Paramagnetisme i diamagnetisme en un laboratori escolar

Josep M. Valls i Marta Segura*

Aquest article pretén de provar d'una manera experimental, i sobretot senzilla, els conceptes referents a les propietats magnètiques de la matèria. Comencem per una introducció que les presenta i que classifica la matèria en funció d'aquestes propietats. A continuació, mostrem un dispositiu experimental molt senzill de construir i manipular, on es poden manifestar aquestes propietats. El dispositiu ha estat experimentat positivament sense cap problema a l'escola on nosaltres treballem i creiem que pot ser molt útil al professorat de Física de batxillerat.

La permeabilitat magnètica i les causes del magnetisme en la matèria

En la física es plantegen tota una sèrie d'equacions per estudiar el camp magnètic. En totes hi ha una magnitud constant, que depèn del medi material en què es troba el camp. S'anomena *permeabilitat*. Quan les forces magnètiques es manifesten en el buit, la permeabilitat té un valor de constant universal. En altres medis té un valor diferent. Si dividim aquest valor pel valor que té en el buit, obtindrem la *permeabilitat relativa*. Segons aquest valor podem classificar tota la matèria en funció del seu comportament magnètic. Direm que la permeabilitat relativa del buit val 1.

En cada àtom hi ha electrons en constant moviment al voltant del nucli. Aquests electrons es poden descriure com a *espires elementals, amb els seus pols N i S*. En principi, doncs, tota la matèria hauria de manifestar qualitats magnètiques.

Però, si bé és cert que cada electró crea el seu propi camp magnètic, segons el tipus d'àtom, el conjunt de tots els electrons poden anul·lar o reforçar aquest camp. Si els camps elementals de tots els electrons s'anul·len, l'àtom no és magnètic. Les substàncies formades per aquest tipus d'àtoms són les substàncies anomenades *diamagnètiques*, que tenen una permeabilitat relativa inferior a 1 (però no pas 0). Quan alguna d'aquestes substàncies s'introdueix a l'interior d'un camp magnètic, els diferents imants elementals s'orienten en el sentit d'oposar-se al camp exterior i, així, el debiliten. En tenim exemples en el coure i en l'aigua.

En un altre tipus d'àtoms no es pot donar aquesta compensació i, per tant, el mateix àtom és, en si mateix, un petit imant elemental. El valor de la permeabilitat relativa en aquestes substàncies és més gran que 1, però poc més. Una substància formada per aquests àtoms no és magnètica, ja que entre ells neutralitzen els camps, perquè els àtoms estan desordenats. Quan aquesta substància s'introdueix a l'interior d'un camp magnètic, els àtoms s'orienten, els camps se sumen i el camp s'intensifica. Són les substàncies *paramagnètiques*. Com a exemples podem citar l'alumini i l'oxigen. Però, malgrat això, no són pas imants.

La gran majoria de substàncies, doncs, no manifesten qualitats magnètiques, però sí que n'hi ha una minoria que tenen uns *grups d'àtoms perfectament orientats* (s'anomenen *dominis*), i així sumen els efectes, cosa que permet d'apreciar-ne les qualitats magnètiques. Són les *substàncies ferromagnètiques*: ferro, cobalt, níquel, els òxids d'aquests tres elements, certs aliatges, algunes ceràmiques, la magnetita, etc. Quan alguna d'aquestes substàncies s'introdueix dintre un camp magnètic exterior, són moltes les partícules que s'orienten. El camp s'intensifica en gran manera. Si eliminem el camp exterior, poden quedar orientades fortament per un temps llarg (són els imants permanents) o bé quedar igual que abans (imants temporals, nuclis per electroimants). En aquestes substàncies la permeabilitat relativa té un valor bastant gran. En els imants molt potents aquesta permeabilitat arriba a valors molt elevats. Els més potents de tots, anomenats *megaimants* o *imants de neodimi*, estan fets d'un aliatge de neodimi, ferro i bor.

Realització experimental: construcció de l'aparell

Necessitarem:

- Una placa de porexpan d'uns 25 cm de llargada i uns 3 cm d'amplada (es pot tallar d'alguna caixa d'embalatge).
- Un trosset molt petit de plom o una moneda petita.
- Un tub d'assaig d'1 cm de diàmetre exterior.
- Dos tubs de centrifugadora ordinària que no acabin en punta.
- Una tija o clau llarg de metall fixat perpendicularment en un suport pla qualsevol.

***Josep M. Valls** i **Marta Segura** són professors de Física de l'Escola Pia de Nostra Senyora (Barcelona) i de l'apFQc (Associació de Professors de Física i Química de Catalunya).

Observem el muntatge:

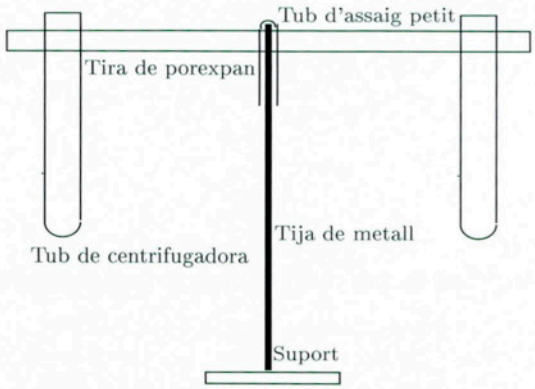

Figura1: *Esquema de l'aparell*

Caldrà fer tres forats en el porexpan (amb un objecte calent) i posar-hi a pressió els tres tubs tal com indica la figura 1. Si es tenen més habilitats per al bricolatge, es pot fer en una barra de metacrilat foradada convenientment. En aquest cas, cal tenir les eines adients.

Pel que fa als imants, hem de tenir dos imants de neodimi (o millor, dos parells). Es poden adquirir fàcilment en alguns comerços. Com a mínim han de tenir d'1,5 a 2 cm de diàmetre (en forma de disc). Si poden ser dos parells, millor: cada parell estarà format de dos imants perfectament units. Cal avisar que aquests imants són molt potents, i convé tenir-los lluny de tota classe de targetes magnètiques i material magnètic informàtic.

És molt important que els tubs quedin ben fixats a la placa de porexpan i que la tija metàl·lica no fregui els costats del tub. Malgrat tot, els dos tubs s'han de poder retirar de la placa amb relativa facilitat per poder-los rentar i/o poder canviar la substància estudiada. La moneda pot servir per aconseguir l'equilibri complet, de tal manera que tot el muntatge recolzi en un sol punt: la punta de la tija metàl·lica.

Aquest dispositiu, utilitzant els imants de neodimi, és sensible a qualsevol tipus de material i manifesta atracció cap als imants si és paramagnètic i repulsió si és diamagnètic. De cap manera s'ha de assajar amb materials ferromagnètics.

Realització experimental: estudi de materials

Si el material és líquid, cal omplir amb cura els dos tubs (fins a un dit de l'extrem superior) i anivellar-ho amb la moneda. L'aigua és el líquid que crida més l'atenció, ja que és diamagnètic.

Un cop plens els tubs d'aigua i quan hem aconseguit l'equilibri i que tot estigui ben quiet, apropem els dos imants a cadascun dels tubs en sentit contrari (figura 2). Veurem, sorprenentment, com l'aparell comença a girar gràcies a la repulsió que fa l'aigua dins un camp magnètic. Es pot aconseguir que giri amb continuïtat si anem acostant els imants, tot seguint el seu moviment. Si ara canviem els imants de posició podrem aconseguir que el moviment s'aturi i que giri en sentit contrari. També es poden fer proves amb altres líquids.

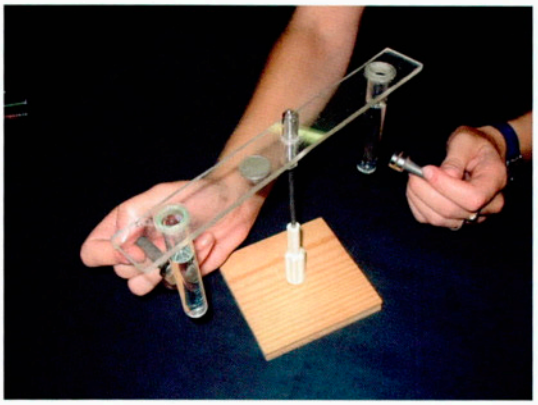

Figura 1: *L'experimentació*

Si es disposa de llimalla de coure, trossets de bismut o sal de cuina (clorur de sodi), es pot reproduir l'experiment. L'aigua, el coure, el bismut i el clorur de sodi són materials *diamagnètics*.

Ara repetirem l'experiment amb llimalla d'alumini o sulfat de ferro i veurem que els dos tubs s'apropen als imants. Es pot aconseguir que girin en sentit contrari al que tenien en el cas anterior. L'alumini i el sulfat de ferro són substàncies *paramagnètiques*.

És important dir que si posem metalls (en trossos) dins els tubs, cal que estiguin molt dividits. No es pot fer l'experiment amb un tros massís i gran. En aquest cas hi haurà sempre repulsió a l'acostament de l'imant, gràcies als corrents de Foucault.

Conclusió

Com podem comprovar amb un experiment senzill, dut a terme amb materials a l'abast, podem mostrar al nostre alumnat l'existència de diversos tipus de substàncies si les analitzem en funció de les seves propietats magnètiques.