

EL FUTUR DEL MAGNETISME: LA LEVITACIÓ MAGNÈTICA



ÍNDEX

RESUM/ ABSTRACT	3
0. INTRODUCCIÓ	4
1. MAGNETISME	6
1.1 DEFINICIÓ	6
1.2 IMANTS	6
1.2.1 LES PARTS DELS IMANTS	6
1.2.2 UN GRAN IMANT: LA TERRA	7
1.2.3 TIPUS D'IMANTS	8
1.2.4 PROPIETATS	10
1.3 CAMP MAGNÈTIC	10
1.3.1 DEFINICIÓ	10
1.3.2 FORÇA EXERCIDA PER UN CAMP MAGNÈTIC	11
1.3.3 EXPERIÈNCIA D'OERSTED	12
1.3.4 DIFERENTS TIPUS DE CAMPS MAGNÈTICS	13
1.3.5 INDUCCIÓ MAGNÈTICA	18
1.3.6 INDUCCIÓ ELECTROMAGNÈTICA	18
1.4 APLICACIONS DE LES FORCES MAGNÈTIQUES	19
1.4.1 MOTORS ELÈCTRICS	19
1.4.2 APLICACIONS MÈDIQUES	20
1.4.3 APLICACIONS ECONÒMIQUES	21
1.4.4 APLICACIONS EN SEGURETAT	21
1.4.5 APLICACIONS EN INDÚSTRIES	22
2. ELECTROMAGNETISME	24
2.1 DEFINICIÓ	24
2.2 EL SINCROTRÓ	24
3. LEVITACIÓ MAGNÈTICA	26
3.1 DEFINICIÓ	26
3.2 TRENS DE LEVITACIÓ MAGNÈTICA	26
3.2.1 HISTÒRIA	27
3.2.2 FUNCIONAMENT	28
3.2.3 ELS AVANTATGES I ELS INCONVENIENTS	30
4. EXPERIÈNCIES MAGNÈTIQUES	32
4.1 EXPERIMENTS	32
4.1.1 LÍNIES MAGNÈTIQUES	32
4.1.2 BRÚIXOLA	34
4.1.3 PÈNDOL PER EFECTE CURIE	35
4.1.4 INFLUÈNCIA DE LA SUPERFÍCIE	36
4.1.5 EXPERIMENT D'OERSTED	37

4.1.6	GENERADOR ELÈCTRIC FONAMENTAL	40
4.1.7	MOTOR ELÈCTRIC	43
4.2	EXPERIMENTS MAGNÈTICS ALS ALUMNES DE 1r D'ESO	44
4.2.1	VALORACIÓ I COMENTARI DELS QÜESTIONARIS	46
5.	TREN DE LEVITACIÓ MAGNÈTICA	47
6.	CONCLUSIONS	50
7.	FONTS D'INFORMACIÓ	51

RESUM

El magnetisme és un conjunt de fenòmens físics que provoquen l'atracció i la repulsió de determinats objectes. Associats al magnetisme hi ha dos fenòmens en què es centra aquest treball: l'electromagnetisme i la levitació magnètica.

Els objectius d'aquest projecte són, en primer lloc, comprovar el fenomen del magnetisme amb la realització d'unes determinades experiències magnètiques i electromagnètiques; en segon lloc, constatar el fenomen de la levitació magnètica mitjançant la construcció d'una maqueta d'un tren; i per últim, valorar els coneixements que els alumnes de 1r d'ESO tenen sobre el magnetisme amb l'ajuda d'un qüestionari.

Les principals conclusions a què he arribat són: l'electricitat és capaç de crear un camp magnètic i per tant d'actuar com un imant, construir una maqueta d'un tren de levitació magnètica és possible gràcies a la força de repulsió entre els imants i els coneixements dels alumnes de 1r d'ESO sobre el magnetisme són força bons.

ABSTRACT

Magnetism is a group of physical phenomena which cause the attraction and the repulsion of determinate objects. Associated with magnetism there are two phenomena: electromagnetism and magnetic levitation.

The goals of this project are, in the first place, to check the phenomenon of magnetism by using some magnetic and electromagnetic experiences; in the second place, to confirm magnetic levitation phenomena by elaborating a miniature of a train; and finally, to evaluate the understanding that the students of 1st of ESO have about magnetism with a survey.

The main conclusions are: electricity can create a magnetic field; building a miniature of a train is possible with the help of the repulsive force between magnets; and the students of 1st ESO have a good knowledge of magnetism.

0. INTRODUCCIÓ

El meu treball tracta del magnetisme i d'alguns fenòmens relacionats amb aquest, com l'electromagnetisme i la levitació magnètica. En ell es recullen els conceptes més generals sense entrar en detalls ja que es tracta d'un tema de física molt ampli i complex.

El motiu pel qual he escollit aquest treball ha estat perquè un dia vaig sentir parlar de la levitació magnètica per la televisió. Això de veure trens voladors em va semblar fascinant i vaig considerar que podria ser un tema interessant per analitzar. A més a més, a l'haver de fer un treball de dos anys de durada, m'oferia la possibilitat d'aclarir els meus dubtes i intrigues tot comprovant amb els meus propis ulls allò que tanta curiositat m'havia provocat. El fet de ser un tema poc conegut em va motivar encara més a realitzar-lo.

La meua primera idea va ser tractar únicament la levitació magnètica, però més endavant em van recomanar fer el treball del magnetisme en general per poder comprendre millor aquest particular fenomen.

Els objectius del meu treball són:

1. Investigar el fenomen del magnetisme i de la levitació magnètica.
2. Fer tot un seguit d'experiències magnètiques que demostrin i aclareixin els efectes del magnetisme.
3. Analitzar els coneixements dels alumnes de 1r d'ESO sobre el món del magnetisme.
4. Comprovar que la levitació magnètica és possible dissenyant una maqueta a petita escala d'un tren *Maglev* (tren de levitació magnètica).
5. Analitzar els avantatges i els inconvenients que té la levitació magnètica.

Els passos que s'han seguit en l'elaboració d'aquest treball són:

1. Buscar informació sobre magnetisme, electromagnetisme, levitació magnètica i els trens *Maglev*. He consultat tot un seguit de pàgines webs, llibres de física, blogs, articles i vídeos sobre el tema.
2. Durant l'estiu, he estat buscant vídeos sobre pràctiques magnètiques i electromagnètiques i n'he escollit algunes. També m'he informat de com podia construir un tren de levitació magnètica.
3. Al començament del curs escolar he preparat les pràctiques escollides que són: la visualització de les línies magnètiques, el principi amb què es regeixen les brúixoles, l'efecte que produeix la calor i la superfície sobre el magnetisme, l'experiment d'Oersted i el principi amb què es regeixen els generadors i els motors. Algunes d'elles han estat explicades al laboratori als alumnes de 1r d'ESO després d'haver contestat un petit qüestionari.
4. Per altra banda, he construït la maqueta del tren.

El principal entrebanc que he trobat al llarg del meu treball és aconseguir que el tren leviti. La construcció de la maqueta ha estat tot un mal de cap perquè sempre apareixia un o altre inconvenient que m'impedia progressar en la seva construcció. Però finalment ho he pogut resoldre amb èxit.

Aquests contratemps són:

1. Trobar uns imants que s'adaptessin al que jo buscava i que permetessin la levitació ja que no hi ha gaires botigues que es dediquin a la venda d'imants.
2. Mantenir els imants junts (ja que s'han de col·locar tots pels costats que es repel·leixen i els imants són molt potents) per poder formar la via del tren.

3. Disminuir la força d'atracció entre els extrems dels imants del tren amb els extrems de la via.
4. Trobar la forma que fes possible la levitació del tren i que aquest no es desviés.

El treball està dividit en dos blocs, els fonaments teòrics i la part pràctica.

La part teòrica està dividida en 3 apartats: el magnetisme, l'electromagnetisme i la levitació magnètica. Aquí s'explica en què consisteixen cadascun dels fenòmens.

Pel que fa a la part pràctica hi ha dues parts. En una es troben les experiències magnètiques i també una enquesta als alumnes de 1r d'ESO que m'ha permès analitzar els seus coneixements sobre el magnetisme; i en l'altra, la fabricació d'una maqueta a petita escala d'un tren de levitació magnètica.

Per últim, voldria donar les gràcies a la meva tutora del treball, Núria Casas, per haver-me ajudat a resoldre els problemes que han anat apareixent al llarg dels dies i el fet d'haver-se implicat tant en el meu treball. També voldria mencionar el professor de tecnologia, Pere Febré, per explicar-me un seguit d'experiments que més tard jo he mostrat als alumnes de 1r d'ESO; per donar-me possibles solucions als problemes apareguts en la maqueta; i per deixar el taller de tecnologia a la meva disposició sempre que ho he necessitat. A més a més, crec convenient agrair a tots els amics i familiars el seu recolzament en aquells moments en què creia impossible fer que el tren levités.

1. MAGNETISME

1.1 DEFINICIÓ DE MAGNETISME

Podem definir el magnetisme com el conjunt de fenòmens físics que, mitjançant unes determinades forces, provoquen l'atracció i la repulsió d'objectes. Aquest fenomen s'ha establert com una propietat, la propietat magnètica, atribuïda a certs materials que presenten unes característiques comunes en la seva distribució atòmica; aquests materials com la magnetita, el ferro, el níquel, el cobalt..., són anomenats imants. El magnetisme forma part de les forces electromagnètiques ja que està molt relacionat amb l'electricitat.

Quan parlem de magnetisme el primer que ens ve al cap és la força exercida per dos imants que s'atreuen o es repel·leixen, però, el que no sabem és que la nostra vida gira al voltant del món magnètic. Des de que ens aixequem fins que ens anem a dormir sofrem els efectes d'aquest fenomen. En primer lloc, ens trobem dins d'una galàxia anomenada Via Làctia on un conjunt de planetes giren al voltant d'una estrella, el Sol, formant el que coneixem amb el nom de sistema solar. Aquests es regeixen per les forces d'un gran camp magnètic, els efectes del qual són visibles en el nostre planeta dia a dia, com per exemple, les estacions.

A més a més, la Terra, gira sobre si mateixa provocant el dia i la nit; nosaltres que habitem en ella també som víctimes d'un camp magnètic que ens permet estar subjectes sobre la seva superfície sense percebre el constant moviment giratori que està tenint lloc. Durant molts anys, l'existència d'un camp magnètic que ens permetés estar subjectes a un planeta considerat esfèric fou una idea totalment descabellada. Actualment està molt més que assumida i acceptada.

1.2 IMANTS

Els imants són materials que presenten propietats magnètiques capaços de crear un camp magnètic. Un imant natural és la magnetita (òxid de ferro), un mineral de color negre, ja conegut pels grecs i els xinesos, els quals van apreciar les seves propietats magnètiques. Els trossos de magnetita tendeixen a orientar-se en la direcció Nord-Sud; si se'ls deixa caure a sobre llimadures de ferro, aquestes es disposen al voltant dels seus extrems anomenats pols.

1.2.1 Les parts dels imants

Els imants tenen dos parts:

- **Els pols magnètics:** constitueixen els extrems de l'imant. El pol magnètic d'un imant que apunta en direcció al pol nord geogràfic se'l denomina pol nord i el que apunta en direcció al pol sud geogràfic és el pol sud. Els pols magnètics són les parts on la intensitat magnètica és més elevada i com a conseqüència el lloc que atrau o repel·leix els objectes. Els pols amb el mateix nom es repel·leixen fortament; en canvi, els de diferent nom s'atreuen. Els imants generen un camp magnètic representat per unes línies de força imaginàries, tancades, que van del pol nord cap al pol sud.
- **Eix magnètic:** és la línia que uneix els pols. És el lloc on la intensitat de la força és menor.

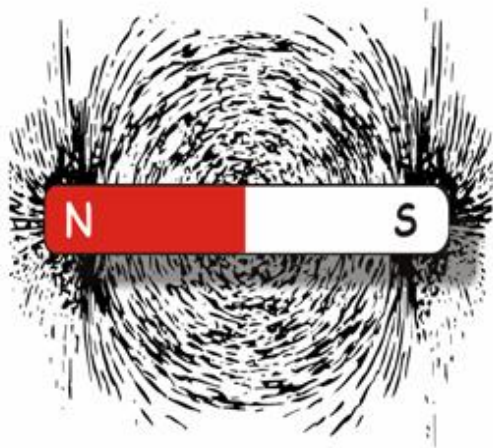


Figura 1.1 Línies de forces.

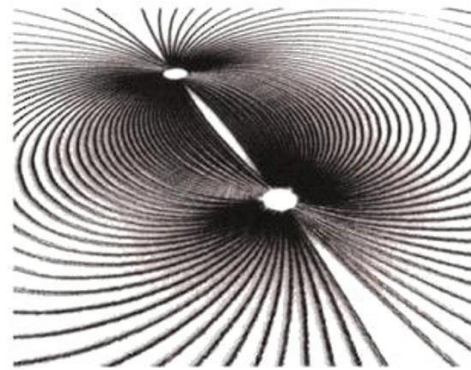


Figura 1.2 Línies de forces.

1.2.2 Un gran imant: la Terra

La Terra és un gran imant natural que afecta qualsevol altre imant i aquesta propietat és la que dóna nom als pols. Tot i això, els pols magnètics de la Terra no coincideixen exactament amb els geogràfics. Hi ha aproximadament 12° d'inclinació entre ells tot i que aquesta inclinació depèn del lloc de la Terra on et trobis i a més varia anualment. Per aquest motiu els navegants que s'orienten amb brúixola magnètica tenen uns paràmetres que són corregits anualment per tal de rectificar aquesta desviació; per tant, podem deduir que el pol nord magnètic de la Terra correspon al pol sud geogràfic i que el pol sud correspon al pol nord geogràfic.

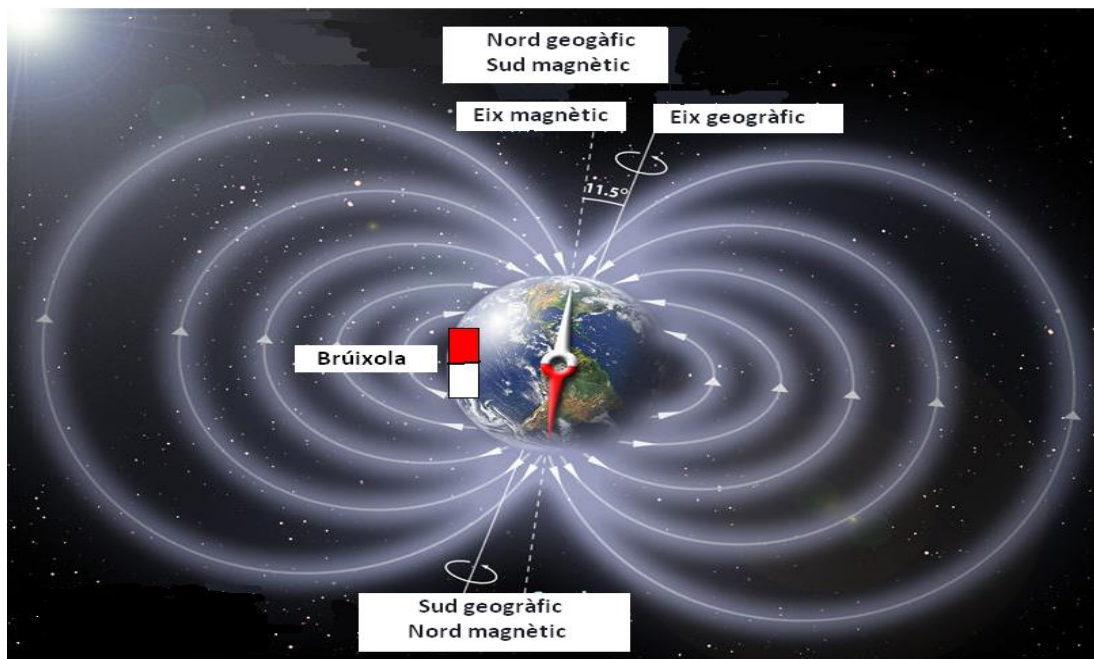


Figura 1.3 Els pols magnètics de la Terra i els pols geogràfics.

Si imantem un objecte qualsevol i el situem en una superfície que li permeti el moviment, podem observar que sempre apuntarà en direcció Nord-Sud. Això es deu al camp magnètic produït per la Terra. Aquest fenomen d'orientació és el principi mitjançant el qual es construeixen les brúixoles.

L'interior de la Terra està dividit en escorça, mantell superior, mantell inferior i nucli. Aquest últim està constituït per ferro sòlid rodejat de ferro fos que es mou en el seu interior. Aquest moviment fa pensar als científics que produeix electricitat i per tant un camp magnètic. Un dels molts misteris que envolten el nostre planeta es deu a la descoberta d'indicis en els quals cada cert temps, els pols magnètics s'inverteixen i això influeix en les espècies animals i vegetals.

Un altre dels fenòmens del planeta Terra són les aurores. Es formen per la desviació dels rajos solars en impactar contra les línies magnètiques originades pel camp magnètic de la Terra.

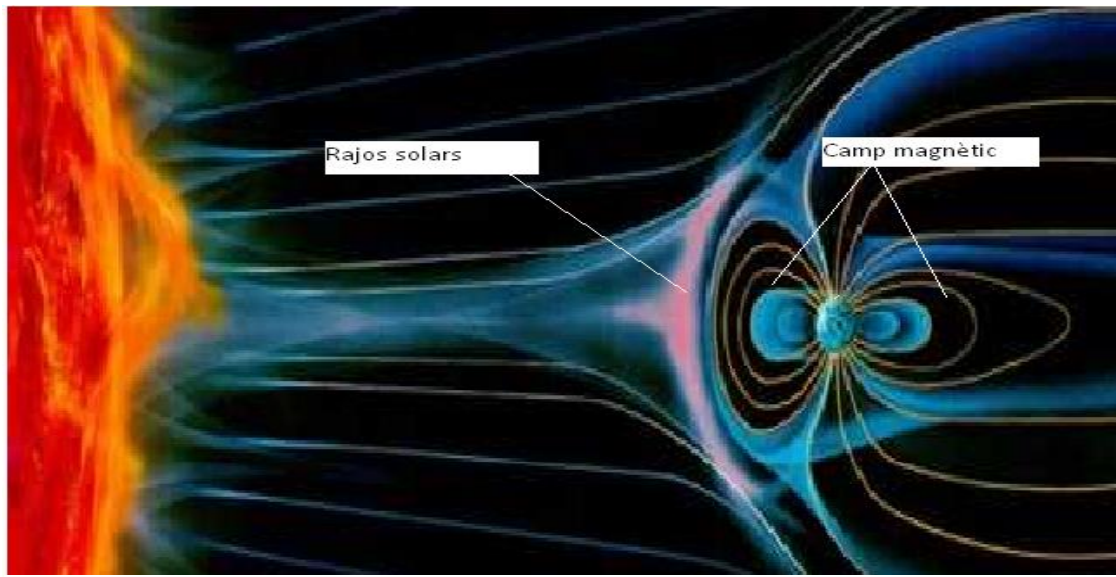


Figura 1.4 Desviació dels rajos solars cap als pols on es formaran les aurores.

1.2.3 Tipus d'imants

Els imants poden ser:

- **Naturals:** com la magnetita.
- **Artificials:** obtinguts a partir d'aliatges entre diferents metalls. Segons el seu caràcter poden ser:
 - **Imants temporals:** segons si l'objecte imantat, un cop separat del imant, actua com a tal o no. Un exemple vindria a ser el ferro, que un cop imantat i allunyat del imant perd les propietats magnètiques.
 - **Imants permanents:** són aquells imants que un cop imantats conserven les propietats magnètiques. Es divideixen en dos grups, els metàl·lics i els compostos.
 - **Imants metàl·lics:** com el cobalt, el níquel, el gadolini...
 - **Imants compostos:** trobem els ceràmics, els de terres rares, els flexibles i l'alnico.

- Els ceràmics són imants fràgils, de color gris fosc i semblants a la porcellana; formats per òxid de ferro o per òxid de ferro i ceràmica (la ferrita). Es troben en els altaveus, imants de frigorífic...



Figura 1.5 Imants ceràmics.

- Els de terres rares són imants petits, d'aparença metàl·lica i molt potents. El més conegut i utilitzat és el neodimi, fet per un aliatge de neodimi, ferro i bor. Tot i la seva elevada potència magnètica (poden atreure un altre imant a dos metres de distància) presenta certs inconvenients, són vulnerables a l'oxidació i bastant fràgils. És utilitzat en motors elèctrics, joieria, informàtica...



Figura 1.6 Imants de Neodimi.

- Els flexibles estan fabricats per aglomeració de partícules magnètiques i es caracteritzen per la seva flexibilitat. S'utilitzen en publicitat, claus codificades...



Figura 1.7 Imants flexibles.

- L'alnico es fa per aliatge de diferents elements (alumini, níquel i cobalt), però, no tenen molta força.



Figura 1.8 Imants d'alnico.

Encara que el ferro i l'acer tinguin propietats magnètiques, ja que són atrets per imants i reben el nom de metalls ferromagnètics, no mostren un caràcter magnètic. Això es pot explicar de la següent manera:

Els àtoms que formen la matèria es troben en una agitació tèrmica constant (moviment de les partícules depenent de la temperatura i l'estat d'agregació¹). En els materials magnètics els àtoms són petits imants que en alguns materials, com la magnetita, són suficientment potents perquè l'orientació magnètica es mantingui malgrat l'agitació tèrmica, però, en altres materials com és el cas de l'acer i el ferro aquesta agitació tèrmica impedeix que l'orientació magnètica perduri.

¹ **Estat d'agregació:** són els diferents estats en què podem trobar la matèria: sòlid, líquid i gas.

1.2.4 Propietats

Els imants tenen una sèrie de propietats:

- 1) Només atreuen els objectes que contenen ferro, níquel i cobalt.
- 2) La força actua de la mateixa manera tot i que en mig d'aquesta hi situem una peça de plàstic, un vidre o qualsevol altre material.
- 3) La majoria d'objectes que són atrets es situen als extrems.
- 4) Sempre que tenen possibilitat de moviment s'orienten de manera Nord-Sud.
- 5) Els pols de mateix signe o nom es repel·leixen i els de signe diferent s'atreuen.
- 6) Quan partim un imant en dos trossos veiem que es comporten com si fossin dos imants nous. No existeix cap imant amb un únic pol.

La magnetització és el fenomen produït per l'ordenació en la mateixa direcció dels electrons d'un objecte. La matèria està constituïda per petites càrregues de corrent provocades pel moviment dels seus electrons. Aquests són els que originen una mena d'imant. Si aquests es troben desordenats els efectes de les càrregues són anul·lats. En canvi, si es troben ordenats en la mateixa direcció actuen com un únic imant i, per tant, presenten propietats magnètiques.

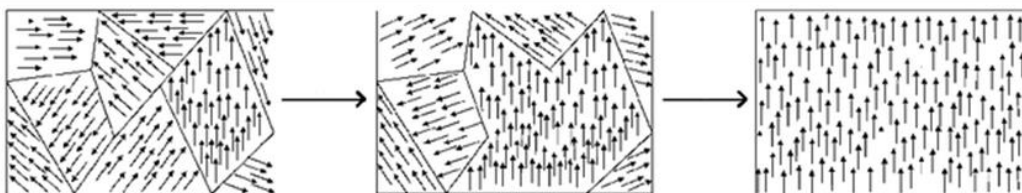


Figura 1.9 Magnetització.

1.3 CAMP MAGNÈTIC

1.3.1 Definició

Consisteix en el conjunt de línies de força anomenades línies d'inducció (també anomenades línies d'inducció magnètica B) produïdes per un imant, que van del pol nord cap al pol sud, formant un sistema tancat. El camp magnètic és una magnitud vectorial² representada amb la lletra B. Per tant, podem afirmar que una alta concentració de línies d'inducció ens indiquen un camp magnètic intens, i pel contrari; una baixa concentració de línies d'inducció ens indica un camp magnètic d'intensitat baixa.

En una regió de l'espai existeix un camp magnètic quan cada punt d'aquesta regió està sotmès a forces magnètiques. El camp magnètic està influenciat per els corrents elèctrics i els materials magnètics. Així com els materials magnètics foren descoberts fa molts anys, el camp magnètic no es va descobrir fins el segle XIX, quan la relació entre la electricitat i el magnetisme va quedar demostrada, gràcies a les equacions de Maxwell i al previ experiment que havia dut a terme el físic Hans Christian Oersted.

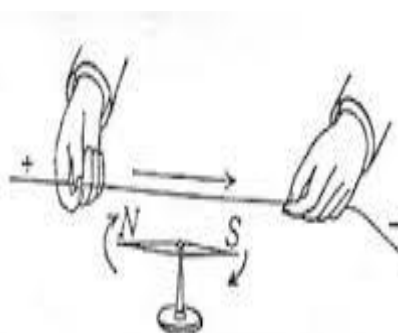


Figura 1.10 Experiment d'Oersted.

² **Magnitud vectorial:** són aquelles magnituds que tenen mòdul (valor numèric), sentit i direcció.

Aquest fenomen dóna lloc a d'altres com la inducció magnètica i la inducció electromagnètica. A més a més d'originar altres fenòmens, la seva interacció amb les càrregues elèctriques permet el seu ús en nombroses aplicacions ja siguin mèdiques, econòmiques, industrials, en seguretat i fins i tot en els motors elèctrics.

1.3.2 Força exercida per un camp magnètic

Quan en un camp magnètic entra una partícula carregada elèctricament, actua sobre ella una força, anomenada força de Lorentz³, perpendicular a la seva velocitat provocant que es desvii. D'aquesta manera parlem d'una força deflectora⁴.

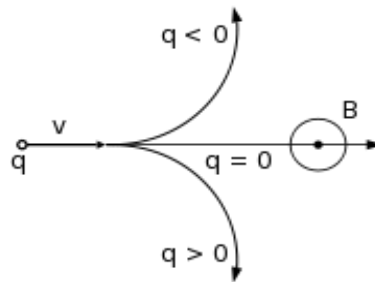


Figura 1.11 La desviació que sofreix una partícula en entrar en un camp magnètic.

La força magnètica es pot calcular amb la fórmula següent:

$$F = q \times v \times B \times \sin \varphi$$

On v és la velocitat de la càrrega elèctrica, $\sin \varphi$ l'angle que formen v i B , B el vector d'inducció magnètica i la q la càrrega de la partícula.

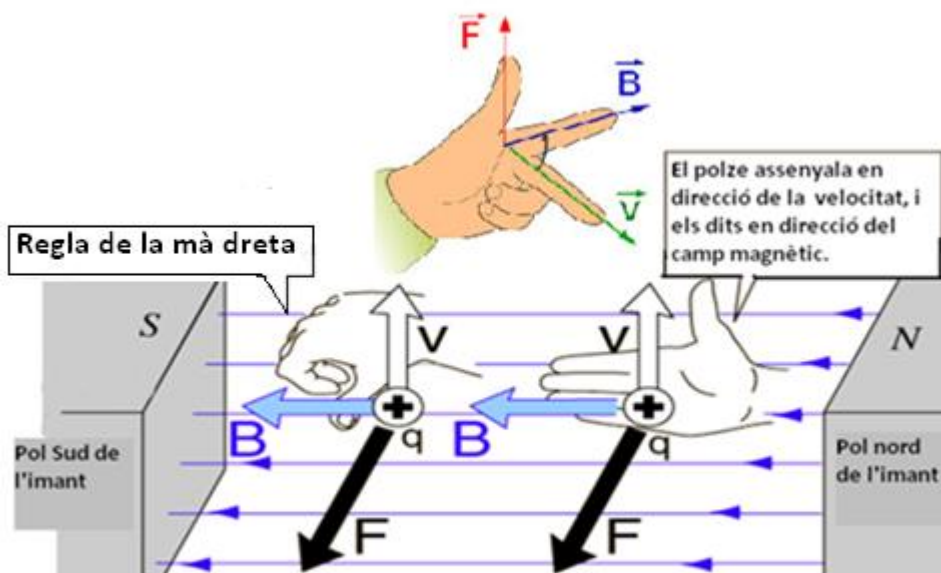


Figura 1.12 Llei de Lorentz ens permet mesurar el sentit de la força. En la regla de la mà dreta els dits indiquen el sentit de gir de l'angle entre el vector velocitat i el vector camp magnètic, el sentit de la força correspon a l'indicat pel polze quan la càrrega és positiva i, quan és negativa, la força té sentit contrari a l'indicat pel polze.

³ **Lorentz:** Hendrik Antoon Lorentz va ser un físic i matemàtic neerlandès que guanyà el premi nobel per la seva investigació sobre la influència del magnetisme en la radiació.

⁴ **Força deflectora:** és una força que no modifica la velocitat però sí la direcció i el sentit.

Si la velocitat de la partícula carregada és paral·lela al camp magnètic, la força és nul·la $F=0$. En canvi, si la velocitat és perpendicular al camp s'aconsegueix la força màxima que pot exercir el camp magnètic sobre la partícula.

La unitat del camp magnètic és la Tesla (T). Una tesla és la força que exerceix el camp magnètic, equivalent a 1 Newton, sobre la partícula carregada quan entra en aquest camp a una velocitat d'1m/s de manera perpendicular.

1.3.3 Experiència d'Oersted

Hans Christian Oersted (14 d'agost 1777-9 de març de 1851) va ser un fisicoquímic de gran importància ja que fou el descobridor de la relació que existeix entre l'electricitat i el magnetisme.



Figura 1.13 Hans Christian Oersted descobridor de la relació electricitat-magnetisme.

En aquells temps, l'estudi de l'electricitat va originar un nou pensament en el qual l'electricitat i el magnetisme mantenien una relació de semblança degut als fenòmens similars que compartien com la polaritat, la inducció, les atraccions i les repulsions.

El 1820, durant la preparació d'una classe de física, estava experimentant amb circuits i de sobte va veure que l'agulla de la brúixola que es trobava sobre la taula a prop dels cables del circuit, en circular corrent pel circuit es movia i tendia a orientar-se per quedar de manera perpendicular al cable. Pel contrari, en no circular corrent, l'agulla de la brúixola tornava a la seva posició inicial.

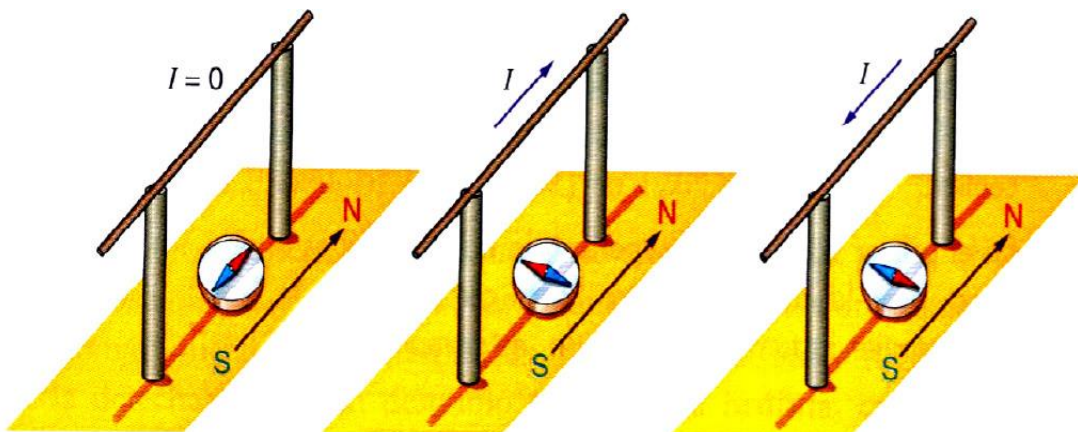


Figura 1.14 Experiment d'Oersted. On I ens indica la intensitat del corrent elèctric.

Després d'observar aquest fet realitzà una altra vegada l'experiment invertint el sentit del corrent elèctric. El resultat fou el mateix però el sentit de l'agulla canviava. Realitzà l'experiment col·locant-hi al mig, entre el fil del circuit i la brúixola, peces de fusta, metall i vidre i va poder observar que tot i això, l'agulla de la brúixola es continuava movent per orientar-se de manera perpendicular al fil.

Comprendre aquests resultats va ser molt complicat i la clau de l'enigma fou l'observació del comportament de la brúixola davant d'un camp d'electricitat estàtica i davant d'un imant. En acostar una barra electrificada a una brúixola aquesta és atreta sense diferenciar-ne els seus pols magnètics. En canvi, si se l'aproxima un imant, la brúixola s'orienta en

sentit invers respecte la polaritat de l'ímant i si invertim l'ímant, aquesta fa un gir de 180°. El comportament que tenia la brúixola envers l'ímant era el mateix que es produïa quan se l'acostava a un circuit amb corrent elèctric. Per tant, podem afirmar que el corrent elèctric genera un camp magnètic en el qual un extrem es comporta com si fos el pol nord d'un ímant i l'altre extrem com si fos el pol sud. Amb tot això, Oersted va corroborar que el corrent que passava pel cable exercia una força sobre l'ímant i exercia una força sobre el cable, és a dir, que l'efecte que es duia a terme era simètric.

Amb tot el seguit d'experiments que va realitzar per arribar a aquestes conclusions va publicar un llibre que anomenà "Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam" que consistia en una recopilació de tots els seus experiments.

Gràcies a aquest llibre Ampère va poder desenvolupar la seva teoria que més tard serviria en el desenvolupament de l'anomenat electromagnetisme.

1.3.4 Diferents tipus de camps magnètics

Ja sabem que tota càrrega en moviment crea al seu voltant un camp magnètic, per tant, segons l'objecte que utilitzem podem crear diferents tipus de camps magnètics.

- **Creats per una càrrega mòbil:** el primer que va comprovar que les càrregues en moviment produïen un camp magnètic va ser Oersted. Més tard gràcies als treballs realitzats per Biot, Savart i Ampère es va determinar el valor que tenia el camp magnètic creat per una càrrega puntual mòbil. D'aquesta manera trobem l'expressió següent.

$$B = k \times \frac{q \times v \times \sin \varphi}{r^2}$$

Aquesta fórmula correspon al camp creat en un punt P, per una càrrega +q, que es mou a una velocitat v.

Troblem que **B** és el vector d'inducció magnètica, **q** és el valor de la càrrega, **v** la velocitat, **sin φ** l'angle format pel radi i la velocitat de la càrrega, **r** la distància de la càrrega al punt i a **φ** i **k** la constant que es representa així:

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

Si μ_0^5 correspon a l'aire o al buit trobem que el valor de la **k** és 10^{-7} Wb/Am⁶, però si μ_0 no correspon al aire o al buit el valor de **k** canvia.

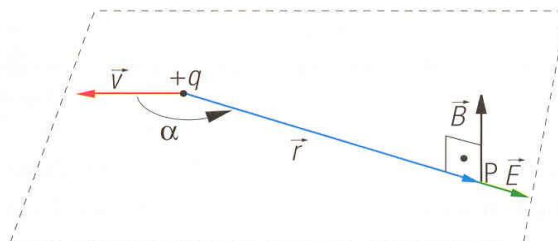


Figura 1.15 Representació de les magnituds que actuen en un camp magnètic creat per una càrrega mòbil.

⁵ μ_0 : anomenada permeabilitat del buit, és el medi que separa la càrrega **q** del punt P.

⁶ **Wb/Am**: on **Wb** (Weber) és la unitat de flux magnètic i correspon a un Volt · segon, **A** (Ampère) la intensitat del corrent elèctric i **m** els metres.

La força que exerceix el camp magnètic sobre aquesta càrrega mòbil s'expressa per:

$$F = q \times v \times B \times \sin \varphi$$

Aquesta força només existeix en el cas que:

1. Es trobi en un camp magnètic.
2. La $q \neq 0$ però pot ser tan positiva com negativa.
3. Estigui en moviment i la seva velocitat no tingui la mateixa direcció que el vector B .

- **Creats per un conductor rectilini:** sabem que un circuit pel qual passa corrent elèctric crea un camp magnètic al seu voltant. Això es pot comprovar si llencem llimadures de ferro al voltant del conductor. Veiem que les llimadures de ferro es col·loquen i mostren les línies del camp magnètic generades per aquest corrent.



Figura 1.16 Les línies del camp magnètic generades per un conductor rectilini.

Per conèixer la direcció del camp magnètic podem utilitzar la llei de Biot i Savart anomenada també regla de la mà dreta o regla del llevataps. La regla de la mà dreta consisteix en assenyalar amb el polze el sentit del corrent. Els altres dits indiquen el sentit de les línies de camp.

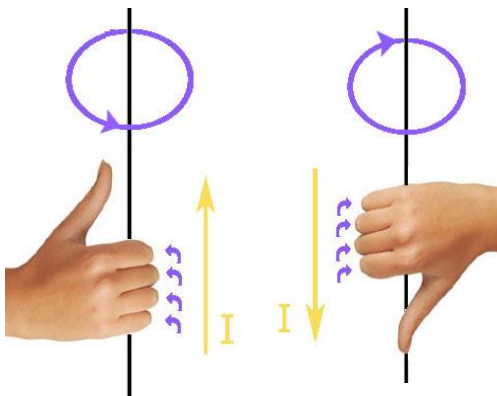


Figura 1.17 Regla de la mà dreta.

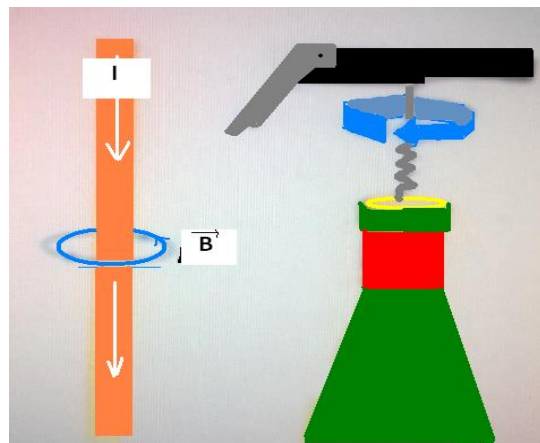


Figura 1.18 Regla del llevataps diu que un llevataps que avança en la direcció i en el sentit del corrent elèctric, gira en el sentit del camp magnètic.

Matemàticament per poder calcular el valor del camp generat, ens hem de centrar en la influència de la intensitat del corrent i la distància del punt al conductor. D'aquesta manera obtenim l'expressió següent (que correspon a la llei de Biot i Savart):

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I}{d}$$

On **B** és la intensitat del camp magnètic (mesurada en tesles), **μ** la permeabilitat magnètica, **I** la intensitat del corrent elèctric i **d** la distància del punt al conductor.

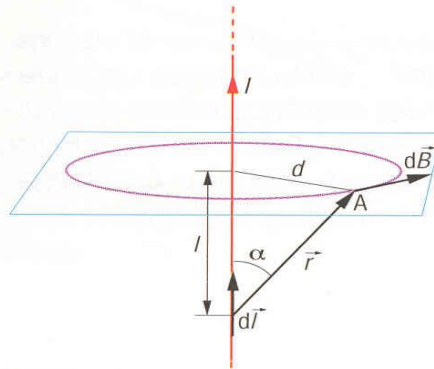


Figura 1.19 Representació de les magnituds que actuen en un camp magnètic creat per un conductor rectilini.

- **Creats per una espira circular:** una espira és cada una de les voltes que dóna el fil conductor d'una bobina. La intensitat que es produeix al voltant del corrent no és uniforme, és a dir, quan més a prop del corrent el camp creat és més intens i pel contrari, quan més lluny, menys intens. Quan tenim una espira circular per la qual passa un corrent elèctric, aquest corrent generarà un camp magnètic a l'interior de l'espira. Al produir-se aquest camp magnètic en l'interior de l'espira, aquesta actua com si fos un imant amb una cara que fa de pol nord i l'altra que fa de pol sud.

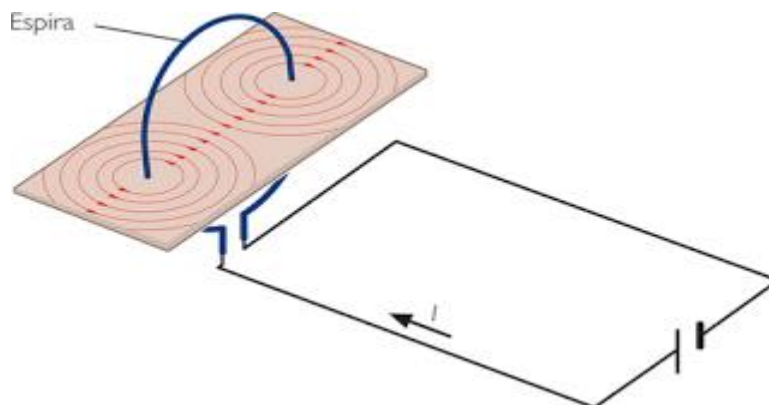


Figura 1.20 El camp magnètic creat per una espira circular.

El camp magnètic que es crea al centre de l'espira és directament proporcional a la intensitat del corrent i inversament proporcional al seu radi. D'aquí trobem la següent expressió matemàtica:

$$B = \frac{\mu}{2} \times \frac{I}{r}$$

On **B** és la intensitat del camp magnètic (mesurada en tesles), **μ** la permeabilitat magnètica, **I** la intensitat del corrent elèctric i **r** el radi de l'espira.



Figura 1.21 Els pols que es produeixen en passar corrent per una espira circular.

- **Creats per una bobina:** una bobina és un fil conductor aïllat i enrotllat en forma d'hèlix, és a dir, una bobina està formada per un nombre determinat d'espires que formen una hèlix. També rep el nom de solenoide. El solenoide es comporta de la mateixa manera que ho fa una espira, actuant com un imant. Quan més juntes es trobin les espires, menys camp podrà sortir cap a l'exterior i per tant, més gran serà el valor del camp magnètic que es crearà en el seu interior. D'aquesta manera podem determinar que un solenoide conté dos pols o cares i si aquest fos mòbil s'orientaria en direcció Nord-Sud.

En el seu interior les línies d'inducció són paral·leles i es produeix un camp magnètic uniforme i intens; en el seu exterior les línies d'inducció sempre entren per la cara sud i surten per la cara nord, i el camp magnètic que es pot arribar a produir acostuma a ser molt dèbil o nul.

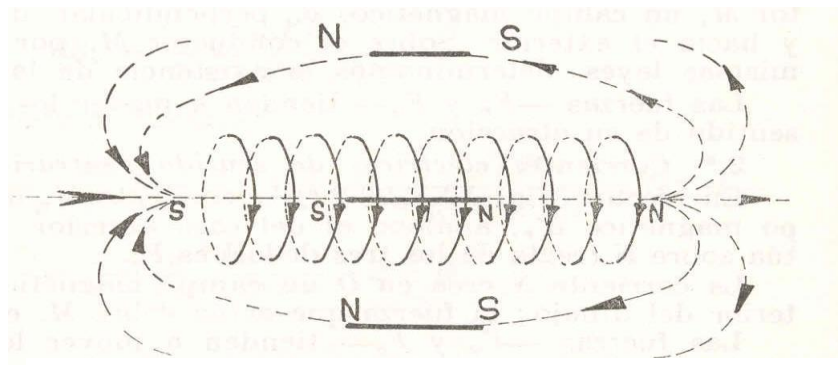


Figura 1.22 Camp magnètic creat per una bobina o solenoide.

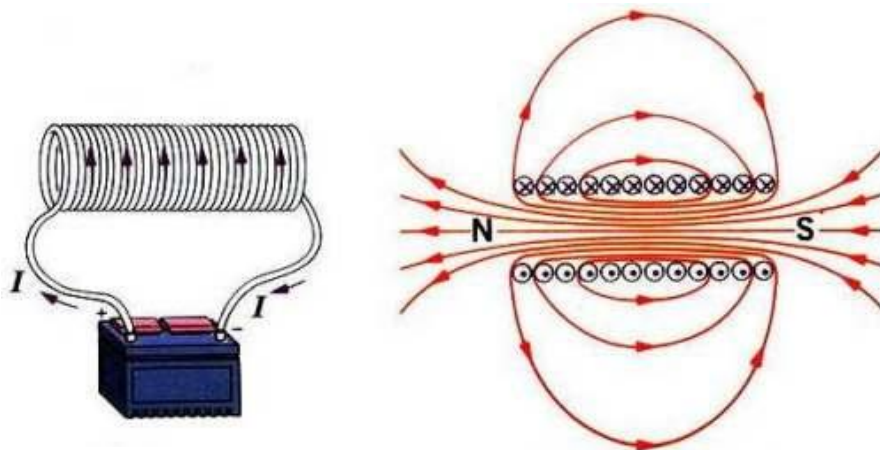


Figura 1.23 Línies d'inducció d'un solenoide.

Per mesurar el valor del camp magnètic que es crea s'empra l'equació següent:

$$B = \mu \times \frac{N \times I}{l}$$

On **B** és la intensitat del camp magnètic, **μ** la permeabilitat del medi, **I** la intensitat del corrent elèctric, **l** la longitud de la bobina i **N** el número d'espises.

- **Creats per un electroimant:** l'electroimant va ser inventat l'any 1825 pel físic Joseph Henry. Consisteix bàsicament en un solenoide l'interior del qual ha estat recobert d'un material ferromagnètic (el ferro i els seus aliatges amb el cobalt, níquel, alumini...). Un electroimant ve a ser un imant de gran potència que actua gràcies al corrent elèctric. Un cop s'obre el circuit i el corrent cessa, els efectes de l'electroimant també s'aturen i deixa d'operar com un imant. Un dels seus importants avantatges és que pots augmentar la intensitat del camp magnètic, disminuir-la i fins i tot aturar-la, és a dir, tenim un camp que pot variar fàcilment.

Un electroimant funciona d'una manera molt senzilla; els electrons del ferro que es troben a l'interior d'un solenoide, tenen direcció i sentits diferents. Un cop fem passar corrent pel circuit es genera un camp magnètic i el solenoide actua com un imant. D'aquesta manera provoca la magnetització del ferro que consisteix en l'ordenació dels electrons, tot proporcionant al material propietats magnètiques i el qual, a la vegada genera un altre camp magnètic. Al trobar-se a l'interior del solenoide, l'efecte general del camp magnètic és més gran ja que es suma el camp magnètic creat pel solenoide més el camp creat pel ferro.

Aquest invent té nombroses aplicacions, s'empra en timbres, altaveus, interruptors, frens, embragatges, per aixecar pesos amb grues, en centres de reciclatge, aparells mèdics, microscòpics electrònics, motors elèctrics...

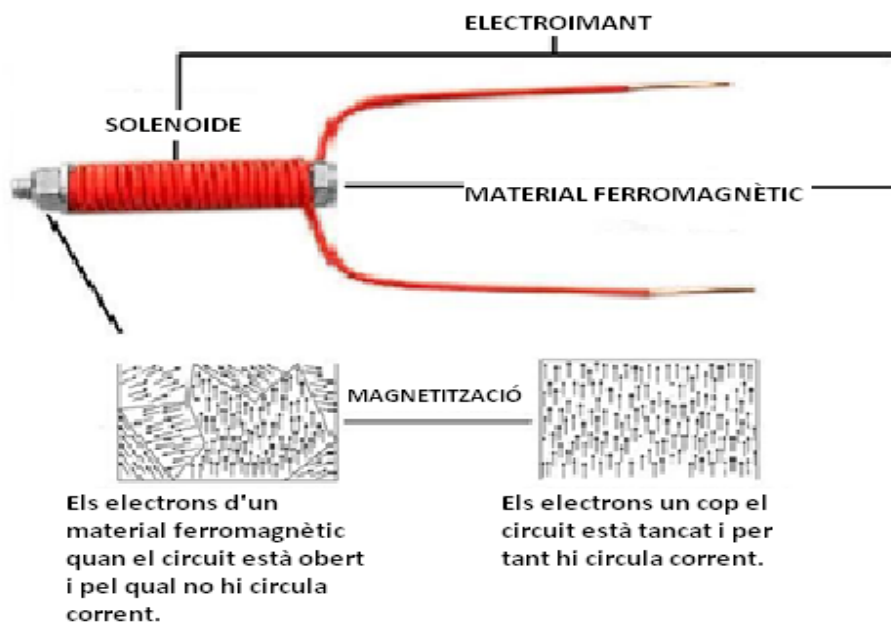


Figura 1.24 L'estructura d'un electroimant.

1.3.5 Inducció magnètica

Un camp magnètic és representat per unes línies de força imaginàries, tancades, que van del pol nord al pol sud. Aquestes línies s'anomenen línies d'inducció magnètica.

Podem definir la inducció magnètica com el fenomen més semblant a un camp magnètic. S'anomena d'aquesta manera ja que el magnetisme és causat per un fenomen elèctric, és a dir, que està causat pel flux de corrent pel qual circulen partícules carregades elèctricament.

També parlem d'inducció magnètica quan una substància (com el ferro, l'acer...) es magnetitzada per un camp magnètic.

1.3.6 Inducció electromagnètica

Aquest fenomen va ser descobert per Faraday que va demostrar que un camp magnètic variable podia induir un corrent elèctric en un conductor proper.

Michael Faraday (1791-1867) va ser un físic i químic britànic que va mostrar per primera vegada la relació entre el camp magnètic i el corrent elèctric, tot donant lloc a la inducció electromagnètica, importantíssima per a la generació d'energia elèctrica. Actualment, s'empra el principi de la inducció electromagnètica per convertir l'energia magnètica en energia elèctrica.

El 1821 va construir el primer motor elèctric, amb el qual uns anys més tard (1831) i després de nombrosos experiments, va descobrir la inducció electromagnètica (base de la tecnologia electromagnètica).

Una de les experiències que va realitzar Faraday consistia en una bobina connectada a un amperímetre en l'interior de la qual hi va situar un imant. Quan l'imant estava quiet, l'amperímetre marca zero, però, si movia l'imant apareixia un corrent elèctric indicat per l'amperímetre. El valor del corrent dependia de la potència de l'imant.

D'aquesta manera Faraday conclou que les variacions de flux magnètic produeixen corrent elèctric.



Figura 1.25 Michael Faraday el descobridor de la inducció electromagnètica.

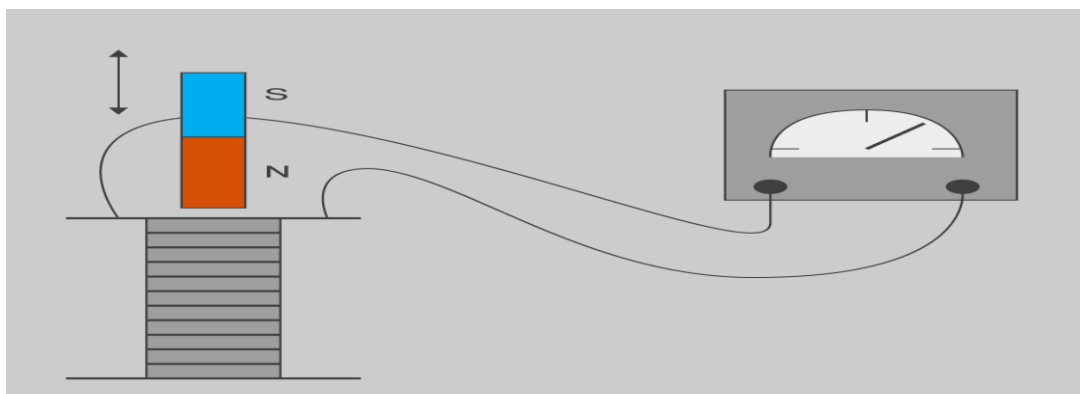


Figura 1.26 Experiència de Faraday.

El següent experiment que va realitzar consistia en connectar un electroimant a una bateria a la qual se li connecta un amperímetre. Quan es tancava i s'obria l'interruptor es produïa un increment o una disminució del corrent elèctric. Un cop el circuit ja portava una estona obert o tancat l'amperímetre marcava zero.

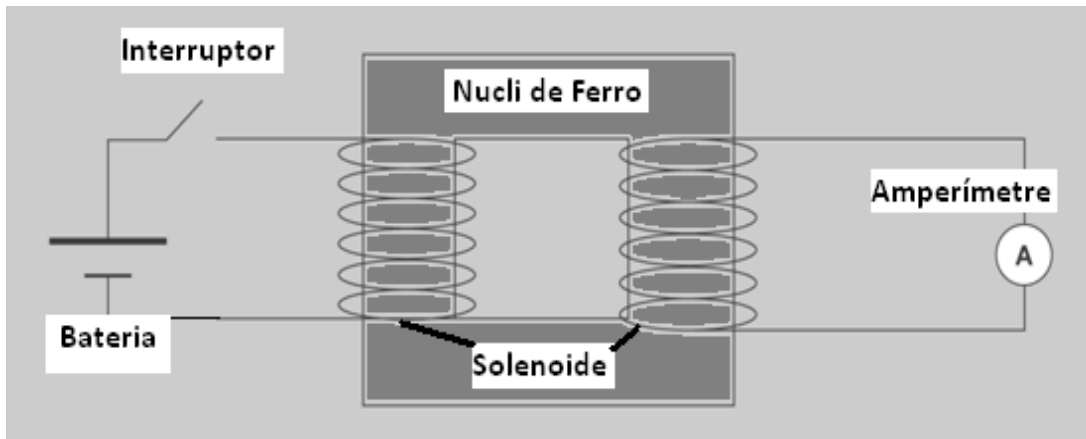


Figura 1.27 La segona experiència de Faraday.

La conclusió que va extreure va ser que les variacions de corrent elèctric produeixen flux magnètic.

Amb les conclusions que va deduir d'aquests experiments i d'altres va elaborar la coneguda llei de Faraday: si el flux magnètic és constant, no s'indueix cap tensió en el circuit elèctric.

1.4 APLICACIONS DE LES FORCES MAGNÈTIQUES

Entre tots els descobriments que s'han anat fent al llarg de la història, la combinació entre el camp magnètic i l'electricitat ha donat lloc a molts invents que han afavorit la vida quotidiana de les persones. A partir d'aquests experiments científics com l'experiment d'Oersted i els experiments de Faraday, s'ha produït una revolució tecnològica molt important que avança constantment.

Les forces magnètiques s'han aplicat en camps molt diferents com la tecnologia, la indústria, la medicina, el reciclatge, l'economia, la seguretat..., amb uns resultats sorprenents. Alguns exemples d'aquestes aplicacions són la llum, el telèfon, molts utensilis mèdics, l'ordinador, els discs...

1.4.1 El motor elèctric

Un dels molts experiments que va fer Faraday va ser construir un motor elèctric. Arran del motor primitiu de Faraday nombrosos científics van anar retocant-lo per desembocar en l'actual motor.

Un motor elèctric és un aparell que converteix l'energia elèctrica en energia mecànica. Avui en dia hi ha molts tipus de motors elèctrics.

El mecanisme fonamental d'un motor consisteix en una espira per on circula corrent que gira dins d'un camp magnètic. Els dos extrems de l'espira estan connectats a una bateria però no directament sinó que als extrems de l'espira s'uneixen dos semianells (un a cada extrem) que es desplacen sobre dues escobretes. A partir d'aquesta base hi ha moltes variants de motors altament complexos.

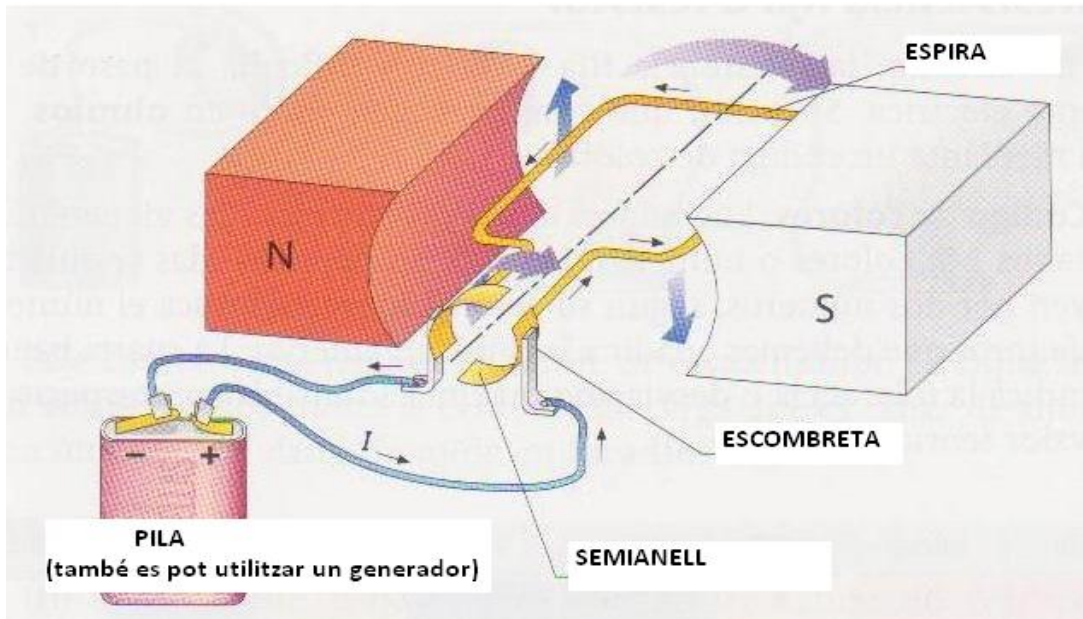


Figura 1.28 El mecanisme fonamental d'un motor elèctric.

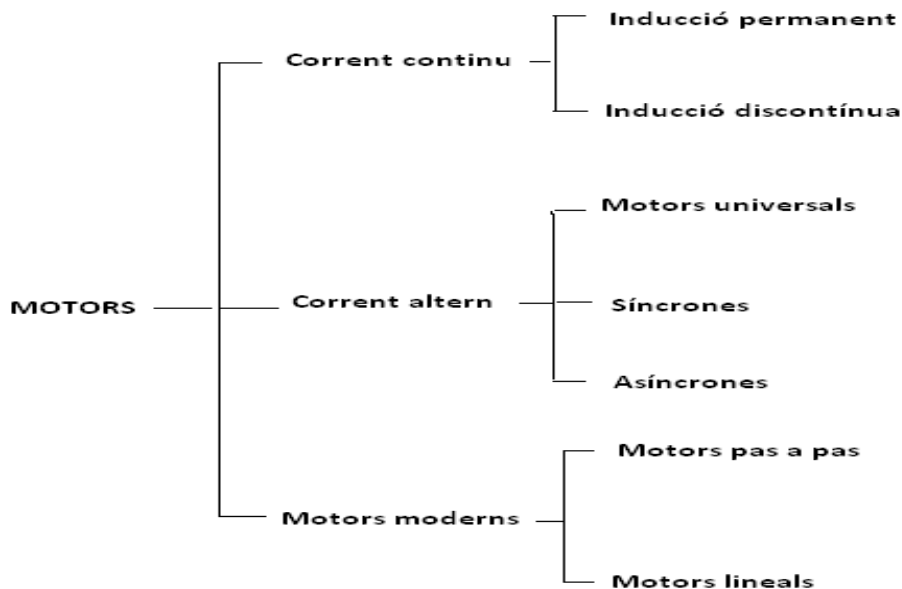


Figura 1.29 Esquema de la classificació dels diferents tipus de motors.

1.4.2 Aplicacions mèdiques

En medicina s'utilitza el camp magnètic en les resonàncies magnètiques nuclears i en la magnetoteràpia.

Les resonàncies magnètiques s'utilitzen per observar els teixits tous del cos humà. Això es produeix perquè en aplicar camps magnètics intensos sobre una part del cos fa que se'n modifiqui la textura dels teixits. Al modificar la textura dels teixits podem detectar si el pacient ha sofert un trencament de lligament, una tendinitis...



Figura 1.30 Aparell amb el qual es fan les resonàncies magnètiques.

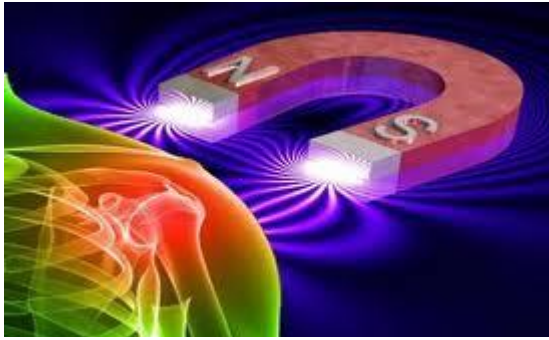


Figura 1.31 L'aplicació de camps magnètics en la medicina.

La magnetoteràpia és una teràpia que consisteix en aplicar camps magnètics sobre una zona del cos la qual té algun os trencat. El camp magnètic accelera el procés de soldament de la massa òssia trencada. Hi ha nombrosos aparells utilitzats per aquests tipus de recuperació.

1.4.3 Aplicacions econòmiques

Econòmicament s'emptra el camp magnètic en un objecte molt utilitzat per les persones, les targetes de crèdit. Aquestes tenen una banda de color negre amb propietats magnètiques. En ella s'emmagatzema la informació del propietari. S'ha de vigilar no acostar aquesta banda a un imant o a altres objectes amb aquestes propietats perquè la informació es modificaria fins al punt que la targeta deixaria de funcionar correctament.



Figura 1.32 El camp magnètic en les bandes de les targetes de crèdit.

1.4.4 Aplicacions en seguretat

En seguretat s'utilitzen els detectors de metalls sobretot en aeroports, en llocs públics molt importants, en camps de mines, en botigues, en grans magatzems, en biblioteques...

Els detectors de metalls tenen mides i formes molt variades. Aquests aparells generen un camp magnètic, si dins d'aquest es troba un material ferromagnètic el camp magnètic del detector de metalls s'amplifica. A més a més, també es pot mesurar la variació en el camp magnètic.



Figura 1.33 Detector de metalls mòbil.



Figura 1.34 Detector de metalls en arc.

1.4.5 Aplicacions en indústries

El magnetisme s'utilitza en nombroses indústries com la metal·lúrgica, l'automobilística, la química, en les deixalleries...

- **Indústria metal·lúrgica:** s'obtenen metalls a partir de minerals metàl·lics realitzant tot un conjunt de processos associats amb el camp magnètic com per exemple l'electròlisi ⁷. També estudia la formació de nous aliatges entre elements diferents amb propietats metàl·liques per formar nous materials més resistents a la calor, a l'oxidació, major duresa...



Figura 1.35 Col·locació de l'aliatge obtingut en motlles per obtenir la forma desitjada.



Figura 1.36 Retocant la forma del metall.

- **Indústria automobilística:** en la fabricació de cotxes s'utilitzen imants de grans dimensions que transporten les peces dels cotxes d'un lloc a un altre. A més a més s'utilitza el camp magnètic com a dispositiu anticontaminant i economitzador de combustibles ja sigui gasolina, gas o diesel. És més, a l'interior del cotxe trobem una gran quantitat d'aparells que funcionen amb camp magnètic com la ràdio, els discs, els altaveus, el mans lliures...



Figura 1.37 Cadena de muntatge de cotxes.

- **Indústria del reciclatge:** s'utilitzen imants per a dur a terme processos de separació entre objectes amb propietats metàl·liques i objectes sense aquestes propietats. D'aquesta manera es fa el reciclatge a les deixalleries. Per a fer-ho utilitzen unes grues magnètiques de grans dimensions on a l'extrem contenen un gran electroimant d'alta potència.



Figura 1.38 Grua magnètica emprada en el reciclatge.

⁷ **Electròlisi:** procés en què es separen els elements d'un compost a través de l'electricitat.

- **Indústries de tecnologia, informàtica i química:** empen molt el camp magnètic per la producció de telèfons, ràdios, aparells de medicació, bateries, televisors, discs... I tot el món de les radiacions⁸ (ràdio, microones, rajos UVA, rajos gamma...). També s'utilitzen com a mecanisme d'obertura en frigorífics, bolsos, polseres, claus codificades per obrir les portes de les habitacions d'alguns hotels, per guardar ganivets i moltes més utilitats.



Figura 1.39 Aparells electrònics que utilitzen el magnetisme.



Figura 1.40 Imants que permeten tenir els objectes de cuina a l'abast.

- **Indústria ramadera i agrícola:** s'utilitza el camp magnètic per tal d'ionitzar l'aigua de manera que adquireix propietats beneficioses tant per la ramaderia com per l'agricultura.

En ramaderia l'aigua ionitzada disminueix l'estrès dels animals, millora el procés de digestió amb la qual cosa l'animal aprofita millor els aliments ingerits i per tant augmenta de massa corporal.

En l'agricultura s'empra perquè es trenca la tensió superficial de l'aigua aconseguint que la planta la pugui absorbir millor.



Figura 1.41 Vaques bevent aigua ionitzada.

⁸ **Radiacions:** són la propagació de l'energia en forma d'ones electromagnètiques. Aquestes ones electromagnètiques són ones vibracionals que tenen un component magnètic i un altre d'elèctric.

2. ELECTROMAGNETISME

2.1 DEFINICIÓ

L'electromagnetisme, en un principi, era estudiat com un fenomen completament diferent al magnetisme. Posteriorment, gràcies a l'experiment realitzat per Hans Christian Oersted que demostrava una estreta relació entre els fenòmens elèctrics i magnètics, va esdevenir en l'actual definició del concepte d'electromagnetisme com el fenomen produït per la relació de semblança originada entre el magnetisme i l'electricitat. Les interaccions produïdes entre aquests dos fenòmens originen els camps electromagnètics molt importants en el desenvolupament de la tecnologia.

2.2 EL SINCROTRÓ

Una de les moltes aplicacions que té l'electromagnetisme és el sincrotró o accelerador de partícules⁹, que combina la força del camp magnètic amb la força del camp elèctric amb l'objectiu d'obtenir partícules accelerades i així aconseguir radiacions.

En un sincrotró les partícules subatòmiques es mouen en direccions oposades dins d'un accelerador circular que provoca un augment de la seva energia. A causa d'això, es generen radiacions electromagnètiques (radiacions ultraviolades i rajos X). Aquestes radiacions són emmagatzemades en uns anells d'emmagatzematge¹⁰.



Figura 2.1 Esquema del funcionament d'un sincrotró.

⁹ **Accelerador de partícules:** aparell que emprava camps electromagnètics per tal d'accelerar les partícules fins a velocitats molt elevades.

¹⁰ **Anells d'emmagatzematge:** aparells encarregats d'emmagatzemar en el seu interior les radiacions procedents de l'acceleració de les partícules.

L'avantatge del sincrotró és la generació de rajos X molt més intensos que els rajos X obtinguts en generadors i que han permès nombroses aplicacions per a la millora de la nostra vida com per exemple:

- Radioteràpies
- Radiografies menys perilloses
- Medicaments per malalties com el SIDA
- Estudi detallat de la matèria
- Ampliació d'imatges
- Anàlisis de virus i bacteries
- Obtenció de nous materials per a la indústria
- Estudi de les reaccions de les partícules subatòmiques en xocar unes enfront les altres a una energia molt elevada, per tal de poder recrear les condicions produïdes després del Big Bang¹¹

Els desavantatges que pot provocar un mal ús dels acceleradors de partícules són:

- Armament modern
- Possible cataclisme
- Creació de forats negres¹²
- Desestabilització dels àtoms

Hi ha diferents sincrotrons distribuïts arreu del món. En la nostra comunitat en gaudim de la presència d'un d'aquests aparells al municipi de Cerdanyola del Vallès anomenat sincrotró Alba i de construcció relativament nova (va ser inaugurat el 2010). És un dels sincrotrons més avançats del món que permetrà el desenvolupament de la ciència en el nostre país sense haver de desplaçar-nos a altres països per tal de dur a terme una investigació que requereixi d'aquesta tècnica.

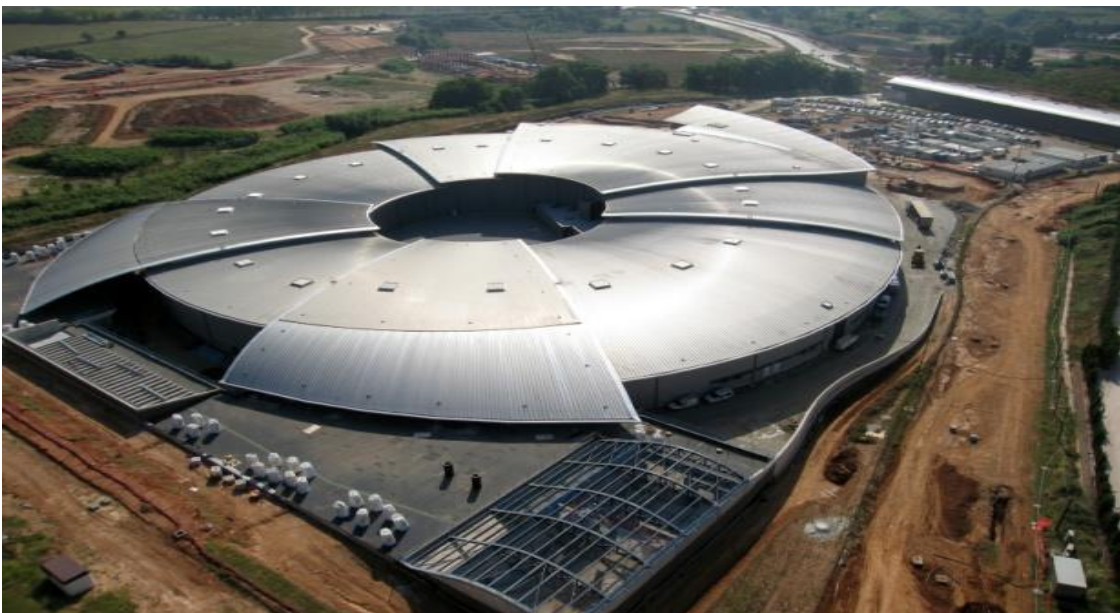


Figura 2.2 Sincrotró Alba. El primer de tot l'Estat.

¹¹ **Big Bang:** teoria que intenta explicar l'origen de l'Univers a partir de camps gravitatoris.

¹² **Forats negres:** són una regió de l'espai amb una elevada concentració de matèria d'alta densitat i amb una força gravitatòria molt gran que fa que la velocitat mínima per escapar d'aquesta força gravitatòria sigui superior a la velocitat de la llum.

3. LEVITACIÓ MAGNÈTICA

3.1 DEFINICIÓ

La levitació magnètica o *Maglev* és el fenomen que permet la suspensió d'un objecte sense mantenir contacte amb el terra, gràcies a la interacció entre camps magnètics i les forces de repulsió generades per l'apropament de dos pols del mateix signe. Per a què un objecte leviti el camp magnètic ha de ser suficientment fort per vèncer la força de la gravetat.

També podem aconseguir la levitació mitjançant el fenomen de la superconductivitat, conegut amb el nom d'Efecte *Meissner* i en el qual la resistivitat¹³ d'un material és nul·la. Això vol dir que deixa d'oferir resistència al pas del corrent.

La resistivitat d'un element depèn de la temperatura a la qual es troba, si aquesta disminueix bruscament fins a valors molt baixos, el comportament de la resistència canvia totalment. Perquè això succeeixi s'ha d'arribar a una temperatura determinada coneguda amb el nom de temperatura crítica de superconductivitat característica de cada element, en la qual, els materials es transformen en superconductors deixant d'oferir resistència al pas del corrent elèctric i permetent la levitació.

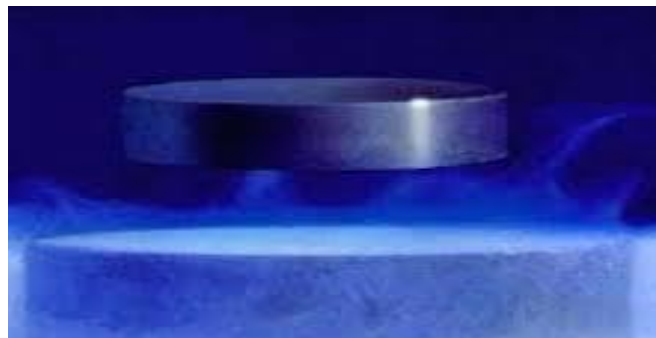


Figura 3.1 En apropar un superconductor a un imant, el superconductor genera una força que repel·leix l'imant tot originant l'anomenada levitació magnètica.

La levitació magnètica, tot i trobar-se en fase experimental, ja s'empra en medicina, en la investigació de l'Univers, en trens de levitació magnètica, etc. Per a molts científics, és la tecnologia del futur.

3.2 TRENS DE LEVITACIÓ MAGNÈTICA

Una de les aplicacions de la levitació magnètica són els trens de levitació magnètica també anomenats trens *Maglev*.

Els trens de levitació magnètica són un tipus de transport públic que pot agafar velocitats superiors (velocitats de fins a 581km/h) a la dels trens d'alta velocitat convencionals ja que no hi ha contacte entre el tren i la via, cosa que provoca una disminució de les friccions i això és el que fa possible aquestes elevades velocitats.



Figura 3.2 Tren de levitació magnètica.

¹³ **Resistivitat:** és la capacitat característica de cada material en oposar-se a la circulació del corrent elèctric en el seu interior.

3.2.1 Història

Les patents de sistemes de propulsió lineal van aparèixer al començament del segle XX, però no va ser fins al 1947 que E. Laithwaite va elaborar el primer prototip. A més a més, uns anys més tard, va dissenyar un sistema de propulsió que mantenia el tren levitant a una altura determinada. D'aquesta manera el 1978 va construir un vehicle el qual fou el primer tren de levitació magnètica o *Maglev* mai vist fins aleshores.

A partir d'aquest primer prototip de tren es va anar modificant i renovant fins que un any després, es va presentar a l'exposició de transport internacional d'Hamburg el Transrapid 05 caracteritzat per la seva propulsió d'extractor¹⁴ innovadora. Aquest va generar tant interès que nombroses empreses el van finançar i això va permetre el desenvolupament d'una nova era, l'era dels trens de levitació magnètica.



Figura 3.3 El tren de levitació magnètica Transrapid 05, fou inaugurat a Hamburg.

Aquesta inversió en els trens de levitació magnètica va permetre que entre el 1984-1985 aparegués el primer *Maglev* totalment automàtic que circulà des de l'aeroport internacional de Birmingham fins l'estació de trens internacional de la mateixa ciutat.



Figura 3.4 El primer *Maglev* totalment automàtic en el seu trajecte aeroport Birmingham- estació de trens internacional de Birmingham.

En els darrers anys, la Xina i el Japó es van interessar molt en aquests tipus de transport i van invertir grans quantitats de capital per tal de garantir el seu progrés. Per aquest motiu es van construir nombrosos tipus de trens amb dissenys ben diferents els uns dels altres.

¹⁴ **Propulsió d'extractor:** utilitzada en els motors dels coets. Genera impuls gràcies a l'expulsió de gasos cap a l'exterior.

D'aquesta manera el primer viatge comercial que es va realitzar va ser al Japó i aproximadament en el transcurs de l'any 2006, la Xina va començar a construir un sistema de transport emprant la levitació magnètica. Després de diversos intents fallits s'han aconseguit nous materials que permeten una millora en el sistema de levitació magnètica i gràcies a tot això, disposem avui en dia, d'una línia de trens de levitació magnètica al Japó.

A més a més s'està plantejant la possibilitat de construir una altra línia a Alemanya i als EEUU, tot i que de moment encara s'estan fent proves de velocitat i millorament del mecanisme de funcionament al centre de proves del Japó.

Si més no, en un futur no molt llunyà, la majoria de transports podrien funcionar mitjançant levitació magnètica.



Figura 3.5 Tren de levitació magnètica emprat en la línia Tokyo- Osaka (Japó) transportant uns 1300 passatgers.

3.2.2 Funcionament

Un tren de levitació magnètica pot funcionar de dues maneres diferents mitjançant un sistema EMS¹⁵ o un sistema EDS¹⁶.

La diferència entre els dos sistemes és el fet que en l'EMS la levitació es produeix per les forces d'atracció i repulsió entre bobines col·locades al llarg del vehicle i de la via, en canvi l'EDS la levitació es produeix gràcies als superconductors.

Els EMS no posseeixen un magnetisme permanent sinó que els electroimants situats a sota del tren generen forces d'atracció i repulsió amb els materials ferromagnètics que permeten el seu moviment i d'aquesta manera que el tren s'elevi (molt poca altura).

Els EDS utilitzen superconductors els quals en entrar en un camp magnètic produeixen forces de repulsió perquè el superconductor impedeix que les línies del camp magnètic circulin pel seu interior cosa que produeix l'elevació del tren (aproximadament 15 cm d'altura). Els trens que funcionen amb aquest sistema tenen unes rodes les quals, un cop la velocitat del tren disminueix de la mateixa manera que ho fa la levitació, toquen la via i aturaran el vehicle.

¹⁵ EMS: *Electromagnetic suspension*

¹⁶ EDS: *Electrodynamic suspension*

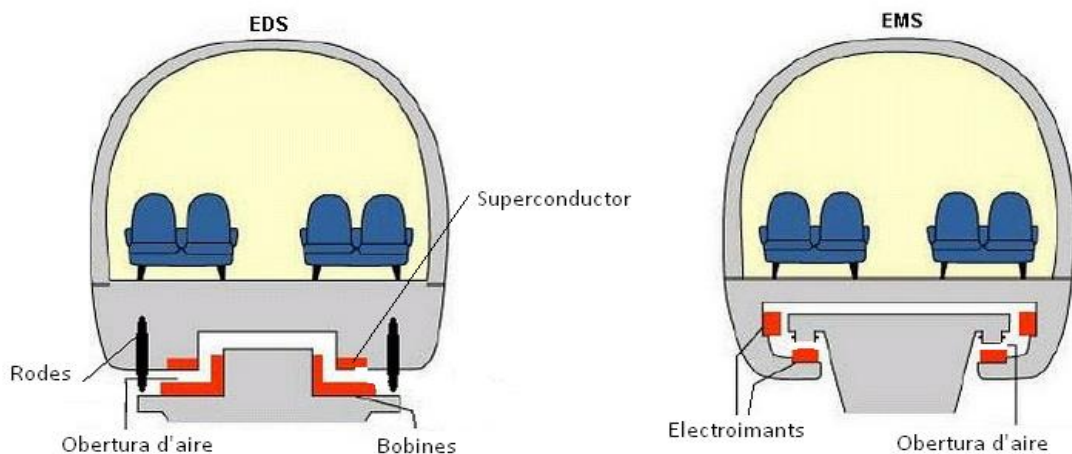


Figura 3.6 Esquema de l'estructura dels dos tipus de sistemes de levitació l'EDS i l'EMS.

Perquè el tren no surti de la via, quan es produeixi algun tipus de moviment del terreny o en una corba, consta d'uns imants laterals que generen forces d'atracció i de repulsió obligant al tren a circular recte. Quan s'allunya un extrem de la via actuen forces d'atracció i pel contrari quan més s'apropa a la via actuen forces de repulsió.

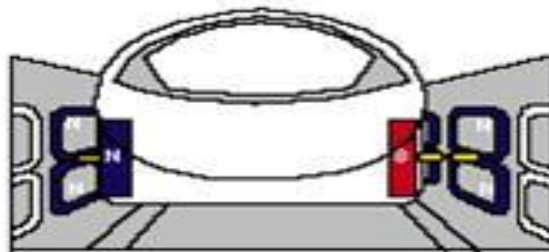


Figura 3.7 Principi de la via lateral per mantenir el tren

Però això no sempre és així. En els sistemes EDS són els superconductors i les bobines els encarregats de guiar al tren. Aquestes bobines estan connectades per sota de la via en forma de laç.

Per a donar impuls al tren en el moment d'arrencada s'utilitza un motor lineal¹⁷. Perquè el tren es desplaci sobre la via es col·loquen un conjunt de bobines que constitueixen la part no mòbil; per altra banda, el rotor constitueix la part mòbil. El corrent que circula per la bobina es transmet al rotor fet que crea tot un seguit de pols magnètics dels dos tipus (Nord i Sud) els qual impulsaran el tren cap endavant.

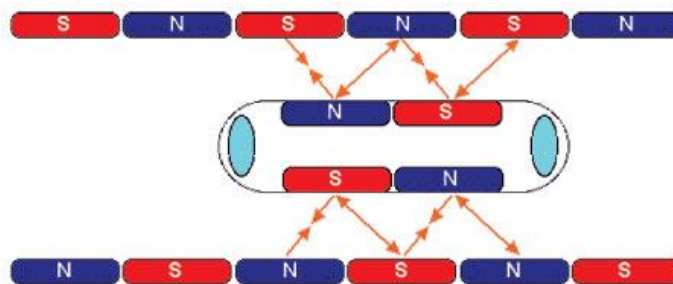


Figura 3.8 Els pols magnètics generats per tal de donar propulsió al tren.

¹⁷ **Motor lineal:** és un motor elèctric format per una part immòbil o estator i una part mòbil o rotor. La diferència envers els altres motors és que l'estator és el carril i el tren és el rotor.

Podem regular la velocitat de dues maneres: disminuint el corrent que circula per la bobina o bé, canviant la configuració de la bobina.

El mecanisme de frenada emprat consisteix en canviar la polaritat del corrent que circula per la bobina. Per exemple, si en la propulsió la càrrega que circula per la bobina és positiva, per a frenar, la càrrega ha de ser negativa. A més a més, en condicions extremes, s'utilitza un sistema de frenada aerodinàmic. Aquest està constituït per unes plaques que surten dels laterals de la part davantera tot augmentant la superfície del tren. En impactar l'aire contra elles la força de fricció augmenta i com a conseqüència es redueix la velocitat que portava el tren.



Figura 3.9 Els frens aerodinàmics utilitzats en els trens *Maglev*.

3.2.3 Els avantatges i els inconvenients

Els trens de levitació magnètica, tot i ser un invent molt innovador, presenten els seus avantatges i els seu inconvenients.

- **Avantatges:** són més ràpids (arriben fins a 581km/h), més silenciosos i més suaus. Ofereixen una major seguretat i comoditat que afavoreixen el benestar dels passatgers. Són capaços d'aprofitar més l'energia elèctrica ja que aquesta energia no prové del tren sinó de la via. Això evita les pèrdues i redueix el consum d'energia. Al no mantenir contacte amb el terra, les parts mòbils no es desgasten, cosa que facilita el manteniment dels vehicles. També són capaços de circular per desnivells de fins a 10 graus.

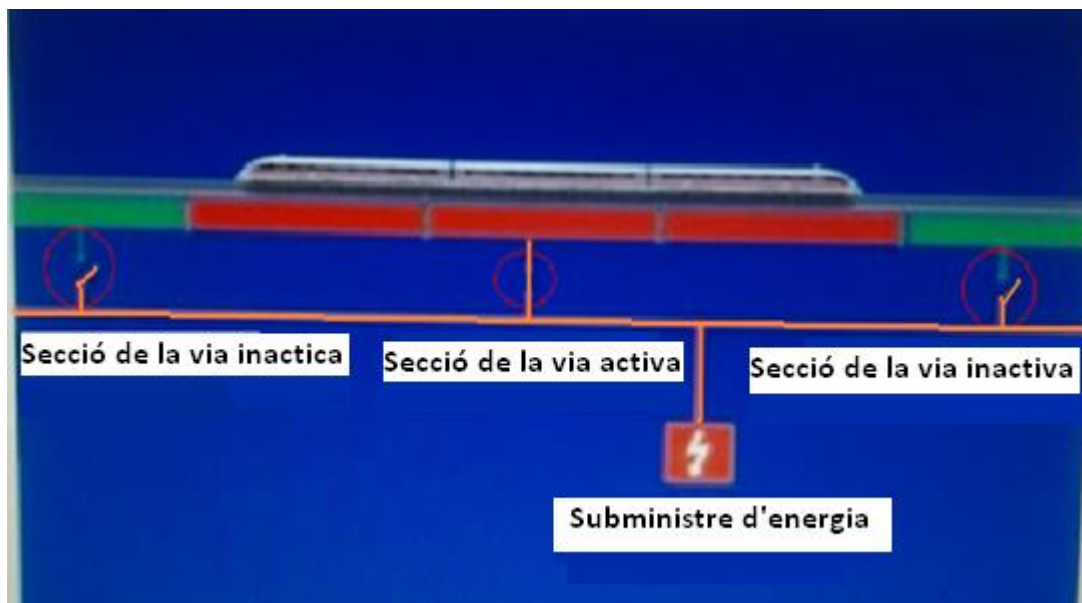


Figura 3.10 El sistema de subministrament elèctric emprat pels trens de levitació magnètica.

- **Inconvenients:** una de les principals dificultats d'aquest invent és l'alt cost que suposa la seva construcció degut a l'alt preu de l'elaboració de la infraestructura de les vies, el gran sistema elèctric necessari i la necessitat del consum d'energia. Requereixen l'ús de mecanismes que evitin l'expulsió de la via del tren levitant.

Un altre dels seus inconvenients és el pes del tren. La levitació no és aplicable al transport de mercaderies ja que el seu alt pes evita que aquest s'elevi.

A més a més, segons quin sistema de levitació utilitzi el tren (EDS o EMS), hi ha diferents tipus d'avantatges i inconvenients.

	EMS	EDS
AVANTATGES	<p>Utilitzen electroimants els quals no són costosos.</p> <p>No són necessaris complicats i costosos sistemes de refrigeració.</p> <p>Consumeixen menys energia que els EDS.</p> <p>La intensitat del camp magnètic és baixa i per tant, no perjudica la salut de les persones i no necessita sistemes d'aïllament.</p>	<p>El tren assoleix una altura de fins a 15cm.</p> <p>Permet fer vies menys precises.</p> <p>Davant d'una corba el tren s'inclina de manera que cap pertorbació és percebuda en el seu interior.</p>
INCONVENIENTS	<p>Té molta inestabilitat i es pot donar el cas de que el tren surti de la via.</p> <p>Molta precisió en la construcció de la via.</p> <p>Un simple terratrèmol podria destruir completament tot un sistema de vies.</p> <p>El tren s'eleva poc, com a màxim 1cm.</p>	<p>Aconseguir superconductors és molt car.</p> <p>La intensitat del camp magnètic és molt elevada cosa que és perjudicial per a la salut dels passatgers ja que genera radiacions que poden donar lloc a malalties com el càncer.</p> <p>Es necessiten complexos sistemes de refrigeració per mantenir a baixes temperatures els superconductors.</p> <p>Utilitzen sistemes d'aïllament per a les radiacions.</p>

Taula 3.1 Comparació dels avantatges i dels inconvenients dels dos sistemes de funcionament que utilitzen els trens de levitació magnètica.

4. EXPERIÈNCIES MAGNÈTIQUES

En aquest bloc es troba tot un recull d'experiments magnètics i electromagnètics que constaten i representen alguns dels conceptes explicats anteriorment. També, ens ajuden a comprendre amb més claredat el món del magnetisme.

Aquests experiments han estat mostrats davant de 12 alumnes de primer d'ESO. Prèviament, els hi vaig passar un petit qüestionari per valorar quins eren els seus coneixements sobre el magnetisme. Un cop contestades les preguntes vaig procedir a realitzar els experiments amb els quals els vaig explicar les solucions i van poder comprovar ells mateixos si havien respòs bé o no i el motiu pel qual era així.

Amb aquest qüestionari he pogut valorar els seus coneixements envers el magnetisme i veure la seva reacció davant d'aquest.

4.1 EXPERIMENTS

4.1.1 Línies magnètiques

Material

- Imants
- Llimadures de ferro
- Fulls de paper

Objectiu

Aconseguir observar les línies magnètiques formades pel camp magnètic generat per l'imant.

Procediment

1. Col·loquem un full de paper sobre un imant i li tirem llimadures de ferro. Repetim aquest procediment amb dos imants. Un cop pels pols que s'atreugin i l'altre, pels que es repel·leixin.

Observacions

Les llimadures de ferro són atretes pel camp magnètic generat per l'imant i es van ordenant tot formant unes línies, les línies magnètiques. Segons com estiguin situats els dos imants les línies canvien i podem veure si aquests imants s'atreuen o es repel·leixen.

Conclusions

Podem afirmar que els imants generen un camp magnètic gràcies a la visualització de les línies les quals surten del pol nord i entren pel pol sud.

Muntatge

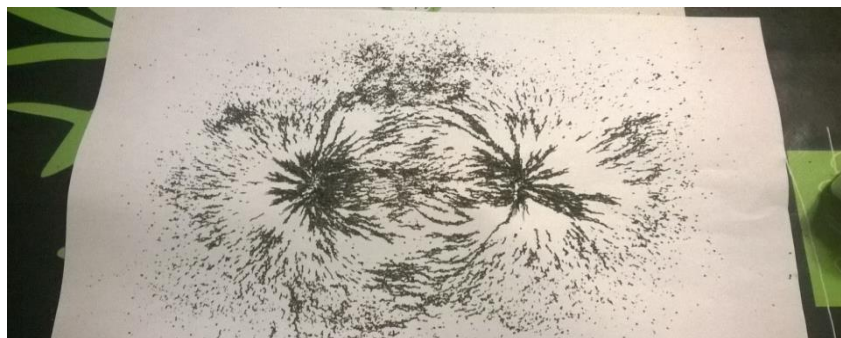


Figura 4.1 Línies magnètiques generades per un imant.

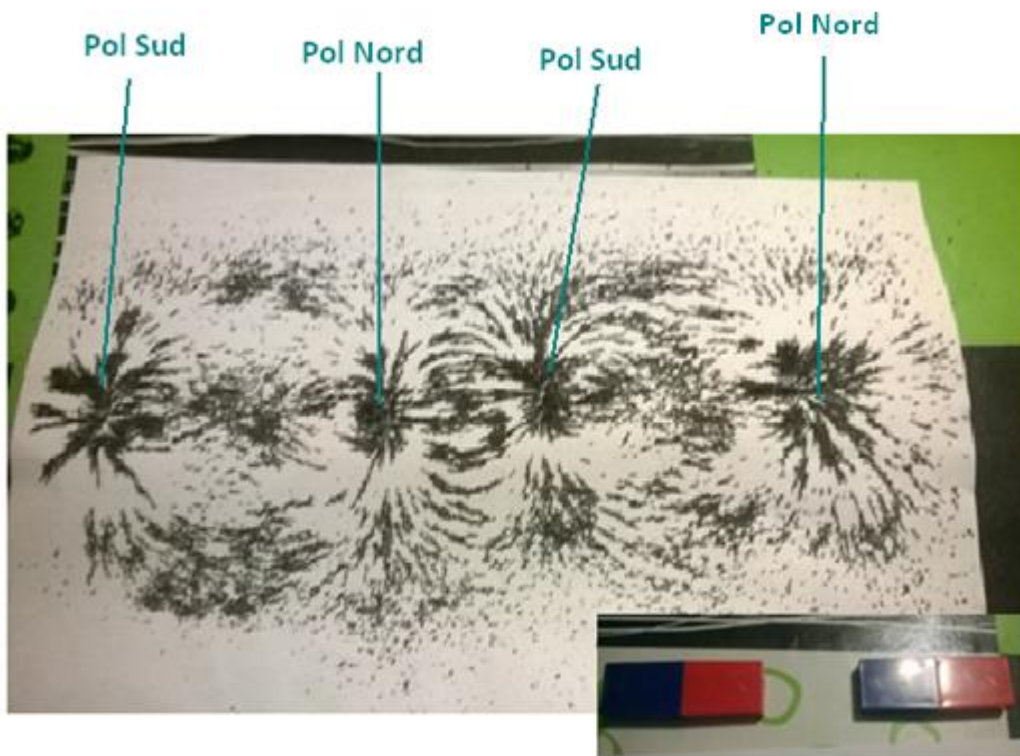


Figura 4.2 Línies magnètiques generades per dos imants que s'atrauen.

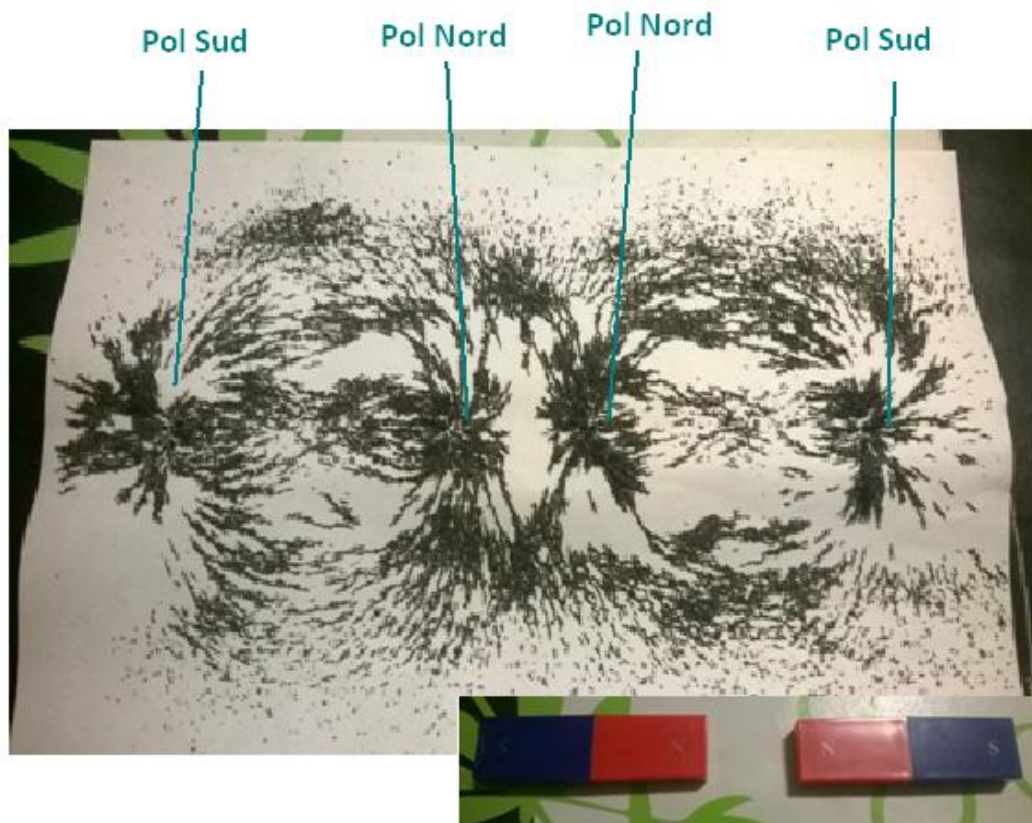


Figura 4.3 Línies magnètiques generades per dos imants que es repel·leixen.

4.1.2 Brúixola

Material

- Agulla
- Imant
- Tap de suro
- Plat
- Aigua
- Brúixola
- Cúter

Objectiu

Comprovar que un objecte de ferro pot ser imantat i veure que, un cop imantat, en posar-lo en una superfície que li permeti el moviment s'orientarà cap al nord.

Procediment

1. Tallem amb el cúter un tros de tap de suro.
2. Imantem l'agulla refregant-la amb un imant.
3. A continuació, clavem l'agulla al tap de suro de manera que aquesta el traspassi.
4. Finalment, posem l'agulla amb el suro sobre el plat amb aigua.

Observacions

L'agulla va girant fins que s'orienta cap al nord.

Conclusions

Tots els objectes que continguin ferro poden ser imantats i llavors actuen com un imant temporal. S'orienten cap al nord ja que la Terra és un gran imant i com a tots els imants, genera un camp magnètic.

Muntatge



Figura 4.4 Brúixola que apunta en direcció Nord- Sud.

4.1.3 Pèndol per efecte curie

Material

- Una espelma
- Imants
- Fusta
- Un fil de coure
- Cinta adhesiva
- Una molla d'un bolígraf
- Una xinxeta
- Dos llistons de fusta
- Cola

Objectiu

Veure que la calor afecta al camp magnètic.

Procediment

1. Tallem una base de fusta d'uns 14 cm de llarg per 8 cm d'ample.
2. Seguidament, serrem dos llistons de fusta de 23 cm de llarg.
3. Enganxem els dos llistons a la base l'un davant de l'altre però deixant un espai per a que puguem posar-hi l'espelma.
4. Agafem la molla d'un bolígraf fem una bola i l'unim al fil de coure.
5. A continuació, punxem la xinxeta a un dels llistons i li unim el fil de coure amb la molla.
6. A l'altre llistó mitjançant una mica de cinta adhesiva enganxem els imants, comprovant que aquests atreen a la molla.
7. Finalment, situem l'espelma entre els dos pals i l'encenem.

Observacions

A l'encendre l'espelma i situar-la sota la molla aquesta es comença a escalfar i un cop està calenta s'allunya dels imants. En refredar-se torna a ser atreta pels imants.

Conclusions

La calor produïda per l'espelma, fa augmentar la temperatura de la molla fins que aquesta perd el seu magnetisme i per aquest motiu s'allunya dels imants. Un cop es refreda, torna a ser atreta pels imants ja que recupera el seu magnetisme.

Muntatge



Figura 4.5 Fases d'escalfament per les quals passa la molla.

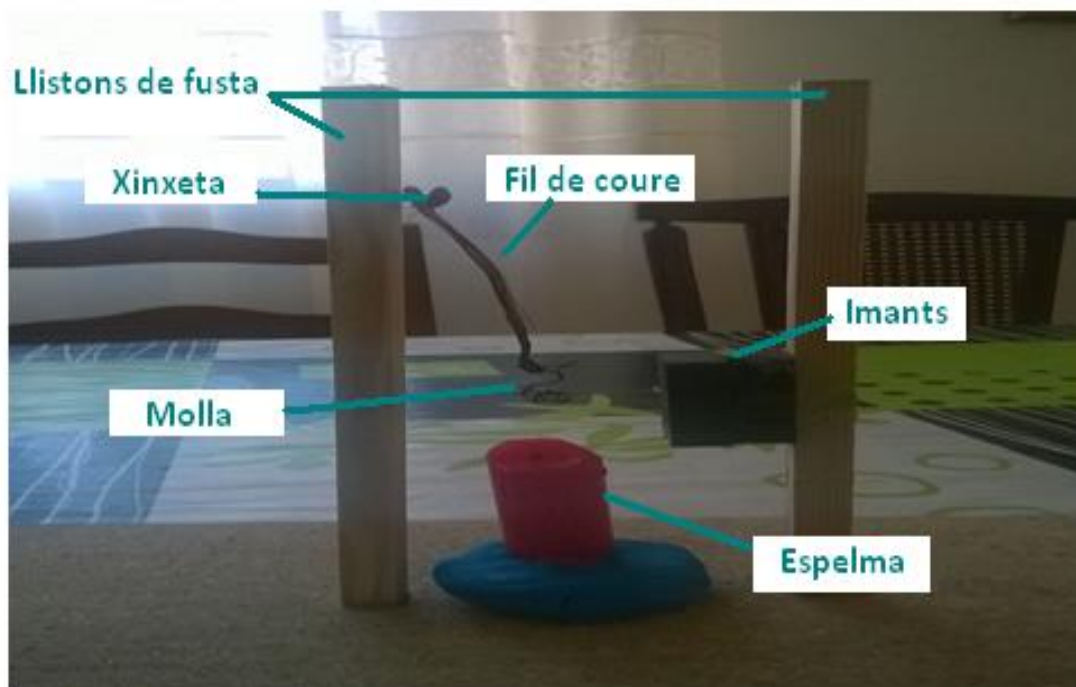


Figura 4.6 Muntatge del pèndol per efecte de curie.

4.1.4 Influència de la superfície

Material

- Vidre
- Aigua
- Llimadures de ferro
- Folis de paper
- Monedes de 5 cèntims

Objectiu

Veure que la superfície no afecta el camp magnètic.

Procediment

1. Situem llimadures de ferro sobre una base de fusta a sota de la qual i posem l'imant.
2. Realitzem el mateix amb vidre i paper.
3. Posem unes monedes de 5 cèntims dins d'un recipient amb aigua i acostem l'imant.

Observacions

Quan situem l'imant a sota d'una base de vidre o paper observem que les llimadures de ferro són atretes per l'imant. Quan posem les monedes de 5 cèntims dins d'un recipient amb aigua, en apropar l'imant són atretes per ell i fins i tot les podem treure del recipient.

Conclusions

El fet que l'imant continuï atraient les llimadures o les monedes de 5 cèntims ens demostra que la superfície no afecta al camp magnètic.

Muntatge



Figura 4.7 Monedes de 5 cèntims dins d'un vas amb aigua les quals en apropar l'imant són atretes per aquest.

4.1.5 Experiment d'Oersted

Material

- Placa de muntatge "regleta"
- Brúixoles
- Bobines
- Font de corrent elèctric
- Cables
- Bloc de ferro
- Cargols
- Xinxetes
- Tatxes

Objectiu

Confirmar que l'electricitat pot crear un camp magnètic.

Procediment

1. Primer de tot agafem la bobina i la col·loquem a sobre de la regleta.
2. Mitjançant uns cables connectem la bobina a la font de corrent elèctric.
3. Situem a prop seu una brúixola.
4. Després, col·loquem un nucli de ferro a l'interior de la bobina.

Observacions

Quan no circula corrent elèctric la brúixola ens indica el nord geogràfic. Un cop fem circular-hi corrent, aproximadament 10 V, la brúixola deixa d'apuntar el nord tot canviant la seva posició. A més a més, si invertim la direcció del corrent la brúixola fa un gir de 180° . Quan col·loquem un nucli de ferro a l'interior de la bobina observem que en circular-hi corrent atreu objectes com xinxetes, cargols i taxes. En cessar el corrent elèctric aquest nucli de ferro deixa d'atreure els objectes i per tant deixa d'actuar com un imant.

Conclusions

El corrent elèctric genera un camp magnètic que afecta a les brúixoles les quals indiquen la direcció en què circula aquest corrent, per això, si canviem el seu sentit les brúixoles fan un gir de 180° . Quan deixa de passar corrent pel circuit, el camp magnètic desapareix i és per aquest motiu pel qual la brúixola torna a indicar el nord geogràfic. A més a més, quan a l'interior de la bobina situem un nucli de ferro i fem circular corrent aquest actua com un imant atraient objectes que contenen ferro, cobalt o níquel. Aquest fet ens permet afirmar que el corrent elèctric genera un camp magnètic.

Muntatge

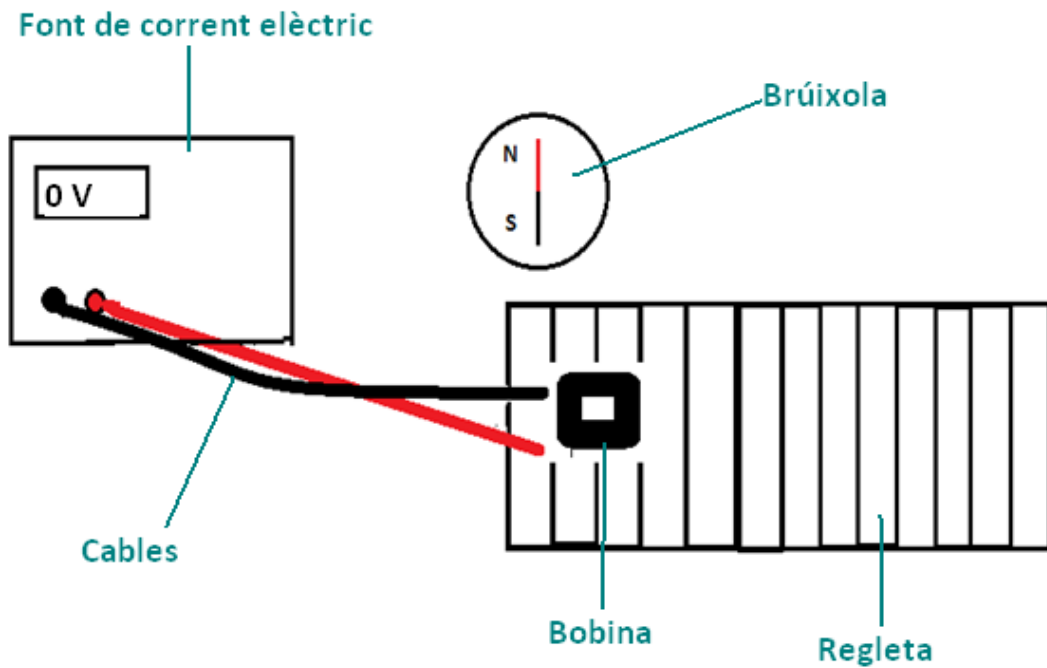


Figura 4.8 Experiència d'Oersted quan no hi circula corrent.

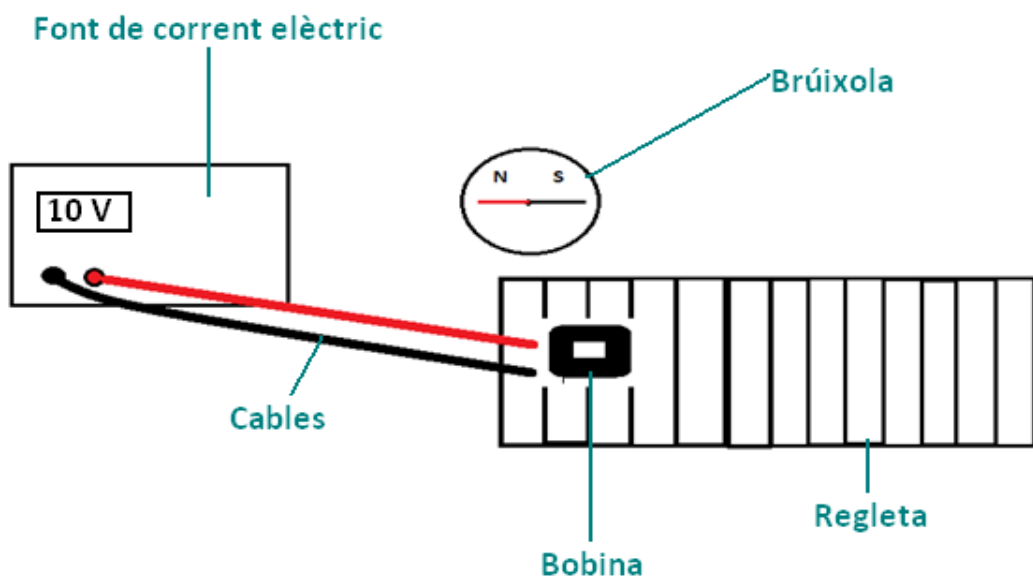


Figura 4.9 Experiència d'Oersted en circular-hi corrent.

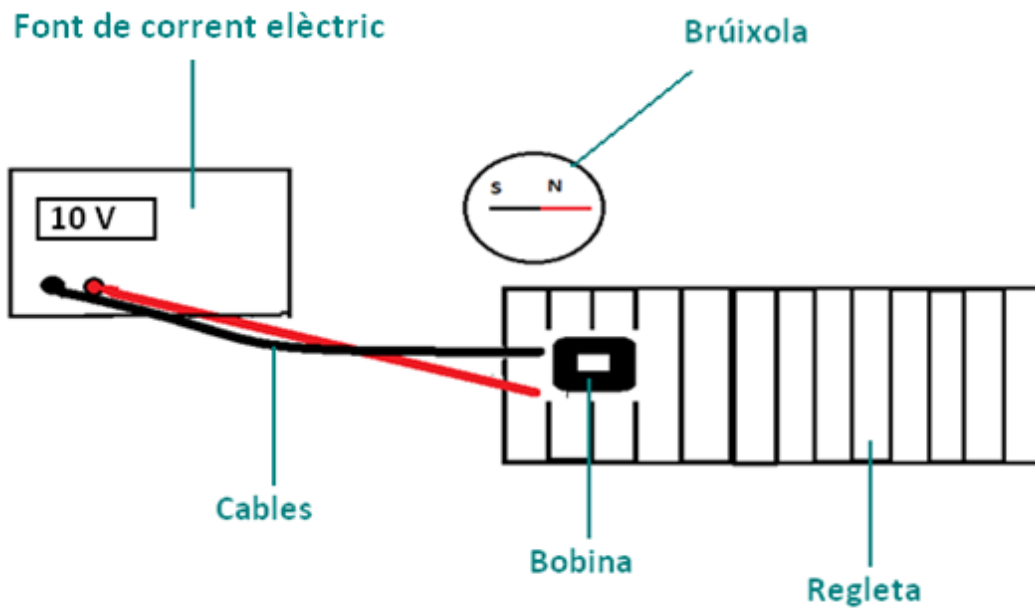


Figura 4.10 Experiència d'Oersted en invertir el corrent.

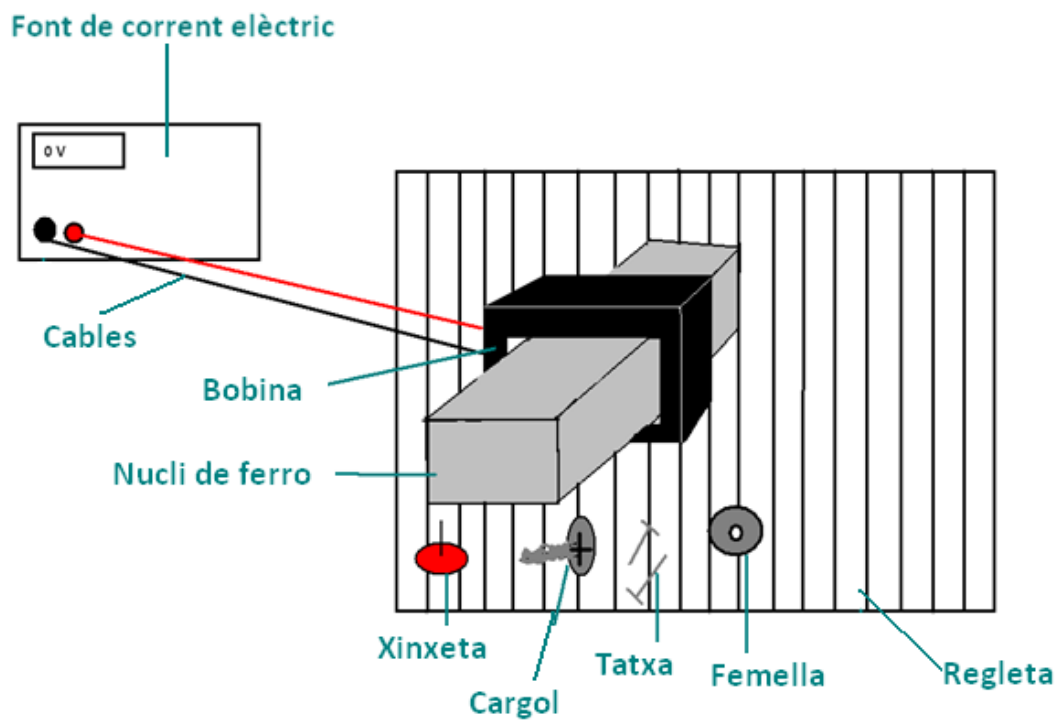


Figura 4.11 Quan afegim un nucli de ferro a l'interior de la bobina i no fem circular-hi corrent el ferro no atreu als objectes i per tant, no actua com un imant.

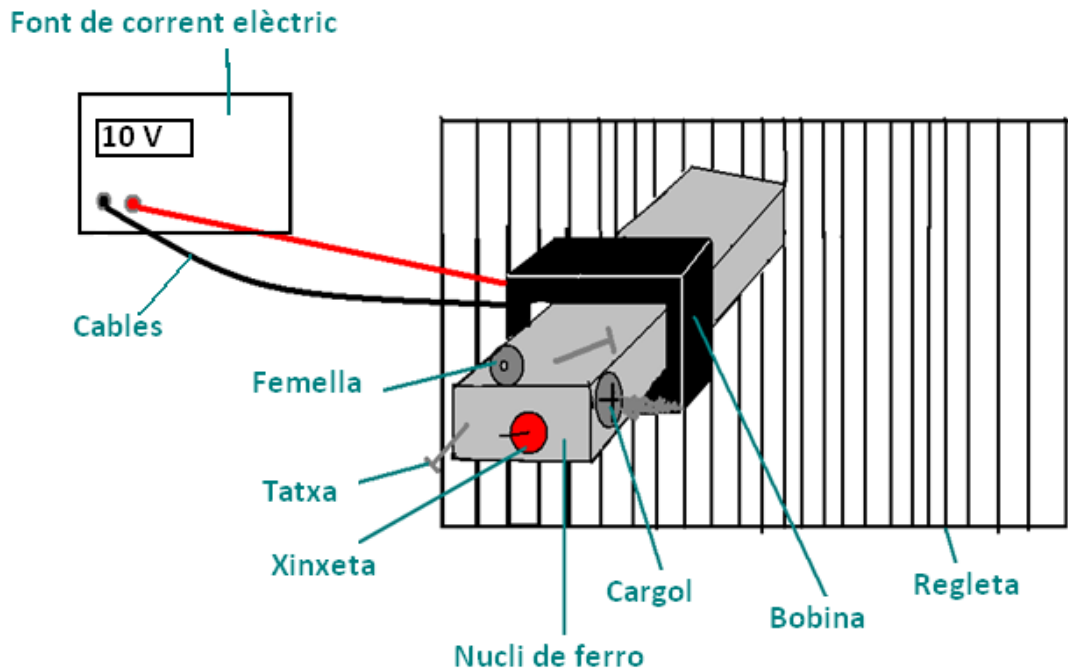


Figura 4.12 En circular-hi corrent el ferro actua com un imant i per tant, atreu els objectes.

4.1.6 Generador elèctric fonamental

Material

- Placa de muntatge elèctric "regleta"
- Bobina
- Imants
- Amperímetre

Objectiu

Aconseguir fer un petit generador.

Procediment

1. Primer de tot, agafem la bobina i la col·loquem a sobre de la regleta.
2. Mitjançant uns cables connectem la bobina a un amperímetre.
3. A l'interior de la bobina introduïm un imant i el movem.

Observacions

Quan movem l'imant, veiem que l'amperímetre també es mou marcant dos valors d'igual nombre però diferent càrrega, un positiu i l'altre negatiu, que varien segons la velocitat amb què movem l'imant. Si en comptes de moure l'imant movem la bobina, succeeix el mateix.

Conclusions

El camp magnètic genera corrent elèctric a causa del moviment dels electrons. Al generar corrent el que estem aconseguint és un generador.

Muntatge

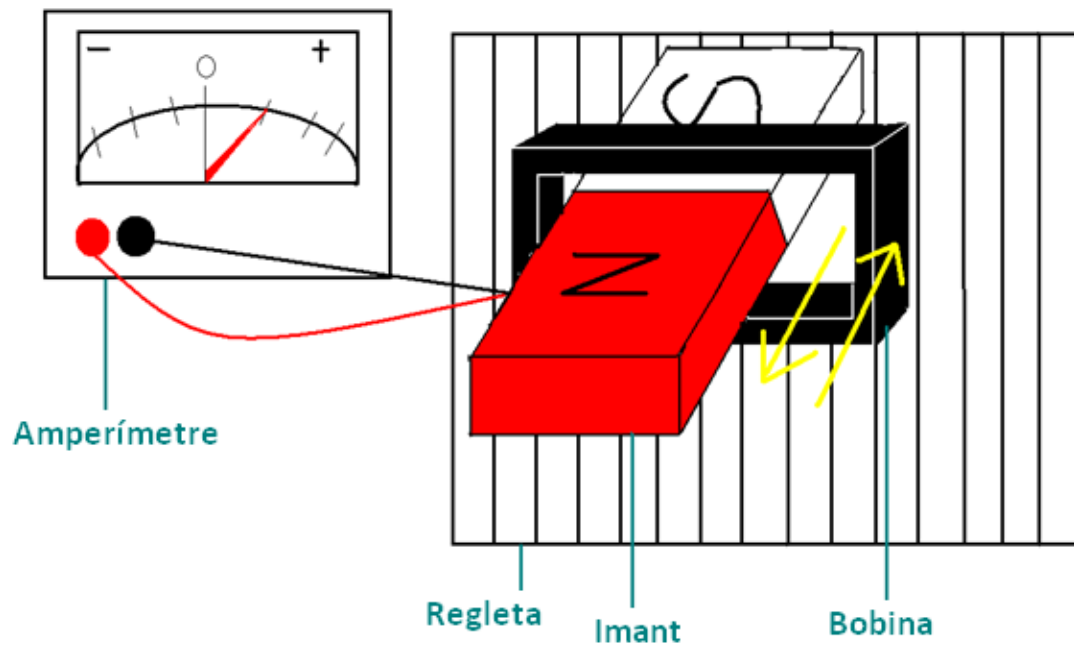


Figura 4.13 En moure l'imant l'amperímetre ens dóna un valor positiu. Si movem la bobina en comptes de l'imant veiem que l'amperímetre també marca un valor positiu.

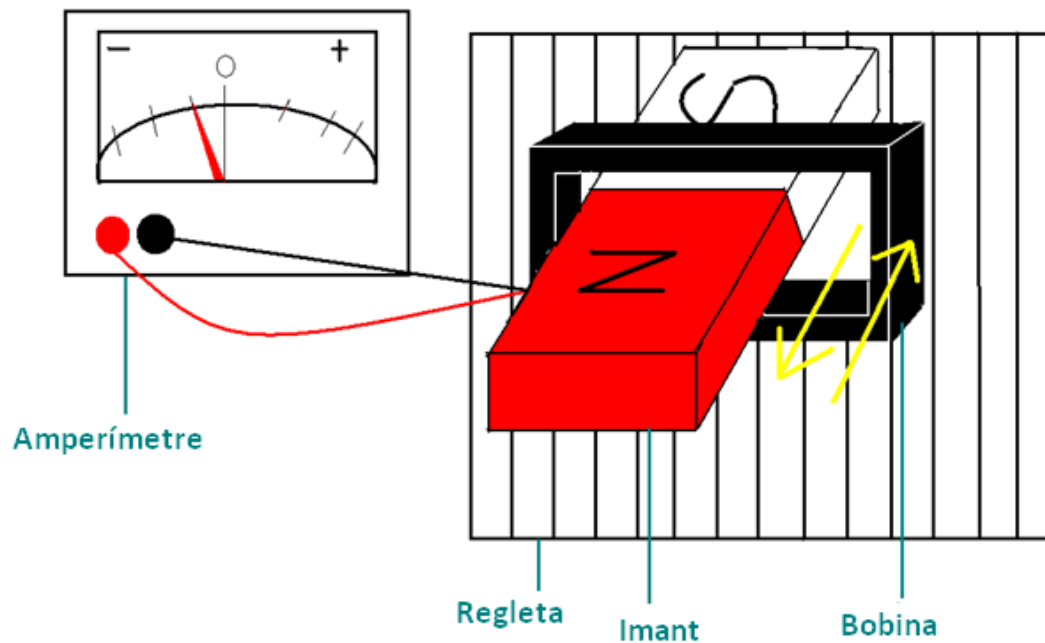


Figura 4.14 En moure l'imant l'amperímetre també ens dóna un valor negatiu i succeeix el mateix en moure la bobina. El valor anterior i aquest es produeixen de manera simultànea.

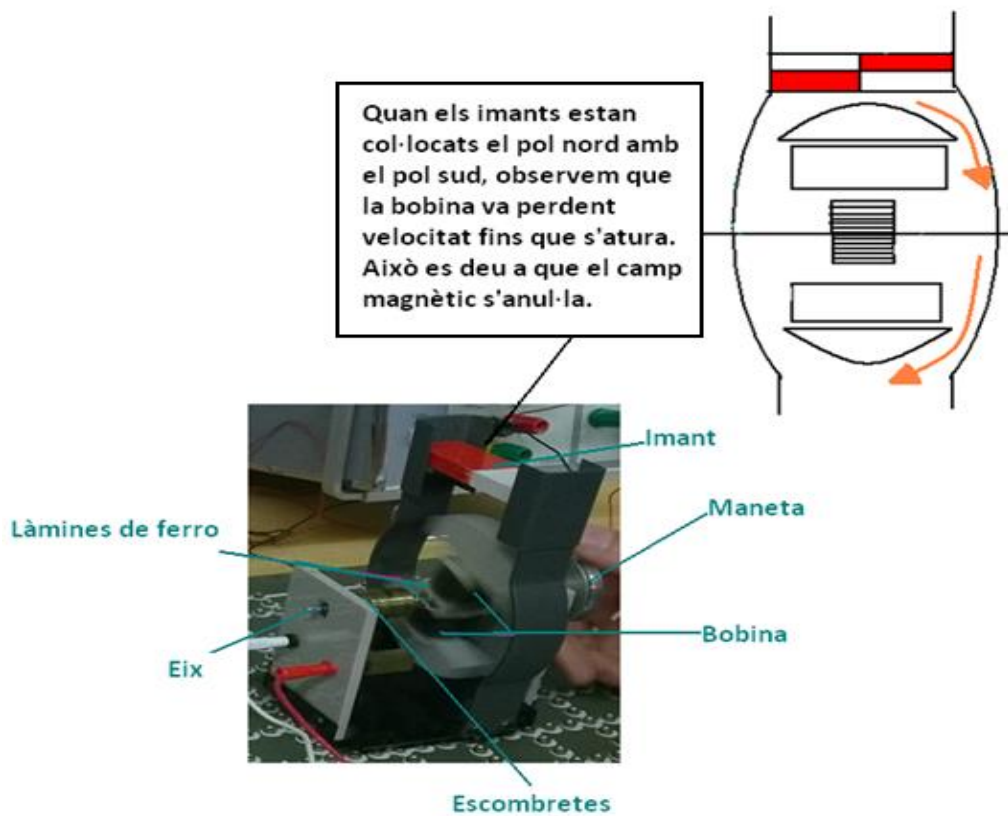


Figura 4.15 Model de generador actual. En aquesta imatge observem un electroimant (format per una bobina amb làmines de ferro) a sobre del qual hi ha uns imants. El camp magnètic creat pels imants fa que l'electroimant giri (inicialment requereix moure una mica la maneta per a donar-li un petit impuls) i transformi l'energia mecànica en energia elèctrica.

Aquest mecanisme d'obtenció d'energia elèctrica és emprat a les centrals hidroelèctriques, on una turbina moguda per la força de l'aigua fa girar la bobina de tal manera que aquesta genera energia elèctrica.

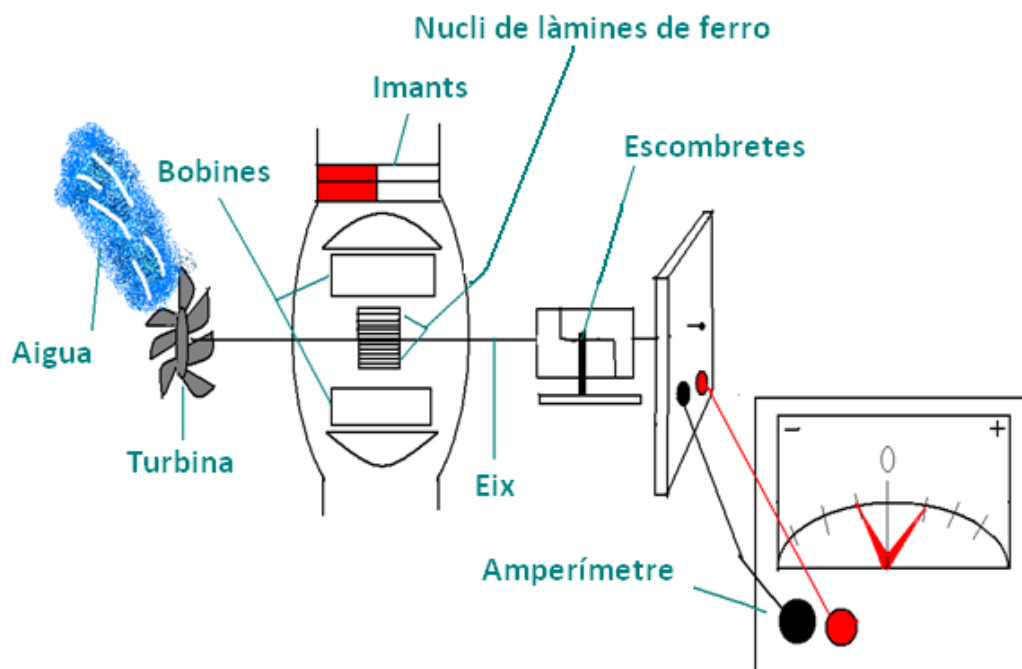


Figura 4.16 Model de generador emprat en les centrals hidroelèctriques.

4.1.7 Motor elèctric

Material

- Placa de muntatge elèctric "regleta"
- Electroimant
- Imant
- Font de corrent elèctric

Objectiu

Aconseguir fer un motor i veure que si invertim aquest procés obtenim un generador. Per tant, són processos reversibles.

Procediment

1. Agafem l'electroimant i el col·loquem a sobre de la regleta.
2. Mitjançant uns cables connectem l'electroimant a una font de corrent elèctric.

Observacions

En passar corrent, l'electroimant comença a girar a l'igual que la maneta. Quan més intensitat té el corrent més ràpid gira. En aturar el flux de corrent deixa de girar. Succeeix el mateix en treure els imants de la part superior de l'estructura de l'electroimant. A més a més, de la mateixa manera que en el generador, quan els imants estan col·locats el pol nord amb el pol sud, observem que la bobina va perdent velocitat fins que s'atura.

Conclusions

L'energia elèctrica que fa girar l'electroimant es transforma en energia mecànica i d'aquesta manera obtenim un motor. A més a més podem observar que aquest procés és l'invers del generador.

Muntatge

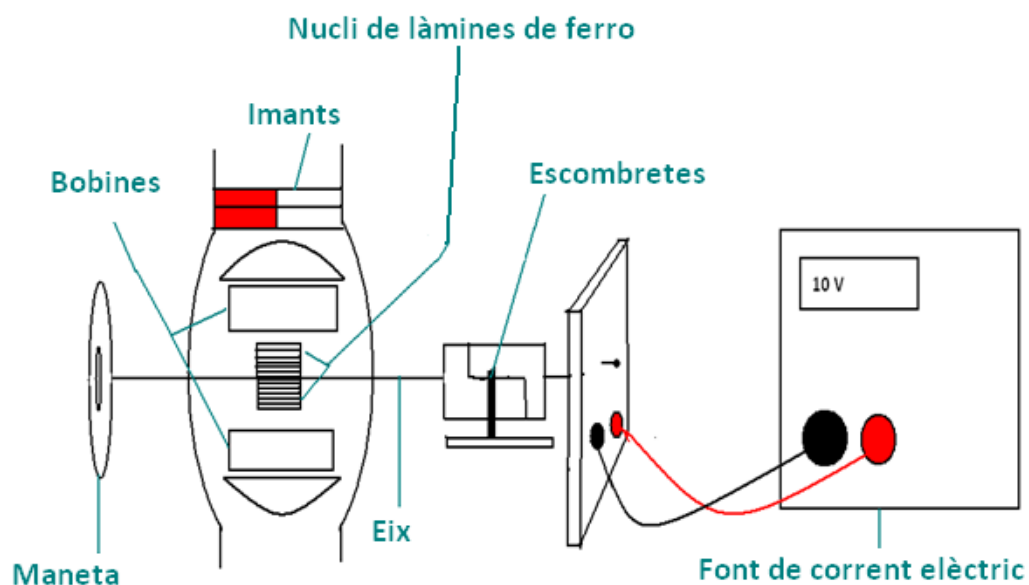


Figura 4.17 Model de motor elèctric. Quan fem circular corrent la maneta gira

Per confirmar que un motor pot actuar com un generador, ja que són processos reversibles, duem a terme el següent experiment.

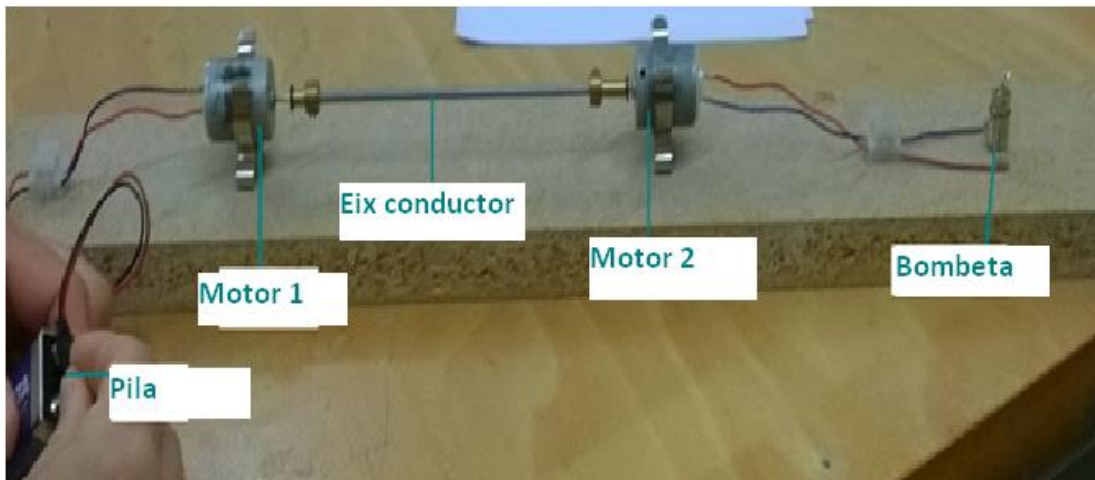


Figura 4.18 Muntatge utilitzant dos motor, un actua com un motor mentre que l'altre actua com un generador

Connectem el motor 1 a una pila. Mitjançant un eix conductor comuniquem el motor 1 amb el motor 2. Per acabar, unim una bombeta a l'extrem lliure del motor 2.

La pila proporciona corrent al motor 1 i el fa moure. Aquest moviment es transmet per mitjà de l'eix conductor cap al motor 2 el qual transforma aquesta energia mecànica que rep en energia elèctrica tot fent que la bombeta s'encengui. Així demostrem que un motor també pot actuar com un generador.

4.2 EXPERIMENTS MAGNÈTICS ALS ALUMNES DE 1r D'ESO

En primer lloc, els dies previs a fer els experiments davant dels nens de 1r d'ESO vaig decidir quins experiments farien i quines preguntes contindria el qüestionari. En segon lloc, vaig elaborar el muntatge de cadascuna de les pràctiques i les vaig provar per veure si funcionaven i si es veia clar l'objectiu que buscava. Un cop els muntatges estaven tots preparats, durant els 15 minuts del primer pati els vam organitzar al laboratori. Posteriorment, en els 20 minuts del segon pati van venir uns quants voluntaris de primer d'ESO, concretament 6.

A continuació, els vaig fer respondre el qüestionari sense explicar-los res prèviament i totalment anònim. Quan van acabar de respondre'l vaig procedir a explicar-los les solucions de cadascuna de les preguntes. Unes quantes d'elles no eren pràctiques, és a dir, els vaig explicar el motiu oralment, com per exemple, si la Terra era un gran imant. D'altres com la pregunta 3 (mirar figura 4.19) les vam comprovar allí mateix ja que no requerien cap tipus de muntatge per a la seva explicació. La resta van ser explicades utilitzant els muntatges que havíem situat en el laboratori.

Mentre jo els explicava els experiments uns quans amics meus ens van gravar amb la càmera.

En un altre pati vaig fer exactament el mateix però amb 6 voluntaris més. Ho vam fer en dos patis perquè vam creure convenient fer-ho en petits grups ja que així va ser més fàcil per mi explicar-los les experiències i per ells entendre-ho.

Tot s'ha de dir que tant un grup com l'altre van mostrar força interès pels experiments i per saber quina solució tenia cadascuna de les qüestions.

QÜESTIONARI

1. La Terra és un gran imant?..... SI NO
(Fou explicada oralment)
2. Una brúixola és un imant?..... SI NO
(Experiment 4.1.2 Brúixola)
3. Tots els objectes són atrets per un imant?..... SI NO
(Va ser comprovada tot agafant un imant i acostant-li objectes de materials diferents)
4. Quants pols té un imant?..... 1 2 3
(Experiment 4.1.1 Línies magnètiques)
5. Els pols d'igual signe es repel·leixen o s'atreuen?.....
(Experiment 4.1.1 Línies magnètiques)
6. Els pols de diferent signe es repel·leixen o s'atreuen?.....
(Experiment 4.1.1 Línies magnètiques)
7. Un objecte de ferro pot ser imantat?..... SI NO
(Experiment 4.1.2 Brúixola)
8. L'electricitat pot crear un camp magnètic?..... SI NO
(Experiment 4.1.5 Experiment d'Oersted)
9. La calor influeix en el camp magnètic?..... SI NO
(Experiment 4.1.3 Pèndol per efecte curie)
10. La superfície pot influir en el camp magnètic?..... SI NO
(Experiment 4.1.4 Influència de la superfície)

Figura 4.19 El qüestionari que es va lliurar als 12 voluntaris per a ser contestat. Sota de cada pregunta es mostra l'experiment corresponent.

4.2.1 Valoració i comentari dels qüestionaris

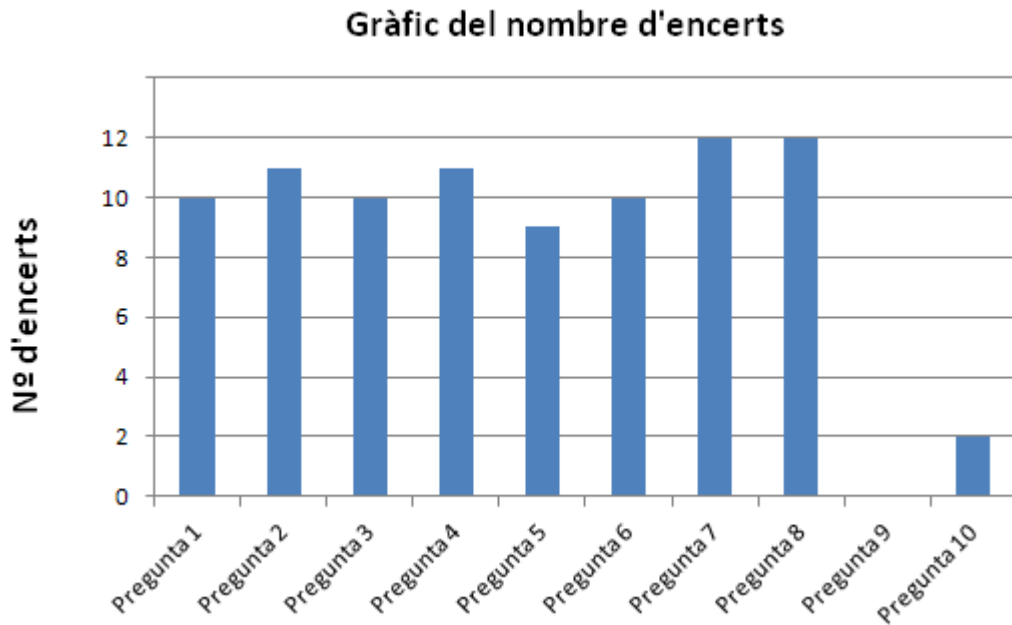


Figura 4.19 Gràfic que mostra el nombre d'encerts respectius a cada pregunta del qüestionari.

Aquest qüestionari ha estat respòs per 12 alumnes de 1r d'ESO. No és una mostra gaire elevada però suficient per poder apreciar la tendència del nombre d'encerts. Gràcies amb aquest gràfic de barres podem veure els coneixements que tenen adquirits aquest nois envers el magnetisme. Observant i valorant els resultats, podríem dir que estan força bé tret de dues preguntes (9 i 10). La resta tenen un nombre d'encerts bastant alt. Si fem una mitjana total de les respostes del qüestionari ens dóna una nota d'un 7, aproximadament. Amb això podem concloure que els coneixements dels nens de 1r d'ESO sobre el magnetisme estan en un nivell mitjà, és a dir, ni molt baix ni molt elevat.

Aquests resultats són molt curiosos ja que a primària pràcticament no es parla sobre el magnetisme. Per tant, d'on han tret aquests coneixements? Probablement i pel que vaig observar mentre contestaven les preguntes, molts d'ells empraven la lògica. Cal dir també, que més endavant em vaig informar i em van dir que algunes d'aquelles preguntes les sabien perquè ho havien sentit per la televisió i d'altres em van comentar que simplement ho havien respòs mitjançant el què per ells era més lògic i utilitzant alguns dels conceptes que havien après a primària.

5. TREN DE LEVITACIÓ MAGNÈTICA

En aquest apartat es troba la maqueta a petita escala d'un tren de levitació magnètica, amb la qual podem fer un petit simulacre del funcionament d'un tren *Maglev*.

Material

- Fusta
- Cartró
- Imants¹⁸
- Cola
- Cargols, femelles i volanderes
- Suports
- Paper d'alumini

Objectiu

Construir un tren de levitació magnètica i veure com aquest levita.

Procediment

1. Tallem una fusta en forma rectangular per fer la base i dos llistons d'una amplada considerable amb guia.
2. Situem els llistons un enfront de l'altre amb una distància que sigui igual que la dels imants. Fixem els dos llistons a la base amb uns cargols que els subjectin. Primer posem una volandera, després el cargol i un cop el cargol hagi traspasat la base, afegim una altra volandera i una femella la qual pressionem perquè quedi tot ben fixat.
3. Hem de fer un tren lleuger ja sigui de cartró, poliestirè, etc.
4. A continuació, col·loquem els imants pel costat que es repel·leixen formant la via, és a dir, que entre imant - imant es repel·leixin. De tal manera que tots els de cara nord quedaran cap amunt i tots els de cara sud quedaran cap a baix.

Part superior de la via



Part inferior de la via



Figura 5.1 La part superior està tota constituïda per imants de pol Nord mentre que la part inferior està constituïda per imants de pol Sud. Entre imant i imant tenim forces de repulsió i per aquest motiu cal que els imants estiguin ben subjectes (per això utilitzem unes fustes amb vies, per evitar que els imants es moguin).

¹⁸ **Imants:** emprats en la realització d'aquests treball. Són uns imants de ferrita en forma de bloc que han estat comprats a la pàgina web: <http://www.superimanes.com/>. Aquests imants tenen molta potència per tal que la levitació sigui possible. La despesa econòmica total que han suposat tots ells ha estat aproximadament de 36€.

5. Seguidament, tallem dues peces de fusta de la mateixa llargada que la via i bastant altes, les col·loquem cadascuna sobre un llistó i les subjectem amb uns suports especials. Hem de tenir en compte deixar suficient espai perquè el tren, un cop situat sobre de la via, pugui bellugar-se.
6. Enganxem amb cola els imants al tren tot comprovant que es repel·leixen amb la via.
7. Per tal d'aïllar els extrems dels imants del tren, els envoltam de paper d'alumini i als laterals del tren hi enganxem un tros de fusta perquè aquest aïllament sigui més efectiu.

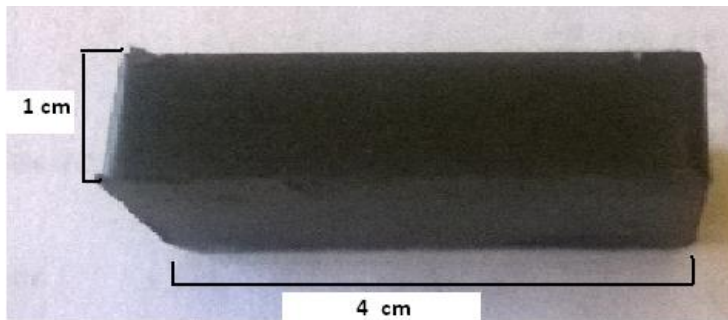


Figura 5.2 Dimensió dels imants utilitzats per fer aquesta pràctica.

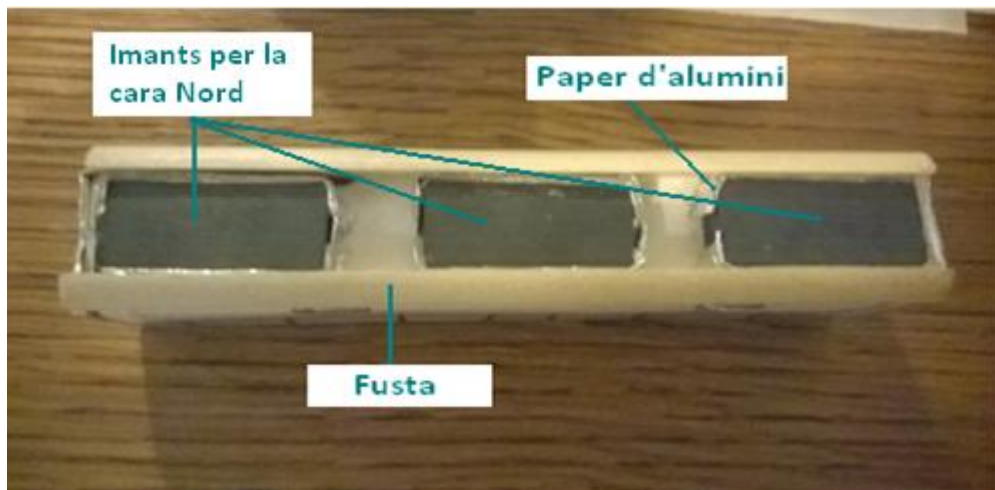


Figura 5.3 Les parts del tren on es veu com s'han d'aïllar els imants. Com que els imants del tren i els de la via tenen el mateix signe es repel·leixen i per tant originen la levitació.

8. Col·loquem uns peus a la base de la maqueta.
9. Finalment podem decorar-ho al nostre gust.

Observacions

En col·locar el tren sobre la via aquest levita aproximadament 3,5 cm i si l'empenyem una mica es desplaça. També podem observar que degut a la gran força de repulsió entre els imants, és molt costós aconseguir que el tren no es giri cap als extrems. Per aquest motiu és molt important aïllar els imants i situar unes guies per a què el tren quedi orientat.

Conclusions

A l'estar situats pols del mateix signe es repel·leixen tot originant el que coneixem amb el nom de levitació magnètica.

Muntatge

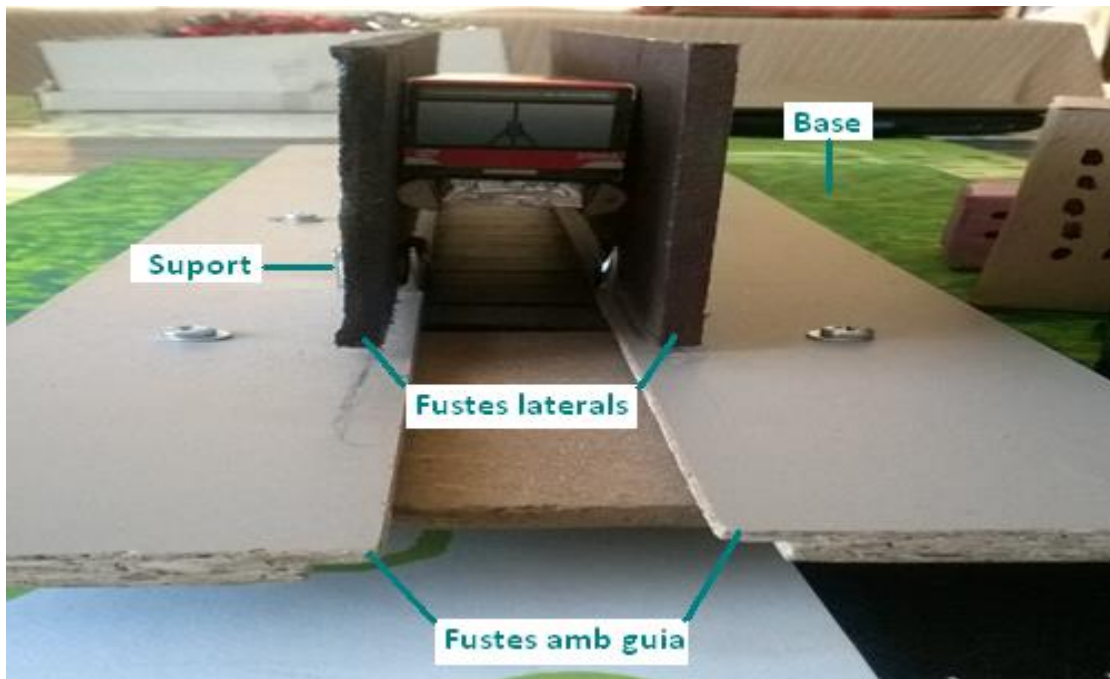


Figura 5.4 Les parts de la maqueta del tren. Aquí podem observar el tren levitant.



Figura 5.5 La levitació del tren i l'alçada a què aconsegueix arribar.

6. CONCLUSIONS

Aquest treball es realitza per aconseguir uns objectius descrits a l'inici. El desenvolupament de la part teòrica i sobretot de la part pràctica ens aporta tot un seguit de conclusions que queden representades de manera clara i entenedora en la part experimental del treball.

Pel que fa a la realització de les experiències magnètiques es poden confirmar els següents fets:

- Els imants generen un camp magnètic que pot ser visualitzat per les línies magnètiques que aquest crea. També es comprova l'existència de l'atracció entre pols oposats i la repulsió entre pols del mateix signe.
- No tots els objectes són atrets per un imant. Només es poden atreure els objectes que contenen ferro, cobalt i níquel, elements que tenen unes propietats magnètiques que fan possible aquesta atracció. A més a més, aquests objectes es poden imantar i actuar com un imant tot indicant el nord tal i com ho fan les brúixoles.
- Les brúixoles no són res més que un imant situat en un medi que permeti el moviment atret per un gran imant, la Terra.
- Si apliquem calor en els objectes que tenen propietats magnètiques, aquests perden aquestes propietats característiques amb la qual cosa no són atrets per un imant.
- La superfície no afecta al camp magnètic. En col·locar dos imants separats per vidre o altres materials aquests s'atreuen i es repel·leixen.

Pel que fa a l'electromagnetisme sabem que és un fenomen que depèn del magnetisme. Gràcies a l'experiment d'Oersted comprovem que l'electricitat és capaç de crear un camp magnètic i per tant actua com un imant. Amb aquest principi confirmem que el camp magnètic és capaç de generar corrent elèctric i per tant d'aquesta manera obtenir un generador. Pel contrari, l'energia elèctrica que genera un camp magnètic, aconseguim obtenir energia mecànica obtenint un motor que és el procés invers del generador.

Fer que un tren a escala reduïda leviti ha estat molt costós. Per això podem entendre que, tot i els molts avantatges que aquest transport comporta (aconsegueixen velocitats de fins a 581km/h, són més silenciosos i suaus, ofereixen una major seguretat i comoditat, requereixen poc manteniment i aprofiten més l'energia elèctrica), encara no s'hagi realitzat a escala mundial perquè tant la construcció de les vies, que han de ser molt precises, com la construcció del tren en si, és un procés molt complicat i car. Fins que no es trobi una manera que disminueixi aquests inconvenients, el tren de levitació magnètica continuarà sent una gran aspiració per a l'ésser humà. De totes maneres estic completament segura que en un futur relativament proper serà un medi de transport habitual.

Per últim, les conclusions obtingudes a partir de la valoració dels coneixements sobre el magnetisme dels nens de 1r d'ESO són:

- Tot i no haver donat molta matèria sobre el magnetisme en l'escola, els seus coneixements sobre aquests són força bons (la mitjana total de tots els qüestionaris ens dona un 7).
- La majoria d'ells emprava la raó i la lògica per contestar les preguntes.
- Molts d'ells afirmen saber algunes de les qüestions gràcies als mitjans de comunicació, sobretot la televisió.

7. FONTS D'INFORMACIÓ

AGAPITO SERRANO, María Victoria. [et al.]. *Crèdit comú 6: Ciències de la naturalesa física i química*. Barcelona: Grup promotor santillana. 2000. [Consulta: febrer 2014]

ANTÓN, Juan Luis. [et al.]. *Editex: Ciencias de la naturaleza física- química*. Madrid: Proyecto ESO. 1994. [Consulta: febrer 2014]

ASSOCIACIÓ NACIONAL DE PROFESSORS DE CIÈNCIES DE LA TERRA. Descripción del *Magnetismo* [en línia]: ventanas al universo. Fundació nacional per les ciències. NASA. 2000. <http://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/magnetism.html> [Consulta: febrer 2014]

BLOG.CAT. *Camp Magnètic*. [en línia]. <<http://blog.cat/gallery/16078/16078-107812.pdf>>. [Consulta: abril 2014]

BRIZ, Susana. *Campo Magnetico*. [en línia]: universidad de carlos III de madrid. <<file:///C:/Documents%20and%20Settings/ALBA/Mis%20documentos/Downloads/Campo%20Magnetico.pdf>>. [Consulta: març 2014]

CAÑAS, A. [et al.]. *Ciències experimentals: Física i química*. Barcelona: Cruïlla. 2008. [Consulta: febrer 2014]

COL-LABORADORS DE WIKIPÈDIA. *El camp magnètic*. [en línia]. Wikipèdia, L'enciclopèdia lliure, 2011. <http://ca.wikipedia.org/wiki/Camp_magnètic>. [Consulta: febrer 2014]

COL-LABORADORS DE WIKIPÈDIA. *Electromagnetisme*. [en línia]. Wikipèdia, L'enciclopèdia lliure, 2011. <<http://ca.wikipedia.org/wiki/Electromagnetisme>>. [Consulta: maig 2014]

COL-LABORADORS DE WIKIPÈDIA. *El magnetisme* [en línia]. Wikipèdia, L'enciclopèdia lliure, 2011. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Magnetismo>>. [Consulta: febrer 2014]

COL-LABORADORS DE WIKIPÈDIA. *Levitació Magnètica*. [en línia]. Wikipèdia, L'enciclopèdia lliure, 2011. <http://ca.wikipedia.org/wiki/Tren_de_levitació_magnètica>. [Consulta: maig 2014]

FAMILY EDUCATION NETWORK. *Magnetism: Introduction*. [en línia]. 2000. <<http://www.infoplease.com/encyclopedia/science/magnetism.html>>. [Consulta: abril 2014]

FRANCO GARCÍA, Ángel. *Levitación magnética*. [en línia]. 2007. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/elecsmagnet/materiales/superconductor/superconductor.html>. [Consulta: maig 2014]

GARCÍA ÁLVAREZ, José Antonio E. *Así funciona*. [en línia]. 2004. <http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_electromag/ke_electromag_1.htm>. [Consulta: abril 2014]

GARCÍA, Xavier. PIQUÉ, Antoni. *Ciències de la naturalesa*. Barcelona: Baula, 2003. [Consulta: febrer 2014]

GONZÁLEZ, Monica. *Fuerza Ejercida sobre un conductor*. [en línia]: la guía. 2011. <<http://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/fuerzas/ley-de-laplace-fuerza-ejercida-sobre-un-conductor>>. [Consulta: març 2014]

- KURTUS', Ron. *Basics of Magnetism*. [en línia]: school for champions. 2012. <<http://www.school-for-champions.com/science/magnetism.htm#.VIXJgNKG9Nt>> [Consulta: març 2014]
- LEVITACIÓMAGNÈTICAVIDEOS. *Levitación Magnética*. [vídeo en línia]. Recuperat el 1 de maig del 2014. <<https://www.youtube.com/watch?v=rQA-0pmEKa8>>. [Consulta: agost 2014]
- LEVITACIÓMAGNÈTICAVIDEOS. *Tren de levitación magnética*. [vídeo en línia]. Recuperat el 16 de desembre del 2012. <<https://www.youtube.com/watch?v=VqO0CWP25h8>>. [Consulta: setembre 2014]
- LEVITACIÓMAGNÈTICAVIDEOS. *Tren de levitación magnética*. [vídeo en línia]. Recuperat el 9 de febrer del 2009. <<https://www.youtube.com/watch?v=u8LKbh8BNeY>>. [Consulta: setembre 2014]
- LEVITACIÓMAGNÈTICAVIDEOS. *Tren levitación magnética*. [vídeo en línia]. Recuperat el 1 de juny del 2011. <https://www.youtube.com/watch?v=OI_-1e_FpGE>. [Consulta: octubre 2014]
- LINIESMAGNÈTIQUESVIDEO. *Líneas de campo magnético*. [vídeo en línia]. Recuperat el 17 d'agost del 2010. <<https://www.youtube.com/watch?v=1PuL-Zh8PPk>>. [Consulta: juliol 2014]
- LÓPEZ LEÓN, Omar. [et al.]. *El Magnetismo*. [en línia]. 2009. <<http://elmagnetismo-didia.blogspot.com.es/>>. [Consulta: febrer 2014]
- MAGNETISMOVIDEOS. *Campo Magnético Terrestre*. [vídeo en línia]. Recuperat el 30 de març del 2013. <<https://www.youtube.com/watch?v=Ov7EWKk6MT8>>. [Consulta: juliol 2014]
- MAGNETISMOVIDEOS. *Efecto curie*. [vídeo en línia]. Recuperat el 23 de març del 2013. <<https://www.youtube.com/watch?v=1k3eLefq8Hs>>. [Consulta: juny 2014]
- MAGNETISMOVIDEOS. *¿Para qué sirve el magnetismo?*. [vídeo en línia]. 2008. Recuperat, 2 de setembre de 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=vLmsd_oHQFM>. [Consulta: juny 2014]
- MAGNETISMOVIDEOS. *Solenoides-efectos electromagnéticos*. [vídeo en línia]. Recuperat el 14 gener de 2012. <<https://www.youtube.com/watch?v=i219jc0miOA>>. [Consulta: juny 2014]
- PASTOR BENAVIDES, José María. FONTANET RODRÍGUEZ, Antonio. *Heli 4: física i química*. Madrid: Primera edició. 2003. [Consulta: febrer 2014]
- SORIANO, José. [et al.]. *Ecosfera: ciències de la naturalesa, física i química*. Barcelona: Cruïlla. 2003. [Consulta: febrer 2014]