

TEMA 54 □ Fenòmens, magnituds i lleis fonamentals dels circuits elèctrics

- Naturalesa de l'electricitat.
- Composició de l'àtom. moviment d'electrons.
- Camp elèctric. Força electromotriu.
- Efectes de l'electricitat.
- Corrent elèctric.
 - INTENSITAT. SENTIT. TIPUS.
- Corrent continu i altern.
- Corrent altern. Paràmetres característics.
- Resistivitat. Resistència. Conductors, semiconductors i aïllants.
- Tensió, potència i energia.
- Fenòmen d'inducció. Lleis de faradai i lenz
- Lleis fonamentals
 - Llei d'Ohm. Llei de Joule.
 - Lleis de Kirchoff
 - Teoremes de Thevenin i Norton.
 - Teorema de Superposició.
 - Transformacions Delta-Estrella

Cronologia de descobriments

- 1600. __William Gilbert __
 - __empra el mot __electricitat __ per primer cop i publica l'obra _De Magnete _ on exposa, per primera vegada, la teoria del magnetisme terrestre.
- 1672. Otto von Guericke
 - __Construi la primera __ maquina electrostatica per produir carregues electricques.
- 1745. Pieter van Musschenbroek i Ewald Georg von Kleist
 - __Van inventar el primer condensador __ o ampolla de Leyden.
- 1785. Charles Augustin de __Coulomb __
 - __Va obtenir __ la llei que regeix les atraccions i repulsions entre carregues electricques.
- 1800. Alessandro __Volta __
 - __Construi la pila electrica __ denominada _galvànica. _
- 1826. Georg Simon __Ohm __
 - __Estudia la conduccio __ electrica en els metalls i formula la llei que relaciona les tres magnituds mes importants: _voltatge, intensitat i resistència. _

- 1827. André-Marie __Ampère __
 - __Estudia l'acció __ entre l'imant i els corrents elèctrics i formula les lleis bàsiques de l'electromagnetisme.
- 1831. Michael __Faraday __
 - __Descobri la inducció __ electromagnètica.
- 1845. Gustav Robert __Kirchhoff __
 - __formula les __ lleis de nusos i malles que posteriorment van permetre resoldre circuits complexos.
- 1868. James Clerk __Maxwell __
 - __formula el fonament __ teòric de l'electromagnetisme.
- 1879. Thomas Alva __Edison __
 - __inventa la lampada __ de filament de grafit i desenvolupa l'enllumenat elèctric.
- 1882. __Lucian Gaulard i John Dixon __
 - __van inventar __ el transformador.
- 1884. Heinrich __ Hertz __
 - __demostra que l'electricitat __ es pot transmetre en forma d'ones electromagnètiques que es propaguen a la velocitat de la llum.
- 1887. __Mijail Osipovich Dolivo-Dobrowolski __
 - desenvolupa el sistema de corrent trifàsic.
- 1895. __Wihelm Conrad Röntgen __
 - __descobri els __ raigs X en la descarrega elèctrica en gasos enrarits.
- 1897. Joseph John __Thomson __
 - __estudia les __ propietats de la matèria en relació amb l'electricitat i descobri l'electró com a partícula constituent.

Electroestàtica

- naturalesa de l'electricitat
 - L'àtom serà l'element bàsic de tot el procés, és per això
 - A la natura trobem 111 elements diferents, reflectits a la taula periòdica.
 - L'àtom part més petita d'aquests elements, que manté, però, les seves propietats físiques i químiques.

- **Àtom** significa en grec 'indivisible', i així es va considerar durant molt de temps.
- Posteriorment, els treballs de Rutherford, Bohr i altres investigadors van revelar que està format per partícules subatòmiques molt més petites,
 - com ara els electrons, els protons, els neutrons, els positrons, els mesons, els neutrins, els antiprotons, etc.
- Tot i això, els més importants són els tres primers:
 - Electrons
 - Giren al voltant del nucli i descriuen òrbites el·líptiques i es mantenen en aquestes òrbites gràcies a l'atracció del nucli.
 - La càrrega elèctrica dels electrons és negativa.
 - Protons:
 - formen el nucli de l'àtom.
 - El valor absolut de la seva càrrega elèctrica és igual a la de l'electro però és positiva.
 - Neutrons
 - Partícules elementals sense càrrega, situades al nucli de l'àtom i amb una massa aproximadament igual a la del proto.
 - Cada àtom té el mateix nombre d'electrons que de protons.
- Si càrrega de l'electro és igual que la del protó
 - Àtom elèctricament neutre.
- Electrons sotmesos a
 - Força
 - D'atracció del camp elèctric del nucli
 - De repulsió dels electrons de les capes inferiors (energia potencial).
 - A causa de la seva velocitat tenen també energia cinètica.
 - Si sumem aquestes dues energies obtenim l'energia total de l'electro en una determinada òrbita o capa.
- Com més allunyats estiguin els electrons del nucli
 - + petita serà la força d'atracció d'aquest nucli
 - + petita serà l'energia que li hem de subministrar per vencer la força d'atracció
 - Per fer que salti de l'última capa o capa perifèrica
- L'àtom, en perdre un electro,
 - Queda instantàniament sense equilibri elèctric
 - N° de protons $>$ N° d'electrons.
 - L'àtom restarà carregat positivament i es convertirà en un ió positiu o catió.
- L'àtom captura un electro
 - Queda carregat negativament i es convertirà en un ió negatiu o anió.

Curiositat. Àtom de coure

El coure és un material molt utilitzat en electrotècnica, especialment en la fabricació de cables elèctrics, gràcies a la seva excel·lent conductivitat.

L'àtom de coure conté 29 electrons, distribuïts en quatre òrbites o capes electròniques. Aquesta configuració permet que l'electró més extern, que es troba a l'última capa, es mogui amb facilitat, convertint el coure en un excel·lent conductor elèctric.

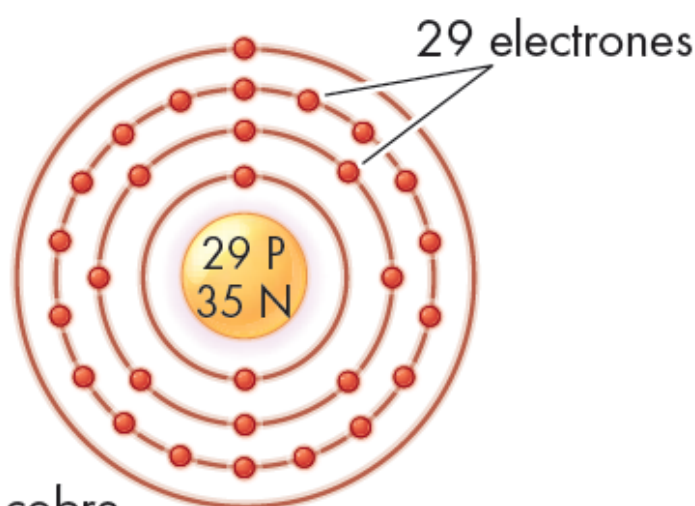
Recuerda



Los **electrones** se distribuyen en órbitas de la siguiente manera:

- 1.ª hasta 2 electrones.
- 2.ª hasta 8 electrones.
- 3.ª hasta 18 electrones.
- 4.ª hasta 32 electrones.
- 5.ª hasta 32 electrones.
- 6.ª hasta 18 electrones.
- 7.ª hasta 8 electrones.

Orbital 1.º	2 electrones
Orbital 2.º	8 electrones
Orbital 3.º	18 electrones
Orbital 4.º	1 electrones



Átomo de cobre

Fig. 1.6. Representación de un átomo de cobre.

Camp elèctric

- Quan col·loquem en una zona de l'espai una carrega electrica es crea una zona d'influencia que es manifesta quan hi acostem una altra carrega i aquesta rep unes forces d'atraccio o de repulsió.
 - La zona en la qual es manifesten aquestes forces s'anomena **camp elèctric** _ (C.E.)_

- C.E. es representa per les **línies de força**
 - __Corresponen als camins que seguiria __ una carrega electrica puntual positiva en ser atreta o repel·lida per la carrega electrica que ha creat el camp
- Podem deduir que la intensitat de C.E. en un punt es d'1 N/C quan
 - En col·locar una carrega d'1 C en aquest camp, rep una força d'1 N.
- Direccio del C.E. en un punt coincideix amb la direccio de la força realitzada sobre una carrega positiva en aquest punt.
- El modul del vector intensitat de C.E. és determinat per la densitat de línies de força.
- **Principi de superposició**
 - Si en lloc d'una carrega puntual, la que crea el camp electric es una distribucio de carregues, la intensitat del camp sera la suma vectorial de les intensitats de camp que creen cadascuna de les carregues.
- El __camp elèctric degut a una càrrega __ Q
 - Regió de l'espai al voltant d'aquesta càrrega on es manifesten les forces d'atracció o de repulsió sobre altres càrregues elèctriques situades en aquest espai.
- __Intensitat de camp elèctric __
 - Creada per una càrrega Q en un punt de l'espai és la força elèctrica que actua sobre una unitat de càrrega situada en aquest punt.

Força electromotriu

- Fonaments
 - Per aconseguir que un corrent travessi de forma permanent un conductor, necessita mantenir un camp elèctric permanent.
 - Això s'aconsegueix mitjançant generadors químics i electromagnètics.
 - En aquests es produeix una transformació d'energia química o mecànica en elèctrica.
- Força electromotriu
 - Es defineix com el treball que el dispositiu elèctric realitza per fer passar pel seu interior una unitat de càrrega positiva, del pol negatiu al pol positiu, dividit pel valor d'aquesta càrrega.

$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dQ}$$

Energia potencial, potencial i D.D.P.

- Energia potencial elèctrica en un punt
 - Treball (canviat de signe) necessari per portar la càrrega des de l'exterior del camp (infinit) fins a aquest punt.
- Potencial elèctric en un punt
 - Treball (canviat de signe) que cal fer per vèncer les forces del camp elèctric, per tal de traslladar la unitat de càrrega positiva des de l'infinit fins a aquest punt
- Diferència de potencial
 - Si partim de l'expressió obtinguda anteriorment en el càlcul de la diferència d'energia potencial elèctrica entre dos punts, tindrem:
 - L'expressió ($V_A - V_B$) es coneix amb el nom de diferència de potencial entre dos punts.

- Diferència de potencial elèctric és el treball per unitat de càrrega elèctrica (canviat de signe) necessari per traslladar una càrrega entre dos punts del camp elèctric.
- La __diferència de potencial entre dos punts A i B__ es el treball (canviat de signe) necessari per traslladar la unitat de carrega positiva des de B fins a A:

Resistivitat i resistència

- **Resistivitat** d'un material
 - La seva capacitat a oposar-se a la circulació del corrent elèctric.
 - Es correspon amb la resistència elèctrica d'un troç de material d'1 m de longitud i d'1 m² de secció
 - S'expressa en ohms per metre ($\Omega \cdot m$, ohmmetre).
 - Permet classificar materials en: Conductors, semiconductors i aïllants
 - Es correspon amb l'invers de la **conductivitat** elèctrica de material
- **Resistència** elèctrica
 - Grau d'oposició que oposa un objecte al pas del corrent elèctric.
 - La unitat del Sistema Internacional és l'ohm
 - Se simbolitza amb la lletra grega omega majúscula (Ω)
 - La seva recíproca és la **conductància** elèctrica s mesura en siemens.

Corrent elèctric. Intensitat de corrent

- Magnitud que ens dona una idea de la quantitat d'electrons que passen per un conductor en un temps determinat
- Si la carrega electrica que circula per un conductor es constant,
- Intensitat del corrent elèctric (I)
 - És la quantitat de càrrega elèctrica que passa per una secció transversal d'un conductor en la unitat de temps.
- Unitats
 - La intensitat es mesura en amperes (A).
 - S'utilitzen també els seus múltiples i submúltiples
- On
 - Q: carrega electrica en coulombs [C].
 - I: intensitat electrica en amperes [A].
 - t: temps en segons [s].

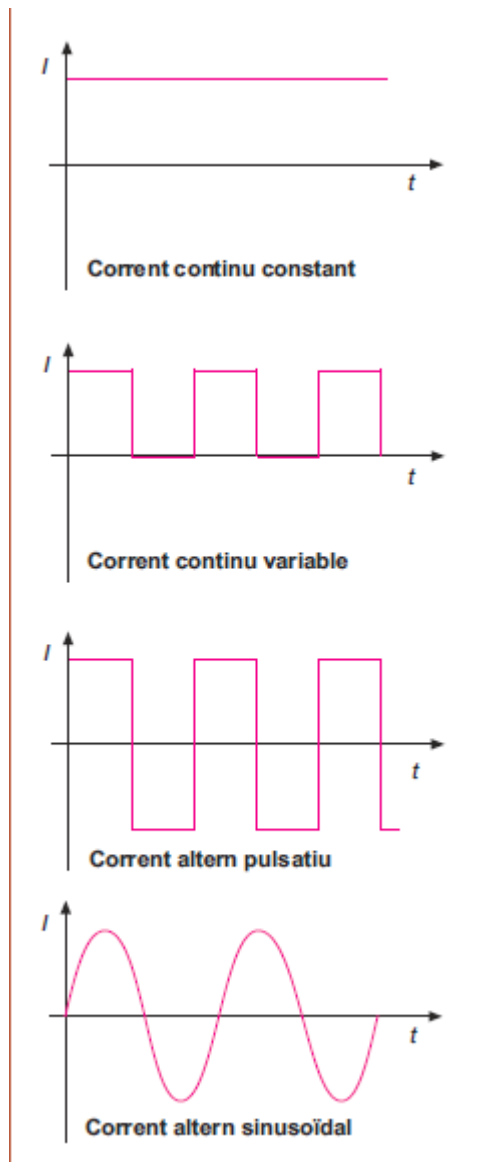
$$I = \frac{Q}{t}$$

Corrent elèctric. Sentit

- Corrent electric
 - Moviment d'electrons per un conductor
 - Surten del pol negatiu (-) i es dirigiran, cap al positiu (+)

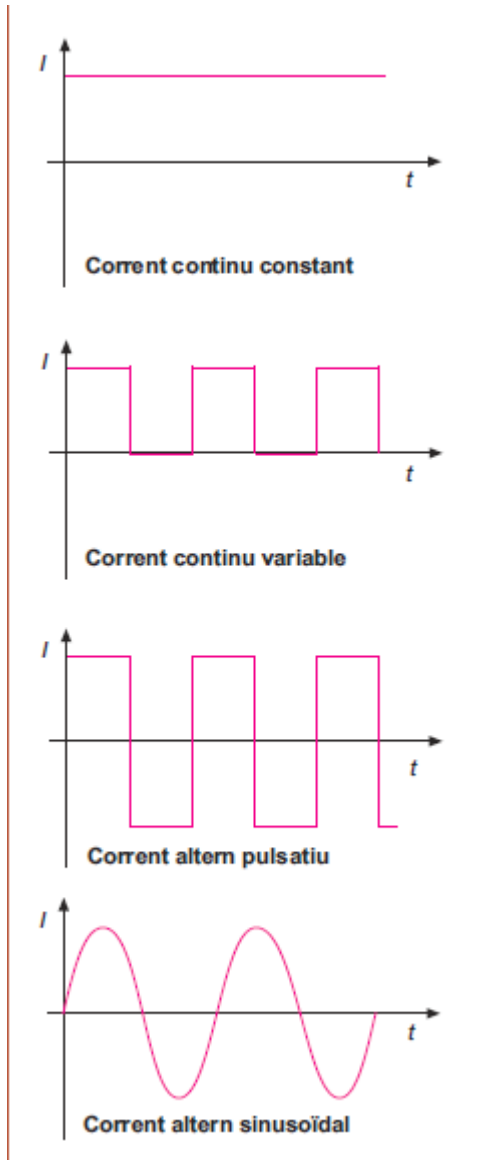
- Circulant en sentit contrari a les línies del camp elèctric.
- A la pràctica
 - S'utilitza el sentit contrari, anomenat **sentit convencional**
 - És el que va escollir Michael Faraday abans de conèixer que el corrent era el moviment de càrregues elèctriques negatives
 - No s'alteren els resultats finals i els esquemes lògics de raonament a vegades són més senzills.

Corrent elèctric. Tipus



- Segons com sigui el flux de càrregues podem tenir diferents tipus de corrent elèctric
 - Corrent **continu** constant
 - Aquell en què el flux de càrregues o electrons és constant en tot moment i no canvia de sentit.
 - Corrents **variables**
 - Corrents elèctrics la intensitat dels quals és variable en el temps es denominen.
- Tipus de corrents variables
 - segons la seva variació en el temps i el sentit de circulació.

- Si el sentit de circulació del corrent elèctric sempre es el mateix
 - Direm que es tracta d'un corrent **continu** variable en el temps.
- Si el sentit de circulació del corrent elèctric es alternatiu
 - Sera corrent **altern** i el seu nom dependrà de la forma del senyal.
 - El més utilitzat es el
 - sinusoidal (forma de la funcio sinus) i el pulsatiu.



Conductors, aïllants i semiconductors

- Introducció
 - En l'estructura de la matèria, els àtoms tenen electrons orbitant al voltant del nucli en diverses capes
 - Els electrons de la darrera capa són els que provoquen que un material sigui conductor, semiconductor o aïllant
- Tipus de materials
 - **Conductors**
 - És fàcil extreure d'ells els electrons de la seva darrera capa
 - Ex: Els metalls

- **Aïllants**
 - És difícil extreure electrons de la seva darrera capa (normalment tenen 8)
 - Solen estar complets o units a altres àtoms mitjançant enllaços forts
 - Ex: Els plàstics i la fusta
- **Semiconductors**
 - Al comunicar energia, podem obtenir alguns electrons de la seva darrera capa
 - Es pot aconseguir el fluxe dels mateixos
 - Ex: Silici i germani

Tipus de conductors (II)

En els metalls, els àtoms es disposen en posicions fixes i ordenades, formant una estructura geomètrica molt rígida. Aquests àtoms tenen pocs electrons a l'última capa electrònica, la qual es troba relativament allunyada del nucli. Per aquesta raó, els electrons més externs queden poc subjectes al nucli atòmic.

Els electrons externs poden moure's lliurement i de manera desordenada pel metall; aquests es denominen **electrons lliures**. Aquest conjunt, format per cations fixos i electrons lliures, és el que constitueix l'enllaç metàl·lic. A més, els electrons lliures són responsables de les excel·lents propietats conductores dels metalls, tant d'electricitat com de calor.

Inducció electromagnètica

L'inducció electromagnètica és el fenomen en què un canvi en el flux magnètic a través d'una espira genera una força electromotriu (fem). Aquest procés es regula mitjançant les lleis de Faraday i Lenz.

Llei de Faraday

- La **força electromotriu (fem)** induïda en una espira és igual a la **taxa de canvi** al llarg del temps del flux magnètic a través de l'espira.
- La direcció d'aquesta força electromotriu és **oposada** a la causa que la produeix.
- En el cas d'una **bobina inductora** amb **N voltes** de fil, la fórmula es modifica per tenir en compte el nombre de voltes.

Llei de Lenz

- La **força electromotriu** o els **corrents induïts** seran generats en una direcció tal que **s'oposin** a la variació del flux magnètic que els ha creat.
- Aquesta llei és una conseqüència del **principi de conservació de l'energia**.
- Rep el nom en honor del físic alemany **Heinrich Lenz**, qui la va formular el **1834**.

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Corrent altern. Valors característics

- Freqüència

- El nombre d'oscil·lacions per unitat de temps
- Es mesura en Herz.
- Període
 - És el temps transcorregut entre dos punts equivalents de l'oscil·lació
 - Equival al temps necessari per completar una oscil·lació
 - Es mesura en segons
- Valor eficaç
 - Atès que la meitat del temps és positiu i l'altra meitat negatiu en oscil·lar entorn de zero,
 - Una magnitud sinusoidal té un valor mig durant un període T igual a **zero**.
 - Per aquest motiu la magnitud mesurable és el que s'anomena valor eficaç entès com la mitjana quadràtica.
- Valor mitjà
- Factor de forma
 - Ve donat per la relació entre el valor eficaç i el valor mitjà.

Llei d'Ohm

Llei d'Ohm

La Llei d'Ohm descriu la relació entre la tensió, el corrent i la resistència en un circuit elèctric. A continuació, es presenten els seus conceptes clau:

- **Definició:**

- *El corrent que travessa un circuit elèctric és directament proporcional a la diferència de potencial (tensió) que hi ha entre els seus extrems i inversament proporcional a la resistència del circuit.*

- **Expressió matemàtica:**

- La Llei d'Ohm s'expressa amb l'equació: $V = I \cdot R$ On:
 - **V**: Caiguda de voltatge o diferència de potencial (en volts, V).
 - **I**: Corrent elèctric (en amperes, A).
 - **R**: Resistència elèctrica (en ohms, Ω).

- **Resistència elèctrica (R):**

- Aquesta equació determina la constant de proporcionalitat **R**, que és la resistència elèctrica del circuit.
- En circuits amb resistències, superar certs límits pot provocar una **pèrdua de proporcionalitat directa** a causa de l'efecte Joule.

- **Unitats al Sistema Internacional (SI):**

- Corrent: **Ampere (A)**.
- Diferència de potencial: **Volt (V)**.
- Resistència: **Ohm (Ω)**.

- **Història:**

- Rep el seu nom en honor al físic alemany **Georg Ohm**.
- L'any **1827**, Ohm va publicar un tractat amb:
 - Experiències i mesures sobre l'aplicació de diferents voltatges i corrents a circuits simples amb diverses longituds de cable.

Lleis fonamentals. Lleis de Kirchhoff

- Lleis de **Kirchhoff**
 - Tracten de la conservació de la càrrega i l'energia als circuits elèctrics
 - Foren descrites per primera vegada el 1845 pel físic alemany Gustav Robert Kirchhoff.
 - Ambdues lleis poden ser deduïdes de les equacions de Maxwell.
 - Kirchhoff precedí a Maxwell i generalitzà el treball de Georg Ohm.
- 1ª Llei: Llei dels nodes (Conservació de la càrrega)
 - En qualsevol punt d'un circuit elèctric on la densitat de càrrega no canvia amb el temps, la suma dels corrents que flueixen cap a aquell punt és igual a la suma de corrents que surten d'aquell punt.
- 2ª Llei: Llei de les malles (Conservació de l'energia)
 - La suma algebraica (amb signe) de totes les diferències de potencials al voltant d'un circuit ha de ser zero.

Teoremes de Thevenin i Norton

- Teorema de **Thevenin** per a circuits elèctrics
 - Redescobert en 1883 per l'enginyer francès de telègrafs Léon Charles Thévenin.
 - Un circuit de fonts de voltatge i resistències poden ésser convertides a un equivalent thevenià.
 - Es una tècnica de simplificació emprada en l'anàlisi de circuits
- Enunciat
 - Qualsevol combinació de fonts de voltatge, fonts de corrent i resistències amb dos terminals és elèctricament equivalent a una única font de voltatge V i una única resistència R .
- Teorema de **Norton**
 - El teorema fou publicat en 1926 per l'enginyer Edward Lawry Norton (1898-1983), dels Laboratoris Bell.
- Enunciat
 - Qualsevol conjunt de fonts de voltatge i resistències amb dos terminals és elèctricament equivalent a una font de corrent I en paral·lel amb una única resistència R .

Llei de Joule

- La quantitat de calor originada en una resistència, al pas d'un corrent a través d'ella, es directament proporcional a

- El quadrat de la intensitat del corrent que el travessa
- Al temps que aquest la recor
- La quantitat de calor en Joules
- En **calories** , seria:
 - $Q = 0,24 \cdot i^2 \cdot R \cdot t$

$$Q = I^2 \times R \times t$$

Lleis fonamentals

- Principi de superposició
 - L'efecte que dos o més fonts tenen sobre una resistència és igual, a la suma de cada un dels efectes de cada font presos per separat, substituint totes les fonts de tensió restants per un curt circuit.

Transformació Delta-Estrella

Efectes de l'electricitat

- Corrent electric, al seu pas per un receptor o un conductor, pot produir els efectes:
 - **Efecte calorífic**
 - __En passar el corrent electric per un conductor, aquest s'escalfa. __
 - Es el principi del funcionament de les lampades d'incandescencia, estufes, fogons, forns electrics, escalfadors, etc.
 - **Efecte magnètic**
 - __Quan un corrent circula per un conductor, crea al seu voltant un camp magnetic __
 - Aquest camp servira, com veurem mes endavant, per fer girar un motor.
 - **Efecte lluminós**
 - **L'enllumenat electric mitjancant les lampades fluorescents i de descarrega**
 - Degut a fenomen de luminescencia
 - Produir radiacions lluminoses per la descarrega electrica en el si d'un gas com ara l'argo o el neo.
 - Efecte produït tambe en les lampades d'incandescencia per l'efecte calorific o de termoradiacio
 - Consisteix en l'emissio de llum i calor d'un cos calent.
 - **Efecte químic**
 - **El pas d'un corrent per un electrolit produeix reaccions quimiques.**
 - **Efectes fisiològics**
 - __El pas d'un corrent electric elevat a traves del cos huma pot produir lesions __ que poden arribar a la mort. Aquest efecte es utilitzat en aparells d'electromedicina i en el sacrifici de bestiar.

Efecto calorífico	Efecto magnético	Efecto luminoso	Efecto químico	Aplicaciones
Calefacción, vitrocerámicas, soldadura, fusibles, etcétera.	Relés, auriculares y altavoces, etcétera.	Iluminación y visualización	Electrólisis, pilas y acumuladores	Uso de electrocución en sacrificio de ganado, aplicaciones en electromedicina.

Mesura de magnituds elèctriques

- **Magnituds** elèctriques es poden mesurar amb els __ instruments de mesura __ següents:
 - **Amperímetre**
 - Permet mesurar la intensitat elèctrica.
 - S'ha de connectar interrompent el circuit
 - Per obligar que totes les carregues elèctriques hi circulin a través. S'anomena connexió en sèrie.
 - **Voltímetre**
 - Instrument que ens permet mesurar la diferència de potencial o el voltatge. Per poder mesurar la diferència de potencial, haurem de connectar el voltímetre entre aquests dos punts
 - La connexió es fa en paral·lel.
 - **L'òhmmetre**
 - Instrument que ens permet mesurar la resistència elèctrica d'un circuit, receptor o resistor.
 - Per realitzar la mesura d'una resistència en un circuit cal procedir de la manera següent:
 - Assegurar-se que al circuit o a la resistència no hi hagi tensió
 - Pot provocar el deteriorament de l'aparell i la mesura realitzada no seria la correcta.
 - Per efectuar la mesura haurem de connectar l'òhmmetre entre els dos punts entre els quals volem mesurar la resistència.

Soldadura tova



Soldador elèctric: elements complementaris

- Suport
 - Permet recolzar el soldador mentres no es fa feina.
- Esponja
 - Per netejar la punta del soldador abans i després d'utilitzar-lo
- Puntetes
 - Diverses formes, intercanviables. Adaptació al tipus de soldadura
- Material d'aportació
 - Generalment aliatge estany-plom, en rotlles de fil
 - Baix punt de fusió

Tècnica de soldadura tova

- Procediment de soldadura:
 - Netejar bé les peces que s'han d'unir
 - Subjectar les peces per tal de que no es moguin
 - Escalfar la zona de soldadura i afegir estany, deixant que fongui
 - Netejar bé la punta del soldador
 - Deixar el soldador recolzat en el suport

Precaucions en l'ús del soldador

Electricitat

- El soldador funciona amb corrent altern de 220 V.
- Comprovar que el cable estigui en bon estat i sense danys.
- Assegurar-se que el mànec aïlli perfectament per evitar descàrregues elèctriques.

Temperatura

- La punta del soldador pot arribar a temperatures molt elevades.
- Mai no s'ha de tocar la punta amb les mans.
- Sempre dipositar el soldador al seu suport quan no s'estigui utilitzant.