

Afortunadament, l'energia elèctrica que necessita el vehicle només procedeix de la bateria quan el motor de gasolina està parat. Els propers paràgrafs us mostraran, fent uns petits càlculs, si seria possible dependre exclusivament de piles o bateries per subministrar energia a tots els dispositius d'un vehicle.



7. Primer de tot calcularem quanta energia pot emmagatzemar una bateria normal de cotxe. Una bateria d'aquest tipus proporciona un voltatge de 12 V i fa circular un corrent de 20 A per un circuit durant una hora aproximadament abans que s'esgoti.

- a) Quants Coulombs de càrrega circulen pel circuit durant aquesta hora?**
- b) Quanta energia ha transferit la bateria a cadascun dels coulombs que circulen pel circuit?**
- c) Per tant, quanta energia total ha transferit la bateria en aquesta hora de funcionament?**
- d) Suposem que el conjunt de dispositius elèctrics que té l'ambulància representen en total 1000 W de potencia. Durant quant de temps podria funcionar?**
- e) Quina és la teva conclusió?**

8. Els vehicles només utilitzen la bateria com a font d'energia quan el motor està parat. Suposeu que un vehicle ha de transportar 3 caixes amb òrgans per trasplantar. Cada caixa porta un aparell de 125 W de potència. I la resta de dispositius elèctrics sumen un consum de 450 W. (Recorda que el vehicle té una bateria de 12 V).
- a) Quanta energia per segon necessita el conjunt?
 - b) Quina intensitat circularà pel circuit de l'ambulància en aquells moments que funcionin només aquests dispositius?

Resolem el repte de fer un imant que es pugui desconnectar

9. Ara que ja has vist algunes de les relacions importants entre corrent elèctric i camps magnètics, ja pots construir un electroimant.
- a) Busca el material necessari i justifica cada component.
 - b) Fes el muntatge i comprova com funciona.
 - c) Com t'expliques que per tenir un camp magnètic més fort cal posar-hi un nucli metàl·lic?



4. Una arribada amb problemes i el final de la història

Fins ara hem parlat dels llamps, però no dels trons... ni de les ones que els formen.

Hem parlat de càrregues elèctriques, de corrents i de generadors, però no del mòbil ni GPS que faciliten el viatge de l'ambulància.

Hem parlat de l'impacte del llamp en el nostre cos, però no d'aparells elèctrics que poden salvar-nos la vida, ni hem pensat prou per què ens afecta l'electricitat, si no estem fets de metalls!

Pensarem en tot això en aquesta darrera secció.



- *Ja tinc cobertura! Acabo de parlar amb l'hospital. El nostre malalt ha sofert una crisi cardíaca, però ja està estable altra vegada, gràcies al desfibril·lador*
- *Pots connectar el GPS? A veure si acabem de trobar una carretera més directa...*
- *Segueix dos quilòmetres més. Llavors trobarem la C-34. Deu quilòmetres més i ja hi serem!*
- *Aquesta aparells són una meravella. Com pot ser que ens diguin on som i per on hem d'anar?*
- *No ho entenc, però et dic una cosa... sembla que ens estiguin espiant des de l'espai... Jo de vegades prefereixo els vells mètodes. Si entre un llamp i el soroll del tro passen tres segons, vol dir que el llamp ha caigut a un quilòmetre.*
- *Sí... Abans ja m'has explicat com saps que la tempesta s'allunya. El que no entenc per què el soroll del tro sempre ve després del llamp... A mi em fa més impressió el trons molt forts que els llamps...*

1. Intenta concretar el que en saps: molt? poc? gens?

	gens	poc	molt
de la relació entre el llamp i el tro			
de les ones			
del tractament d'una crisi cardíaca amb el desfibril·lador			
del funcionament del GPS			
del nostre "cos elèctric"			

4.1 Llamps i trons... llum i so

El repte de mesurar la velocitat del so

És evident que el so viatja molt ràpid per l'aire. La seva velocitat la pots trobar buscant una mica, però...

2. què se t'acut que hauries de fer per poder mesurar-la tu mateix?

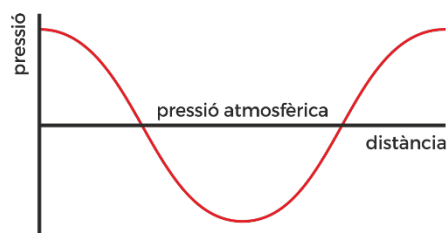
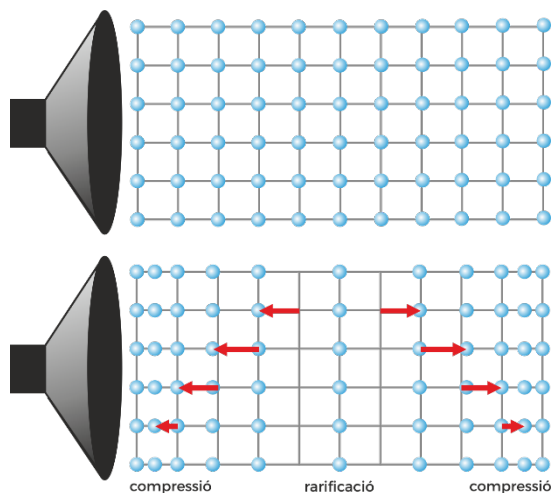
La llum va més de pressa que el so

Què és el so?

Molta gent s'espanta més dels trons que dels llamps. No hauria de ser així: heu vist que el perill real són els llamps. Però és cert que el so que ens arriba a l'oïda impressiona. Si un so és molt intens, ens poden fer mal les oïdes... Se'ns podria arribar a trencar el timpà!

3. Parlem, doncs, del so.

- Què representa aquestes dues figures? (recorda que l'altaveu té una membrana que vibra... i que el timpà de la nostra oïda també vibra).
- Sabem prou bé que les molècules de l'aire estan desordenades. Per què creus que aquí les hem volgut dibuixar ordenades?
- En el primer dels dibuixos assenyala una molècula de l'aire i dibuixa la seva trajectòria quan li arriba el so (deixem de banda l'agitació tèrmica de les molècules).
- El so és una ona longitudinal o transversal?
- Explica tot el que fa possible que sentim el soroll del tro.
- Què canvia en la gràfica de sota a mida que va passant el temps?

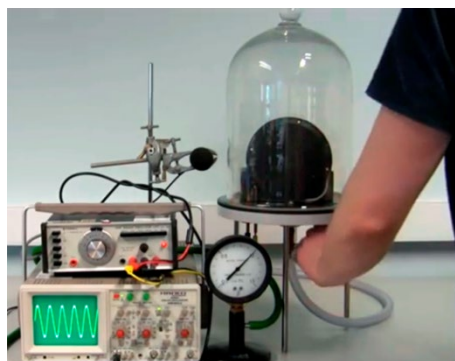




Mireu-vos ara aquest experiment:

<https://www.youtube.com/watch?v=TnPS3ZpKmcM>

g) Pots descriure i interpretar el que ha passat?



(youtube)

Ara ens cal saber-ne més.

4. Entre dues classes veus des de la finestra de la teva aula que hi ha un company teu al pati. Voldries que et veiés, però ell està distret amb altres coses.

a) De totes aquestes maneres de comunicar-te amb ell, i més que se us poden acudir, quines impliquen haver de transportar matèria i quines no?

Maneres de fer que se n'adoni	Transporta matèria?	Són ones?
Enviar-li una carta		
Fer-li senyals amb un mirall i la llum del Sol		
Fer-li un crit		
Enviar-li un whatsapp		
Trucar-lo per telèfon		
Escriure un missatge en un avió de paper i enviar-li		

Hi ha una manera de transferir energia sense que haver de transportar cap material. És mitjançant una **ona**.

Com les del mar, totes les ones consisteixen en la **propagació d'una oscil·lació** o *vibració*.

Llampecs (llum) i trons (so) són maneres de *transferir l'energia* de les descàrregues elèctriques sense transferir matèria: impacten en els cossos, els mouen, els escalfen. Però la matèria segueix allà mateix on era!

b) Completa el quadre anterior concretant quins casos són ones i quins no.

Amb els terratrèmols passava el mateix, ho recordeu?

c) Estableix similituds i diferències entre els terratrèmols i els sons.

semblances	diferències

d) Estableix també diferències entre la llum i el so.

semblances	diferències

e) Si el llamp dura una fracció de segon, per què sovint el tro comença de cop però pot durar uns quants segons fins que es va esvanint?



**5. Aquestes són algunes velocitats de propagació de diverses ones, en m/s:**

So a l'aire a 0 °C	331,3
So a l'aire a 20 °C	343,2
So a l'aire a 40 °C	354,7
So a l'aigua a 20 °C	1481
So al ferro a 20 °C	5800

Ones sísmiques P a la superfície	6000
Ones sísmiques S a la superfície	2500
Llum en el buit	299 792 458
Ones electromagnètiques en el buit	299 792 458

- a)** Per què la velocitat del so a l'aire augmenta amb la temperatura?
- b)** Per què el so viatja més ràpid per l'aigua que per l'aire?
- c)** Per què el so es transmet amb més rapidesa per ferro que per l'aigua?
- d)** Per què les ones P (longitudinals) són més ràpides que les S (transversals)?
- e)** Utilitzant només una xifra significativa, compara la velocitat de la llum amb la del so.
- f)** Hem vist caure un llamp i, al cap de sis segons, hem sentit el so. A quina distància de nosaltres ha caigut el llamp? En aquest càlcul, podem suposar que la llum ha arribat a l'instant?
- g)** El 1861 el físic escocès James Clerk Maxwell va descobrir, a partir de les seves equacions, que era possible crear ones electromagnètiques, que es propagarien a uns 300 000 km/s. Per què va deduir que la llum havia de ser una ona electromagnètica?

Què caracteritza un so?

No és el mateix un tro que un xiuxiueig, ni el so del piano que el de la trompeta, ni la veu d'un baix que la d'una soprano.

6. Si el so és una ona, què diferencia tots aquests sons que percebem com a diferents?

- a) Clicant en aquesta adreça https://phet.colorado.edu/sims/sound/sound_ca.jar us podreu baixar i executar (si teniu instal·lat el Java) un simulador interactiu.
- b) A la pestanya "Una única font" podreu investigar els efectes d'augmentar l'amplitud de l'ona (A). Quin és l'efecte sonor de canviar l'amplitud?
- c) Quin és l'efecte sonor de canviar la freqüència (f)?
- d) La separació entre dues oscil·lacions seguides s'anomena **longitud d'ona** (λ , una lletra de l'al·fabet grec anomenada 'lambda'). Què li passa a la longitud d'ona quan varieu la freqüència?
- e) Pots recollir tots aquests resultats en aquesta taula:

Tipus de so	A	f	λ
Fort			
Fluix			
Greu			
Agut			





7. Pel que fa a distingir instruments:

a) De nou, baixeu i executeu una simulació: https://phet.colorado.edu/sims/fourier/fourier_en.jar

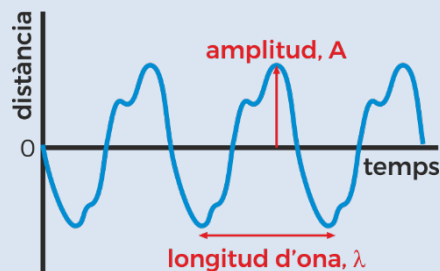
b) Treballant amb la pestanya 'Discrete', a la gràfica 'Amplitudes' podeu controlar l'amplitud de diverses ones anomenades **harmòniques**. Comproveu (a la gràfica 'Harmonics') que A_1 té el doble de longitud d'ona que A_2 , A_2 el doble que A_3 , i així successivament. A la gràfica 'Sum' veureu la suma dels harmònics que hi aneu posant: aquesta és l'ona que realment sentiu (activeu breument la casella 'Sound').

c) Haureu de crear els sons de la taula següent amb els corresponents harmònics. Descriviu la classe de so que és: us recorden algun instrument o font de so?

Harmònics	Suma	Descripció del so

En definitiva, els sons es distingeixen per tres propietats:

- **Amplitud, A .** És la meitat del desplaçament d'un dels punts en vibració. A més amplitud, més fort serà el so. Com que és una longitud, es mesura en metres.
- **Longitud d'ona, λ .** És la distància entre dos punts consecutius que estan en el mateix estat de la vibració. També es mesura en metres. Com més longitud d'ona, més greu és el so.
- **Timbre.** És la forma de l'ona, suma dels seus harmònics. És el que permet distingir una veu o un instrument d'un altre.



Encara hi ha una altra propietat, profundament relacionada amb la longitud d'ona.

- **Freqüència, f .** Són les oscil·lacions o vibracions que es fan en un segon.
La unitat és el **hertz, Hz**.

8. Vegem la seva relació amb la longitud d'ona.

- a)** Què pots dir de la freqüència d'una nota musical amb una longitud d'ona gran?
- b)** Com serà aquesta nota, greu o aguda?

La nota La_3 serveix de referència per afinar els instruments musicals. S'ha convingut internacionalment que tingui una freqüència exacta de 440 Hz; partir d'aquest valor surten les freqüències de totes les altres notes.

- c)** Suposarem que avui el so viatja per l'aire a 345 m/s. Si l'oboè, ben afinat, toca el La_3 durant un segon, quantes vibracions haurà fet?
- d)** Quina distància ocuparan totes elles a l'aire?
- e)** Quina distància ocuparà cada vibració?
- f)** Quina, doncs, serà la longitud d'ona?
- g)** Pot escriure una relació general entre la velocitat de l'ona, v , la seva freqüència, f , i la seva longitud d'ona, λ ?



Oboè de l'època barroca.
En una orquestra, abans de començar un concert, tots els instruments s'afinen a partir del La_3 que dona l'oboè.
(wikimedia)



4.2 Sempre en contacte, sempre situats: la màgia del mòbil i del GPS

Això d'enviar energia a distància en forma de llum sembla el més senzill del món. Però va costar d'entendre perquè té uns comportament ben inesperats.

Què és la llum?

La naturalesa de la llum ha estat un tema d'estudi dels científics des dels inicis de la ciència.

Isaac Newton i el filòsof francès René Descartes es pensaven que la llum era un doll de **partícules** que es vessaven des dels objectes lluminosos, com les flames, les espelmes enceses o el Sol. Però no van poder explicar de quina classe de partícules es tractava.

A la mateixa època, Christian Huygens, un científic holandès, va proposar que l'energia associada a la llum es propagava com una **ona**, sense que llavors li fessin gaire cas. Però es pensava que era una vibració d'un medi universal (l'èter) que va resultar inexistent.

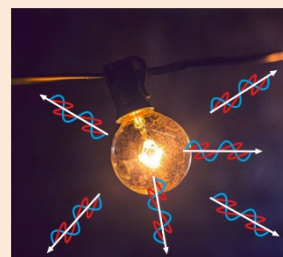
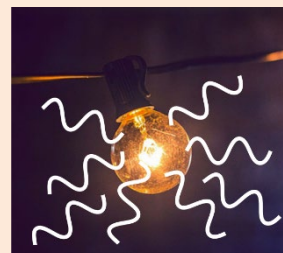
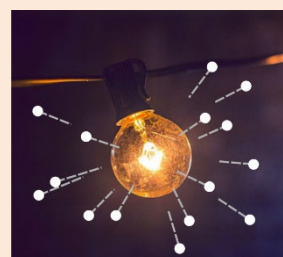
El segle XIX, després de nombrosos experiments, els científics van arribar a la conclusió que la llum havia de ser, efectivament, una **ona electromagnètica**, unes oscil·lacions elèctriques i magnètiques que es propaguen pel buit. Sorprenentment, la llum té relació amb els imants i les càrregues elèctriques!

Si la llum són ones, ens podem preguntar quines són les seves longituds d'ona. Les mesures ens donen un valor tan increïblement petit que s'ha de mesurar en nanòmetres ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). La llum vermella té una longitud d'ona de **700 nm** i la de color violat, **400 nm**. Entremig hi ha totes les llums que els nostres ulls són capaços de percebre.

S'ha arribat a mesurar amb exactitud la velocitat de les ones de llum, que és d'uns **$3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$** . A aquesta velocitat es triga una mica més d'un segon per anar de la Terra a la Lluna!

Però aquesta velocitat té una propietat sorprenent. Si passa un cotxe per l'autopista, des de terra podem mesurar la seva velocitat, per exemple amb un radar. Si muntem el radar en un cotxe que corre darrera seu, ens donarà una velocitat menor, però si hi anem de cara serà més alta. Tot això ens sembla ben normal, oi? En canvi, tractant-se de la llum passa una cosa increïble: si mesurem la seva velocitat des d'un lloc immòbil, anant en la seva direcció o anant en contra... sempre surt **el mateix valor!** Això no pot ser!

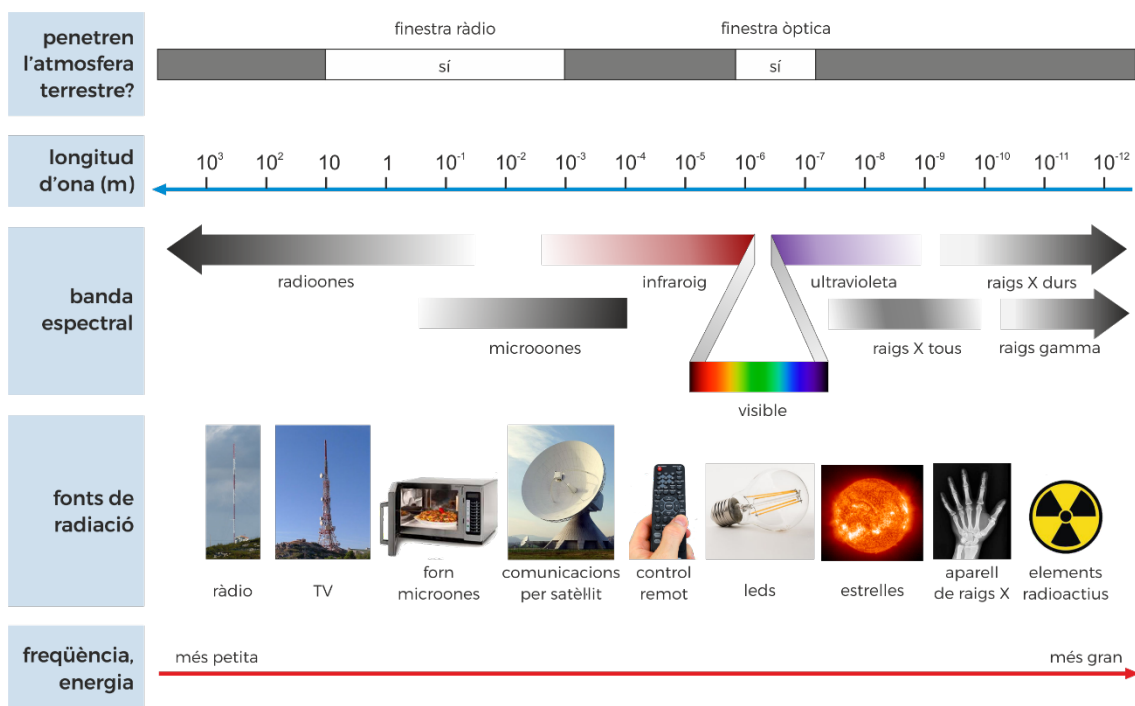
Sembla que no pugui ser, però com que efectivament és així, cal acceptar-ho amb les seves conseqüències. És el que va fer Albert Einstein, i ho va sistematitzar en la seva teoria especial de la **relativitat** del 1905. Des de llavors sabem que tant la llargada d'un objecte com el ritme del temps depenen de la velocitat que portem. Ni la ciència ficció s'ho havia imaginat!



Hi ha més ones electromagnètiques?

Si la llum visible són ones electromagnètiques d'entre 400 i 700 nm ens podem preguntar com deuen ser i què deuen fer les que tinguin altres longituds d'ona, saben que amb els nostres ulls no les veurem. Hauríem de buscar altres aparells per percebre-les.

El cas és que actualment ja coneixem tota mena d'ones electromagnètiques, amb totes les longituds d'ona possibles. Les reunim en l'anomenat **espectre electromagnètic**, format per diferents **bandes espectrals**:



Recordem que ja havíem trobat la relació entre freqüència i longitud d'ona:

$$\text{longitud d'ona (m)} = \frac{\text{velocitat de l'ona (m/s)}}{\text{freqüència (Hz)}} \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

9. Ara ens serà útil per pensar sobre l'espectre electromagnètic. Calcula, si cal, les longituds d'ona corresponents a cadascun dels casos següents per dir finalment a quina banda espectral pertanyen (velocitat de la llum, $3 \cdot 10^8$ m/s):

a) Els mòbils 5G (de la cinquena generació), treballen en freqüències entre els 700 i els 4700 MHz.	
b) Es considera que les perilloses radiacions ionitzants comencen a longituds d'ona a partir de 124 nm.	
c) Un forn de microones escalfa amb ones de 2,5 GHz.	

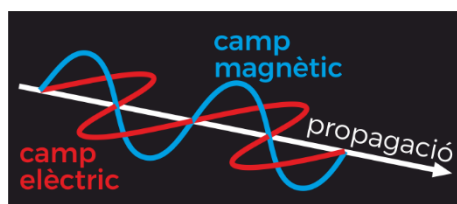


10. Més preguntes sobre l'espectre electromagnètic:

- a) Per què la fletxa que indica augment de longituds d'ona va a la inversa que la de les freqüències?
- b) Per què deu ser que les longituds d'ona grans tenen poca energia?
- c) Quins són els dos tipus d'instruments que tenim per captar ones de l'Univers des de la superfície de la Terra?
- d) Què han de fer els científics per captar radiacions espacials que no travessen l'atmosfera?
- e) Veus alguna relació general entre la mida de l'antena emissora i la longitud d'ona?

Però què és una ona electromagnètica?

Quan es propaga una ona electromagnètica no hi ha cap cos vibrant o oscil·lant i per això es poden propagar a través del buit de l'espai. Una ona electromagnètica consisteix en dos camps de forces, un d'elèctric i un de magnètic, que canvien constantment de valor. Podríem dir que l'ona està formada per oscil·lacions elèctriques i magnètiques que es generen mútuament.



Com generar una ona de radiofreqüència?

El físic escocès James Clerk Maxwell el 1864 va predir, amb raons teòriques, l'existència d'ones electromagnètiques. El 1888 el físic alemany Heinrich Hertz va ser el primer d'emetre i captar ones de ràdio artificialment. El científic italià Guglielmo Marconi fou el primer d'aconseguir (1895) comunicar un missatge mitjançant ones de ràdio a uns pocs quilòmetres, fins i tot amb turons entremig.

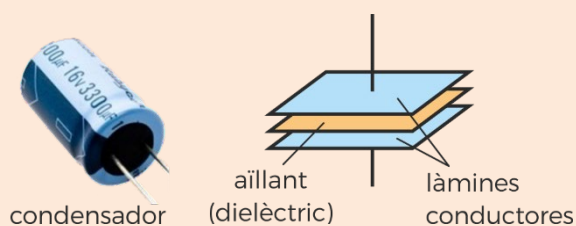
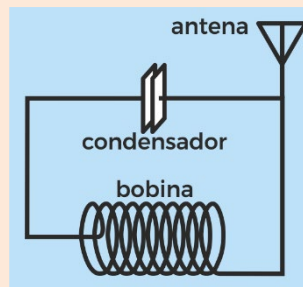
Gràcies a tots aquests progressos pioners, i a molts altres posteriors, avui tenim mòbil, televisió, ràdio, imatges per satèl·lit, sistemes de posicionament, *bluetooth*, intercomunicadors... Tantes ones circulant i, sorprenentment, no interfereixen entre si i segueixen el seu camí, com les ones a l'aigua.

El nostre món no seria com és avui sense unes equacions anotades per Maxwell en un paper.



Emetre i rebre ones de ràdio

Quan separem un gronxador de la vertical i el deixem anar, va oscil·lant cap a un costat i altre. Per fer ones de ràdio s'han inventat circuits que fan una cosa semblant. Fixem-nos en el de la figura. És només la part central d'un circuit més gran que fa que les dues làmines encarades (dispositiu anomenat *condensador*) es carreguin amb càrregues oposades: una làmina positiva i l'altra negativa.



Com que les dues làmines estan connectades mitjançant la bobina, la diferència de potencial de les càrregues del condensador produeix un corrent per compensar-les. És com quan el gronxador, desplaçat cap al costat, se'n va espontàniament cap al centre per perdre altura.

Però quan el corrent passa per la bobina genera un camp magnètic, i aquest camp magnètic actua sobre les càrregues que hi passen... empenyent-les en el seu sentit de moviment. Com en el gronxador, que no s'atura a l'arribar a baix sinó que amb l'energia cinètica que té segueix fins a l'altre extrem. De forma semblant, en el nostre circuit les làmines del condensador acaben carregades de forma inversa a la inicial.

D'aquesta manera l'oscil·lació es pot anar repetint i repetint, sempre amb el mateix ritme, amb la mateixa freqüència. Variant les característiques del condensador i de la bobina s'aconsegueix canviar la freqüència d'oscil·lació del circuit.

Igual que la fricció anirà aturant el gronxador perquè li pren energia, en el circuit la resistència produirà el mateix efecte. Tant en un cas com en l'altre podem mantenir indefinidament les oscil·lacions si a cada oscil·lació hi aportem l'energia perduda: és el que fem quan empenyem el gronxador a cada oscil·lació; en el circuit oscil·lant, la resta del circuit fa una tasca semblant.

L'antena —que va canviant el seu voltatge igual com ho fa la placa del condensador a la qual està connectada— va emetent ones electromagnètiques al mateix ritme que oscil·la el circuit, amb una freqüència constant.

En un receptor de ràdio, amb un circuit semblant a l'emissor, les ones de ràdio fan oscil·lar els seus electrons al ritme que elles marquen. Però com que hi arriben moltes ones, s'amplifiquen només els corrents que tenen la mateixa freqüència d'oscil·lació que el circuit receptor. Empenyent el gronxador a qualsevol ritme l'acabarem aturant, però amb empentes poc importants ben sincronitzades amb el ritme d'oscil·lació propi del gronxador, aconseguirem grans oscil·lacions: un fenomen anomenat *ressonància*.

Per captar una emissora diferent caldrà modificar les característiques del condensador o de la bobina i variar així la freqüència pròpia del circuit fins que *ressoni* amb l'ona de l'emissora que busquem.

Així és com funciona la ràdio d'amplitud modulada (AM). Les d'FM i les digitals ja són una altra història...

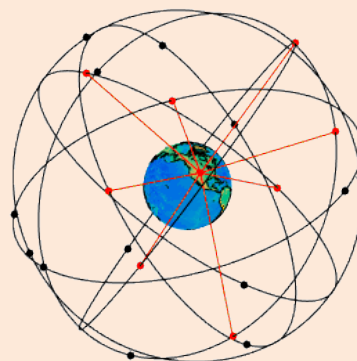




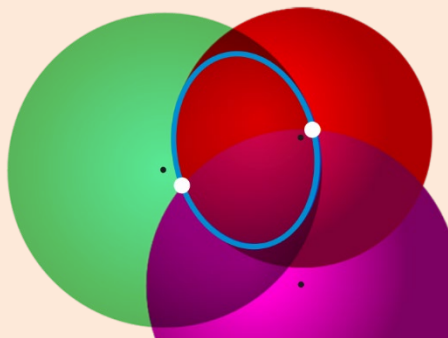
Com ens situem amb un GPS? No és pas màgia!

Possiblement heu vist com és de fàcil determinar la nostra posició mitjançant un sistema de geolocalització com el GPS. És una altra aplicació sorprenent de les ones electro-magnètiques.

Un conjunt de satèl·lits en òrbita entorn de la Terra, emeten constantment senyals amb informacions de temps i de posició propis que el nostre mòbil capta per calcular la distància a alguns d'aquests satèl·lits: en l'exemple de la figura s'ha establert contacte amb 8 d'ells. De fet, poder per calcular on som el nostre aparell necessita rebre informació d'un mínim de quatre satèl·lits.



Per què de quatre? Ho entendrem amb aquest dibuix amb esferes. Quan el mòbil ha calculat la distància a un satèl·lit vol dir que som en algun punt de la superfície d'una esfera (per exemple, la verda) amb aquest radi i centre en el satèl·lit (punt negre). Coneixent la distància a un segon satèl·lit, hem de ser alhora a la superfície de les dues



esferes (hi afegim la vermella). La seva intersecció dibuixa una circumferència (color blau) i podem ser en qualsevol dels seus punts. Podem precisar la nostra posició amb un tercer satèl·lit? No del tot, perquè la intersecció de la nova esfera (morada) amb la circumferència dona... dos punts! (punts blancs) Com podem saber en quin dels dos som? Doncs amb un quart satèl·lit. La intersecció de les quatre esferes donarà –si hi ha sort– un sol punt. Però si connectem amb més satèl·lits, podrem millorar la precisió de la localització.



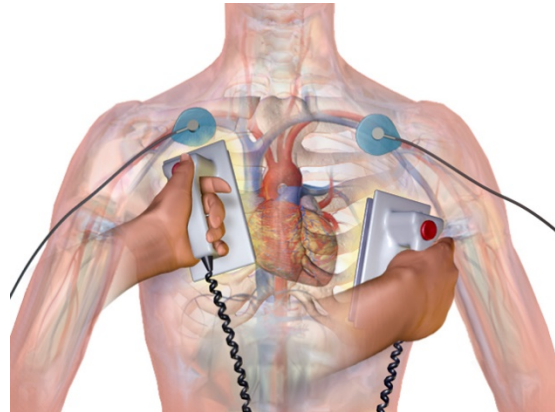
4.3 Una aturada gairebé fatal: el desfibril·lador i els marcapassos

A l'hospital tot estava preparat, però el pacient va empitjorar de cop. L'aparell que marcava el seu ritme cardíac va començar a xiular. Infermers i metgesses van córrer cap al pacient. Tot indicava que estava patint una aturada cardíaca. Calia aplicar una estimulació elèctrica als músculs del cor perquè tornessin a bategar amb el seu ritme normal.

L'infermer sostenia damunt del pit del pacient dues plaques, una amb cada mà, connectades amb cables a un aparell elèctric.

Quan distretament les va posar en contacte va saltar una guspira, com un petit llamp!

El seu ajudant es preguntava com podia ser que la mateixa electricitat segons com et pugui matar i segons com salvar-te la vida...!



(Wikimedia)

L'aparell que va servir per reanimar-lo és un **desfibril·lador**. Genera diferències de potencial elevades entre les dues plaques, entre 1000 i 5000 V, que s'apliquen durant temps molt breus: un màxim de 10 ms. L'energia que es transfereix a les cèl·lules de la musculatura cardíaca és d'uns 400 J

De fet, la intensitat del corrent produït és molt petita però suficient per ajudar a reprendre les pulsacions del cor. Li dóna una bona sacsejada!

PER APROFUNDIR-HI

Com podem ajudar un cor amb problemes fent servir electricitat? (1)

11. Busca informació sobre alguns aspectes a conèixer:

- a) Què és un desfibril·lador automàtic? De què consta? Quan s'ha de fer servir? Qui? Quins passos s'han de seguir? Quins serien els efectes de no respectar cadascuna de les condicions?
- b) Quan ja ho tinguis prou clar, prepara una bona presentació per als teus companys. Explica també d'on has tret la informació.



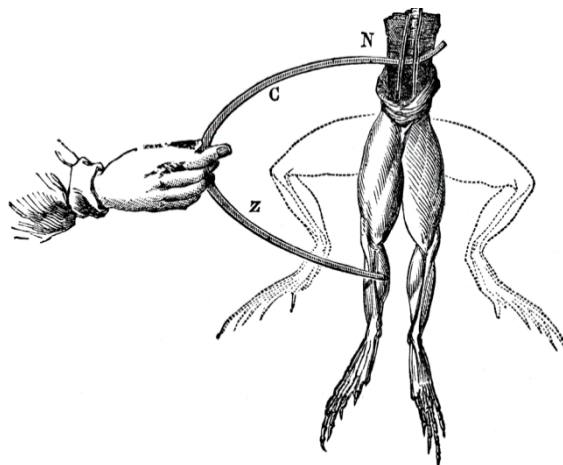


El nostre cos és un conductor elèctric?

El segle XIX el físic italià Galvani va observar que si es connectava els nervis de la cuixa (N) d'una granota a un metall (C) i simultàniament els músculs a un altre metall (Z), quan els dos metalls es posaven en contacte la cuixa realitzava contraccions com si fos viva. Galvani va concloure que el moviment dels músculs es pot estimular amb un corrent elèctric.

Pel que fa a la interacció amb el corrent elèctric, no som pas diferents de la granota!

Setmanes enrere ja vam investigar sobre materials conductors i aïllants. Ara podem ampliar la recerca per saber si els organismes són –som, també!– conductors.



(Wikimedia)

12. Us proposem aquest experiment:

Què necessiteu?

- un tros petit de cansalada
- el circuit que heu muntat per comprovar conductors (o bé un ohmímetre)
- vas (o un altre recipient) de vidre
- aigua, sal

Què fareu?

De la mateixa manera que heu esbrinat quins materials són conductors i quins no, feu-ho ara amb el tros de carn.

Proveu també si la conductivitat canvia comparant quan la carn està ben eixuta, quan està mullada amb aigua i quan està mullada amb aigua i una mica de sal.



a) Quines dades heu obtingut?

b) Quina conclusió en treus?

PER APROFUNDIR-HI**Com podem ajudar un cor amb problemes fent servir electricitat? (2)**

13. Busca informació sobre alguns aspectes a conèixer:

- a) Què és un marcapassos? Com funciona? Qui els instal·la? Com? En quins casos està aconsellat?**
- b) Finalment prepara'n una presentació ben atractiva per als teus companys. Que no hi falti especificar quines han estat les teves fonts d'informació.**

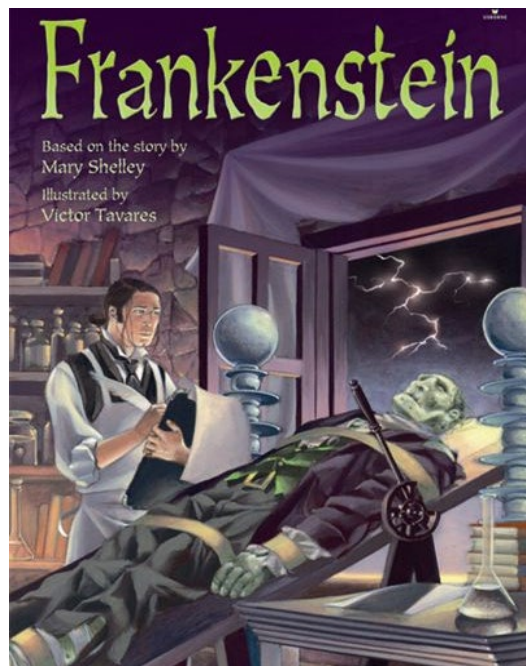


(Wikimedia)

Una història de ficció

Segur que aquesta imatge us suggereix o recorda una famosa història de ficció. El llibre "*Frankenstein*" de l'escriptora anglesa Mary Shelley (1797-1851) es considera la primera novel·la de ciència ficció.

Un dels aspectes notables d'aquesta narració és l'actitud del científic respecte de la criatura que ha creat, i també la pena i el desarrelament que aquesta actitud provoca en aquest home confectonat artificialment. Aquest desarrelament acabarà fent-lo tornar violent.



14. Ara ja pots contestar aquestes preguntes:

- a) És possible que un conjunt de descàrregues elèctriques reanimin un cos mort?**
- b) Quins efectes més probables tindria un llamp sobre una persona? (Busca en aquesta mateixa unitat algunes dades sobre l'energia d'un llamp).**
- c) Què en penses del missatge implícit de la novel·la?**



Resolem el repte de mesurar la velocitat del so

15. Ara que ja en saps més sobre ones, de quina manera mesuraràs la velocitat del so a l'aire? (Si et serveix d'inspiració, pensa en un mòbil amb càmera, un petard i un programa editor de vídeo...)

- a)** Quin mètode has utilitzat?
- b)** Quines dades has obtingut?
- c)** I quin ha estat el resultat? Coincideix amb les dades públiques?

Què has après en aquesta unitat?

Ara ja hem arribat al final de la unitat i convé que comproveu el que heu après sobre els fenòmens elèctrics, alguns d'ells naturals –com el llamp– i altres d'artificials, provocats amb aparells.

Hem interpretat fenòmens derivats de les càrregues en els materials i ens ha sorprès saber que la matèria és elèctrica. Hem fabricat instruments per observar fenòmens elèctrics, podem determinar quins materials són conductors i quins no ho són, sabem construir circuits i coneixem els símbols, les magnituds i lleis que permeten descriure'ls, podem interpretar les interaccions que hi observem, sabem mesurar diverses magnituds elèctriques, coneixem generadors de corrent (amb bobines i imants, electromagnètics) i com es poden gestionar els canvis per fer-los més útils gràcies a l'electricitat. També som conscients de l'impacte de l'electricitat en els organismes.

Finalment ens hem preguntat sobre la peculiar manera de rebre a distància els efectes de la descàrrega elèctrica en una tempesta, gràcies a la llum (ones electromagnètiques) i al so (ones a l'aire).

Podeu ampliar aquestes idees, recordant de manera més detallada la feina feta i identificant quins aspectes domineu bé, i quins no us han quedat clars del tot i haureu d'anar aclarint.





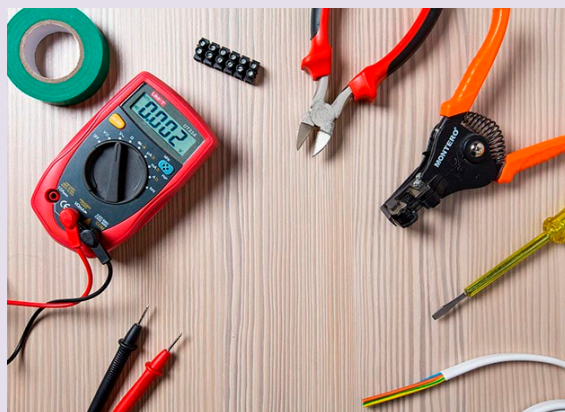
- [illegible]



PER APROFUNDIR-HI Investiguem?

18. Aquestes són algunes recerques individuals o en un petit grup al vostre abast. Quina és la teva preferida per fer-la? Després caldrà presentar-ne els resultats als companys.

- Descriure i justificar el procés de producció d'electricitat en una central. Tria'n un tipus.
- Explicar com circula l'energia en el sistema elèctric d'un cotxe i relacionar-ho amb els canvis que s'hi produeixen i amb l'esgotament de la bateria.
- Construir, amb materials senzills, un amperímetre que funcioni. L'hauràs de *calibrar* per assegurar que les mesures són correctes (què vol dir 'calibrar'?)
- Construir un circuit senzill amb tres o quatre bombetes i mesurar-hi valors de *ddp* i intensitat. Després, deduir valors de les resistències i de la potència consumida per cada bombeta i també relacions entre els valors de *ddp* recollits. També els de la intensitat.
- Construir una cronologia dels grans descobriments en electricitat i magnetisme, fent constar l'any, la persona, el país i descrivint el descobriment.
- Els pots agrupar en diverses revolucions elèctriques i comentar-ne les conseqüències socials?



Efectivament. Els humans hem aconseguit domesticar el llamp. I ho hem fet tan bé que a més a més hem descobert també un munt de fenòmens inesperats i la manera de provocar-los de forma controlada. Només mirant una botiga d'electrodomèstics o els aparells que tenim a casa ens adonem de la multitud de serveis que ens fan l'electricitat i les ones electromagnètiques d'una manera dòcil, discreta i neta. I amb la digitalització, l'electricitat realitza per a nosaltres un munt de tasques que mai no hauríem imaginat.

Però l'electricitat i les ones electromagnètiques, com gairebé tot, també té una cara menys amable.

L'electricitat que encén el llum que ens il·lumina de manera tan estable potser prové d'una central que embruta l'aire o l'aigua o que genera residus radioactius que els nostres descendents hauran de custodiar durant milers d'anys. És transportada en alt voltatge –que pot encendre un bosc si no se'n té prou cura– i arriba a casa on podem rebre una descàrrega perillosa si fem imprudències o no tenim la instal·lació en condicions.

També les ones electromagnètiques ionitzants són perilloses per la salut i per això s'han de tractar sempre amb molta responsabilitat.

L'altra cara del progrés no l'hem de perdre mai de vista.





ANNEX A. Resum de magnituds elèctriques

Magnitud	Símbol de la magnitud	Unitat, símbol [pronúncia]	Situació	Definició	Càlcul
Càrrega elèctrica					
Diferència de potencial entre dos punts (=tensió, voltatge)					
Intensitat de corrent					
Resistència elèctrica					

ANNEX B. Resum de lleis elèctriques

Nom	Situació on és aplicable	Afirmació	Expressió simbòlica	Relació entre unitats	Observacions
Llei de Coulomb					
Llei d' Ohm					
Energia consumida					
Potència consumida					