

1 Eines

1.1 Eines comunes

Aquestes eines són les eines comunes utilitzades per instal·ladors de diferents branques. Serveixen per col·locar, subjectar i muntar màquines i equipament accessori com armaris, caixes o canalitzacions.

1.1.1 Trempant

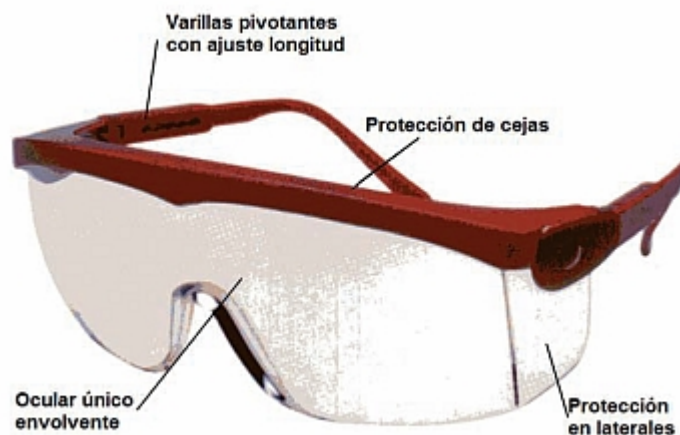
S'utilitza generalment per foradar pedra, metall o fusta amb ajuda d'una broca.

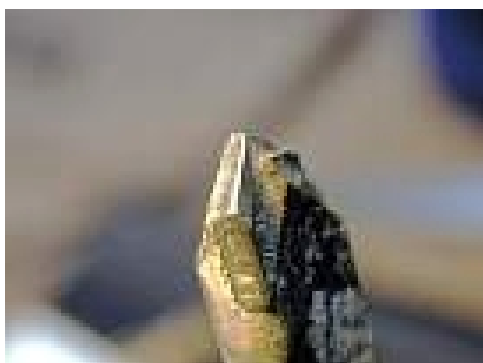
No és el mateix foradar fusta, metall o una paret de pedra. La broca utilitzada ha d'ésser apropiada al material a foradar.

Els diàmetres de broca més usuals són de 1 a 12 mm.

Les broques d'acer ràpid (HSS) poden utilitzar-se indistintament per foradar fusta, metall o plàstic, però mai s'han d'utilitzar per foradar pedra (paret).

Sempre s'ha d'utilitzar el trepant amb ulleres de protecció.

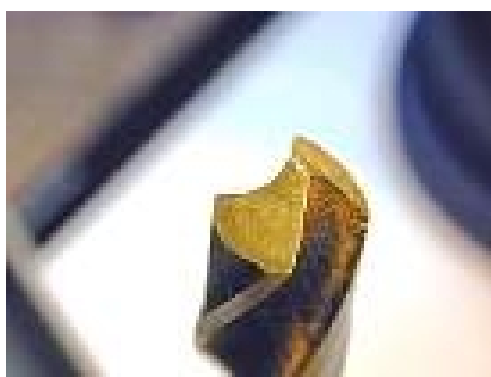




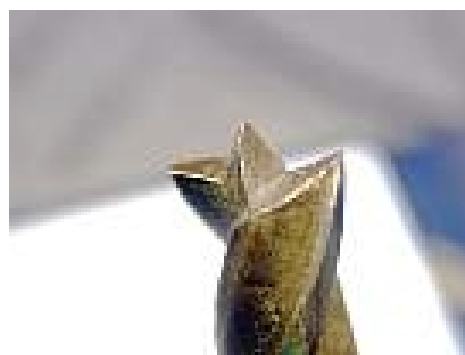
Broca pedra, detall punta



Broques pedra



Broca HSS, detall



Broca fusta, detall

El trempant de sobretaula permet foradar amb més precisió i comoditat que el manual.



1.1.2 Electroesmeriladora

Màquina fixa amb rodes abrasives que serveix per afilar objectes metàl·lics, p.ex. broques de trepant.



1.1.3 Radial

Màquina portàtil amb disc abrasiu intercanviable que serveix per tallar, raspallar o desbastar.

El disc ha de ser apropiat pel material que es vol treballar. Hi ha discos per metall, acer inoxidable, pedra, entre altres.



1.1.4 Cinta mètrica o flexòmetre (cinta métrica o flexómetro)

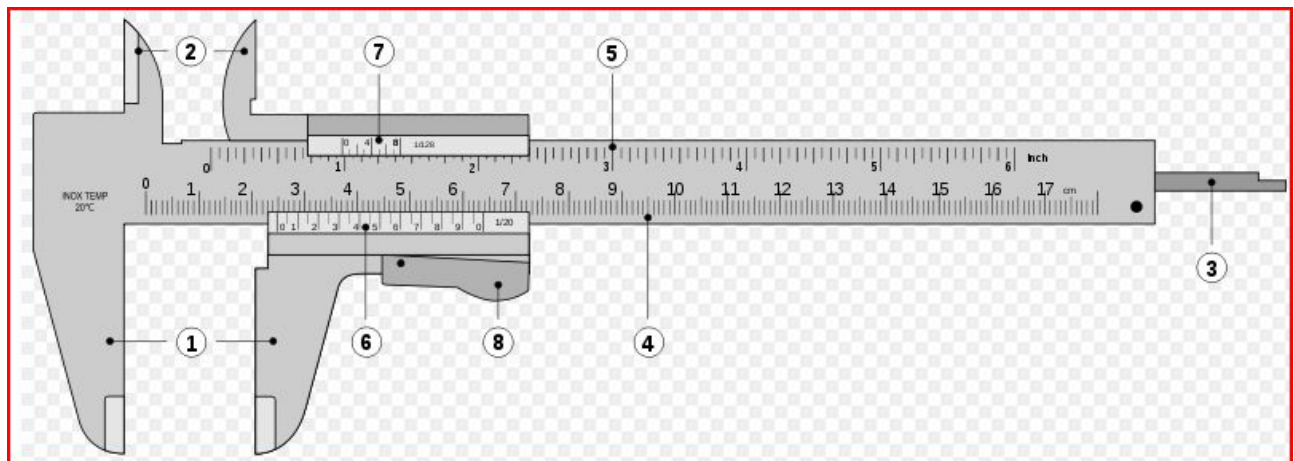
Tira d'acer o de roba dividida en metres, decímetres, centímetres i mil·límetres que serveix per amidar longituds. La precisió de mesura és de mil·límetres.



1.1.5 Peu de rei

És un instrument de major precisió que la cinta mètrica. La precisió de mesura és de dècimes de mil·límetres (0,1 mm).

Està compost per una regla fixa (graduada en mil·límetres), amb una esquadra en l'origen, anomenada boca fixa. Damunt la regla es desplaça una regla mòbil, anomenada nònius. També el nònius presenta una esquadra anomenada boca mòbil.



1. Boques fixa i mòbil per a mesurament de dimensions exteriors, diàmetres, gruixos
2. Palpadors per a mesurament de dimensions interiors
3. Vareta de profunditat per a mesurament de profunditats
4. Regla amb graduació en mil·límetres
5. Regla amb graduació en polzades (inch)
6. Nònius mil·límetres
7. Nònius polzades
8. Botó desbloqueig nònius

Per llegir la mesura del peu de rei, en primer lloc es determina on es troba la referència 0 del nònius. Es poden donar dues situacions:

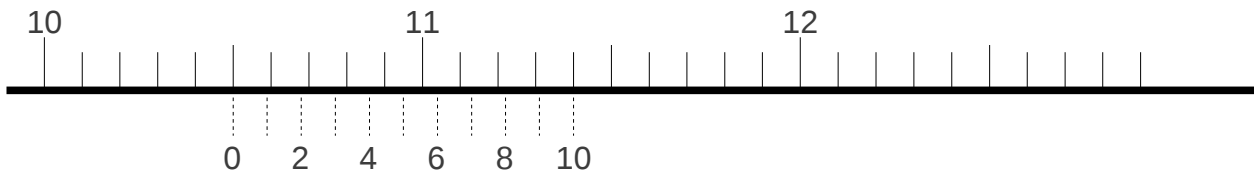
- La línia 0 (i l'última línia) del nònius coincideix exactament amb una divisió de la regla fixa. En aquest cas la mesura és el valor que marca la línia 0 del nònius sobre la regla fixa.
- La línia 0 del nònius no coincideix amb cap divisió de la regla fixa, sinó que es troba entre dues línies de mil·límetre de la regla fixa. En aquesta situació s'anoten els mil·límetres "sencers", que són marcats per la línia mil·limètrica immediatament anterior a la línia 0 del nònius. A continuació, es determina la mesura restant, observant quina és la divisió (línia) del nònius que coincideix amb la regla fixa. El valor de la mesura és la suma dels mil·límetres i la lectura del nònius.

Simulador pie de rey

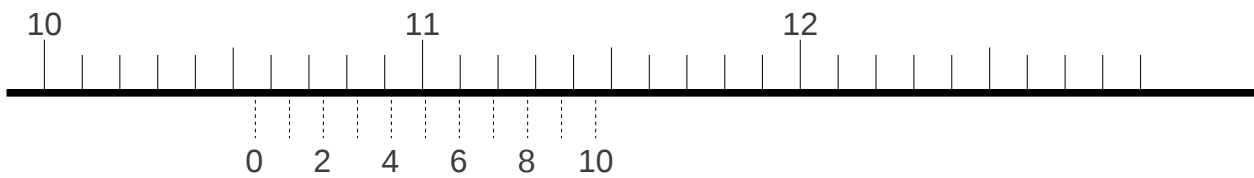
http://www.stefanelli.eng.br/es/es_calibre_05.html

Lectura de la mesura amb un peu de rei:

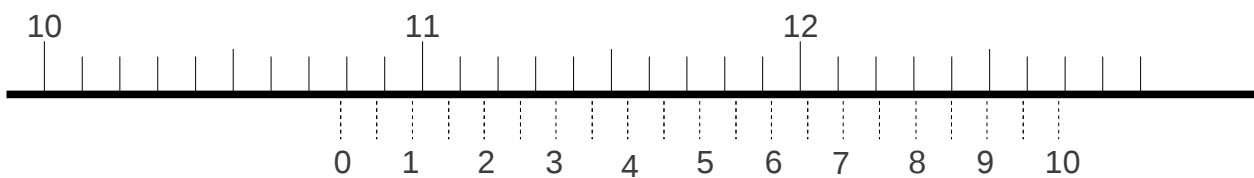
Exemple 1



Exemple 2



Exemple 3



1.1.6 Micròmetre

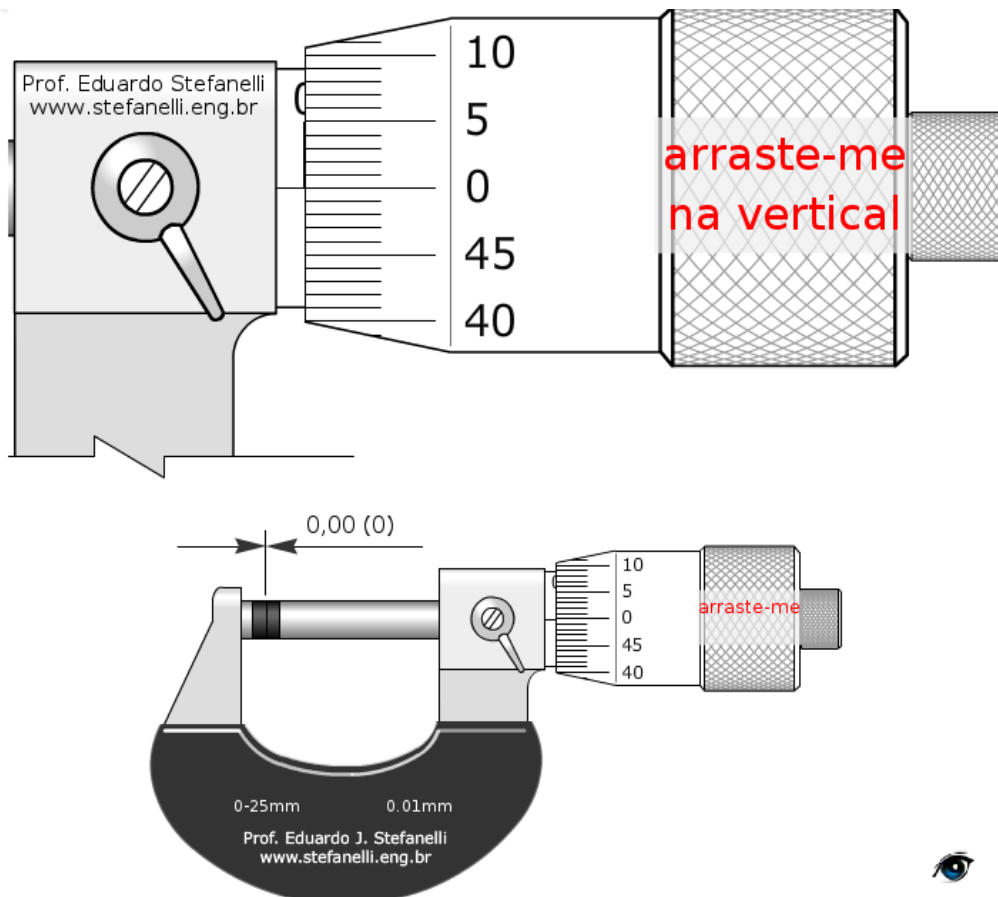
El micròmetre permet mesurar amb una precisió de una centèsima de mil·límetre (0,01 mm)

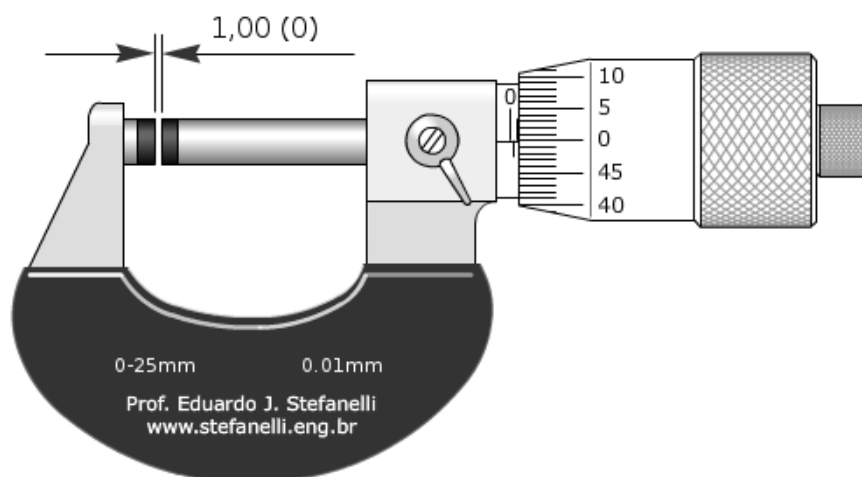
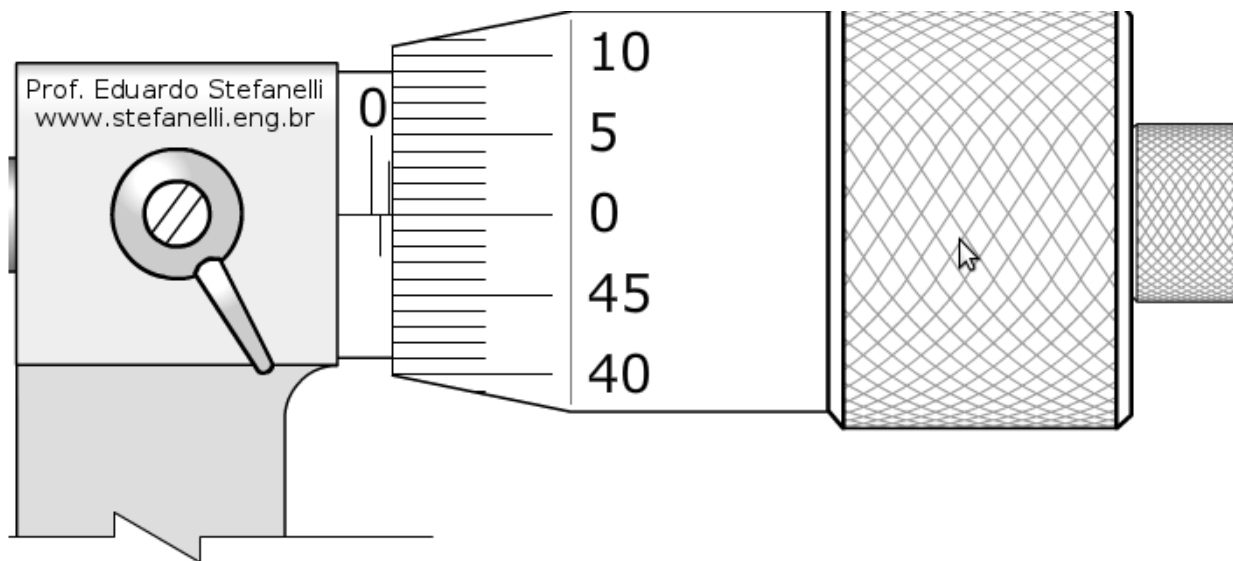
Mostrar vídeo utilització micròmetre.

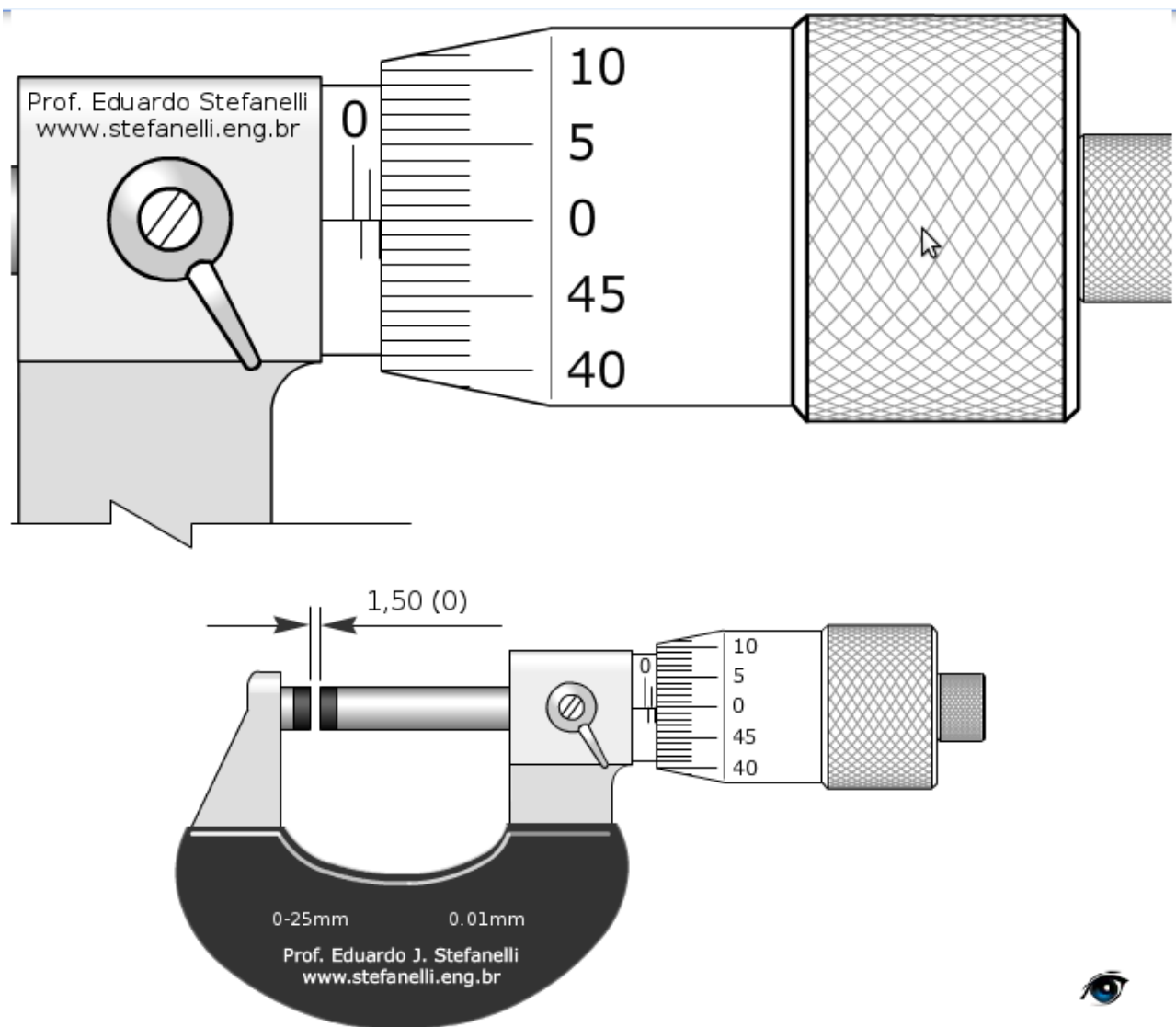


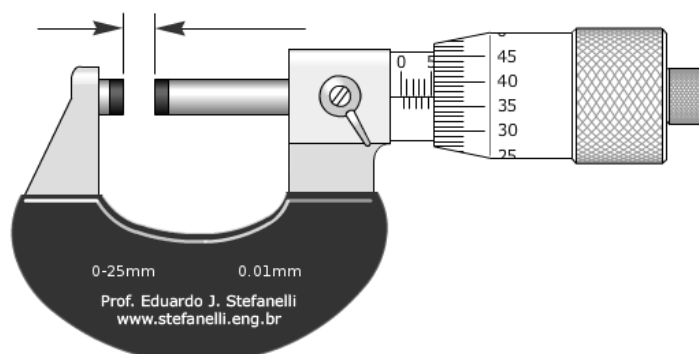
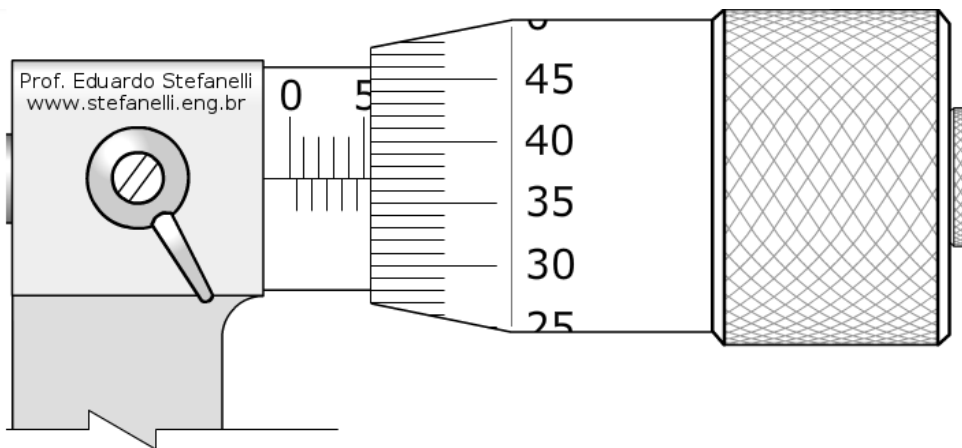
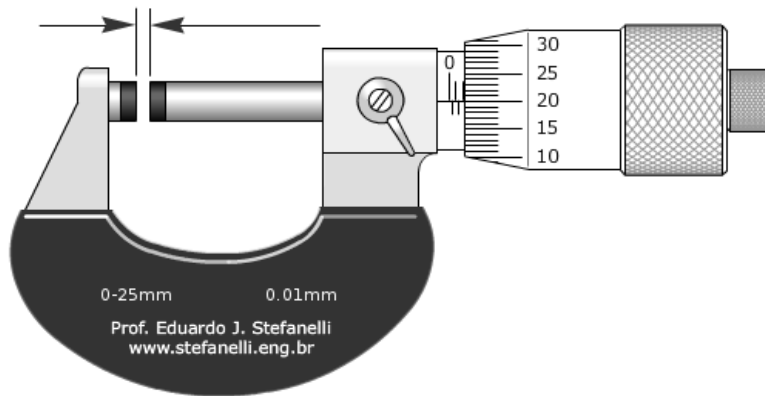
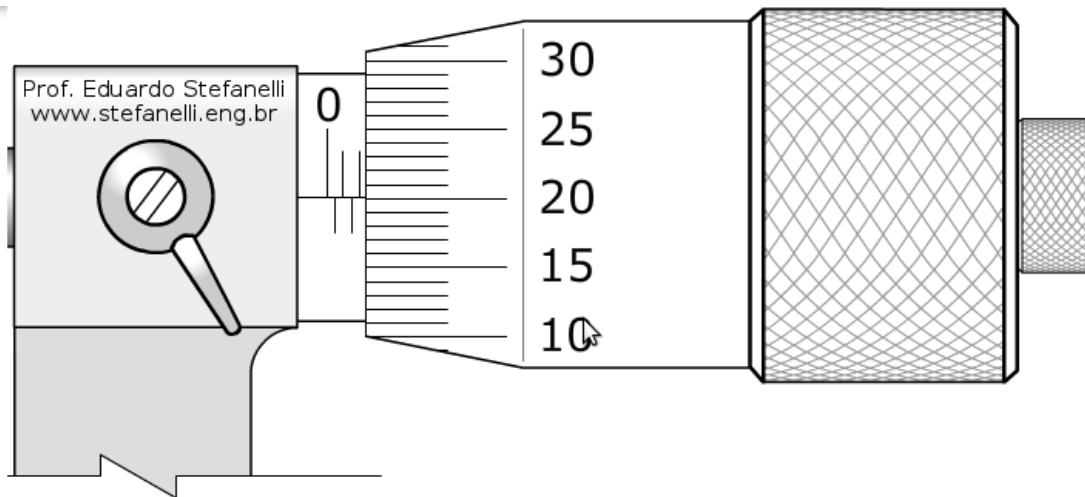
Simulador micròmetre

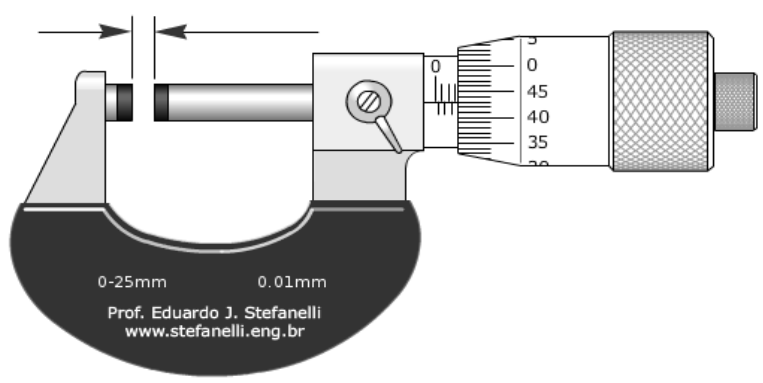
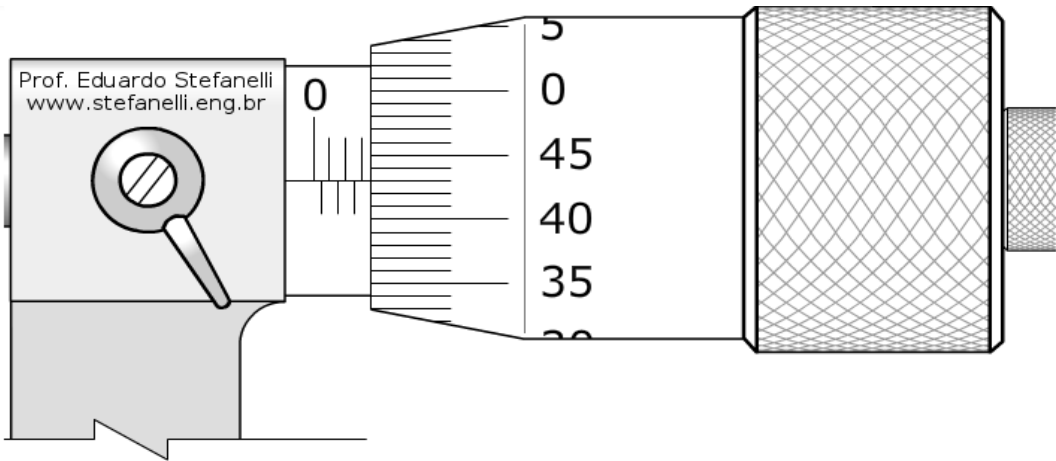
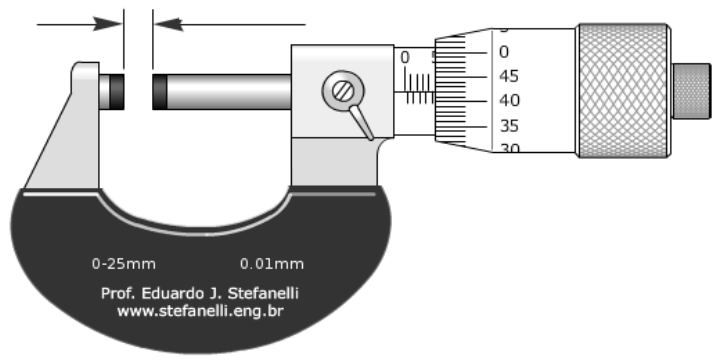
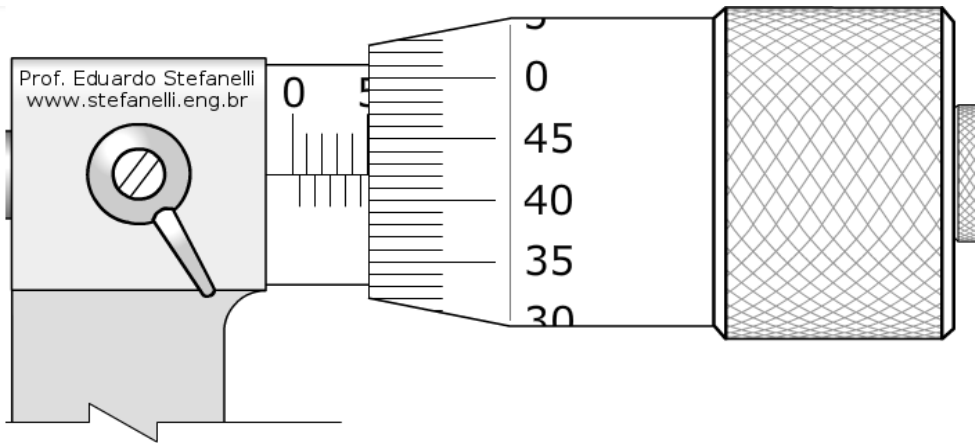
<http://www.stefanelli.eng.br/webpage/metrologia/p-micrometro-milimetro-centesimal-simulador.html>











1.2 Eines específiques per a màquines elèctriques

1.2.1 Bobinadora

Eina utilitzada per fer debanats elèctrics. Pot ser manual o automàtica.

Els components de la bobinadora són:

- L'eix giratori damunt el qual es subjecta el rodet a bobinar. El gir de l'eix pot ser manual o mitjança un motor.
- Comptador de voltes de bobinat.
- Suport pel fil conductor.
- Regulador de revolucions en cas de ser una bobinadora motoritzada.



[Bobinadora casolana](#)



Debanadora STATIC 3 i bobinadora TP11,
fabricant Industrias MEYRA S.L.

1.2.2 Accessoris per al bobinatge

Fils per a debanats. Fil de coure o alumini esmaltat de entre 0,2 i 2 mm de diàmetre.

Tascós de diferents materials i formes, adaptables a les ranures dels motors.

Cintes d'amarri i aïllament. Els caps de les bobines dels motors s'amarren per donar-los fermesa i al mateix temps millorar el seu aïllament.

Làmines de paper flexible. Serveixen per aïllar circuits de diferent potencial. Les característiques depenen de la temperatura que hagin de suportar i de la flexibilitat requerida per introduir-les en les ranures del motor.

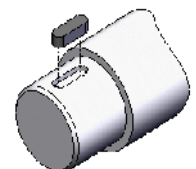
Tubs aïllants. S'utilitzen per aïllar les connexions. Els diàmetres oscil·len entre 0,5 i 12 mm. El material depèn de la temperatura que hagin de suportar els tubs.

Vernissos. Aïllen, donen rigidesa i fan estancs els debanats. N'hi ha que assequen a l'aire, altres assequen dintre d'un forn.

Veure exemples en Servorecambios.

1.2.3 Extractors de rodaments

Els eixos de gir dels motors elèctrics i generadors reposen damunt rodaments. Els rodaments sofreixen un desgast per les forces de fregament i l'escalfament que es produeix. Per això els rodaments han de ser substituïts amb regularitat seguint un pla de manteniment o en cas de defecte.



[vídeo extracció rodament](#)

chaveta

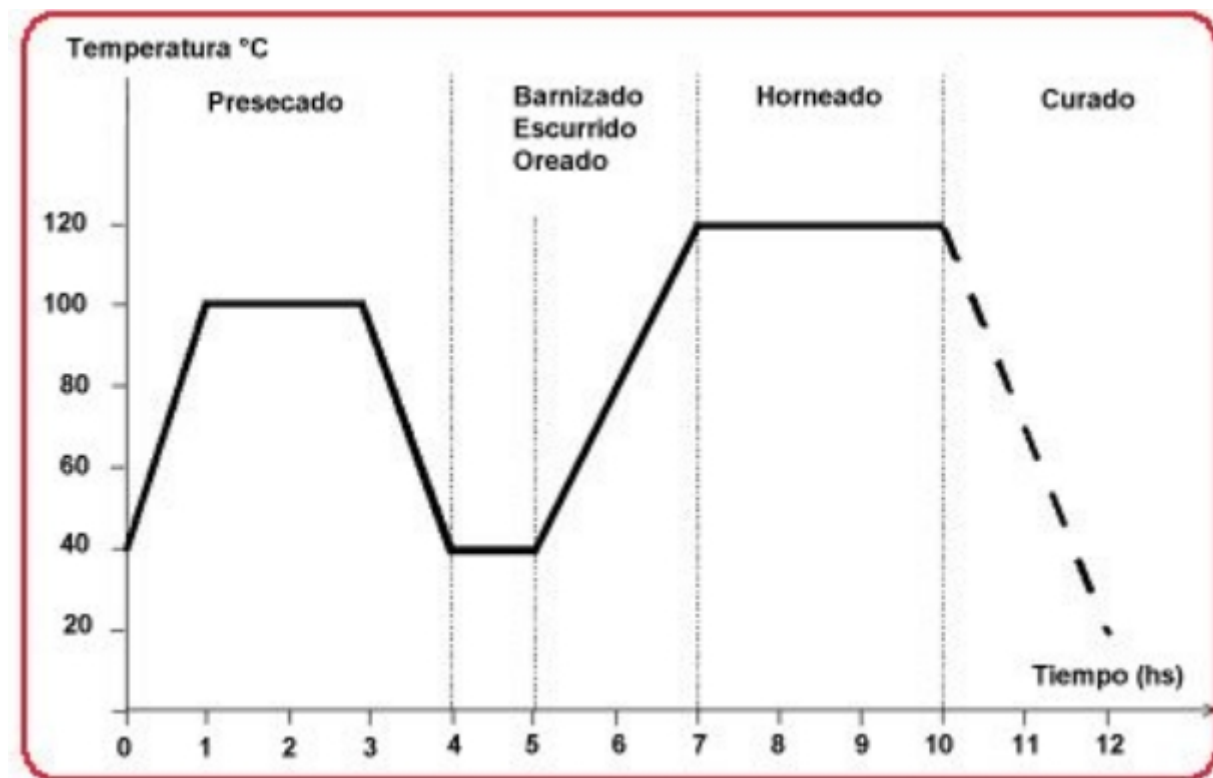
1.2.4 Forn o estufa d'assecat

Els bobinats de màquines elèctriques es fixen i aïllen amb vernissos. Per assecar els bobinatges envernissats s'utilitzen els forns d'assecat. La temperatura d'assecat figura en la fitxa tècnica del vernís utilitzat.

Els principals components d'un forn d'assecat són:

- Estructura metàl·lica
- Cambra de calefacció (llar)
- Dispositiu per forçar la circulació d'aire dintre de la llar
- Elements de resistència (resistències d'escalfament)
- Controls de temperatura i potència.





veure fitxa vernís "royalac129.pdf"
 presentació "rebobinado motores.pps"

1.3 Instruments per mesuraments en màquines elèctriques

Els principals instruments utilitzats per realitzar mesuraments en màquines elèctriques són:

- Polímetre s'utilitza per mesurar tensions i corrents dels bobinats.
- Megaòhmímetre (Megger) s'utilitza per comprovar l'aïllament dels bobinatges aplicant una tensió contínua de més de 1000 V.



Megaòhmímetre PCE-IT 55

Preu 110 €

La resistència d'aïllament d'una màquina es pot aproximar amb $1000 \Omega/V$. Quina hauria de ser la resistència d'aïllament d'un transformador de 125 V a 220 V? El PCE-IT 55 serviria per mesurar-la?

- Termòmetre s'utilitza per mesurar les temperatures dels bobinatges.

Els termòmetres per infraroigs permeten la lectura de la temperatura sense haver de prendre contacte amb el bobinatge (preu aprox. 80 €).



- Analitzador de renous i vibracions

Es tracta d'un instrument multifunció que realitza un conjunt de mesuraments. El resultat de l'anàlisi són dades relatives a:

- Equilibrat de la màquina
- Vibracions
- Estat dels rodaments



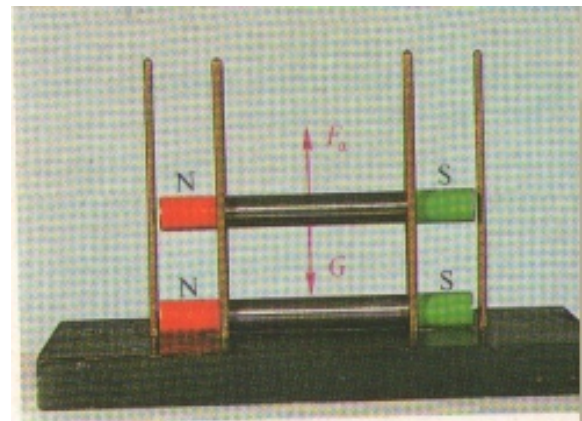
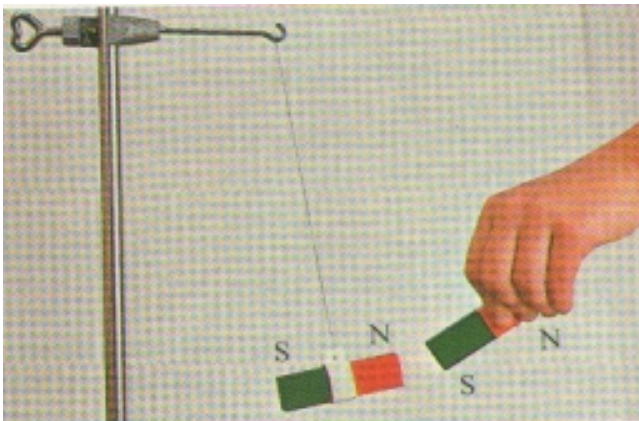
<http://www.panatec.net/industria/Análisis-Vibraciones-Leonova.php>

2 Magnetisme

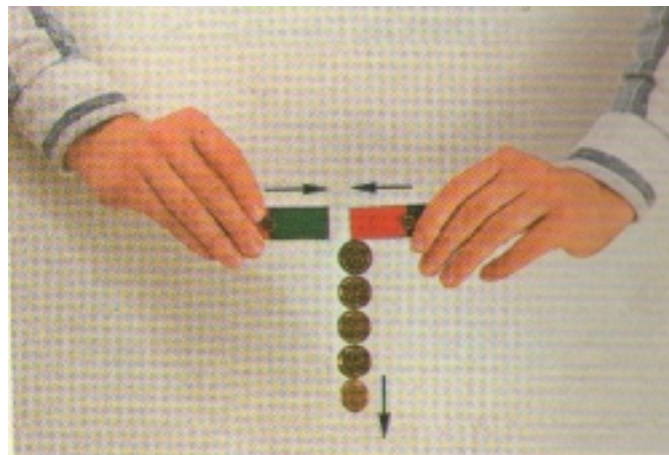
2.1 Els pols magnètics

Els imants tenen 2 pols magnètics, anomenats pol sud (S) i pol nord (N), en referència als pols magnètics de la terra.

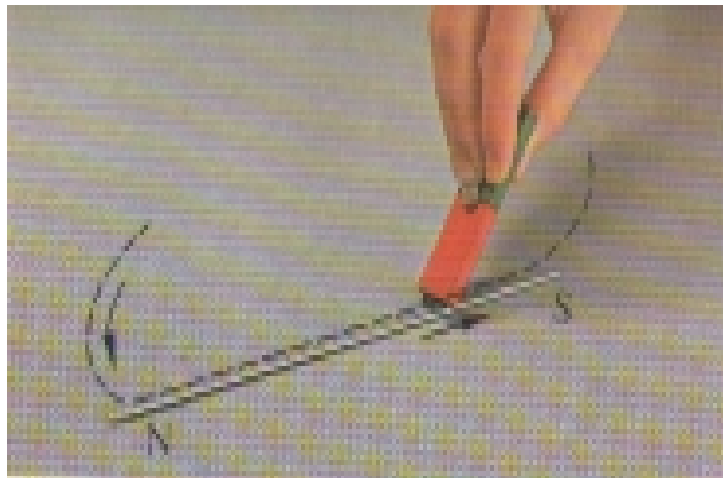
Els pols iguals es repelen, els pols contraris s'atreuen. La força magnètica augmenta molt en apropar un pol a l'altre.



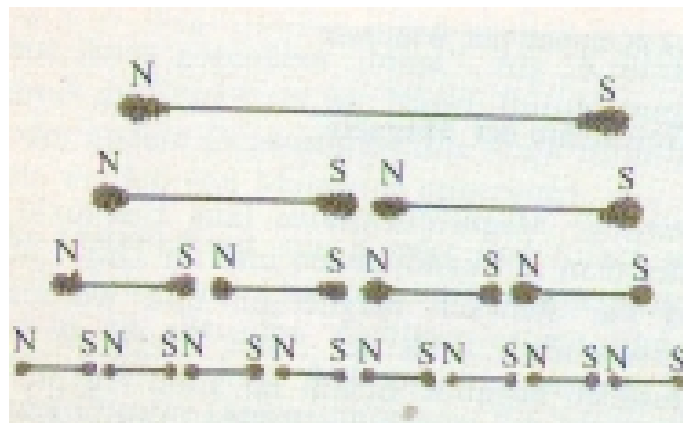
Si apropem un pol N a un pol S, l'efecte de la força magnètica cap a l'exterior disminueix.



Hi ha materials ferromagnètics, com el ferro o l'acer. Aquests materials es poden magnetitzar fregant los amb el pol d'un imant.

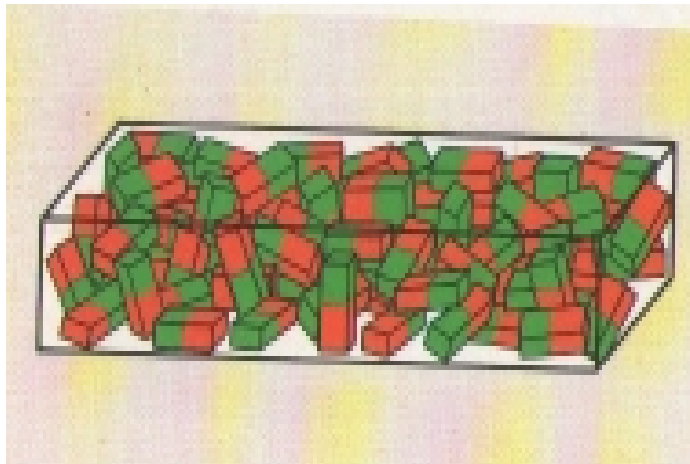


Si partim una agulla magnetitzada en diverses parts, cadascuna de les parts torna a comportar-se com un imant amb pols nord i sud.

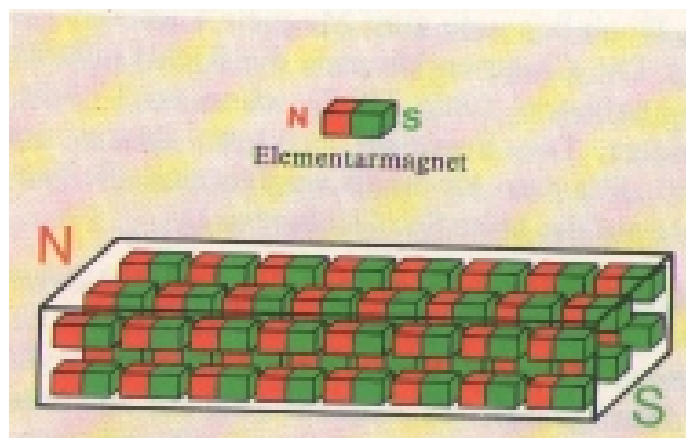


Es pot explicar aquest efecte imaginant que els materials magnètics estan omplerts de petits imants elementals.

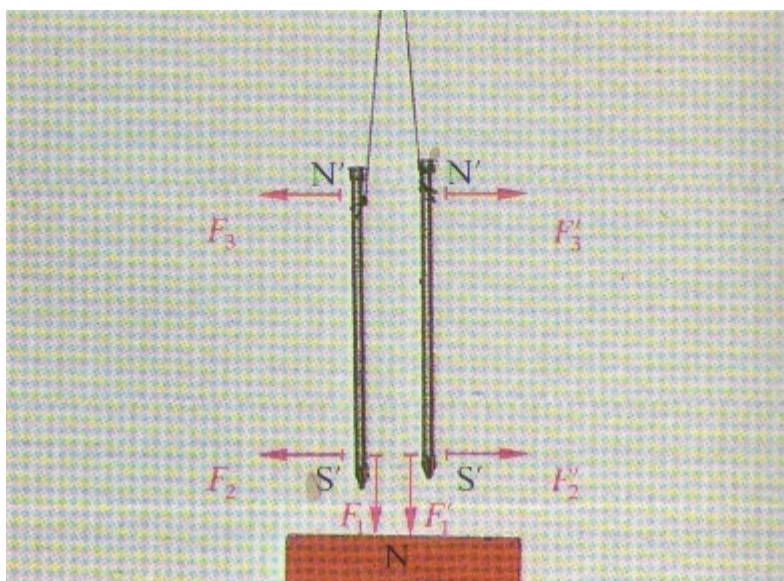
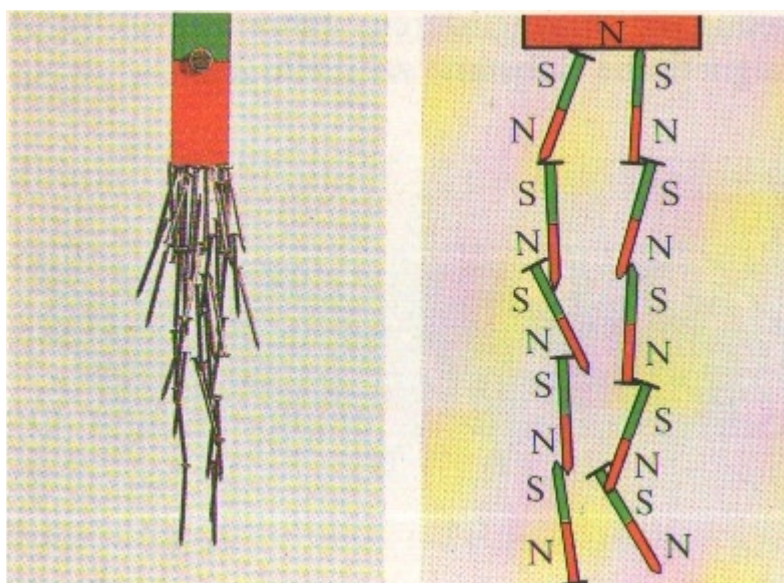
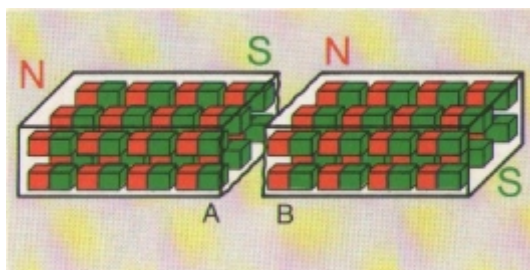
Estant desordenats els imants elementals, el material no mostra efecte magnètic al exterior.



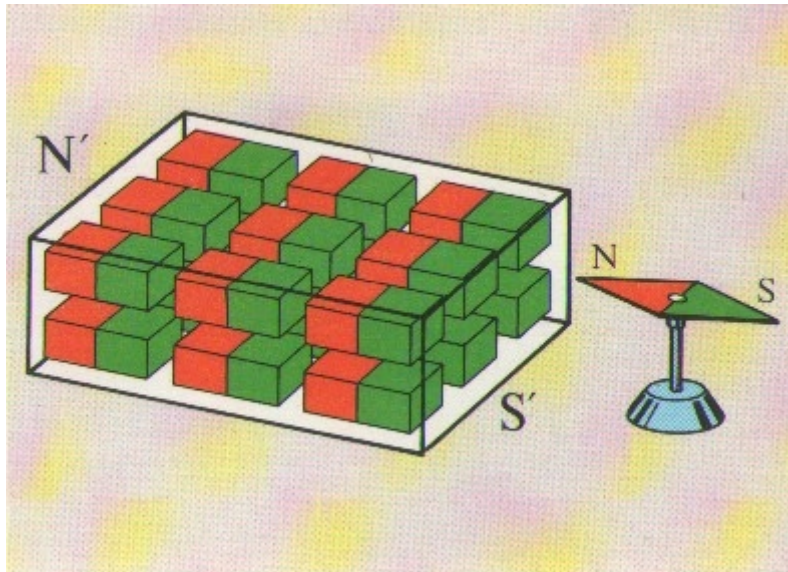
Si s'orienten els imants elementals, p.ex. fregant el objecte amb un imant, el objecte també mostra una força magnètica a l'exterior.



Això explica perquè, quan partim un imant, les dues peces tronen a ser imants amb pol nord i sud. També explica l'efecte d'una cadena de claus penjada a un imant.



Observem que quan els imants elementals del objecte estan orientats, les forces es sumen i al exterior del objecte es observa una força magnètica.



2.2 El camp magnètic

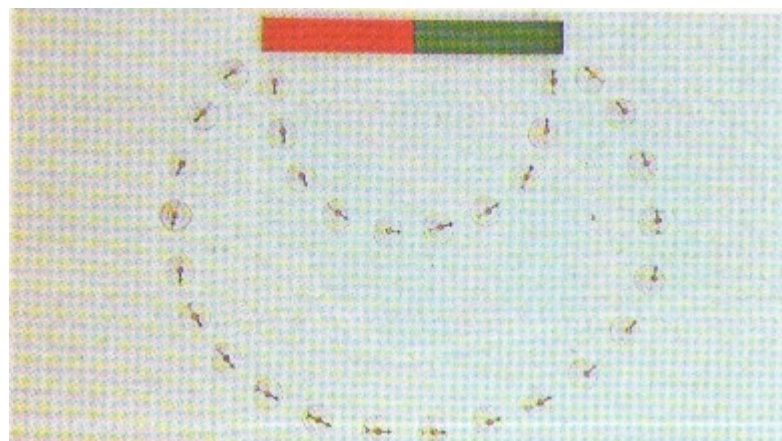
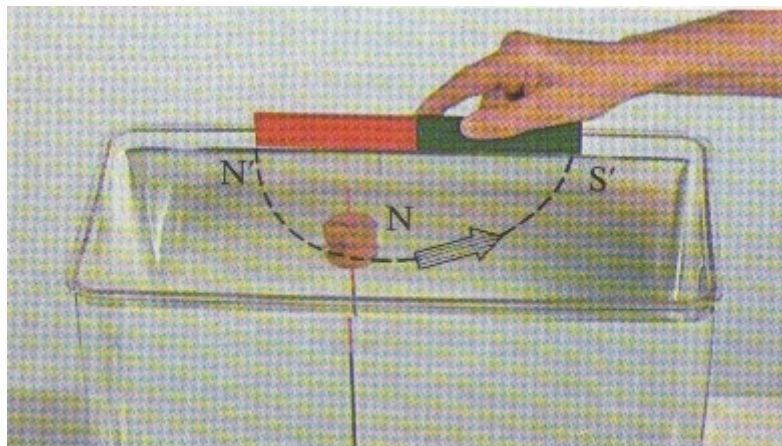
Com es transmeten les forces magnètiques?

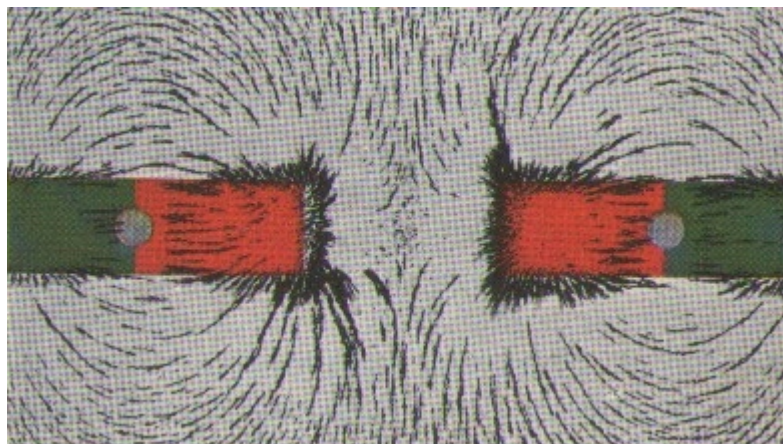
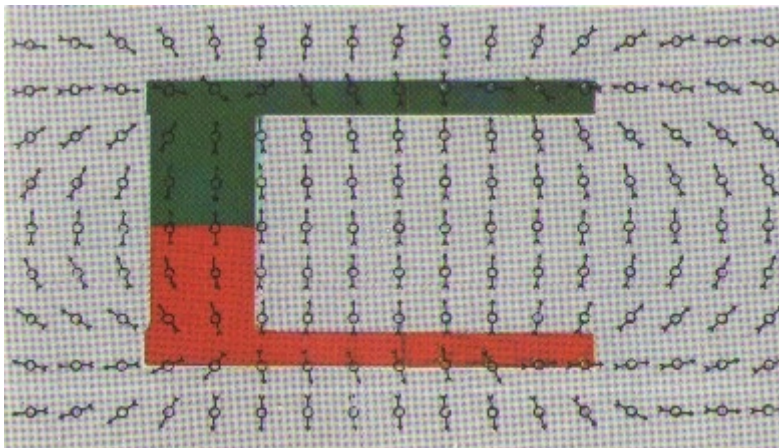
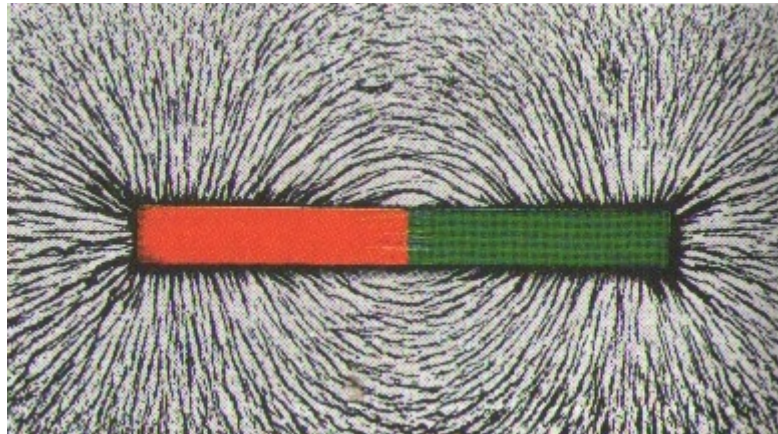
Amb una corda podem transmetre una força mecànica, però com fa l'imant per atreure un objecte magnètic sense tocar-ho?

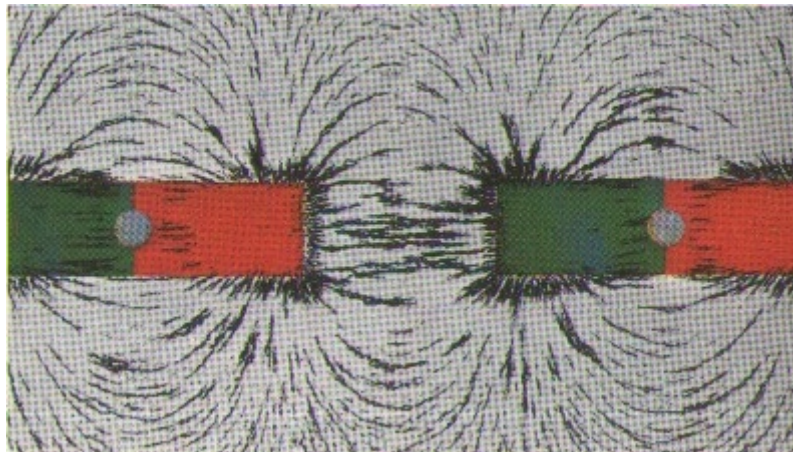
Un imant produeix un camp magnètic. El camp magnètic actua damunt materials ferromagnètics. El camp magnètic també actua en un espai buit.

Les línies de camp, també anomenades línies de força, indiquen la direcció d'una força. S'ha establert que les línies d'un camp magnètic senyalen del pol nord cap al pol sud.

Les línies de camp surten pel pol nord d'un imant i tornen a l'interior de l'imant pel pol sud. Quant més juntes estan les línies de camp, major és la densitat de camp i per tant la força en aquest lloc. La intensitat del camp creix a prop dels extrems (pols) de l'imant.







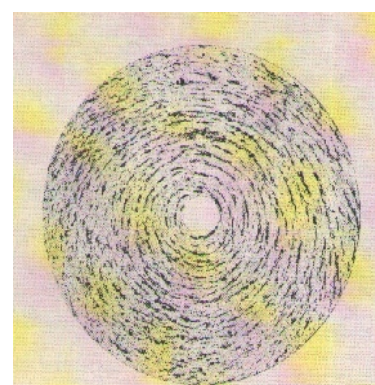
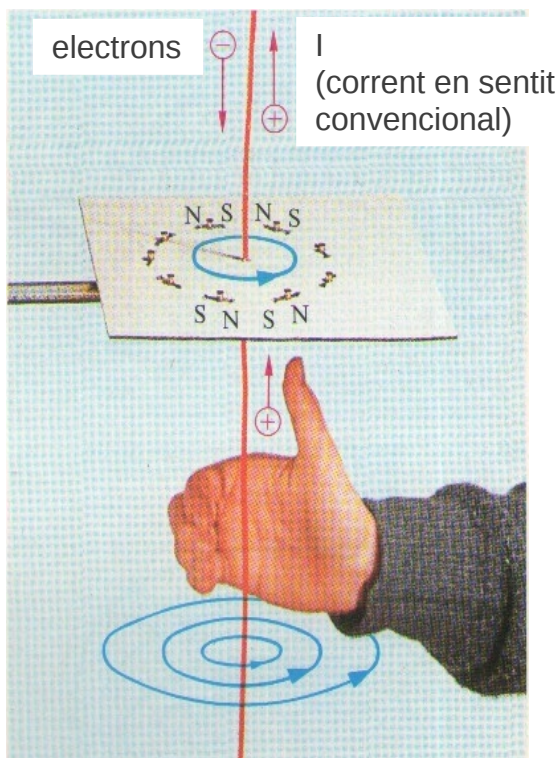
2.2.1 El camp magnètic produït per un corrent

Un conductor pel qual passa un corrent elèctric produeix un camp magnètic, aquest és el principi de funcionament dels electroimants, utilitzats en timbres, relés o contactors.

En un conductor rectilini, el corrent elèctric produeix un camp magnètic que envolta el conductor, formant cercles concèntrics.

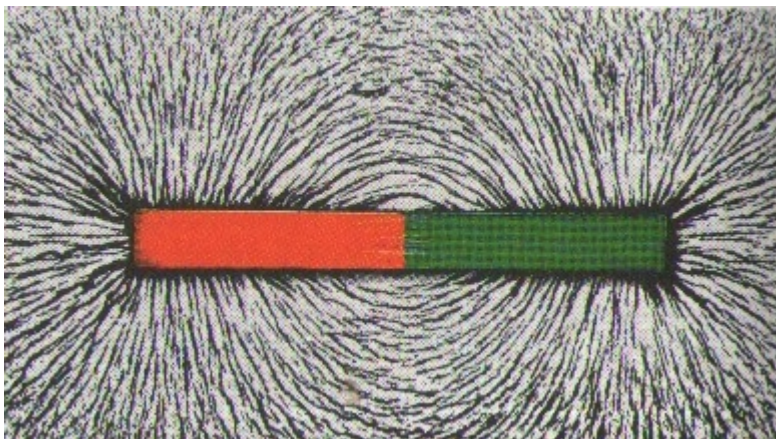
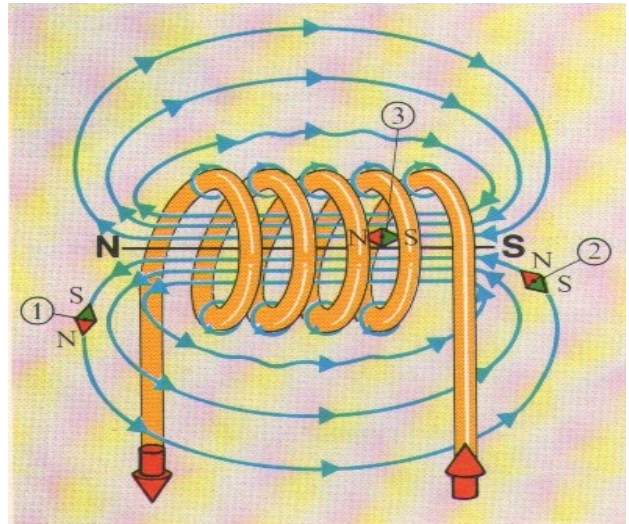
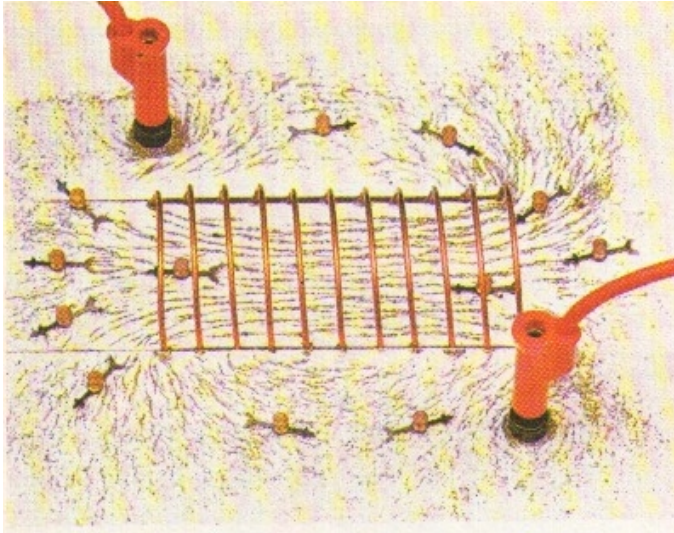
El camp magnètic és perpendicular a la direcció del corrent que el produeix.

La regla de la mà dreta diu que si senyalem amb el polze en direcció del corrent (sentit convencional), els dits que agafen el conductor mostren la direcció de les línies del camp magnètic,



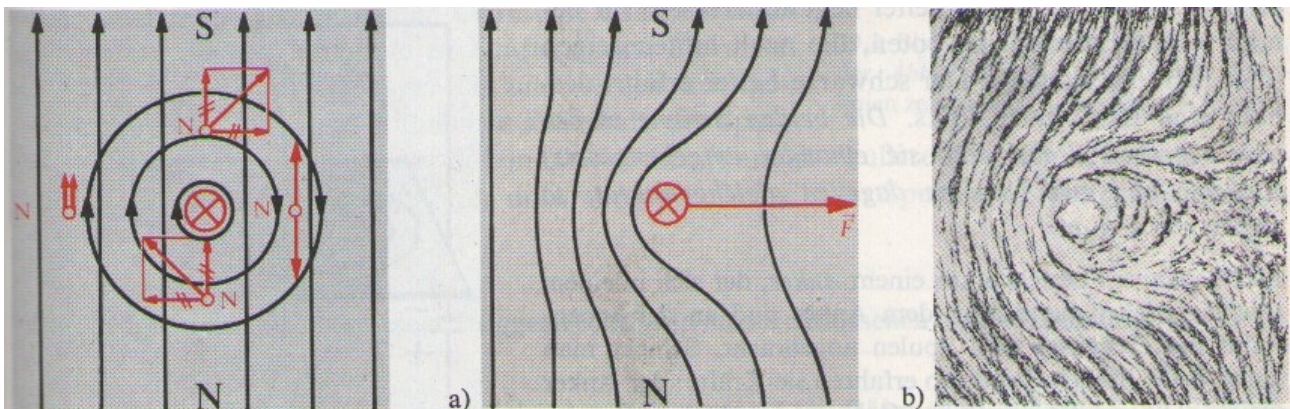
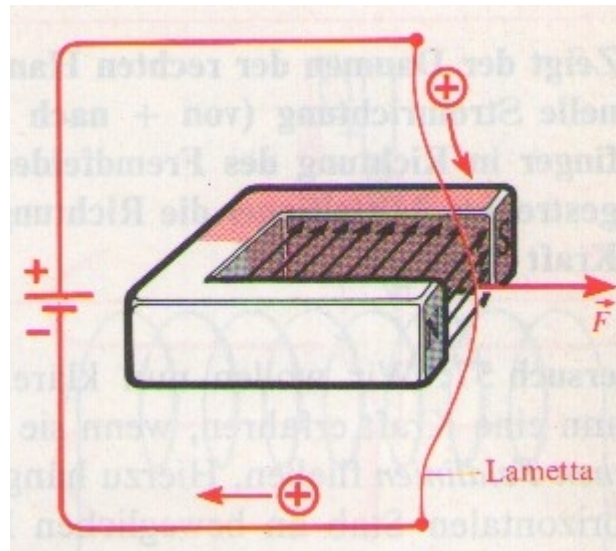
Camp magnètic d'un fil conductor rectilini

El camp magnètic d'una bobina és igual al d'un imant de barra



2.2.2 L'efecte del camp magnètic damunt un conductor elèctric

Introduint un conductor, pel qual passa el corrent, en un camp magnètic, s'observa l'efecte d'una força que desplaça el conductor. Aquesta força és perpendicular a les línies del camp magnètic i a la direcció del corrent del conductor.



La suma dels camps magnètics de l'imant i del conductor resulta en que la densitat del camp augmenta a un costat del conductor i disminueix a l'altre costat. Aquesta descompensació provoca la força entre imant i conductor.

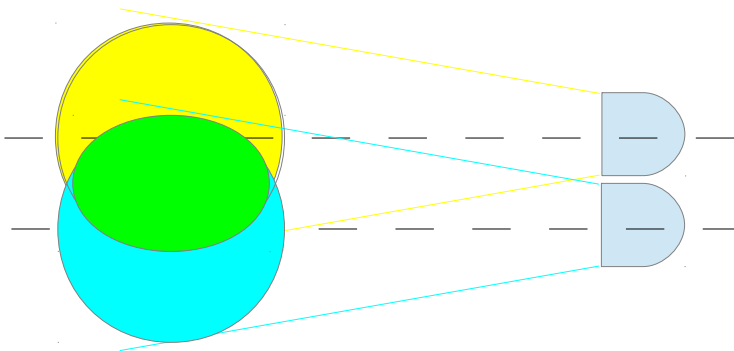
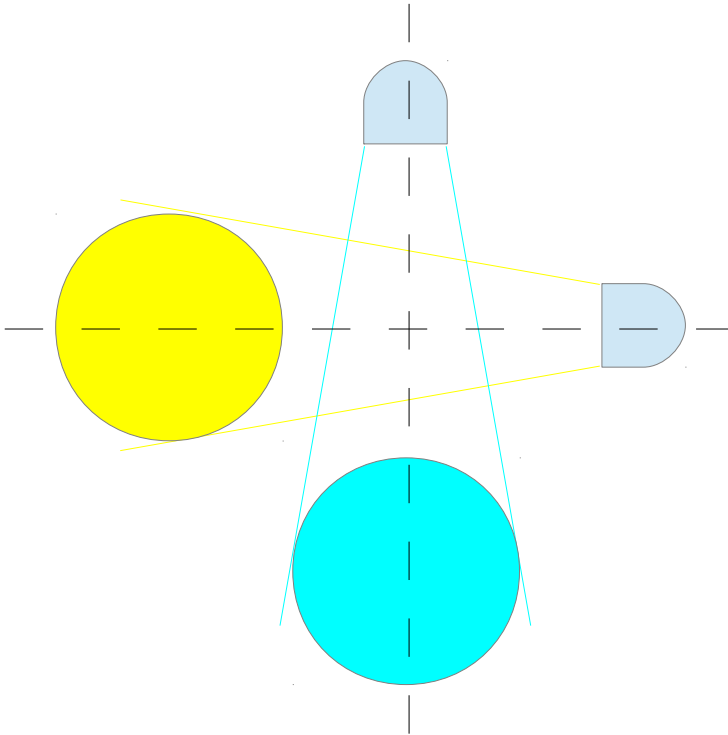
Dos camps magnètics, només s'influeixen quan les línies de força dels camps són paral·leles. En cas que no siguin camps paral·lels, s'haurà de calcular la projecció d'un camp damunt l'altre.

Línies amb la mateixa direcció es sumen -> augment de la densitat del camp.

Línies amb direcció oposada es resten -> disminució de la densitat de camp.

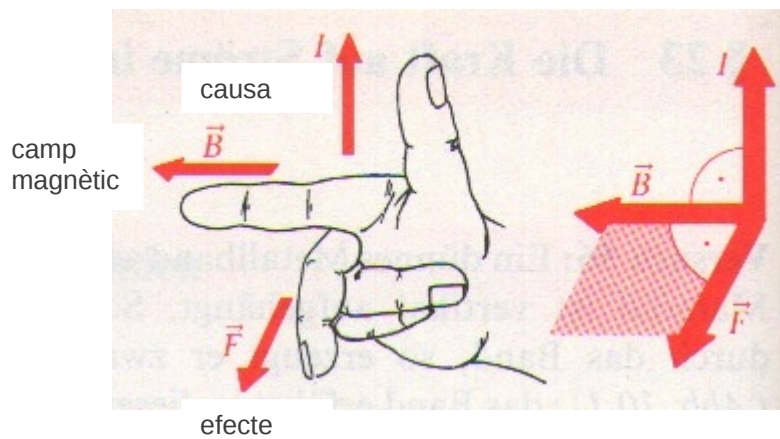
Dos camps magnètics que estan en perpendicular l'un respecte l'altre no s'influeixen.

Experimentem un efecte semblant amb el rajos de llum, quan es projecten en perpendicular no s'influeixen, quan es projecten en paral·lel si ho fan.

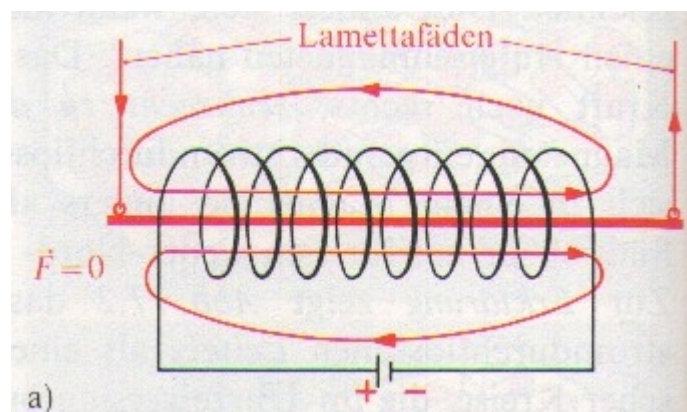


La regla dels 3 dits de la mà dreta permet conèixer la direcció de la força que actua damunt un conductor dintre d'un camp magnètic.

El polze ha de senyalar en direcció del corrent (sentit convencional de + a -), l'índex en direcció de les línies del camp magnètic, el cor mostra la direcció de la força actuant damunt el conductor.

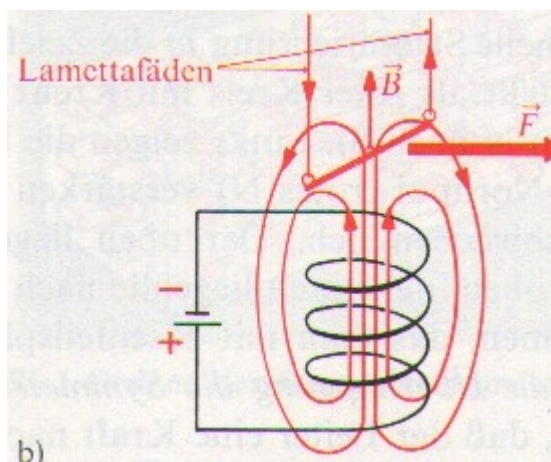


Si la direcció del corrent i del camp magnètic es troben en paral·lel, no s'observa cap força damunt el conductor. Els camp de la bobina i del conductor es troben perpendiculars l'un respecte l'altre i per tant no es descompensen.



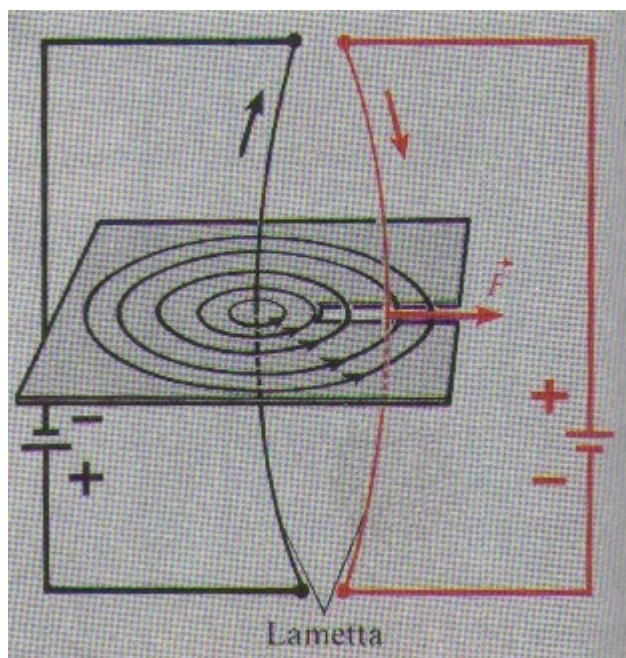
Experiment:

Munta una bobina i un conductor seguint l'esquema i observa l'efecte de la força.



Experiment:

Munta dos conductors seguint l'esquema i observa l'efecte de la força.



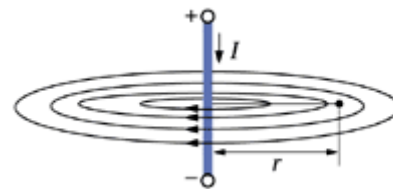
2.2.3 La intensitat del camp magnètic d'una bobina

La intensitat del camp magnètic, també anomenada excitació magnètica, es representa amb la quantitat de línies de força que passen per una superfície, estant la superfície orientada en perpendicular a les línies. A major nombre de línies, major és la intensitat del camp i major l'efecte de la força que es pot observar si interactua amb un altre camp magnètic.

La intensitat del camp magnètic es mesura en amperes per metre (A/m) i el símbol és H.

En conductor rectilini que condueix el corrent I, la intensitat del camp magnètic, es calcula amb la següent fórmula:

$$H = \frac{I}{2\pi \cdot r}$$



Amb:

- H: intensitat del camp en amperes/metre (A/m)
- I: intensitat del corrent en amperes (A)
- r: distància del conductor a la línia de camp en metres (m)

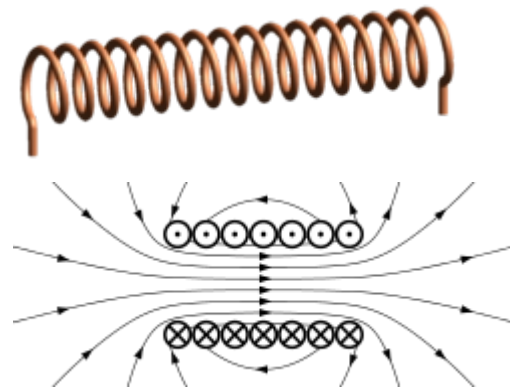
Exemple:

Per un conductor passa un corrent de 2 A. Quina és la excitació magnètica a 0,1 metres de distància?

$$H = 2A / (2\pi \times 0,1 \text{ m}) = 2A / 0,628\text{m} = 3,2 \text{ A/m}$$

En una bobina solenoide que condueix el corrent I , la intensitat del camp magnètic, es calcula amb la següent fórmula:

$$H = \frac{I \cdot N}{\sqrt{l^2 + D^2}}$$



Amb:

- H : intensitat del camp en amperes/metre (A/m)
- I : intensitat del corrent en amperes (A)
- N : nombre d'espores
- l : longitud de la bobina en metres (m)
- D : diàmetre de la bobina en metres (m)

Exemple:

Una bobina de 5 cm de llarg i 5 mm de diàmetre té 670 espores. La intensitat del corrent que passa per la bobina és de 1 A.

Quina és la excitació magnètica en el interior de la bobina?

Com la llargària de la bobina és 10 vegades el seu diàmetre, es pot simplificar la fórmula

$$H = (I \times N) / l$$

$$H = (1A \times 670) / 0,05m = 13400 \text{ A/m}$$

En una bobina anular la llargària l es igual al perímetre de l'anell que forma la bobina i es calcula amb la fórmula:

$$l = 2\pi R$$

Si $l \gg d$, la fórmula per calcular la excitació magnètica es simplifica.

$$H = (I \times N) / l$$

$$H = (I \times N) / (2\pi R)$$

Exemple:

Una bobina anular amb té un radi $R = 32 \text{ cm}$ i un diàmetre $d = 1 \text{ cm}$.

El corrent I a través de la bobina és de $0,5 \text{ A}$ i la bobina té 100 espes.

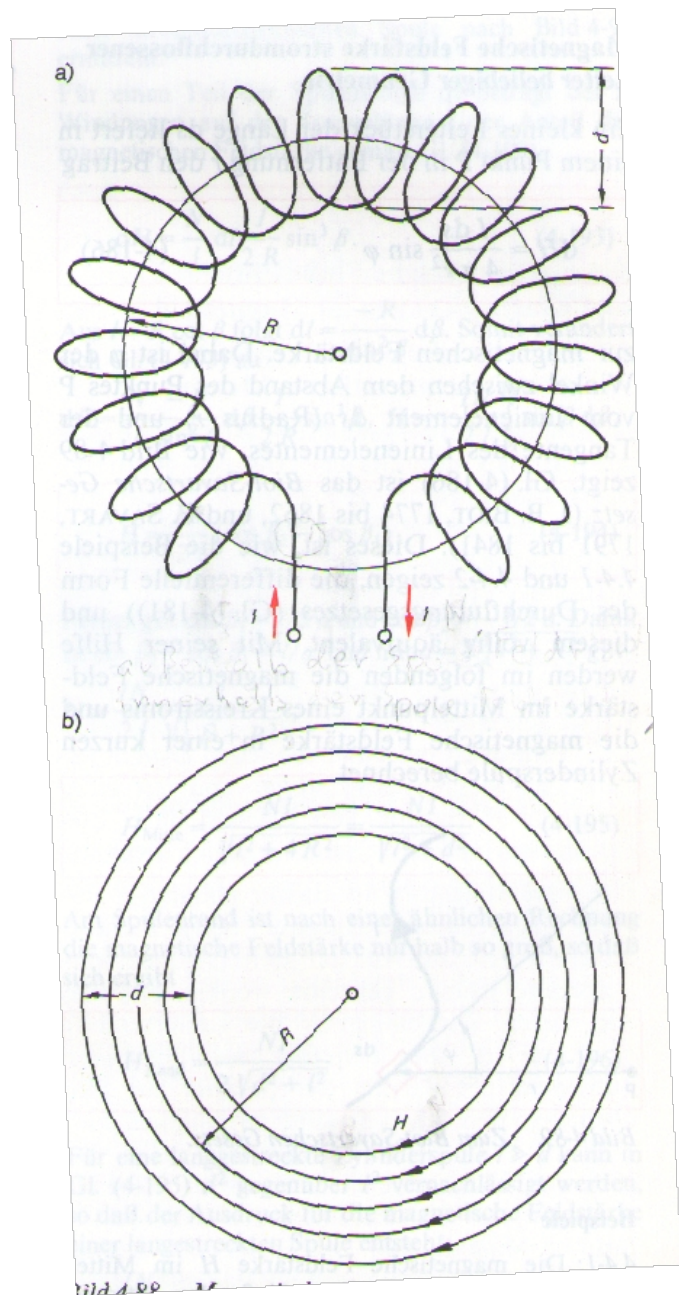
Calcula l'excitació magnètica.

$$H = (I \times N) / (2\pi R)$$

$$H = (0,5\text{A} \times 100) / (2\pi \times 0,32\text{m})$$

$$H = 50\text{A} / (2 \times 3,14 \times 0,32\text{m})$$

$$H = 50\text{A} / 2\text{m} = 25 \text{ A/m}$$

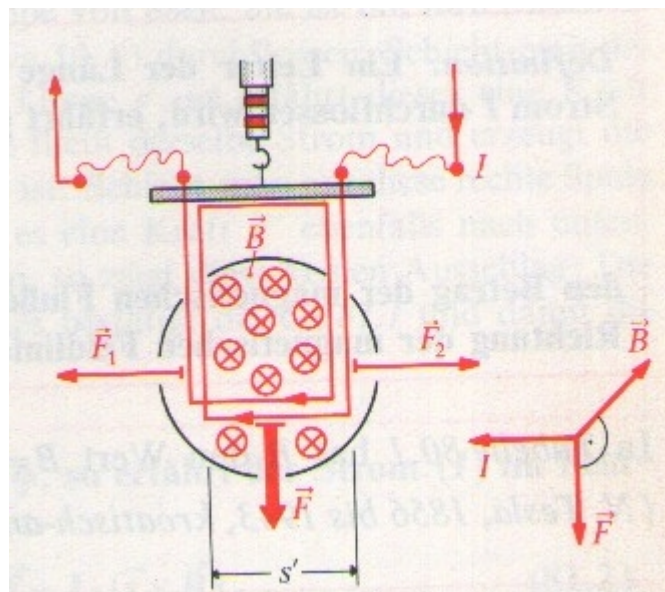


2.2.4 La inducció magnètica

El símbol de la inducció magnètica és B i s'amida en la unitat Tesla (T).

El Tesla (T) està definit com la el camp magnètic que produeix una força d'un Newton sobre un conductor d'un metre de llargària que es troba dintre del camp magnètic. Pel conductor passa un corrent d'un ampere.

$$1 \text{ T} = 1 \text{ N/Am} = \text{Vs/m}^2$$



2.2.4.1 Massa i força

Recordem que la massa en mesura en kg i la força en N. La relació entre força i massa la dóna el camp gravitatori de la terra. En la terra actua un camp gravitatori que atreu a qualsevol substància i l'atreu en proporció a la massa de la substància.

$$F = m \times a$$

Amb

F: força en N

m: massa en kg

a: acceleració en m/s^2

La acceleració terrestre és de $g = 9,81 m/s^2$

El pes d'una màquina és la força amb la que la terra atreu la màquina i es calcula:

$$F_G = m \times g$$

Exemple

Quin és el pes d'un motor de 100 kg de massa?

$$F_G = m \times g$$

$$F_G = 100 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_G = 981 \text{ kgm/s}^2 = 981 \text{ N}$$

Es pot aproximar $m \text{ (kg)} \times 10 = F \text{ (N)}$, per tant, 1 N equival al pes d'uns 100 g.

Exercici

Calcula el teu pes en Newton.

2.2.4.2 Inducció en una bobina buida

La inducció magnètica B_0 en el buit (en el aire) és proporcional a l'excitació magnètica H .

En el buit, la constant de proporcionalitat és $\mu_0 = 1,257 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2$

Així, si coneixem H , es pot calcular B_0 :

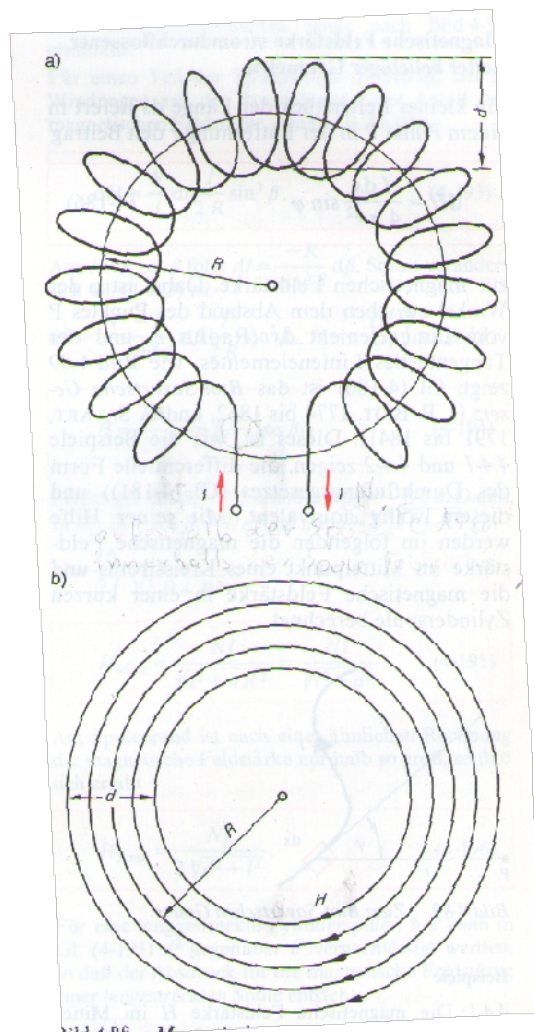
$$\mathbf{B}_0 = \mu_0 \times \mathbf{H}$$

Exemple

Quina és la inducció dintre d'una bobina buida amb una excitació magnètica H de 25 A/m?

$$B_0 = \mu_0 \times H$$

$$B_0 = 1,257 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2 \times 25 \text{ A/m} = 0,0000314 \text{ N/Am} = 3,14 \times 10^{-5} \text{ N/Am}$$



2.2.4.3 Força damunt un conductor causada per la inducció

Ara que coneixem la inducció B_0 , podem calcular la força que actua damunt un conductor pel qual passa un corrent I .

$$F = I \times l \times B_0$$

Amb

I : corrent elèctric en A

l : llargària del conductor dintre del camp magnètic en m

B : inducció en N/Am

Exemple

Calcula la força del camp magnètic d'una bobina buida damunt un conductor recte de 3 cm de llargària pel qual passa un corrent de 5 A.

La bobina solenoide té 200 espires, el corrent a través de la bobina és de 0,7 A, la llargària és de 5 cm i el diàmetre de 3 cm.

Solucionarem el problema en 3 passes.

1^{er} pas – Càlcul de l'excitació magnètica produïda per la bobina.

$$H = \frac{I \times N}{l}$$

$$H = \frac{0,7 \text{ A} \times 200}{\sqrt{0,05^2 \text{ m} + 0,03^2 \text{ m}}} = 2401 \text{ A/m}$$

2^{on} pas – Conversió de H a B_0

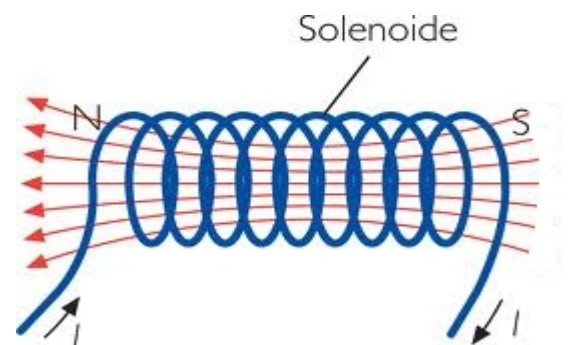
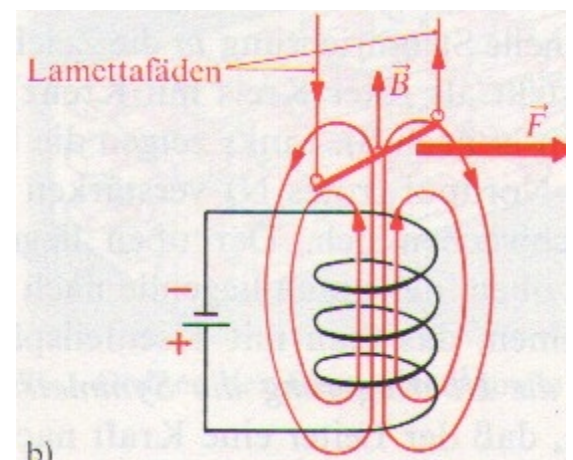
$$B_0 = \mu_0 \times H$$

$$B_0 = 1,257 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2 \times 2401 \text{ A/m} = 0,003 \text{ N/Am}$$

3^{er} pas – Càlcul de la força damunt el conductor

$$F = I \times l \times B$$

$$F = 5 \text{ A} \times 0,03 \text{ m} \times 0,003 \text{ N/Am} = 0,0005 \text{ N (equival a 0,05g)}$$



2.2.4.4 Permeabilitat μ_r

Com es veu, la força causada per la inducció damunt el conductor és molt petita.

Per augmentar-la podem emplenar el nucli de la bobina amb un material ferromagnètic.

Una característica dels materials ferromagnètics és la seva permeabilitat magnètica μ_r . La permeabilitat magnètica indica quant augmenta el camp magnètic si s'hi introdueix el material ferromagnètic, p.ex. un nucli dintre d'una bobina.

$$B_m = \mu_r \times B_o$$

Amb

B_m : inducció en el material en N/Am

μ_r : permeabilidad del material (sense dimensió)

B_o : inducció en el buit en N/Am

Els principals materials ferromagnètics són el ferro, el cobalt i el níquel.

En un electroimant, la inducció B_o és proporcional al corrent que passa per la bobina.



La permeabilitat del ferro μ_r és d'aproximament 10^3 .

Amb un nucli de ferro, la inducció de la bobina del exemple de la pàg. 38 augmentaria a :

$$B_m = \mu_r \times B_o$$

$$B_m = 10^3 \times 0,003 \text{ N/Am} = 3 \text{ N/Am}$$

i la força damunt el conductor seria:

$$F = B_m \times I \times l = 3 \text{ N/Am} \times 5 \text{ A} \times 0,03 \text{ m} = 0,45 \text{ N} \quad (\text{equival al pes de } 45 \text{ g})$$

2.2.4.5 Càlcul d'una bobina

Volem calcular ara la llargària del fil necessària per construir la bobina del exemple de la pàg. 38

El diàmetre de la bobina és de 3 cm. Per calcular ara la llargària del fil conductor de la bobina hem de multiplicar el perímetre de la bobina per 200, ja que hem dit que té 200 espines.

Perímetre de la bobina:

$$P = 2\pi r = \pi \times 0,03 \text{ m} = 0,09\text{m} = 9 \text{ cm}$$

$$l_{\text{conductor}} = N \times P = 200 \times 0,09\text{m} = 18,8\text{m}$$

Agafem un fil de 0,3 mm de diàmetre. Hem mesurat la resistència d'un metre, que és de 0,6 Ω /m. El fabricant de fils [Elektrisola](#) també dóna dades de resistència pel seus fils.

$$R = 0,6 \Omega/\text{m} \times 18,8 \text{ m} = 11,4 \Omega$$

Si la tensió que apliquem a la bobina és de 16 V, el corrent resultant és

$$I = U/R = 16\text{V} / 11,4\Omega = 1,4 \text{ A}$$

La potència transformada en calor per l'efecte Joule és

$$P = U \times I = U^2/R = (16\text{V})^2 / 11,4 \Omega = 22,47 \text{ W}$$

Experiment 2.2.4.5-1:

Mesurament de la inducció B.

Muntatge d'una bobina amb nucli de ferro i mesurament de la força damunt un conductor pel qual passa un corrent.

Diàmetre nucli de ferro 3 cm

Llargària bobina 5 cm

Diàmetre fil bobina 0,3 mm

Espines bobina 200

Tensió bobina 16 V

Experiment 2.2.4.5-2:

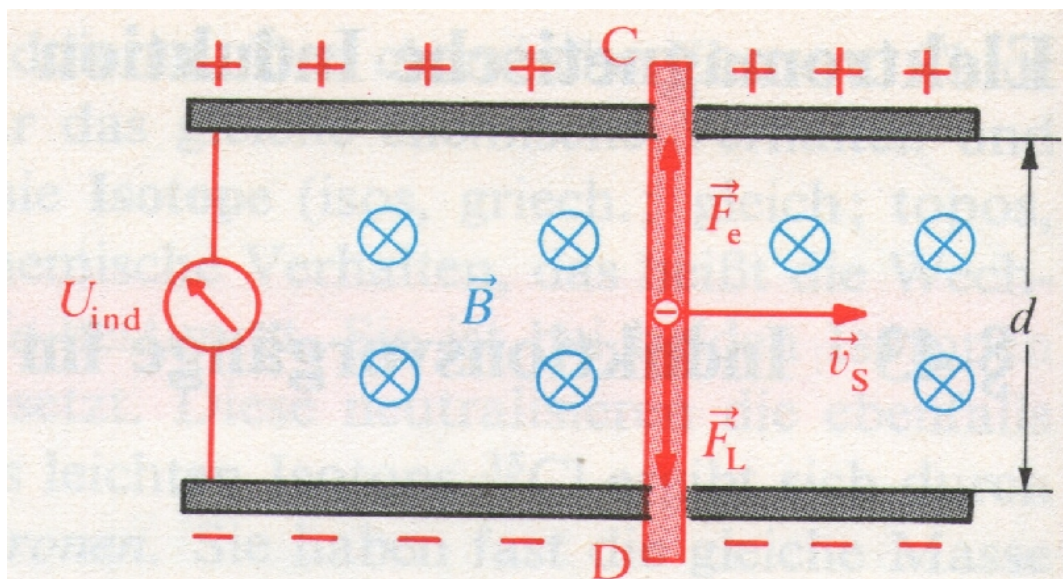
Muntatge d'una espira per la que passa un corrent, envoltada per dues bobines que produeixen un camp magnètic de forma que l'espira gira.

2.2.4.6 Inducció d'una tensió i flux magnètic

Hem vist que sobre un conductor que condueix un corrent i es troba dintre d'un camp magnètic, actua una força.

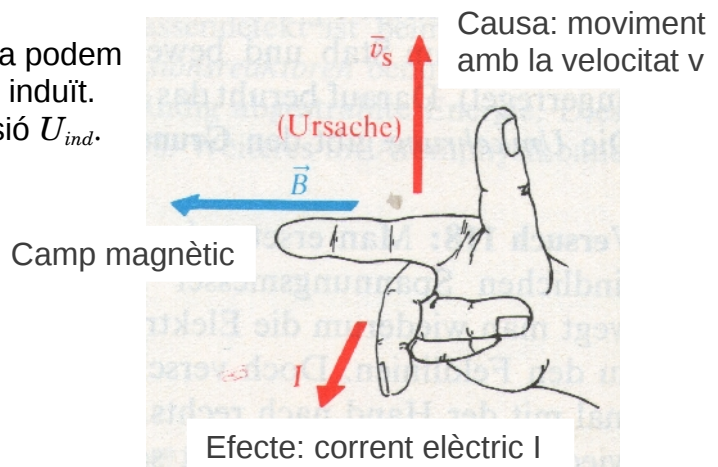
Ara volem observar un conductor que es mou dintre d'un camp magnètic, sense que des de l'exterior s'apliqui cap tensió al conductor. En la imatge es veuen dues varetes metal·liques (horitzontals, grises) damunt les quals es mou una vareta metàl·lica (vermella) cap a la dreta. Amb un voltímetre es pot mostrar la tensió induïda U_{ind} .

Si es mou un conductor en perpendicular a les línies d'un camp magnètic, s'indueix una tensió.

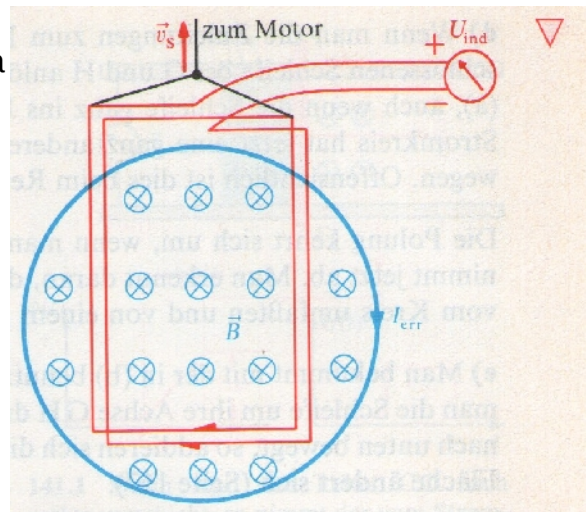


La tensió U_{ind} depèn de la força de camp magnètic B , de la velocitat v a la que es mou el conductor fora del camp magnètic i de la longitud del conductor d sobre el qual actua el camp magnètic.

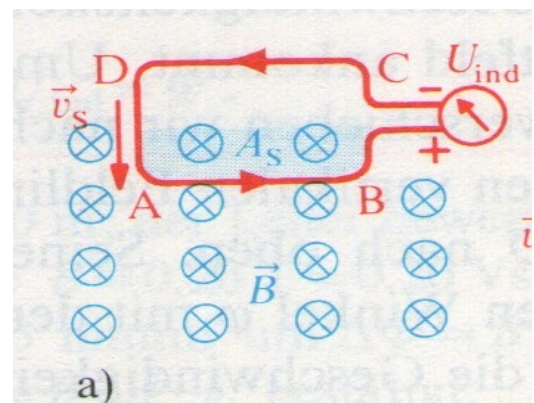
Amb la regla dels 3 dits de la mà dreta podem esbrinar la direcció del corrent elèctric induït. Aquesta corrent és la causa de la tensió U_{ind} .



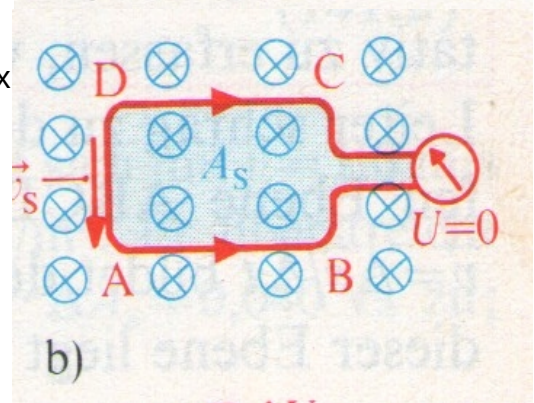
S'observa ara una bobina que es mou fora d'un camp magnètic. Igual que en el cas anterior, una tensió és induïda en treure la bobina fora del camp magnètic i es torna a observar l'efecte de tensió i corrent induïdes.



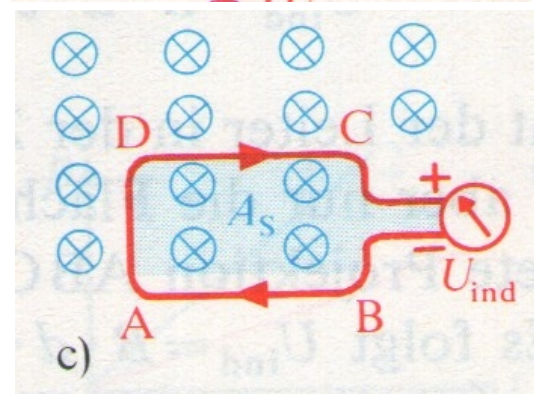
Si s'introdueix un fil conductor que forma una espira dintre d'un camp magnètic, s'observa una tensió induïda fins que l'espira entra per complet dintre del camp (imatge a).



Si una vegada completament dintre del camp es continua movent l'espira, la tensió induïda desapareix a causa de la compensació de les induccions en els trams conductors laterals de l'espira (imatge b).



En quant un dels trams laterals surt del camp, es torna a observar una tensió induïda (imatge c).

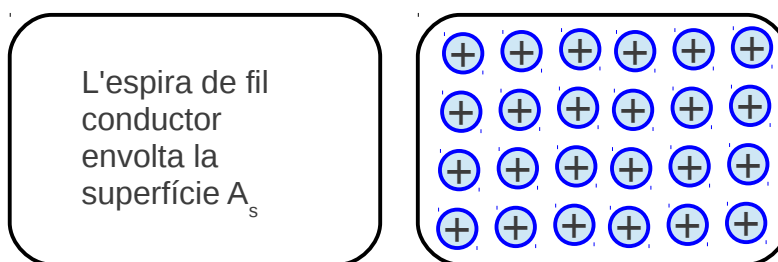


D'aquestes observacions es dedueix que només s'indueix una tensió quan el camp magnètic que actua sobre un conductor augmenta o disminueix la seva intensitat.

S'indueix una tensió quan el camp magnètic que actua sobre un conductor augmenta o disminueix la seva intensitat.

S'ha vist que un camp magnètic es pot representar mitjançant unes línies de camp. Aquestes línies indiquen en la direcció de la excitació magnètica H i de la inducció B .

Si es multiplica la inducció B , representada en la imatge pels cercols blaus amb una creu, per la superfície A_s que envolta el conductor, el resultat és el flux magnètic Φ .



$$\Phi = B \times A$$

B : inducció en N/Am

A : superfície en m^2

Φ : flux magnètic en $Nm/A = Ws/A = Vs$

Exemple:

Calcula el flux magnètic que traspasa un conductor amb forma rectangular de 5 cm d'amplària i 10 cm de llargària.

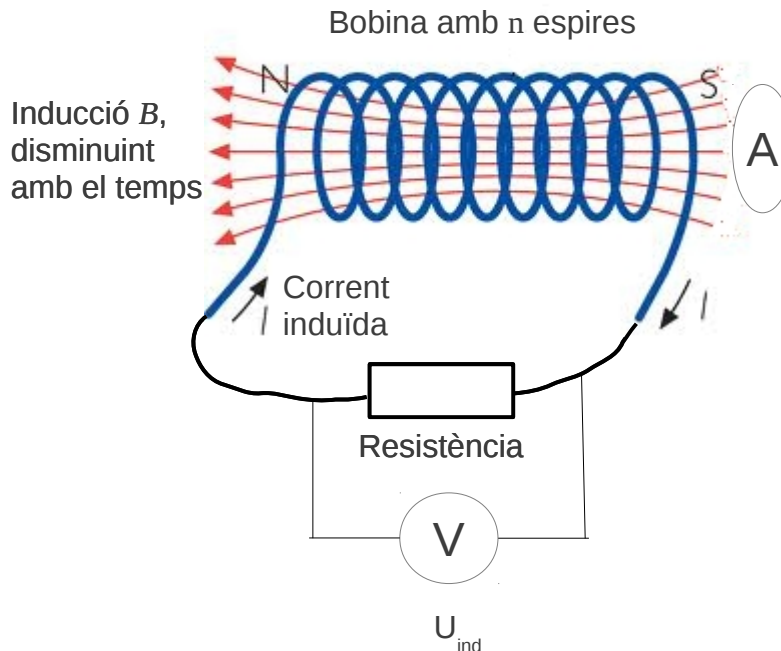
La inducció del camp és de $1 \text{ T} = 1 \text{ N/Am}$

$$\Phi = B \times A, \text{ amb } A = 0,05\text{m} \times 0,1\text{m} = 0,005\text{m}^2$$

$$\Phi = 1 \text{ N/Am} \times 0,005\text{m}^2 = 0,005\text{Vs}$$

2.2.4.7 Càlcul de la tensió induïda U_{ind}

Observem la següent bobina sobre la que actua una inducció magnètica B variable que, en el cas de la imatge, disminueix.



La pregunta és: què influeix en la tensió induïda?

Influeix la variació de la inducció B que actua sobre superfície A de les espines. En multiplicar $B \times A$ s'obté el flux magnètic Φ . En el flux magnètic està considerada la influència de la superfície. Per calcular la tensió induïda falten considerar la influència del temps, és a dir de la variació del flux amb el temps ja que només un flux canviant induïx una tensió, i les espines.

$$U_{ind} = \frac{n(\Phi_2 - \Phi_1)}{t_2 - t_1}$$

U_{ind} : tensió induïda en V

n : nombre d'espines de la bobina

Φ_1 : flux magnètic en l'instant t_1 en Vs

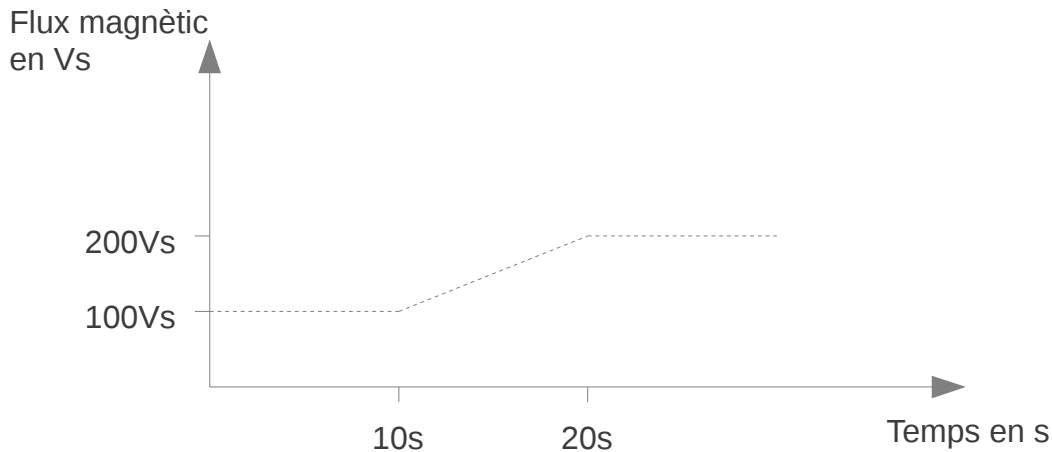
Φ_2 : flux magnètic en l'instant t_2 en Vs

t_1 : temps en s

t_2 : temps en s

Exemple:

En l'instant $t_1 = 10\text{s}$ el flux magnètic Φ_1 és de 100Vs. El flux va augmentat de forma lineal fins que en l'instant $t_2 = 20\text{s}$, Φ_2 és de 200Vs.



La tensió induïda U_{ind} es calcula amb

$$U_{ind} = (\Phi_2 - \Phi_1) / (t_2 - t_1) = (200 \text{ Vs} - 100 \text{ Vs}) / (20\text{s} - 10\text{s}) = 100\text{Vs}/10\text{s} = 10\text{V}$$

Les diferències de temps ($t_2 - t_1$) i de flux ($\Phi_2 - \Phi_1$) es representen mitjançant el símbol delta Δ . Així es pot escriure $t_2 - t_1 = \Delta t$ i $\Phi_2 - \Phi_1 = \Delta\Phi$.

$$U_{ind} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Exercici 2.2.4.7-1:

Una bobina de 50 espires té una secció de 10 cm^2 . L'excitació magnètica H varia de 0 a $2 \times 10^6 \text{ A/m}$ en 0,5 s.

Quina és la tensió induïda?

Si la bobina està tancada i té una resistència de 3Ω , quin és el corrent que passa per ella?

Vídeos:

[Campo magnético e induccion electromagnética-Ciencia en Acci](#)