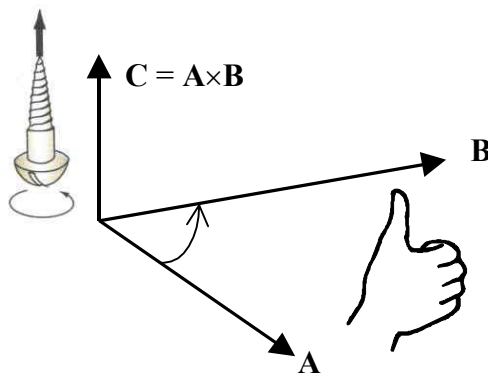


El magnetisme i la mà dreta

A l'hora de treballar amb qüestions relacionades amb el magnetisme acostuma a ser pràctic fer servir la mà dreta per determinar la direcció i sentit de les forces magnètiques, moments magnètics i camps magnètics. En cada cas es pot aplicar una regla que, utilitzant hàbilment la mà dreta, estalvia haver de fer raonaments més elaborats amb productes vectorials. En aquest document expliquem aquestes regles.

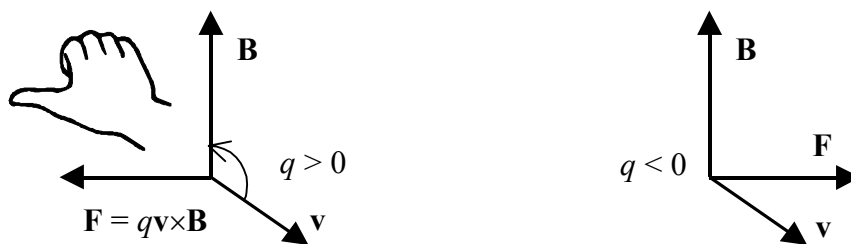
Producte vectorial i força magnètica

El producte vectorial $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ és perpendicular al pla determinat pels vectors \mathbf{A} i \mathbf{B} i té el sentit en què avançaria un cargol que girés de \mathbf{A} a \mathbf{B} pel camí més curt. Aquest sentit és el que indica el dit polze de la mà dreta quan es fan girar les puntes dels altres quatre dits (índex, mig, anular i petit) per anar de \mathbf{A} a \mathbf{B} seguint el recorregut més curt.



Com que la força magnètica (d'un camp magnètic \mathbf{B}) que actua sobre una càrrega q en moviment (amb una velocitat \mathbf{v}) està relacionada amb el producte vectorial $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, aquesta regla de la mà dreta permet determinar el sentit de la força.

Si q és positiva ($q > 0$), \mathbf{F} té el sentit de $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$. Si q és negativa ($q < 0$), \mathbf{F} té el sentit oposat.



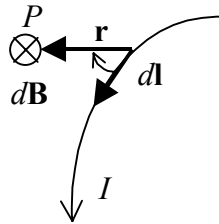
Aquesta regla de la mà dreta també permet determinar el sentit de la força magnètica que actua sobre un segment rectilini de corrent (de longitud ℓ pel qual circula una intensitat I) ja que està relacionada amb el producte vectorial $\mathbf{F} = I \mathbf{l} \times \mathbf{B}$, on \mathbf{l} és un vector de longitud ℓ que té la direcció del segment i el sentit del corrent.

Llei de Biot i Savart

La llei de Biot i Savart estableix que el camp magnètic $d\mathbf{B}$ creat per un element de corrent (de longitud $d\ell$ pel qual passa una intensitat I) en un punt P és

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}$$

Per tant, la direcció i sentit de $d\mathbf{B}$ estan determinats pel producte vectorial $d\mathbf{l} \times \mathbf{r}$, on el vector $d\mathbf{l}$ té la direcció i sentit del corrent i \mathbf{r} és un vector que va de l'element de corrent al punt P .

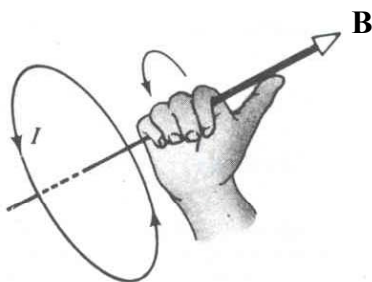
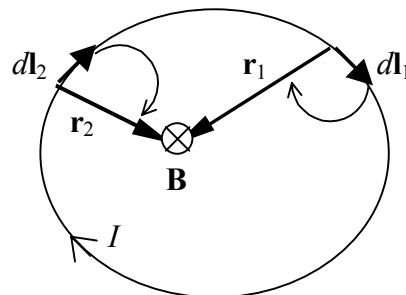
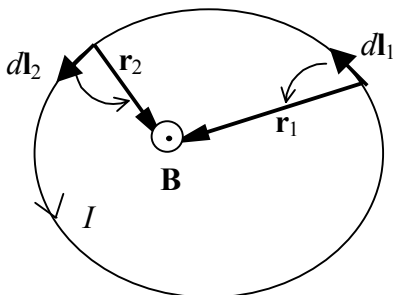


En l'exemple de la figura, si anem de $d\mathbf{l}$ a \mathbf{r} amb els quatre dits de la mà dreta el polze assenyala en la direcció perpendicular al paper i en el sentit del lector cap a dins.

Per saber el camp magnètic \mathbf{B} creat per un corrent qualsevol en un punt concret cal descompondre el corrent en petits elements, calcular el camp $d\mathbf{B}$ creat per cadascun i sumar les contribucions de tots els elements. Aquest procés és molt complicat en la majoria de les ocasions, sobre tot si es vol conèixer exactament el vector \mathbf{B} . Sovint, però, aquest procés permet determinar la direcció i sentit de \mathbf{B} .

Camp magnètic que travessa una espira

Una espira és un cable conductor que forma un circuit tancat contingut en un pla (un cercle o un quadrat, per exemple). A partir de la llei de Biot i Savart és fàcil veure que el camp magnètic en el pla de l'espira és perpendicular a l'espira. Com que tots els vectors $d\mathbf{l}$ estan en el pla de l'espira, i els vectors \mathbf{r} que van de qualsevol element de corrent a un punt del pla també estan en el pla de l'espira, tots els productes vectorials $d\mathbf{l} \times \mathbf{r}$ són perpendiculars al pla de l'espira.



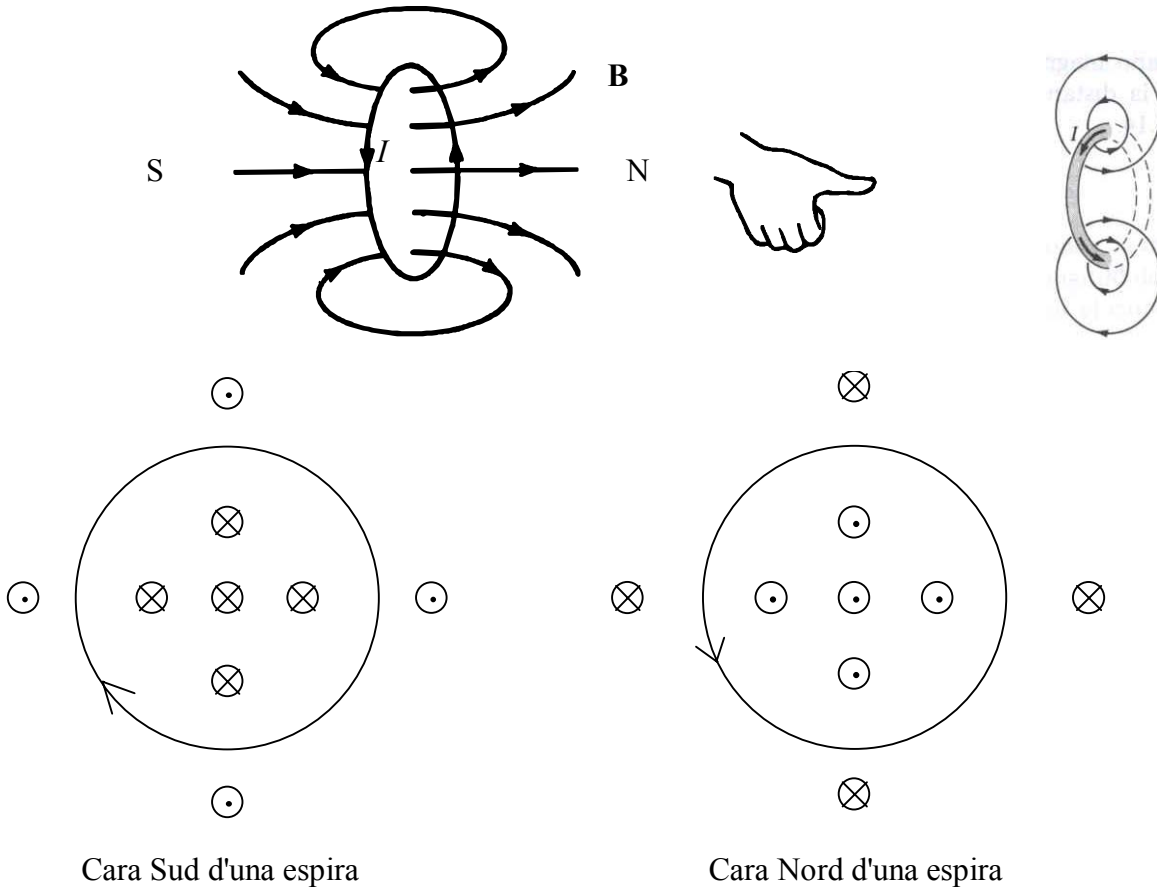
Per saber en quin sentit travessa l'espira el camp creat per la pròpia espira es pot aplicar la llei de Biot i Savart i veure el sentit del producte vectorial $d\mathbf{l} \times \mathbf{r}$. Com es veu a l'exemple de l'esquerre, aquest sentit és pot determinar mitjançant la regla següent:

El camp magnètic creat per una espira travessa l'espira en el sentit que indica el dit polze de la mà dreta quan els altres quatre ressegueixen l'espira en el sentit del corrent.

(Aquest és el sentit en el qual avançaria un cargol que gira en el

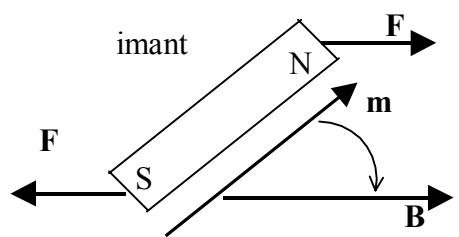
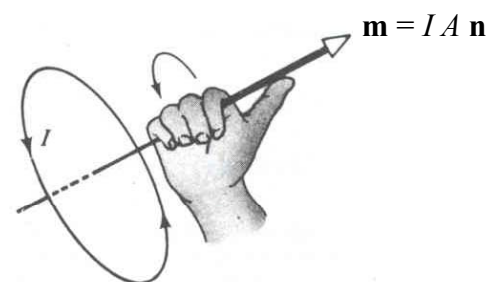
sentit del corrent).

La figura següent mostra les línies del camp magnètic d'una espira. Com es veu, les línies del camp magnètic són corbes tancades, de manera que si travessen l'espira en un determinat sentit, en els punts exteriors del pla de l'espira el camp magnètic va en sentit oposat.



La cara Sud d'una espira (circular, quadrada, o de qualsevol forma) és aquella per la qual entren les línies del seu camp magnètic, i la cara Nord és la cara per on surten (com en els imants). Si els quatre dits de la mà dreta ressegueixen l'espira en el sentit del corrent, el dit polze s'orienta de Sud a Nord

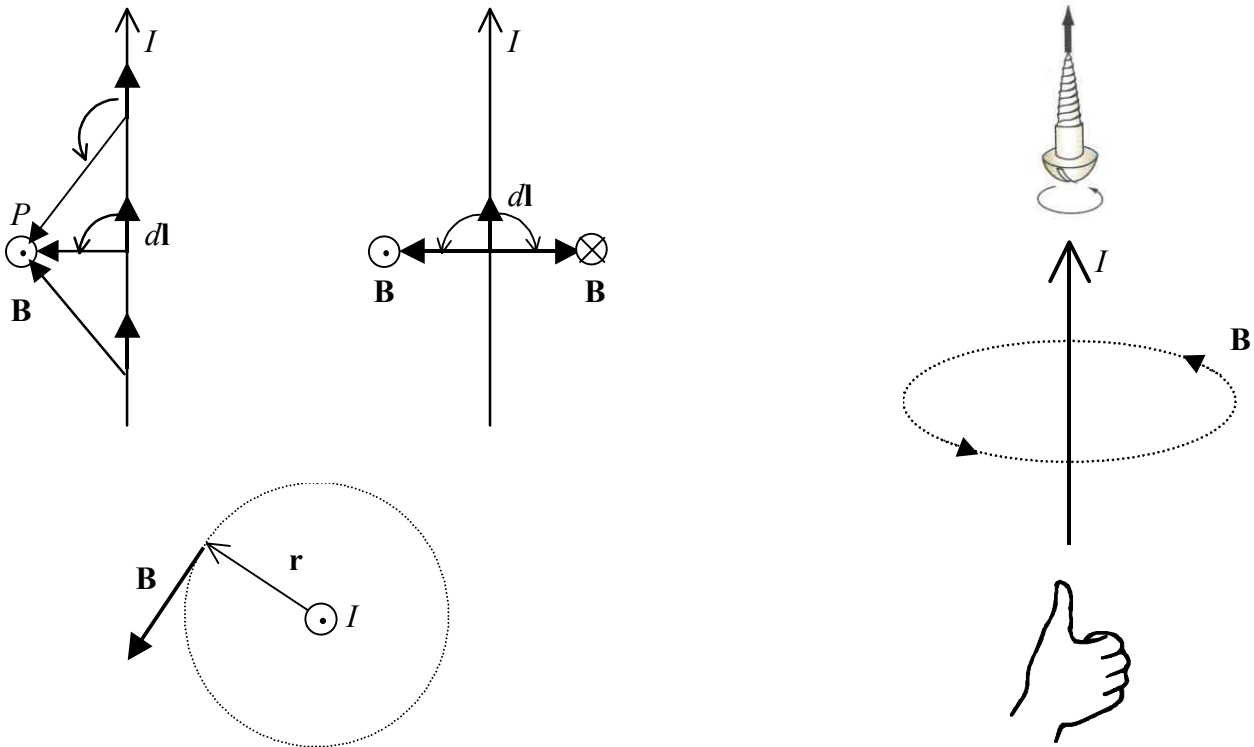
Les línies del camp creat per una espira la travessen en el mateix sentit que el seu moment magnètic (de Sud a Nord). **El sentit del moment magnètic d'una espira és el que indica el dit polze de la mà dreta quan els altres quatre ressegueixen l'espira en el sentit del corrent**



Una espira o un imant amb un moment magnètic \mathbf{m} en presència d'un camp magnètic \mathbf{B} es veu sotmès a unes forces que els fan girar de manera que \mathbf{m} s'orienta en el sentit de \mathbf{B} .

Camp magnètic d'un fil conductor recte

A partir de la llei de Biot i Savart és fàcil veure que el camp magnètic creat per un fil conductor recte en un punt P és perpendicular al pla format pel fil i el punt P . Com que tots els vectors $d\mathbf{l}$ tenen la mateixa direcció i sentit (el del corrent), els vectors \mathbf{r} que van de qualsevol element de corrent a un mateix punt P formen un pla, de manera que tots els productes vectorials $d\mathbf{l} \times \mathbf{r}$ són perpendiculars a aquest pla i, per tant, el camp magnètic resultant també ho és. Així, doncs, el camp magnètic creat per un fil conductor en un punt P és perpendicular al fil i també és perpendicular a la línia que uneix el fil amb el punt P .



Tenint en compte el raonament anterior, en tots els punts d'un pla perpendicular al fil el camp magnètic està contingut en aquest pla. (A més a més, per raons de simetria, el seu mòdul és el mateix en tots els punts d'aquest pla equidistants al fil.) I com que el camp magnètic en cada punt és perpendicular a la línia que uneix el fil amb el punt, les línies del camp magnètic creat pel fil són cercles concèntrics amb el fil.

Per saber el sentit de les línies de camp, és a dir, el sentit del camp en cada punt, es pot aplicar la llei de Biot i Savart i veure el sentit del producte vectorial $d\mathbf{l} \times \mathbf{r}$. Com es veu a l'exemple de la figura superior dreta, aquest sentit es pot determinar mitjançant una nova regla de la mà dreta:

El sentit del camp magnètic creat per un fil recte és el que indiquen els quatre dits de la mà dreta quan el polze s'orienta en el senti del corrent. (Aquest és el sentit en el qual giraria un cargol que avança en el senti del corrent).

En el cas d'una espira també es podria aplicar una regla alternativa semblant a la del fil. Si posem el polze de la mà dreta sobre un element de fil conductor de l'espira orientat en el senti del corrent, els altres quatre dits es dobleguen en el sentit que el camp magnètic travessa l'espira. De forma semblant al cas del fil rectilini els quatre dits giren en el mateix sentit que ho fan les línies de camp magnètic.

