

Mancomunitat de Catalunya

EXTENSIO
D'ENSENYAMENT
TÈCNIC



TEXT N.º 27

MAGNETISME
I CORRENT

Carrer d'Urgell 187 Barcelona



R. 7708

MAGNETISME I CORRENT ELÈCTRIC

MAGNETISME

1. **Imant** és tot cos que té la propietat d'atraure el ferro i alguns altres metalls, com el níquel i el cobalt, i el conjunt de fenòmens produïts pels imants rep el nom de **magnetisme**.

Si bé tots els cossos presenten propietats magnètiques, el ferro, el cobalt i el níquel es distingeixen per la facilitat amb què poden imantar-se fortament, però de aquests tres el ferro és el que ocupa el primer lloc i l'únic que s'usa en la pràctica.

IMANTS NATURALS

2. Existeix en la naturalesa un òxid de ferro, que té el nom de **òxid salí** i també **òxid magnètic** que té propietats magnètiques, i és per consegüent un **imant natural**, conegut dels antics que li donaren el nom de **magnetita**.

IMANTS ARTIFICIALS

3. Els **imants artificials** són barres de ferro de diferents formes que han adquirit les propietats magnètiques pel fregament amb un imant natural o per altres procediments que seran explicats més endavant. La imantació així obtinguda pot ésser momentània, si la barra és de ferro dolç, o duradora, si es d'acer trempat; en aquest cas s'obté un **imant permanent**.

4. **Pols i línia neutra**.—L'acció magnètica d'una barra imantada es manifesta principalment cap als seus extrems, com pot observar-se tirant sobre

d'ella llimadures de ferro; aquestes s'agrupen densament en els extrems, mentre que en la regió mitjana són nul·les. Els extrems de la barra o sigui aquells punts en què el magnetisme té major força constitueixen els **pols** de l'imant i la línia que els uneix és l'eix de l'imant. Si suspenem una barra imantada pel seu centre, de manera que pugui girar lliurement, l'eix es col·locarà espontàniament i després d'algunes oscil·lacions, en la direcció Nord-Sud. Aquell dels pols de l'imant que mira al Nord és el **Pol Nord** i el que mira al Sud el **Pol Sud** de l'imant, i són distingits ordinàriament amb les lletres N. S. inicials de Nord i Sud respectivament. La regió central, que no manifesta cap acció magnètica rep el nom de *línea neutra*. Vegeu fig. 1.

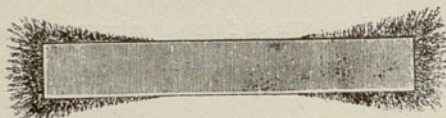


FIG. 1

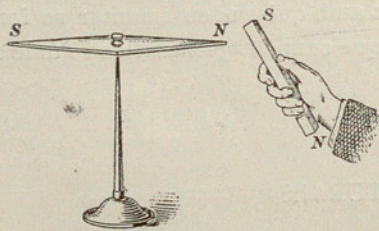


FIG. 2

5. Agulla imantada, brúixola. —

Donem el nom d'agulla imantada a una làmina d'acer imantada que gira sobre una punta molt fina i pot moure's lliurement en un pla horitzontal, fig. 2. Com havem indicat en el n.º 4, aquesta agulla indicarà la direcció Nord-Sud, però per a això cal que no experimenti cap acció pertorbadora, com la proximitat de peces de ferro, sobretot si són imantades. Per als usos pràctics l'agulla imantada és tanca-

da en una capsa amb coberta de cristall i oscil·la sobre un cercle graduat a fi de poder apreciar la valor de la desviació que sofreix; en aquest cas l'agulla pren el nom de **brúixola**, fig. 3.

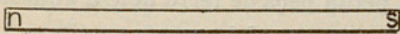
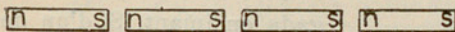
6. Hem dit que perquè l'agulla imantada indiqui la direcció Nord-Sud era condició indispensable que no hi hagués prop d'ella cap peça imantada; en efecte, com que el magnetisme es transmet a distància, tot imant prop de l'agulla imantada actua damunt seu i la desvia de la posició que pendria en trobar-se isolada. L'experiment següent mostra clarament l'acció d'uns imants sobre els altres. Si s'acosta al pol *N* d'una agulla imantada, fig. 2, el pol *S* d'un imant, s'observa una forta atracció i si, al contrari, s'acosta el mateix pol *S* de l'imant al pol *S* de l'agulla es nota una viva repulsió. Si en lloc del pol *N* s'acosta el pol *S* de l'imant es veurà que atrau el *N* i rebutja l'*S* de l'agulla. Aquest experiment demostra que en cara que idèntics en al-

gues de les seves manifestacions, com la d'atraure igualment les llimadures de ferro, els pols d'un imant tenen propietats diferents. Els fenòmens citats poden resumir-se en la següent

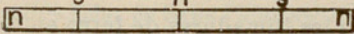
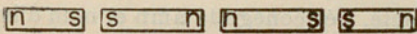
REGLA: *Els pols d'un mateix nom es repel·leixen i els de nom contrari s'atrauen.*

7. El fet que l'agulla imantada prengui espontàniament la direcció Nord-Sud permet comparar la terra a un immens imant, els pols del qual són el Nord i el Sud magnètics, i és de notar l'anomalia que existeix en la denominació dels pols de l'agulla imantada, puix el pol de l'agulla que és atret pel pol magnètic Nord de la terra, és en realitat un pol *S*, i un pol *N* el que es dirigeix al Sud; però s'ha convingut a conservar als pols de l'agulla els noms dels pols magnètics terrestres cap als quals es dirigeixen, en atenció que aquest fou el primer fenomen que sobre l'agulla imantada fou observat.

8. Tot imant presenta dos pols i una línia neutra; no és possible obtenir imants amb un pol únic, fins a tal punt que si partim una barra imantada per la seva línia neutra obtindrem dos imants complets, cada un amb dos pols i una línia neutra i això es verificarà si els nous imants es parteixen per la meitat.



(a)



(b)

FIG. 4

obtidrem un imant amb dos pols extrems d'un mateix nom si el nombre de barres és parell i de nom contrari si és imparell. En el cas (b) es formaran

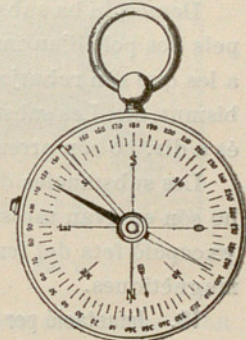


FIG. 3

Hem dit que tot imant conté dos pols, però a vegades en tenen tres o més i en aquest cas els pols intermedis són anomenats *polos conseqüents*. Si unim pels seus extrems diverses barres imantades, fig. 4, de manera que es toquin els seus pols contraris (a), formarem un imant amb dos pols contraris i una línia neutra, però si els ajuntem pels seus pols del mateix nom (b) ob-

tants pols conseqüents com contactes hi hagi. En la figura hi ha tres pols conseqüents *S N S*. Entre cada dos pols conseqüents existeix sempre una línia neutra.

9. El magnetisme dels cossos depèn d'una porció de circumstàncies i causes entre les quals figura la temperatura: en general la força magnètica disminueix a l'augmentar aquella; així el ferro, per exemple, perd la seva imantació en arribar a la temperatura del roig.

Demés, hi ha substàncies, tals com el ferro, que són atretes indistintament pels dos pols d'un imant i reben el nom de **paramagnètiques** en contraposició a les que són rebutjades i que es diuen **diamagnètiques**, com l'antimoni, el bismut, etc. Les substàncies que en aparença són indiferents al magnetisme, és a dir, no són atretes ni rebutjades, són anomenades **no magnètiques**.

Les substàncies diamagnètiques, àdhuc les que ocupen els primers llocs, ho són en grau tan sumament petit que en la pràctica totes les substàncies, excepció feta del ferro i alguns dels seus aliatges, es consideren com a no magnètiques.

10. **Imantació per influència.**—Quan una substància magnètica es troba en

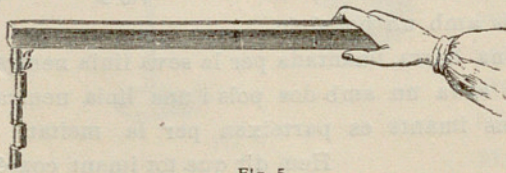


FIG. 5

contacte amb una barra imantada, es converteix en un imant amb els seus dos pols i la seva línia neutra i pot atraure un altre cos magnètic el qual es transforma a la vegada en imant. Si d'un dels

polos de un imant fig. 5, suspenem una petita peça de ferro dolç *a* aquesta es converteix en imant que pot sostenir un altra peça *b* i aquesta un altra *c* i així seguint fins a un nombre que dependrà de la potència de la barra imantada i del pes de les peces adicionals. L'imantació així obtinguda és momentània i s'anul·la des que desapareix el contacte, i és coneguda amb el nom d'**imantació per influència**.

La disposició en forma de plomers de les llimadures de ferro en els pols d'un imant, fig. 1, és deguda a la imantació per influència; cada partícula de ferro és un imant que atrau la seva veïna de la manera que hem indicat.

Un imant actua també per influència sobre un cos magnètic que es troba a distància i la imantació del nou imant decreix en augmentar la distància a què es troba de la barra.

11. **Línies de força.**—Si apliquem sobre d'una barra imantada una fulla de paper i hi tirem una lleugera capa de llimadures de ferro, aquestes es col·loquen per la influència de l'imant en línies corbes que d'un pol es dirigeixen a l'altre, fig. 6, i constitueixen allò que és anomenat espectre magnètic.

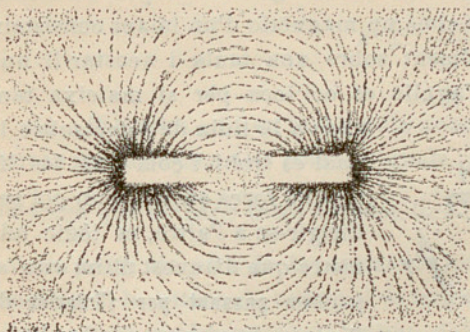


FIG. 6

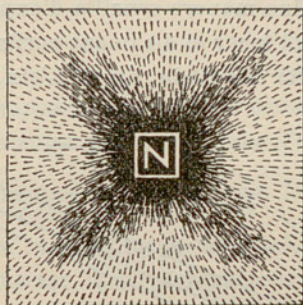


FIG. 7

Si en lloc de estar tot l'imant en contacte amb el paper sols ho està un dels extrems, sigui el que sigui, s'obté l'espectre magnètic de la fig. 7 i si es tracta d'un imant que té pols conseqüents, l'espectre pren la forma que indica la fig. 8.

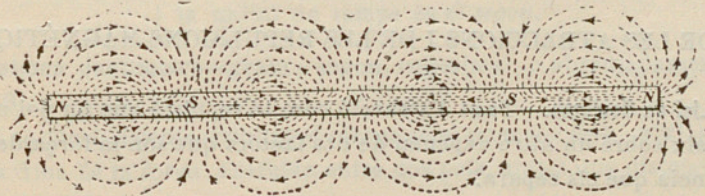


FIG. 8

Les corbes indicades per les llimadures de ferro de l'espectre magnètic són anomenades **línies de força** i són segons les quals es verifiquen les atraccions i repulsions.

En l'espectre magnètic sols s'observen les línies de força contingudes en un pla, però en realitat existeixen en tot l'espai que rodeja els imants.

12. **Camp magnètic.**—Si bé és cert que tot l'espai és ocupat per les línies

de força que imanen dels pols, aquestes deixen d'ésser sensibles a certa distància, i l'espai en què es manifesten és anomenat **camp magnètic**.

El camp magnètic està limitat a l'interior per la superfície de l'imant, però com hem vist, és il·limitat en l'exterior i si a grans distàncies és considera nul és simplement perquè els medis d'investigació són poc sensibles.

Una manera senzilla d'explorar el camp magnètic d'un imant consisteix en col·locar el dit imant horitzontalment sobre una taula i acostar-li una agulla imantada, fig. 9. L'eix de l'agulla es col·loca per si mateixa tan-

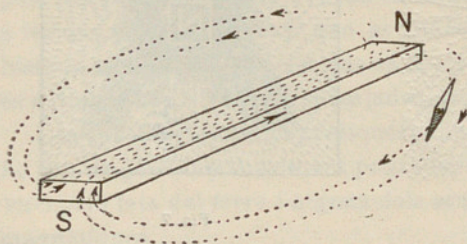


FIG. 9

gent a la línia de força sobre la qual es trobi i com que les línies de força surten d'un pol per dirigir-se a l'altre, és lògic admetre que d'aquest últim van al primer passant per l'interior de l'imant, de manera que les línies de força són **corbes tancades**. Aquestes corbes són representades en la figura, per línies

de punts i admetem que surten de l'imant pel pol N i entren pel S en el sentit indicat per les fletxes.

LLEI DE LES ATRACCIONS I DE LES REPULSIONS MAGNÈTIQUES

13. Llei de Coulomb.—Tant l'atracció com la repulsió que un pol magnètic exerceix sobre un altre depenen de dos factors que són la força dels pols i la distància que els separa.

Augmenta quan la força dels pols creix i minva en augmentar la distància, però en una proporció que Coulomb determinà mitjançant la següent regla donada per ell.

Dos pols magnètics s'atrauen o repel·leixen en raó inversa del quadrat de la seva distància i en raó directa del producte de les seves forces.

De manera que si doblem la força magnètica d'un dels pols, l'atracció obtinguda serà doble, si doblem la d'ambdós serà quatre vegades la primitiva i si es triplica la distància, conservant els pols la seva força primera, l'atracció o la repulsió seran la novena part.

Aquesta llei que porta el nom de **Llei de Coulomb**, pot fàcilment espresar-se per una fórmula, en efecte, designant per m_1 , m_2 , les masses magnètiques o forces dels pols, per d la distància entre ells i per F la força d'atracció o de repulsió, podem escriure

$$F = \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

14. Pol unitat.—Si en la fórmula anterior suposem que les dues masses o forces magnètiques dels pols són iguals i representen per m cada una d'elles, la força que actuarà entre ambdós serà $\frac{m^2}{d^2}$; si suposem, demés, que la distància entre els pols és la unitat de longitud, la dita força serà m^2 i si, finalment, la massa de cada pol és també la unitat, la força atractiva o repulsiva serà també igual a la unitat, de manera que podem dir:

Pol unitat és el que atrau o repel·leix amb la unitat de força un altre pol igual situat a la unitat de distància.

Però falta definir les unitats de força i de llargada i a l'efecte s'ha adoptat un sistema de mides en el qual

La unitat de longitud és el *centímetre*.

La unitat de massa és el *gram*

i la unitat de temps és el *segon*.

dit Sistema centímetre—gram—segon, cegesimal, o abreujadament Sistema C. G. S.

En aquest sistema l'unitat de força té el nom de **dina**, així podem dir que la dina és la força exercida entre dos pols unitat que disten 1 centímetre l'un de l'altre.

15. Intensitat de camp.—Examinant el camp d'un imant, fig. 6, observem que les llimadures de ferro són més denses en la regió dels pols que en les altres parts, i aquesta densitat serveix en realitat per a la mesura de la força que actua sobre un pol mòbil en les diferents parts del camp.

Es costum dir que la força exercida en un camp magnètic sobre un pol mòbil depèn del nombre de línies de força per centímetre quadrat, suposant que dites línies de força són normals a la superfície del centímetre. Quan indiquem que un camp magnètic és de 5000 línies de força, volem significar

que cada centímetre quadrat del camp conté 5,000 vegades el nombre de línies de força d'un camp en el qual s'exerceix l'unitat de força sobre la unitat de pol.

En la teoria de les línies de força se suposa que en un camp unitat hi ha una línia de força per cada centímetre quadrat, però és fàcil veure com és errònia aquesta concepció si explorem el camp citat amb dos pols la distància dels quals és inferior a un centímetre; en efecte: el camp actua igualment sobre els dos pols, de manera que per cada un d'ells passa una línia de força o siguin dues línies per centímetre quadrat i segons la definició no hi ha sinó una.

Convé, doncs, recordar que quan en endavant parlarem d'un camp magnètic de tantes o quantes línies de força caldrà entendre que indiquem un camp que conté tantes o quantes vegades el nombre de línies de força que el camp d'intensitat 1.

16. Nombre de línies de força d'un pol.—Les línies de força emanades d'un pol únic són radials i es dirigeixen en totes direccions. Encara que no és possible obtenir un pol magnètic isolat, podem suposar que l'altre es troba a gran distància. De manera que si imaginem un pol unitat com a centre d'una esfera el radi de la qual sigui 1 centímetre, aquesta esfera tindrà 4π centímetres quadrats de superfície, i com que el camp unitat és aquell en què hi ha una línia de força per centímetre quadrat, resulta que el nombre total de línies de força que surten d'un pol unitat és 4π . Designant el nombre total de línies del camp o ço que és igual, el flux per la lletra grega, Φ tindrem, doncs,

$$\Phi = 4\pi$$

Si en lloc d'un pol unitat considerem un pol d'intensitat m , el nombre total de línies de força que en surten serà

$$\Phi = 4\pi m$$

Exemple.—Trobar el flux produït per un pol l'intensitat del qual està representada per 2000.

Resolució.—Aplicant la fórmula anterior obtenim:

$$\Phi = 4 \times \pi \times 2000 = 25133 \text{ línies aprox.}$$

17. Moment magnètic.—Quan una barra imantada de la manera ordinària, és a dir, que té sols dos pols i una línia neutra, es troba sotmesa a l'acció d'un camp magnètic uniforme, és sol·licitada per dues forces iguals i contrà-

ries aplicades als seus pols i formen allò que es diu **un parell de forces**. Si la barra és normal a la direcció del parell, tendeix a girar per col·locar-se en la seva direcció i la força que la sol·licita és representada pel producte de la intensitat magnètica de cada pol per la distància entre ambdós pols. Aquest producte, que dóna idea de la potència de la barra imantada, és anomenat **moment magnètic** de l'imant. Si designen per m la intensitat magnètica de cada pol, per l la distància entre ambdós i per M el moment magnètic tindrem:

$$M = m l$$

ACCIÓ D'UN CORRENT SOBRE UN IMANT

18. Més endavant veurem com pot produir-se un corrent elèctric; de moment, ja que únicament ens proposem explicar les reaccions que s'exerceixen entre ella i els imants, bastarà indicar que corrent és el pas d'electricitat d'un punt a un altre d'un conductor i que aquest corrent es dirigeix sempre del punt on hi ha el potencial més alt a un altre on és més baix, de la mateixa manera que l'aigua busca sempre un nivell inferior mentre no estigui sotmesa a alguna acció estranya.

19. **Acció d'un corrent sobre un imant.**—Si damunt d'una agulla imantada, fig. 10, col·loquem un fil conductor, l'agulla tindrà tendència a situar-se perpendicularment al conductor, des del moment que per aquest circula un corrent, i la posició en què quedarà en equilibri serà normal al fil sempre que l'agulla no es trobi sotmesa a altra força o que el corrent sigui suficientment intens. Si l'agulla és influïda per alguna altre força, la posició que adoptarà correspondrà a la resultant de la dita força i la representada pel corrent, i l'angle de la desviació soferta és una mida de la força exercida pel corrent. És fàcil observar que aquesta força decreix quan el conductor s'allunya paral·lelament a si mateix, que el sentit de la força canvia si el conductor en lloc d'estar damunt està sota l'agulla i que en tots els casos augmenta en créixer el corrent.

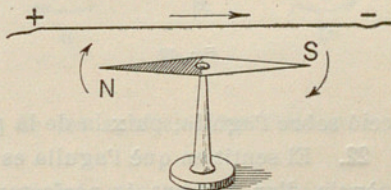


FIG. 10

20. Camp magnètic d'un corrent.—Del fet anterior, observat per primera vegada pel físic Oersted en 1820 es desprèn clarament que el corrent elèctric desenrotlla un camp magnètic, i com que si el fil es mou seguint la seva mateixa direcció l'efecte obtingut és el mateix, resulta que un fil que condueix un corrent està tot ell envoltat per línies de força circulars la densitat del qual és màxima en les immediacions del fil i decreix quan la distància augmenta. Aquestes línies afecten la forma d'anells concèntrics com ensenya la fig. 11,

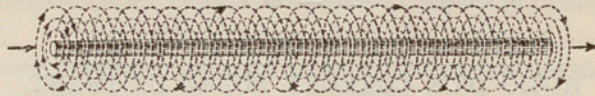


FIG. 11

i són fàcils d'observar si el conductor travessa normalment una fulla de paper, fig. 12, sobre la qual tirem llimadures de ferro; aquestes es distri-

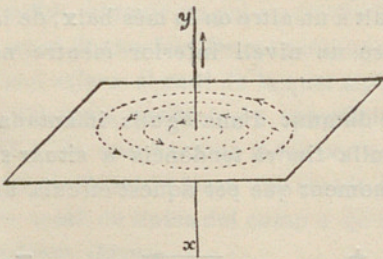


FIG. 12

bueixen per si mateixes en circumferències concèntriques, més juntes l'una a l'altra en les immediacions del fil.

21. Si en l'experiment del n.º 19 s'inverteix el sentit del corrent conservant la mateixa direcció, l'agulla es desvia en sentit contrari, i com que la mateixa cosa passa si el fil està sota de l'agulla en lloc de estar al damunt, resulta que un corrent de la forma indicada en la fig. 13, exercirà doble

acció sobre l'agulla, puix la de la part inferior es suma a la de la superior.

22. El sentit en què l'agulla es desvia sota la influència d'un corrent és perfectament determinat i depèn del sentit del corrent, així com de la situació del conductor respecte a l'agulla.

Admetent que per *esquerra* d'un corrent s'entén la d'un observador que col·locat en el conductor de manera que el corrent entri pels peus i surti pel cap, miri a l'agulla, és fàcil recordar el sentit de la desviació mitjançant la següent regla que porta el nom de

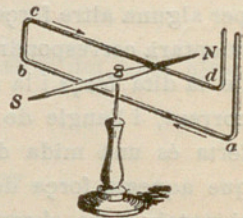


FIG. 13

REGLA D'AMPER.—*El pol nord d'un imant mòbil es desvia sempre cap a l'esquerra del corrent.*

La fig. 14, mostra l'aplicació d'aquesta regla quan el conductor es troba al damunt i quan es troba dessota l'imant.

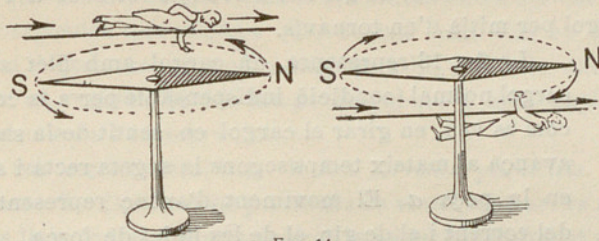


FIG. 14

23. Sentit de les línies de força d'un corrent.—El sentit de les línies de força del camp magnètic creat per un corrent és sempre un mateix respecte a ella, però varia respecte a l'observador. D'aquí la necessitat de regles per a poder determinar-lo en un cas qualsevol.

La fig. 15, representa dos conductors que es dirigeixen normalment al pla del paper; en (a) la creu indica que el corrent s'allunya de l'observador i en (b) el punt significa que s'acosta. (Aquesta manera de representar el sentit d'un corrent normal al pla del dibuix és molt general; el punt indica el cap d'una sageta i la creu el lloc oposat). En (a) les línies de força tenen el sentit del moviment de les agulles d'un rellotge i en (b) tenen sentit contrari.

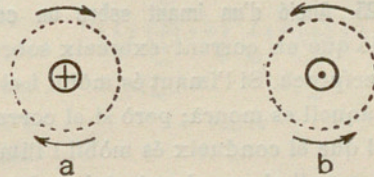


FIG. 15

Del que havem dit es dedueix la següent regla que, per l'ús que cal fer-ne, és indispensable retenir a la memòria.

REGLA.—*Si mirem un conductor per un extrem, de manera que el corrent s'allunyi les línies de força tenen el moviment de les agulles d'un rellotge.*

Observació.—Noteu, puix, que serà el nostre costum en citar les altres, que no donem sinó la primera part de les regles, així, l'anterior podria prolongar-se dient que *si el corrent s'acosta, les línies de força tenen un sentit oposat al de les agulles d'un rellotge*, però creiem que aquesta segona part, lluny

d'aclarar, pot portar confusió, puix hi ha més conceptes que recordar i demés aquestes segones parts són equivalents a la primera, però estan tots els termes invertits.

Una altra regla, anomenada de *cargol*, és també de molt ús i es refereix a la relació entre el moviment de gir i el d'avenç o retrocés a l'introduir o treure un cargol per mitjà d'un tornavis.

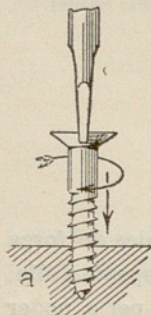


FIG. 16

La fig. 16 representa un cargol amb filet a la dreta o cargol normal (condició indispensable per a la comparació), com es veu, en girar el cargol en sentit de la sageta corba, avança al mateix temps segons la sageta recta i s'introdueix en la peça *a*. El moviment d'avenç representa el sentit del corrent i el de gir, el de les línies de força.

Noteu la semblança entre aquesta representació i la de la fig. 15.

24. Citarem, per acabar, la següent regla, il·lustrada per la fig. 17, que és de molt còmoda aplicació;

REGLA.—*Si imaginem agafat el conductor amb la mà dreta, amb el dit polze estés en el sentit del corrent, els altres dits indicaran el sentit de les línies de força.*

25. Acció d'un imant sobre un corrent.—La acció que un corrent exerceix sobre un imant és recíproca. Si l'imant és mòbil i el corrent és fix, aquell es mourà; però si el corrent, o sigui el fil que el condueix és mòbil i l'imant és fix, serà aquell el que desviarà i tindrà tendència

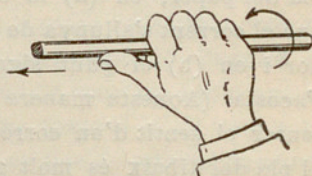


FIG. 17

a col·locar-se perpendicularment a l'imant. En tot cas sempre el pol nord de l'imant quedarà a l'esquerra del corrent.

La fig. 18, mostra una manera d'obtenir un conductor mòbil. Si s'acosta una barra imantada, el fil gira, i després de algunes oscil·lacions, que van decreixent en amplitud, queda normal a l'imant.

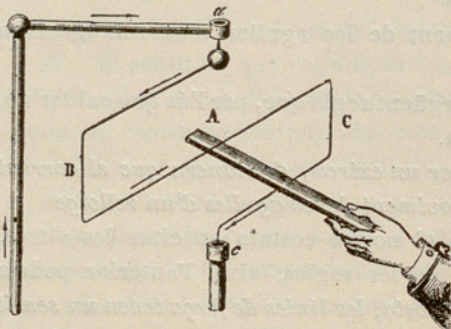


FIG. 18

ACCIONS MÛTUES ENTRE ELS CORRENTS

26. De la mateixa manera que un corrent actua sobre un imant i un imant sobre un corrent, existeix una acció mútua entre dos corrents, ço que és fàcil de comprendre tota vegada que, segons hem vist en el n.º 20, el corrent crea a l'entorn seu un camp magnètic. En el cas de dos corrents es tracta, doncs, en realitat, de dos camps magnètics i hem explicat ja en el n.º 6 la influència de l'un sobre l'altre.

27. **Lleis dels corrents paral·lels.** I. *Dos corrents paral·lels d'un mateix sentit s'atrauen.* II. *Dos corrents paral·lels de sentit contrari es repel·leixen.*

Aquestes lleis poden ésser demostrades experimentalment empleant dos aparells anàlegs al de la fig. 18, però es fàcil donar-se compte del fet observant la fig. 19 que representa, de la manera convinguda, dos corrents normals al pla del paper que s'allunyen de l'observador.

Aquests corrents són paral·lels i segons s'explicà en el n.º 23 les línies de força que els envolten tenen el sentit indicat per les sagetes. Com veiem, les línies de força que hi ha entre els conductors estan dirigides en sentits oposats i segons s'explicà en el n.º 6 tenen d'atraure's. Pel que es refereix a l'acció de les altres parts de les línies de força observem que hi ha atracció entre *c* i *d* i repulsió entre *a* i *d* així com entre *c* i *b*, hi ha, doncs, dues atraccions i dues repulsions de les quals l'atracció entre *a* i *b* sobrepuja i arrastra els conductors, que tendeixen a acostar-se l'un a l'altre.

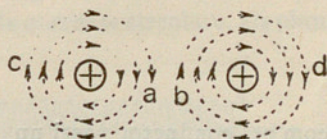


FIG. 19

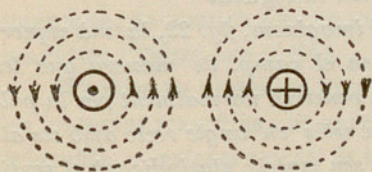


FIG. 20

Si els corrents, conservant el paral·lisme, van dirigits en sentits contraris, fig. 20, es verifiquen els mateixos fenòmens però en sentit contrari i predomina la repulsió, de manera que els conductors tendeixen a allunyar-se l'un de l'altre. Si els conductors són mòbils, ambdós s'aproximen o s'allunyen: si un d'ells és mòbil i l'altre fix, aquell s'acostarà o s'allunyarà, i si els dos són fixos, encara que quedin en repòs, existeix la força que tendeix a moure'ls.

MOVIMENT D'UN CONDUCTOR EN UN CAMP MAGNÈTIC

28. En els núm. 19, 21 i 25 ha estat explicat quines reaccions s'exerceixen entre els corrents i els imants, hem vist que hi ha moviment de l'un o d'ambdós, segons les condicions en què es troben, i d'això resulta que tot conductor recorregut per un corrent es posa en moviment si està col·locat lliurement en un camp magnètic.

En la fig. 21. *ab* és un conductor lliure situat normalment a les línies de força del camp magnètic que existeix entre els pols N i S. Tan prompte

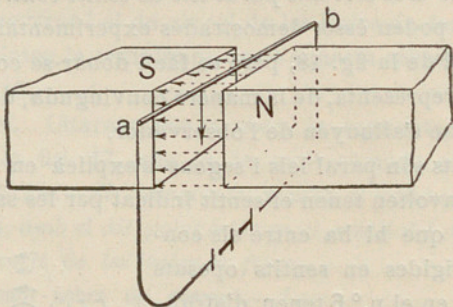


FIG. 21

com pel conductor passi un corrent dirigit de *b* a *a* el conductor es mourà cap a baix tal com marca la sageta vertical.

Hi ha diversos mètodes per recordar el sentit en què, segons les direccions relatives del corrent i de les línies de força, s'efectua el moviment, sobresortint per la seva senzillesa la següent

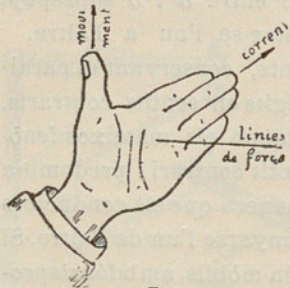


FIG. 22

REGLA.—*Si imaginem, fig. 22, la mà esquerra col·locada en el camp, de manera que les línies de força penetrin normalment per la palma, el dit polze està en angle recte amb els altres dits i en el seu mateix pla indicarà el sentit del moviment per a un corrent que tingui el sentit indicat per les puntes dels altres.*

La força amb què el moviment s'efectua depèn de la intensitat del camp, així com de la potència del corrent, creixent proporcionalment a elles. Si es

canvia una sola de les condicions, el moviment es verificarà en sentit oposat, així, si en la fig. 21 suposem que les línies de força van d'esquerra a dreta, o ço que és igual, si el pol N es troba en lloc del S i al contrari, el moviment del conductor seria cap a dalt, igualment que si es canviés únicament el sentit del corrent.

Es evident que si es canvien a la vegada el sentit del corrent i el de les línies de força el moviment no variarà, puix pel primer canvi s'inverteix el moviment i pel segon torna a invertir-se, quedant per consegüent com abans.

Convé exercitar-se en l'aplicació de la regla anterior, ja que es trobaran en el successiu nombrosos casos en què haurem d'usar-la, així per exemple, ço que determina la rotació d'un motor elèctric és simplement el moviment dels conductors en el camp magnètic, des del moment en què passa per ells un corrent.

ELECTROIMANT

29. La semblança entre els fenòmens mecànics del corrent i els dels imants es porta a l'extrem empleant l'aparell imaginat per Ampère, denominat solenoide que, teòricament, és un conjunt de corrents circulars, els plans dels quals són perpendiculars a una recta que passa pels seus centres, anomenada eix del solenoide. En la pràctica s'obté un solenoide, fig. 23, enrotllant un fil conductor,

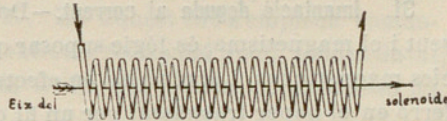


FIG. 23

isolat perquè no es toquin els fils, sobre un tub de cartró o de fusta.

Si un aparell així construït es disposa de manera que pugui moure's amb tota llibertat, s'observarà que s'orienta ni més ni menys que una agulla imantada, de manera que un extrem es dirigirà invariablement cap al Nord magnètic i l'altre cap al Sud.

Si posem en presència l'un de l'altre dos solenoides mòbils, s'observaran les mateixes reaccions que entre dos imants i l'acció d'un imant sobre un solenoide, o recíprocament, és la mateixa que entre dos imants, de manera que un solenoide és en realitat un imant amb els seus dos pols i la seva línia neutra.

30. Dels dos extrems del solenoide, un d'ells es dirigeix sempre cap al Nord magnètic i l'altre cap al Sud i per a poder distingir per endavant

quin d ambdós és el pol nord bastarà recordar la següent regla que guarda molta analogia amb la del n.º 23.

REGLA.—*Mirant un solenoide per un extrem, de manera que el corrent circuli en el sentit de les agulles d'un rellotge, l'extrem oposat serà un Pol Nord.*

No importa que el solenoide estigui enrotllat en un sentit o en un altre, l'essencial és el sentit del corrent. És clar que si un mateix fil s'enrotlla primer en un sentit i després en un altre s'hauran canviat els pols del solenoide, però no és pel canvi d'enrotllament, sinó perquè s'ha invertit el sentit en què circula el corrent.

La fig. 24 mostra dos solenoides enrotllats l'un en sentit oposat de l'altre, en els quals, com veiem, els pols estan canviats.

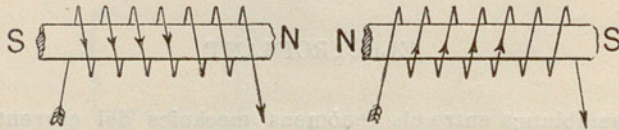


FIG. 24

31. Imantació deguda al corrent.—Donada la gran analogia entre el corrent i el magnetisme, és lògic suposar que influirà com ell sobre les substàncies magnètiques, i així passa en efecte. La disposició de les llimadures de ferro en el paper traspasat per un fil conductor, fig. 12, demostra que les partícules de ferro s'han imantat per la influència del corrent, i si s'introdueix, repetint l'experiment d'Aragó, un fil de ferro recorregut per un corrent, en les llimadures de ferro, aquestes s'adhereixen en abundància al fil, per a caure així que acaba el corrent.

Electroimant.—Hem vist que un solenoide és un ver imant i com ell té les seves línies de força que van del pol Nord al pol Sud per l'aire i del pol Sud al pol Nord pel seu interior, com es veu en la fig. 25.

La potència magnètica d'un solenoide augmenta considerablement si en el seu interior es col·loca una barra de ferro i llavors s'obté un **electroimant**.

Molt sovint s'empelen en els electroimants solenoides de gran nombre de voltes (espires) disposades en capes superposades, formant veritables bobines. En aquest cas és condició indispensable que el fil estigui recobert amb una substància que no permeti que el corrent segueixi altra direcció que

la indicada pel fil. Per cobrir els fils s'emplea generalment paper, cotó o seda i el fil així disposat s'enrotlla, pel comú, sobre una capsa de la forma de la barra de ferro o **nucli** i és de cartró o de zinc folrat de paper o de cartró amb testetes del mateix.

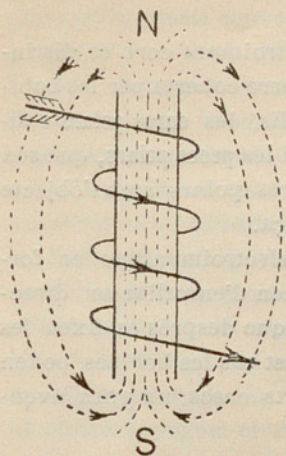


FIG. 25

32. Les formes que afecten els electroimants poden variar considerablement segons siguin els usos a què es destinen. En quant a la secció transversal del nucli, pot ésser circular, el·líptica, quadrada o rectangular, i pel que es refereix a la forma

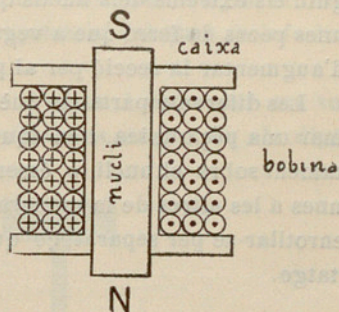


FIG. 26

longitudinal del mateix, pot ésser recta com el de la fig. 26, representat en (secció) o corb com el de la figura 27. En aquest cas s'empelen comunament dues bobines, col·locades en els extrems rectes del nucli, unides de tal manera que els seus efectes se sumen, és a dir que deuen connectar-se de

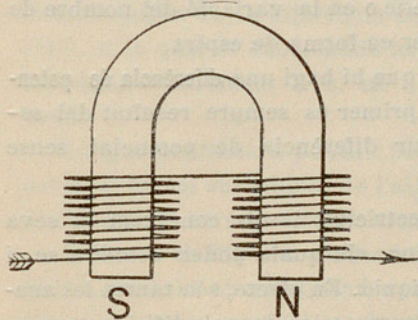


FIG. 27

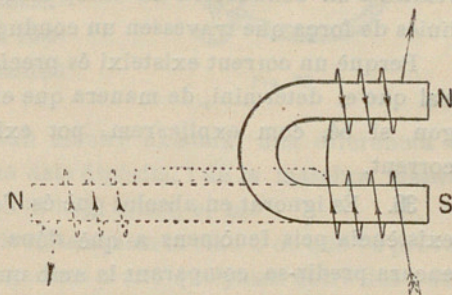


FIG. 28

manera que si suposem el nucli recte, el corrent vagi en les dues en un mateix sentit com veiem clarament en la fig. 28.

33. Si en un electroimant de la forma del de la fig. 27 les bobines esti

guessin connectades de diferent manera a la indicada, llavors tindriem dos pols d'un mateix nom en els extrems rectes del nucli i un pol de nom contrari en la part corba i existiria, entre aquest i cada un dels altres una línia neutra.

34. Nucli, jou, cara polar i peça polar.—En un electroimant corb es distingeixen: el nuclis pròpiament dits o sigui la part de ferro coberta per les bobines, el **jou** o sigui la part de ferro que uneix els nuclis, les **cares polars** o siguin els extrems dels nuclis que miren a l'exterior i les **peces polars**, que són unes peces de ferro que a vegades es fixen a les cares polars amb l'objecte d'augmentar la secció per al pas de les línies de força.

Les diferents parts de què consta el ferro d'un electroimant poden formar una peça única, i en aquest cas les bobines tenen d'enrotllar-se directament sobre el nucli, o ésser peces independents que després es fixen les unes a les altres de la manera convenient. En aquest cas les bobines poden enrotllar-se per separat, ço que constitueix, en certs casos, un gran avantatge.

CORRENT ELÈCTRIC

35. Un corrent elèctric pot tenir per causa, entre altres, les accions químiques, la temperatura i la inducció, fundant-se aquesta en el moviment relatiu d'un conductor i un camp magnètic o en la variació del nombre de línies de força que travessen un conductor en forma de espira.

Perquè un corrent existeixi és precís que hi hagi una **diferència de potencial** que el determini, de manera que el primer és sempre resultat del segon, si bé, com explicarem, pot existir diferència de potencial sense corrent.

36. És ignorat en absolut què és l'electricitat i sols coneixem la seva existència pels fenòmens a què dona lloc, els quals poden estudiar-se, i encara predir-se, comparant-la amb un líquid. En efecte, són tantes les analogies que presenten que, sense aquest recurs, serien de molt difícil comprensió la majoria dels efectes que produeix i es recarregaria el llenguatge amb expressions que en lloc d'aclarar ofuscarien els conceptes.

La paraula **corrent** aplicada a l'electricitat no és molt adequada, puix que amb ella es significa que hi ha realment transport d'electricitat, però com

sigui que les primeres teories que es van idear per explicar els fenòmens elèctrics així ho suposaven, l'ús l'ha consagrada i continua empleant-se encara que no existeix probablement cap pas d'electricitat. Això no obstant, és precís convenir que molts fenòmens es verifiquen com si així passés.

37. Tornant a la comparació amb l'aigua observarem que, així com l'aigua sotmesa únicament a l'acció de la gravetat tendeix sempre a anar d'un nivell a un altre més baix, donant per resultat un **corrent d'aigua**, el fluid elèctric tendeix a anar d'un punt a un altre el **potencial del qual és inferior**, establint-se un **corrent elèctric**.

Suposem dos dipòsits *A* i *B*, fig. 29, plens d'aigua i units per un tub flexible, de manera que puguin col·locar-se a diferents altures. Si els dipòsits es troben a un mateix nivell, no hi ha corrent d'aigua; si enlairem el dipòsit *A*, l'aigua correrà cap al dipòsit *B* i si, al contrari, pugem el *B* l'aigua baixarà al dipòsit *A*. Igualment passa en electricitat: sempre que hi ha una diferència de nivell elèctric entre dos punts d'un conductor, passarà un corrent en el sentit indicat. El corrent d'aigua depèn del desnivell entre els dipòsits; el corrent elèctric depèn de la diferència de potencials, a la qual és anomenada **força electromotriu**, o breument **f. e. m.** i també **tensió**.

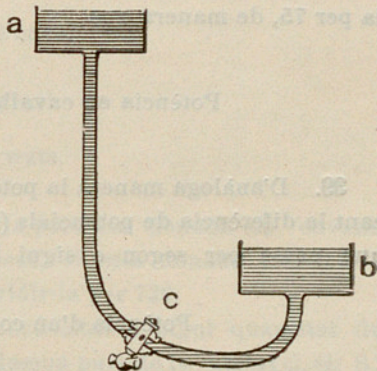


FIG. 29

L'aigua continuarà passant pel tub mentre existeixi una diferència de nivell entre les superfícies de l'aigua dels dipòsits, i de la mateixa manera continuarà el corrent elèctric mentre hi hagi una **f. e. m.**

Si estant els dipòsits a diferent nivell tanquem la clau *C* de què va proveït el tub, acabarà tot moviment, anàlogament a allò que passa entre dos punts d'un conductor, per qual no circula cap corrent si s'interromp. En ambdós casos acaba el corrent, però existeix una diferència de nivell o de tensió que li donarà pas així que es restableixi la comunicació.

UNITATS PRACTIQUES PEL MESURAMENT DELS CORRENTS

38. En tot salt o caiguda de l'aigua hi ha dos factors per considerar: el desnivell total i el pes de l'aigua que passa per segon. El desnivell s'expressa en metres i el pes de l'aigua en quilograms. El producte de les dites quantitats dóna, en quilogràmetres per segon, la potència del salt, mes com un litre d'aigua pesa un quilogram, la quantitat d'aigua i el seu pes vindran expressats per un mateix nombre, de manera que ordinàriament és dit que la potència d'un salt és el producte del nombre de metres de desnivell pel de litres per segon.

Com que 75 quilogràmetres per segon equivalen a un cavall, si volem expressar en cavalls una potència donada en quilogràmetres bastarà dividir-la per 75, de manera que

$$\text{Potència en cavalls} = \frac{\text{metres} \times \text{litres per segon}}{75}$$

39. D'anàloga manera la potència d'un corrent és expressada multiplicant la diferència de potencials (o sigui la tensió) per la quantitat de corrent que passa per segon o sigui la seva intensitat, de manera que

$$\text{Potència d'un corrent} = \text{tensió} \times \text{intensitat.}$$

La tensió o diferència de potencials, o la força electromotriu, és mesurada en la pràctica valent-se d'una unitat anomenada *volt* que és cent milions de vegades l'unitat C. G. S. de força electromotriu, de manera que

$$1 \text{ volt} = 10^8 \text{ unitats C. G. S.}$$

$$1 \text{ unitat C. G. S.} = \frac{1}{10^8} \text{ volts}$$

Un volt equival, aproximadament, a la f. e. m. d'un element de pila Daniell ordinària.

Pel mesurament de la intensitat del corrent s'emplea en la pràctica

una unitat anomenada *amper* que equival a la desena part de la unitat C. G. S. de intensitat, de manera que

$$1 \text{ amper} = \frac{1}{10} \text{ unitat C. G. S.}$$

$$1 \text{ unitat C. G. S.} = 10 \text{ ampers}$$

Si en la fórmula que per a la potència d'un corrent hem donat, expressem la tensió en *volts* i la intensitat en *ampers*, la potència estarà expressada en *wats* de manera que el wat és la unitat pràctica de potència i podrem escriure

$$\text{wats} = \text{volt} \times \text{ampers}$$

El wat és la $\frac{1}{736}$ part del cavall, així

$$1 \text{ wat} = \frac{1}{736} \text{ cavall}$$

$$1 \text{ cavall} = 736 \text{ wats}$$

D'aquí resulta que per indicar en wats una potència donada en cavalls haurem de multiplicar-la per 736, inversament, si està donada en wats i volem expressar-la en cavalls haurem de dividir-la per 736.

40. La unitat pràctica de *quantitat* d'electricitat o sigui quantitat de fluit elèctric és el *culomb*, que equival a la desena part de la unitat C. G. S. de quantitats, per tant

$$1 \text{ culomb} = \frac{1}{10} \text{ unitat C. G. S.}$$

$$1 \text{ unitat C. G. S.} = 10 \text{ culombs}$$

La diferència entre *quantitat* de corrent i *intensitat* es farà patent considerant que així com un tub que dona 5 litres d'aigua per segon, donarà en una hora $5 \times 3600 = 18000$ litres, per un conductor la intensitat del corrent del qual és de 5 ampers passaran $5 \times 3600 = 18000$ culombs; de manera que el nombre de culombs és el d'ampers multiplicat pel de segons durant els quals circula el corrent i podrem dir:

$$\text{Culombs} = \text{Ampers} \times \text{Segons}$$

$$\text{Ampers} = \frac{\text{Culombs}}{\text{Segons}}$$

designant per C la quantitat d'electricitat en culombs, per I la intensitat del corrent en ampers i per t el nombre de segons, tindrem

$$C = I t \text{ ó bé } I = \frac{C}{t} \text{ o } t = \frac{C}{I}$$

Exemple I: Si per un circuit passa un corrent la intensitat del qual és de 15 ampers, quin serà en una hora el nombre de culombs?

Resolució: 1 hora equival a 3600 segons, per tant

$$C = I t = 15 \times 3600 = 54000 \text{ culombs.}$$

Exemple II: El nombre de culombs que han passat durant 2 hores per un circuit és de 14400, quina era l'intensitat del corrent?

Resolució: 2 hores equivalen a 7200 segons, per tant

$$I = \frac{C}{t} = \frac{14400}{7200} = 2 \text{ ampers.}$$

Exemple III. Una intensitat de 3 ampers ha donat pas a 27000 culombs; durant quant temps ha circulat el corrent?

Resolució: $t = \frac{C}{I} = \frac{27000}{3} = 9000 \text{ segons o bé 2 hores i mitja.}$

DIFERENTS MANERES D'OBTENIR UNA FORÇA ELECTROMOTRIU

41. Hem vist que per obtenir un corrent és precis que existeixi una força electromotriu capaç de produir-lo. Els aparells destinats a la producció d'aquesta f. e. m. són designats comunment amb el nom de **generadors de corrent**, denominació poc apropiada ja que produeixen una diferència de tensió.

PILES QUÍMICO-ELÈCTRIQUES

42. Segons fou dit en el n.º 35, les accions químiques desenrotllen una f. e. m. i els aparells fundats en aquest principi es denominen **piles elèctriques** o simplement **piles**, encara que és preferible anomenar-les **piles químico elèctriques**, per distinguir-les d'altres que estudiarem més endavant.

43. En la seva forma més senzilla una pila consisteix en dues substàncies desigualment atacades per una altra en la qual estan submergides.

En la fig. 30 s'indiquen dues plaques, una de zinc *z* i una altra de coure *c* introduïdes en un vas que conté aigua i àcid sulfúric en la proporció aproximada de 10 per cent en volum. De l'acció de l'aigua acidulada sobre el cinc neix una força electromotriu que carrega el zinc negativament i l'aigua positivament. El coure, com a metall quasi indiferent a l'àcid sulfúric, en les condicions ordinàries, sols serveix per recollir l'electricitat positiva del líquid. Mentre no existeix cap comunicació exterior entre les dues làmines metàl·liques, les seves càrregues augmenten fins a equilibrar la força electromotriu deguda a l'acció química, i aquesta s'acaba.

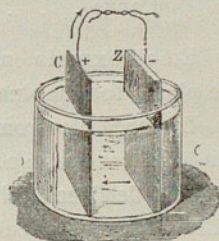


FIG. 30

Però si s'uneixen les dues làmines, per mitjà dels fils de què van proveïdes, la reacció química continua i la força electromotriu produeix una nova quantitat d'electricitat que dona origen a un corrent que va del coure al zinc pel fil exterior i del zinc al coure pel líquid.

La pila descrita constitueix ço que és anomenat un **parell** o **element** i la reunió de diversos **elements** és ço que realment és una **pila**, però s'emplea també la paraula **pila** per a designar un element i així es diu indiferentment: **pila de Bunsen**, **element Leclanché**, etc.

44. En una pila és anomenat **pol positiu** o $+$ aquell d'on es suposa que surt el corrent cap a l'exterior i **pol negatiu** aquell per on entra en la pila i es distingeix amb el signe $-$. La placa unida al pol positiu és denominada **càtode** la que s'uneix al pol negatiu, **ànode** i ambdues porten el nom d'**electrodes**. El terme **born** freqüentment empleat és sinònim de **pol**.

Els dos pols d'una pila comuniquen entre si per dues vies, una cap a fora, que constitueix el **circuit exterior** i una altra cap a dintre que és el **circuit interior**.

45. La f. e. m. varia amb els metalls i els àcids.—No és indispensable l'empleu dels metalls i l'àcid indicats en el n.º 43 per obtenir una f. e. m., però cal tenir present que s'obindrà el major efecte quant més atacat sigui un i menys l'altre.

Dels experiments portats a terme per Becquerel resulta que si es representa per 1,00 el potencial del zinc pur, els altres metalls prenen els següents potencials:

Potassi	1,73	Mercuri	0,31
Zinc amalgamat	1,03	Or	0,00
Estany	0,66	Platí	0,00
Ferro	0,61	Carbó	0,00
Coure	0,35		

En els experiments citats, un dels electrodes era constantment una placa de platí i fou empleat àcid sulfúric diluït.

La força electromotriu obtinguda amb un element és la diferència entre els nombres corresponents als metalls empleats.

46. Debilitació del corrent produït per les piles.—El defecte capital de les piles que, con la descrita no contenen sinó un líquid, és que el corrent subministrat per elles decreix amb rapidesa. Les causes d'aquesta disminució són dues: 1.^a, debilitació de l'acció química per empobriment de l'àcid; 2.^a, aparició de corrents secundaris dirigits en sentit invers al de la principal, que acaben per anul·lar-la completament.

A l'objete d'evitar aquests inconvenients han estat ideades les piles de dos líquids, i com que són moltes les maneres de disminuir amb major o menor eficàcia aquells efectes, d'aquí la diversitat de tipus de piles, l'estudi de les quals és l'objecte d'un altra Secció.

47. Per tenir una idea de la força electromotriu desenrotllada per les piles, direm que les més dèbils donen als borns 0,7 i les més potents 2,2 volts.

PILES TERMOELÈCTRIQUES

48. Segons es manifestà en el n.º 35, la temperatura pot ésser causa de un corrent; donem el nom de piles termoelèctriques als aparells fundats en aquest principi.

Era ja sabut que alguns cristalls naturals, com la turmalina i el topazi s'electritzaven quan els escalfaven, però a Seebeck (1821) és degut el següent experiment, base de tots els estudis posteriors sobre els corrents termoelèctrics.

49. Experiment de Seebeck.—El fet capital sobre què descansa el descobriment d'aquest físic és el següent: Si amb dues làmines metàliques de naturalesa diferent es forma un circuit tancat i s'estableix una diferència de temperatura entre dues soldadures, s'obté un corrent elèctric.

En la fig. 31 *m n* és una làmina de coure soldada a una altra làmina

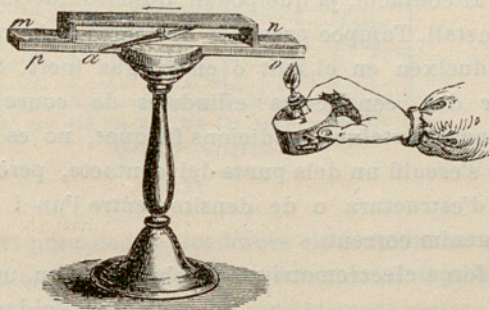


FIG. 31

de bismut. Si s'escalfa la soldadura *o* es produeix un corrent que va en el sentit indicat per la fletxa.

50. S'anomena metall **positiu** aquell en el qual el corrent va de la soldadura freda a la soldadura calenta i metall **negatiu** aquell en què el corrent es dirigeix de la soldadura calenta a la freda. En l'experiment anterior el bismut és positiu i el coure negatiu. En la taula següent figuren els principals metalls en un ordre tal que un qualsevol és positiu respecte al que el segueix i negatiu respecte al que el precedeix. La força electromotriu d'un element termoelèctric augmenta amb la distància a què en la taula es trobem els metalls que el formen:

Bismut	Plom
Mercuri	Zinc
Platí	Argent
Or	Ferro
Coure	Antimoni
Estany	Telur

51. Les lleis dels corrents termoelèctrics són molt complicades; amb certs metalls, la força electromotriu és proporcional a la diferència de temperatures de les dues soldadures; com en els elements bismut—coure—coure—or. Entre altres elements, entre ells el de bismut—antimoni, sols hi ha proporcionalitat quan les diferències de temperatures són petites. Hi ha elements en els qual no hi ha cap proporcionalitat, i el sentit del corrent varia segons sigui la temperatura.

52. Origen dels corrents termoelèctrics.—Els corrents termoelèctrics no són deguts al contacte, ja que poden desenrotllar-se en un circuit format per un sol metall. Tampoc prevenen d'accions químiques, puix s'ha observat que es produeixen en el buit o en un gas inert. Si s'emplea un circuit format per dos conductors cilíndrics de coure de diferents diàmetres però d'unes mateixes condicions físiques, no es produeix cap corrent encara que s'escalfi un dels punts del contacte, però si s'estableix alguna diferència d'estructura o de densitat entre l'un i l'altre costat del punt escalfat, obtenim corrent.

53. La força electromotriu total obtinguda en un circuit que presenta

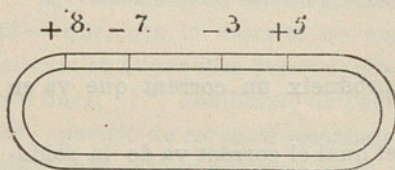


FIG. 32

diverses soldadures és la suma algebàrica de totes les forces electromotrius desenrotllades en elles, així en la fig. 32, que representa un circuit amb quatre soldadures que produeixen forces electromotrius representades per +8, -7, -3 i +5 la força electromotriu total serà: $+8+5-7-3=+3$.

54. Poder termoelèctric.—Anomenem poder termoelèctric de dos metalls a una temperatura donada, la magnitud de la força termoelectromotriu per a una diferència de 1° C. entre les soldadures.

El poder termoelèctric dels metalls depèn de la temperatura mitjana de les soldadures i també de la diferència de temperatures. El diagrama, fig. 33, mostra clarament les variacions del poder termoelèctric. Les ordenades representen les f. e. m. en microvolts (milionèsimes de volt) i les abscisses indiquen les temperatures mitjanes en graus C. La distància vertical entre dues línies corresponents a dos metalls dóna a conèixer llur poder termoelèctric a la temperatura mitjana indicada per la dita vertical. Aquestes línies han estat traçades en relació al plom pres com a tipus de comparació. El

punt en què les línies de dos metalls es tallen és anomenat **punt neutre**, perquè a la temperatura mitjana corresponent, els poders termoelèctrics de dits metalls són iguals i no es desenrotlla cap força electromotriu.

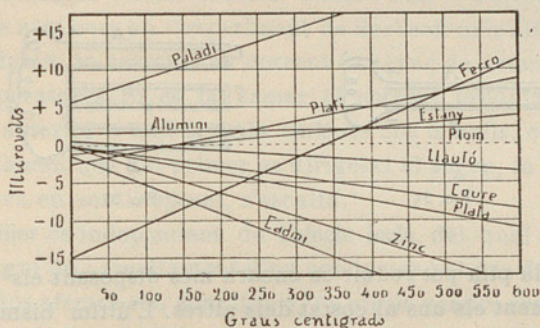


FIG. 33

A una i altra part del punt neutre, les forces electromotrius canvien de signe i per aquest motiu els punts neutres són denominats també **punts d'inversió**. Entre 0° i 300° C. aquestes línies són sensiblement rectes, ço que permet calcular les forces electromotrius per mitjà de triangles i trapecis.

55. Els líquids presenten un poder termoelèctric bastant elevat i constant. L'element construït amb una solució saturada de sulfat de zinc a 0° C. i mercuri que conté 0,0005 de zinc mantingut a 100° C., assoleix una força electromotriu de 0,1167 volts, o sigui 100 vegades la d'un element de ferro i coure a les mateixes temperatures.

56. Bateries termoelèctriques.—De l'exposat en el n.º 53 es desprèn que si totes les forces electromotrius d'un circuit termoelèctric, que presenta diverses soldadures, estan dirigides en un mateix sentit, la força electromotriu resultant serà la suma de totes elles i tindrà el mateix sentit.

Aquesta propietat és la que s'utilitza per a formar una **bateria termoelèctrica** que és un conjunt d'elements termoelèctrics disposats de tal manera que la força electromotriu obtinguda és la suma de les forces electromotrius dels elements que la formen.

El sistema d'una làmina de bismut i una altra d'antimoni soldades per un extrem forma un element o parell, fig. 34, però com que la f. e. m. així desenrotllada és sumament dèbil, per a obtenir-la més enèrgica es disposen, fig. 35, diversos d'ells de manera que totes les soldadures de nombre impa-

rell es troben a un costat i totes les de nombre parell a l'altre. D'aquesta manera aconseguim una pila de reduït volum la força electromotriu de la qual serà tant major com major sigui el nombre d'elements de què consta.

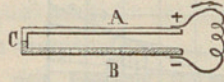


FIG. 34

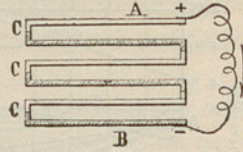


FIG. 35

El volum de la pila pot reduir-se encara més disposant els parells de la fig. 35 paralelment els uns al costat dels altres. L'últim bismut de la primera sèrie d'elements es solda lateralment al primer antimoni de la segona i així successivament, fins a cinc o sis sèries, de manera que es forma un conjunt de 25 o 30 parells la longitud dels quals és d'uns 30 mil·límetres.

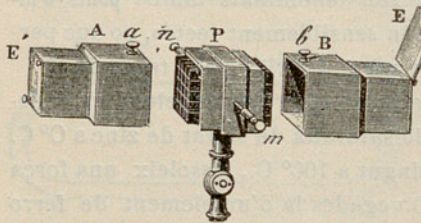


FIG. 36

La pila així formada, fig. 36, està ficada dintre d'una muntura de coure *c* sobre d'un peu amb frontissa a fi de poder donar a l'aparell la inclinació convenient. Els parells estan isolats els uns del altres i de la muntura per tires de paper envernissat. El primer antimoni i l'últim bismut comuniquen respectivament

amb els horns *m n* que constitueixen els pols de la pila. Les dues cares d'aquesta es protegeixen mitjantçant les caixes *d, e* fixades a la muntura *c* amb cargol de pressió i aquestes caixes van proveïdes de pantalles movibles *f, g* l'objecte de les quals és permetre o impedir que la calor arribi a les cares de la pila.

57. Les piles termoelèctriques són usades sols en els laboratoris, no havent rebut fins al present cap aplicació industrial donada l'escassetat de la força electromotriu produïda per elles. L'ús més feliç dels corrents termoelèctrics ha estat la seva aplicació al mesurament d'altres temperatures. L'aparell que amb aquest fi s'usa, anomenat **piròmetre termoelèctric**, consisteix en un tub d'argila refractària en l'interior del qual es troben dos fils, l'un

de platí i l'altre d'un aliatge de platí i rodi. L'aparell així disposat s'introdueix en el forn la temperatura del qual desitgem conèixer; obtenint la temperatura bo i mesurant el corrent desenrotllat per l'element termoelèctric.

58. Reversibilitat de l'efecte Seebeck. Efecte Peltier.—Peltier fou el primer d'observar que així com en l'experiment de Seebeck una diferència de temperatures produeix un corrent, un corrent és capaç de determinar una diferència de temperatures. Si es fa passar el corrent produït per una força electromotriu exterior a través de la unió de dos metalls, coure i ferro, per exemple, de manera que del primer es dirigeixi al segon, la unió es refreda i si el corrent va en sentit oposat, s'escalfa.

L'efecte Peltier és independent de l'efecte Joule, del qual es parlarà més endavant, o sigui de l'escalfament d'un conductor pel pas d'un corrent, però com que ambdós efectes són simultanis, és precís pendre certes precaucions per poder distingir l'un de l'altre.

INDUCCIÓ ELECTROMAGNÈTICA

59. Dels tres medis, indicats en el n.º 35, de què podem valer-nos per a la producció d'una força electromotriu, cap no ha rebut tantes aplicacions com el de la **inducció electromagnètica** o sigui la creació d'una força electromotriu basada en l'influència que un camp magnètic exerceix sobre un conductor, sempre que existeixi entre ambdós un moviment relatiu tal, que el conductor talli les línies de força.

Es indiferent que sigui el conductor el que es mogui o que sigui el camp, o ambdós a la vegada, el resultat serà sempre el mateix.

60. Si un conductor mn , fig. 37, es mou, paral·lelament a ell mateix, en el camp que existeix entre els dos pols molt pròxims N, S d'un imant, de manera que talli les línies de força, es desenrotllarà en el conductor una força electromotriu el sentit de la qual, o sigui el del corrent que és capaç de produir, dependrà del de les línies de força i d'aquell en que té lloc el moviment del conductor.

En la figura les línies de força estan dirigides segons les petites sagetes horitzontals, el moviment del conductor, segons la sageta vertical i el sentit del corrent serà el que marca la sageta grossa indicada en el mateix conductor.

61. Sentit del corrent induït.—Hem dit que el corrent desenrotllat tindrà un sentit o altre segons siguin el de les línies de força i el del moviment; en

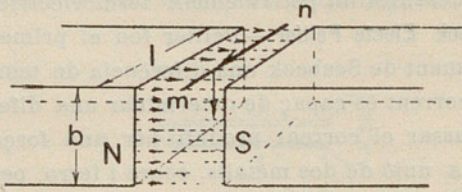


Fig. 37

efecte: si s'inverteixen els pols de manera que les línies de força vagin en sentit oposat a l'indicat, el corrent es dirigirà de *m* a *n* i si sols es canvia el sentit del moviment, l'efecte serà el mateix i el corrent també es dirigirà de *m* a *n*. Si es canvien a la vegada el

sentit de les línies de força i el del moviment, es conservarà el sentit del corrent que, com primerament, es dirigirà de *n* a *m*, anàlogament i pels mateixos motius que s'explicaren en el n.º 28 en tractar del moviment, en un camp magnètic, d'un conductor recorregut per un corrent.

La regla donada en el núm. 28 s'aplica igualment al cas actual, sols que en lloc de la *mà esquerra*, s'emplea ara la *dreta*, la qual cosa cal tenir molt present, puix d'altra manera el resultat obtingut seria precisament oposat.

REGLA.—*Si imaginem, fig. 38, la mà dreta col·locada en el camp magnètic de manera que les línies de força penetrin normalment per la palma i el polze està en angle recte amb els altres dits, i en el seu mateix pla, assenyali el sentit del moviment, el corrent tindrà el sentit indicat per les puntes dels altres dits.*

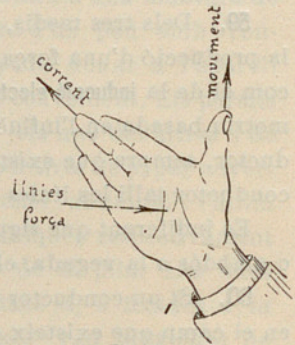


Fig. 38

62. Valor de le F. E. M. desenrotllada.—La força electromotriu desenrotllada en un conductor de les condicions indicades en la fig. 37, és la **rapidesa** amb que el conductor talla les línies de força i aquesta **rapidesa** és la relació entre el nombre del línies tallades i el temps empleat per tallar-les, de manera que si anomenem Φ el nombre total de línies de força que existeix entre les cares polars, o sigui el flux i t el temps, expressat en segons, la rapidesa serà

$$\frac{\Phi}{t}$$

per tant, si E representa la força electromotriu desenrotllada tindrem

$$E = \frac{\Phi}{t}$$

La superfície d'una cara polar, i per tant la secció transversal del camp, per on passa el flux Φ , és $l \times b$ en centímetres quadrats, de manera que designant per B el nombre de línies per centímetre quadrat del camp (o ço que és igual la densitat del flux, o com és anomenat ordinàriament, la inducció), tindrem

$$\Phi = B l b$$

i substituint aquest valor de Φ en la fórmula, resultarà

$$E = B l \frac{b}{t}$$

però observant, ja que es trata d'un moviment uniforme, que $\frac{b}{t}$ és la velocitat del conductor, la qual podem anomenar v , tenim finalment

$$E = B l v \text{ unitats C. G. S. (2)}$$

o dividint per 10^8 (núm. 38).

$$E = \frac{B l v}{10^8} \text{ volts}$$

63. D'aquesta fórmula resulta que la força electromotriu desenrotllada en un conductor que es mou amb velocitat uniforme tallant normalment les línies de força d'un camp és proporcional a la inducció, a la longitud del conductor i a la seva velocitat.

Si $B = 5000$, $l = 20$ cm., $v = 2000$ cm. tindrem

$$E = \frac{5000 \times 20 \times 2000}{10^8} = 2 \text{ volts}$$

64. Si un conductor es mou en un camp magnètic de manera que no talli les línies de força, no s'indueix cap força electromotriu. En el circuit en forma d'anell de la fig. 39 no es desenrotlla cap força electromotriu perquè el conductor, en el seu moviment paral·lel a les línies de força, no en talla cap; però si el conductor té el moviment indicat en la fig. 40, si bé no

circula en ell cap corrent, es desenrotlla una força electromotriu; en efecte: si imaginem dividit el conductor en dos punts diametralment oposats *a* i *b*, en la meitat superior existirà una força electromotriu dirigida segons la sageta *c* i en la meitat inferior una força electromotriu dirigida segons la

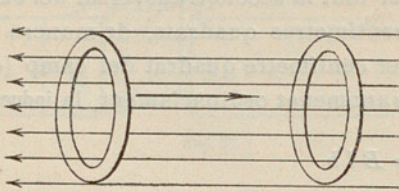


FIG. 39.

sageta *d*, però com que són iguals i oposades, respecte al conductor, s'equilibren i no produeixen corrent, però existeix una diferència de potencial entre els punts *a* i *b*.

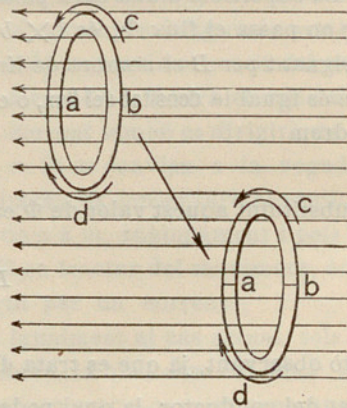


FIG. 40

65. Per obtenir una diferència de potencial entre dos punts de un conductor, no és condició indispensable que la direcció del moviment sigui normal a les línies de força; basta qualsevol moviment, amb tal que produeixi tall de línies, perquè es desenrotlli una f. e. m., però aquesta serà menor que en el primer cas. Sigui, fig. 41, *a*, un conductor vist per un extrem, això és, normal al pla del dibuix, que segueix el camí *ab* oblic a les línies de força del camp i comparem-lo amb un altre conductor *c*, paral·lel a ell, però que en el seu moviment talla les línies normalment i arriben a un temps a *b*; el nombre de línies tallat per cada un d'ells és un mateix, així com el temps empleat en això; per tant, la mateixa

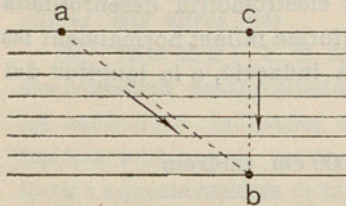


FIG. 41

f. e. m. es desenrotlla en l'un que en l'altre, però com que la velocitat del conductor *a* és més gran que la del *c* (puix el camí *ab* és més gran que el *cb* i el temps és un mateix), resulta que, a velocitat igual, el conductor *a* desenrotllaria menys força electromotriu que el *c*.

66. Tampoc és necessari que el conductor estigui situat normalment a les línies de força. En la fig. 42, *ab* és un conductor oblic a les línies de

força i paral·lel al pla del paper, al qual suposem un moviment normal al dit pla, i bc un altre conductor normal a les línies de força, que es mou tam-

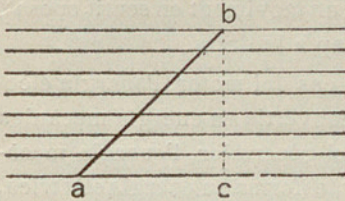


FIG. 42

bé normalment a les dites línies. Durant un mateix temps els dos conductors tallen un mateix nombre de línies de força; per tant, la força electromotriu desenrotllada en ambdós té una mateixa valor, però com que la longitud del fil ab és més gran que la del bc , resulta que, a igualtat de longitud, la

força electromotriu obtinguda en el conductor ab és inferior a la desenrotllada en el bc .

67. Si el conductor i el seu moviment són oblics a les línies de força, com que es sumen els inconvenients exposats en els núms. 65 i 66, la força electromotriu desenrotllada en ell serà encara més petita.

Pel que havem explicat, es compendrà per què en tot aparell fundat en la inducció electromagnètica són disposats els conductors de manera que siguin normals a les línies de força del camp i el seu moviment sigui a la vegada normal a dites línies i a la direcció del fil, mentre no s'hi oposin consideracions d'un altre ordre.

68. Com sigui que el moviment que un camp magnètic exerceix sobre un conductor recorregut per un corrent no és més que un fenomen d'inducció electromagnètica, en un tot anàleg al que té lloc quan el conductor es mou en un camp per produir un corrent, es comprèn que ha d'existir entre ambdós una estreta relació. A fi d'alleugerir el llenguatge, convindrem a anomenar **generador** al conductor que es mou per produir un corrent i **motor mogut pel corrent**, i aquestes denominacions són en un tot racionals puix, com veurem més endavant, els generadors i els motors elèctrics no són més que aplicacions del principi de la inducció electromagnètica.

De les regles donades en els núms. 28 i 61 es dedueix, que el sentit en què es mou el generador és oposat al sentit en què ho verifica el motor, quan el corrent en ambdós té un mateix sentit. Sigui, fig. 43, o un conductor normal al pla del paper, que porta un corrent que s'allunya de l'observador i es troba entre els pols N, S d'un iman. Segons s'explicà en el núm. 20, el conductor està voltat de línies de força circulars i concèntriques, el sentit de les quals és el indicat en el dibuix, les quals reforcen el camp magnètic a la dreta del fil i el debiliten a la esquerra, d'on resulta un moviment del

conductor cap a l'esquerra. Si volguéssim obtenir en el mateix conductor un

corrent del mateix sentit, caldria imprimir-li un moviment en sentit oposat, o sigui cap a la dreta.

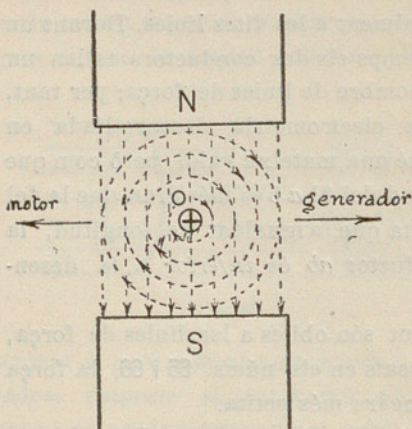


FIG. 43

En el cas del motor, l'energia elèctrica es converteix en energia mecànica i en el del generador, l'energia mecànica es transforma en energia elèctrica. Ja que en ambdós casos és precis emplear una certa quantitat d'energia, és evident que cal vèncer alguna resistència, i l'explicació del fet és fàcil. Si el fil és **motor**, es mou cap a l'esquerra, com hem vist, però pel sol fet de moure's en un camp magnètic, encara que ho verifiqui per si mateix es converteix

en **generador** i segons la regla del núm. 61, tendeix a produir un corrent el sentit del qual és precisament oposat al del que porta, d'on resulta que el corrent es debilita i per mantenir-lo cal emplear energia elèctrica. Al contrari, si el fil és generador, pel fet de portar un corrent i trobar-se en un camp magnètic, es transforma en motor i el fil tendeix a moure's en sentit oposat; d'aquí la despesa d'energia mecànica necessària per a mantenir el primer moviment.

69. Llei de Lenz.—Aquests fenòmens poden condensar-se en la següent llei, descoberta per Lenz:

La inducció per moviment s'oposa al moviment que la produeix.

70. En el núm. 35 diguérem que pot obtenir-se un corrent elèctric, tant si un conductor talla les línies de força d'un camp, com si varia el nombre que d'elles traspasa una volta (espira). En la fig. 44, *a* és un anell de ferro al qual s'han enrotllat dos sistemes d'espines *b* i *c*. Al passar pel *b* un corrent, es produeix un camp de línies en l'interior del

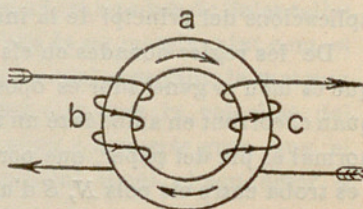


FIG. 44

ferro que, circulant en el sentit indicat per les sagetes, traspasa les espines *c*. Si el flux de línies de força és constant, no es desenrotlla cap força

electromotriu en c , però si per qualsevol causa, augmenta o disminueix, s'obté una força electromotriu el valor de la qual està en raó directa del flux i inversa del temps empleat en la variació.

Més endavant tindrem ocasió de tornar sobre aquest assumpte, bastant el que havem exposat per completar tot allò que sobre la inducció electromagnètica ens proposàvem dir ara.

EFFECTES DIVERSOS DELS CORRENTS

71. Entre els variats efectes produïts pels corrents elèctrics figuren, com a més importants per les seves aplicacions industrials, els mecànics magnètics, calorífics, lluminosos i químics. Els efectes mecànics i els magnètics s'utilitzen en multitud d'aparells i en ells es basa la construcció dels generadors, dels motors i de molts aparells de mesura; els calorífics tenen també aplicació en alguns aparells de mesura, en la calefacció i usos domèstics; els lluminosos en l'enllumenatge i els químics en la descomposició dels cossos en els seus elements, en el seu derivat, la galvanoplàstia i en la electro-metal·lúrgia.

Sols tractarem ara de la descomposició dels cossos, estudiant els restants efectes a mesura que d'això es presenti la necessitat.

72. **Electròlisi.**—Donem el nom d'electròlisi a la descomposició en els seus elements, d'un cos sotmès a l'acció d'un corrent elèctric. El cos és l'electròlit i les plaques metàl·liques que estableixen la comunicació entre l'electròlit i el circuit exterior constitueixen els **electrodes**.

Entre els nombrosos efectes químics del corrent elèctric mereix especial menció la descomposició de l'aigua per haver estat aquest cos el primer en què dits els efectes s'observaren. Quan un corrent passa per l'aigua, la descompon en els seus dos elements, hidrogen i oxigen, i la quantitat d'aigua descomposta és directament proporcional a la intensitat del corrent i al temps durant el qual passa. D'on resulta que la quantitat d'aigua descomposta és proporcional al nombre de culombs que han passat.

Dels experiments realitzats resulta que un corrent de 1 amper descompon en 1 segon 0,00009326 grams d'aigua, a raó de 0,00001036 grams de hidrogen i 0,0000829 grams d'oxigen.

De manera que si P és el pes en grams de l'aigua descomposta, I , en

ampers, la intensitat del corrent i t , en segons, el temps durant el qual circula el corrent, tindrem

$$P = 0,00009326 I t \quad (1)$$

Problema I: ¿Quina quantitat d'aigua descompondrà en 20 minuts un corrent de 4 ampers?

Resolució: 20 minuts equivalen a $20 \times 60 = 1200$ segons; per tant, aplicant la fórmula,

$$P = 0,00009326 \times 4 \times 1200 = 0,448 \text{ gr.}, \text{ aprox.}$$

Problema II: ¿Durant quant temps tindrà de passar un corrent de 5 ampers, per descompondre 10 grams d'aigua?

Resolució: De la fórmula anterior es dedueix $t = \frac{P}{0,00009326 I}$

$$t = \frac{10}{0,00009326 \times 5} = 21445 \text{ seg.}, \text{ o sigui prop de 6 hores.}$$

Per trobar els pesos d'hidrogen i d'oxigen, empleariem respectivament les fórmules.

$$P = 0,00001036 I t \quad (2)$$

$$P = 0,0000829 I t \quad (3)$$

73. Si en les fórmules anteriors substituïm $I t$ per la seva valor C (núm. 40) obtindrem

$$P = 0,00009326 C \quad (1)$$

$$P = 0,00001036 C \quad (2)$$

$$P = 0,0000829 C \quad (3)$$

que donen respectivament els pesos d'aigua descomposta i els pesos d'hidrogen i d'oxigen lliberats quan passen C culombs.

Podríem estudiar la descomposició d'altres cossos pel corrent, però basta l'exemple anterior per tenir una idea dels efectes del corrent sobre els composts químics.

DIFERENTS MANERES D'AGRUPAR ELS GENERADORS

74. És evident que un salt d'aigua pot considerar-se com format d'un nombre qualsevol de salts parcials, de manera que el nivell inferior del pri-

mer sigui el nivell superior del segon, el nivell inferior d'aquest, sigui el superior del tercer, etc. El desnivell total serà sempre la suma dels desnivells parcials i si aquests són igual entre si, el desnivell total serà el producte d'un d'ells pel seu nombre.

De la mateixa manera la quantitat d'aigua pot considerar-se formada d'un nombre qualsevol de caudals parcials reunits, de manera que el total serà la suma de tots ells i si aquests són iguals, aquell serà el d'un multiplicat pel seu nombre.

Anàlogament, si unim entre si diversos elements productors de corrent, ja siguin químicoelèctrics, termoelèctrics o electromagnètics, de manera que les seves forces electromotrius es sumin, la força electromotriu obtinguda, o sigui la tensió total, serà la suma de les forces electromotrius parcials i si els unim de manera que els corrents es sumin, la intensitat total serà la suma de totes les intensitats parcials.

Aquesta circumstància permet obtenir, amb elements de tensió i intensitat diferents de les desitjades, una tensió i una intensitat tals que s'ajustin a les condicions exigides en la pràctica.

75. Elements en sèrie.—Els elements d'una bateria, p. e., són connectats en sèrie, quan les seves forces electromotrius es sumen i per aixó s'uneixen

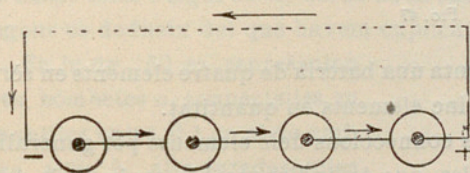


FIG. 45

entre si, com s'indica en la fig. 45, de manera que el coure del primer element s'uneix al zinc del segon, el coure del segon al zinc del tercer i així seguint, de manera que queden lliures el zinc del primer i el coure de l'últim.

els quals constitueixen els pols de la bateria entre els quals hi haurà una diferència de potencial o una tensió igual a la suma de les de cada element. Si tots els elements produeixen una mateixa tensió, la total serà aquesta multiplicada pel nombre d'elements.

En aquest cas la intensitat del corrent en el circuit exterior és la d'un element, puix un mateix corrent traspasa tots els elements. És evident que el pol positiu de la bateria serà el pol positiu lliure de l'últim element i que el negatiu serà el pol negatiu lliure del primer.

L'agrupació en sèrie és coneguda igualment amb el nom d'agrupació en tensió, de manera que els elements de la fig. 45 estan en sèrie o en tensió.

76. **Elements en quantitat.**—Es diu que els elements estan en quantitat, en paral·lel o en derivació quan estan connectats entre si de manera que es sumen

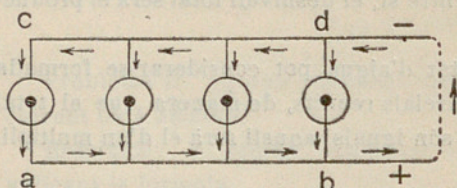


FIG. 46

els seus corrents i amb aquest fi són disposats, com indica la figura 46. En aquest cas tots els còrres comuniquen amb un fil comú *ab* i tots els zincs amb un altre fil *cd*, els extrems dels quals són els pols de la bateria. Aquí la

tensió de la bateria és la mateixa que la d'un element i la intensitat del corrent en el circuit exterior és la suma de les subministrades per cada un dels elements, o la d'un multiplicada pel seu nombre si totes són iguals.

77. En els esquemes o croquis és costum representar les bateries com

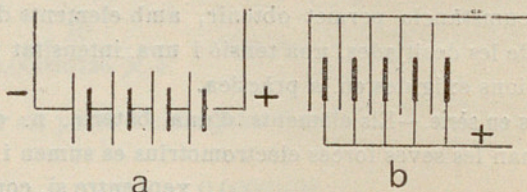


FIG. 47

ensenya la fig. 47; en (a) es representa una bateria de quatre elements en sèrie i en (b) una bateria composta de cinc elements en quantitat.

El que havem exposat sobre les connexions dels elements pot generalitzar-se mitjançant les següents regles, que és indispensable tenir molt presents, donada la seva constant aplicació, tant en allò que es refereix a les bateries, com en les unions entre si de tots els aparell i màquines usats en la pràctica.

REGLA I.—*Per unir en sèrie diversos elements, cal connectar-los pels seus pols de nom contrari.*

REGLA II.—*Per unir en quantitat diversos elements cal connectar-los pels seus pols d'un mateix nom.*

78. Molt sovint es presenta el cas que amb la reunió dels elements en sèrie s'obtingui la tensió necessària, però que la intensitat sigui massa petita per a l'ús a què un la destina, o que amb l'agrupació en quantitat, si bé s'obté la intensitat que requereix, no passi el mateix amb la tensió. En aquests

casos s'emplea un sistema mixt i es disposen els elements, tal com mostra la fig. 48, en la qual hi ha 3 derivacions de 5 elements en sèrie cada una.

Com hem explicat, la tensió obtinguda serà en cada sèrie la de cinc elements en tensió i la intensitat serà la que correspon a tres elements en quantitat.

79. Tot allò que hem dit sobre les connexions dels elements s'aplica igualment a tot circuit en general. Si dos o més circuits o conductors, que vé a ésser el mateix, estan en sèrie, un mateix corrent circula per ells i, quan estan en quantitat, es distribueix el corrent total segons una llei que estudiarem

més endavant, però en forma tal, que la suma de les intensitats parcials és igual a la intensitat total. Cada un dels camins en que es divideix un corrent o un conductor és anomenat **derivació**, per distingir-lo del corrent o conductor **principal**.

La fig. 49 mostra un circuit compost d'una bateria que alimenta dues bombetes connectades en sèrie. El corrent és un mateix en tot el circuit, però la tensió total o sigui en els borns de la bateria és doble de la d'una bombeta, segons es dedueix del que havem explicat en el núm 79.

En la fig. 50 es representen tres bombetes *a* connectades en quantitat entre si i en sèrie amb una altra *b*, alimentades totes

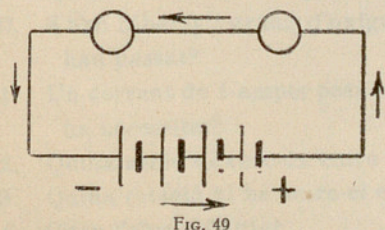


FIG. 49

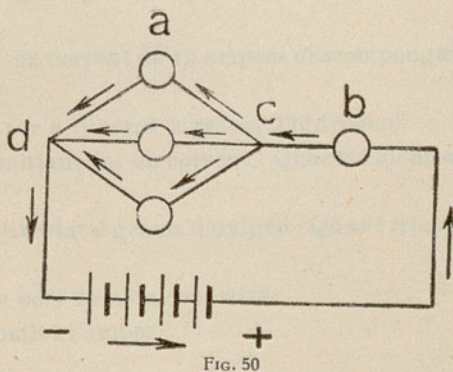
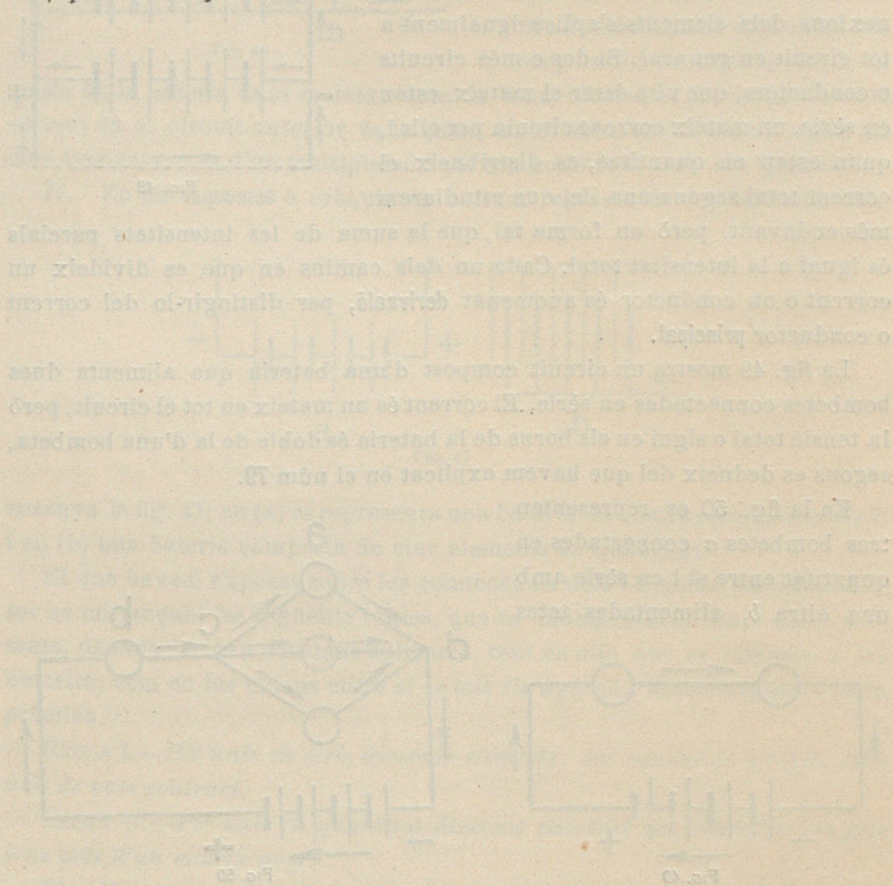


FIG. 50

per una bateria. En aquest cas si la tensió necessària a cada bombeta és de 50 volts, les *a* requereixen 0,5 ampers cada una, i la *b* 1,5 ampers; perquè funcionin totes normalment serà precis que la bateria pugui subministrar un

voltatge de $2 \times 50 = 100$ volts i una intensitat de 1,5 ampers. La distribució de les intensitats i de les tensions serà la següent: Per la bombeta *b* passen els 1,5 ampers, donats per la bateria, en *c* es divideix el corrent passant 0,5 ampers per cada bombeta *a*, es reuneix en *d* i els 1,5 ampers tornen a la bateria. En quan a les tensions, entre els borns de la bombeta *b* hi ha 50 volts així com entre els borns de les bombetes *a* i el conjunt requereix $2 \times 50 = 100$, que són els que té de donar la bateria.



MAGNETISME I CORRENT ELÈCTRIC

PROBLEMES

1. Una bateria és formada per 15 elements en sèrie i la f. e. m. de cada un d'ells és de 1,7 volts. Quina serà la tensió en els borns de la bateria?
2. Un conductor, la longitud del qual és de 30 centímetres, es mou en un camp amb una velocitat de 15 metres per segon i produeix una f. e. m. de 2,25 volts. Quina serà la inducció del camp magnètic?
3. Citeu les regles per trobar el sentit del moviment i el del corrent d'un conductor en un camp, com a motor i com a generador.
4. Citeu una regla per a trobar els pols d'un electroimant.
5. Quina diferència existeix entre un solenoide i un electroimant?
6. Per on estanquen les línies de força que passen per l'interior d'un electroimant?
7. Un conductor de 20 centímetres de longitud es mou normalment a les línies de força d'un camp, la inducció del qual és de 7000 línies, amb una velocitat de 16 metres per segon. Quina força electromotriu desenrotllarà?
8. Quant temps es necessita perquè un corrent de 12 ampers descompongui 5 grams d'aigua?
9. Quants culombs es requereixen per a lliberar 2 grams d'hidrogen?
10. S'han lliberat 3 grams d'oxigen mitjançant un corrent. Quants culombs han passat?
11. Un corrent de 1 amper posa en llibertat 2 grams d'oxigen. Quant temps ha necessitat?
12. Quina acció s'exerceix entre dos pols de nom contrari?
13. Quina relació hi ha entre el culomb i l'amper?
14. Citeu l'efecte Peltier.
15. Si es mira un conductor per un extrem i el corrent s'acosta a l'observador, en quin sentit van les línies de força creades per dit corrent?
16. Què és l'espectre magnètic?

- 17 Si un conductor es troba sota d'una agulla imantada i és paral·lel a ella, què succeix quan passa per ell un corrent que es dirigeixi de Sud a Nord?
- 18 Què és una brúixola?
- 19 Dos conductors paral·lels els corrents dels quals vagin en un mateix sentit, s'atrauen o es repel·leixen?
- 20 Què és una pila termoelèctrica?
- 21 Un camp magnètic té una inducció igual a 5000 i la seva superfície, transversal a les línies de força, és de 400 centímetres quadrats, quin serà el flux?
- 22 En un conductor tancat que es mou obliquament a les línies de força d'un camp, es desenrotlla o no una força electromotriu?
- 23 Quina diferència cal fer entre inducció i flux, tractant-se d'un camp magnètic?
- 24 Com obtindrem major força electromotriu en un element el líquid del qual és àcid sulfúric diluït i una de les plaques és de platí, empleant per l'altra placa zinc o coure?

RF-5-29

