

# Esperienze sul magnetismo

## **Premessa teorica**

I fenomeni elettrici e magnetici nascono separati e sono noti fin dall'antica Grecia. La **storia** attribuisce a Talete di Mileto entrambe le scoperte. Il termine magnetismo deriva dal nome greco dell'antica città di Magnesia nell'Asia minore (corrisponde all'attuale città di Manisa, nella Turchia asiatica), per la presenza di importanti giacimenti di un particolare minerale, la magnetite, capace di attrarre il ferro e altri minerali come il nichel e il cobalto. Questo materiale appariva "attivo", poiché non aveva bisogno di essere caricata per strofinio per manifestare la sua proprietà di attrarre pezzetti di ferro. Un'altra proprietà della magnetite è quella di orientarsi, se lasciata libera di ruotare, secondo la direzione nord-sud dei meridiani terrestri. L'estremità del magnete che si rivolge verso nord fu chiamato polo nord, l'estremità opposta, invece, polo sud. Da questa scoperta, si ritiene che Aristea di Proconneso, la cui esistenza è dubbia, fu il primo inventore della bussola. La prima trattazione scientifica sul magnetismo risale al 1600 con la pubblicazione dell'opera "Physiologia nova de magnete" dell'inglese William Gilbert, il quale scoprì il magnetismo terrestre. In essa viene affrontato il problema del magnetismo terrestre e descritta la Terra come una grossa calamità capace di orientare l'ago delle bussole.



Il **magnetismo** è l'insieme dei fenomeni fisici dovuti all'esistenza di un particolare campo di forza, il campo magnetico, che ha la sua origine in correnti elettriche e determina, attraverso i magneti, azioni meccaniche su corpi di ferro o di altre sostanze magnetizzabili, alcuni dei quali (per es. quelli ferrosi) acquistano proprietà simili, diventando quindi magneti artificiali. Il campo magnetico, al contrario di quello elettrico, non ha pozzi e sorgenti.

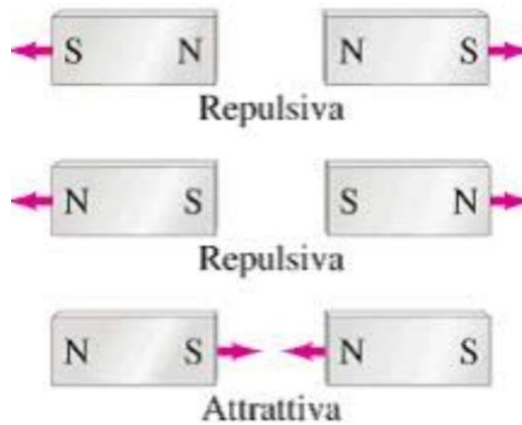


La **bussola** è per definizione lo strumento principe per orientarsi e trovare il nord magnetico ed è usata soprattutto per la navigazione marittima e aerea. Senza di essa non sarebbero stati possibili i viaggi transoceanici (e quindi le scoperte geografiche), né l'aviazione avrebbe potuto svilupparsi fino al livello attuale.

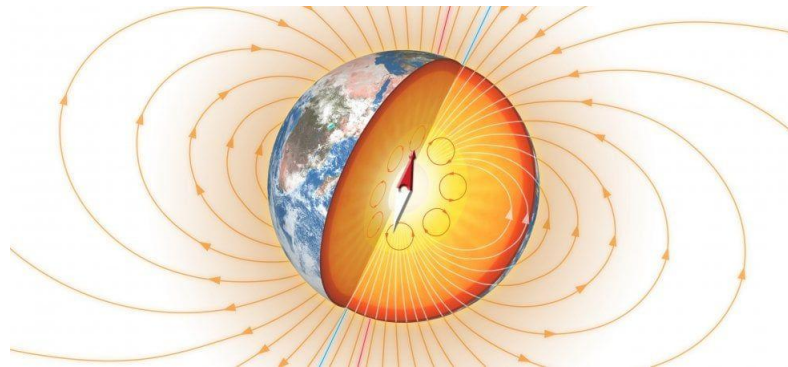
Navigando con mappa e bussola, è importante capire che il nord geografico o geodetico (Polo Nord) non corrisponde al nord magnetico. L'angolo tra il nord geodetico e il nord magnetico è chiamato **declinazione** ed è a est o ovest del nord magnetico, a seconda della propria posizione sulla terra. La declinazione est significa che localmente il campo magnetico terrestre indica una direzione che passa per il Polo Nord a est. La declinazione ovest passa sul lato ovest. In molte parti del mondo la declinazione è così ridotta che non è necessario considerare nella reale navigazione outdoor. Tuttavia, in altri posti la declinazione è notevole e deve essere sempre presa in considerazione per potere navigare accuratamente.

L'ago magnetico di una bussola è una piccola calamita libera di ruotare attorno ad un perno centrale. Quando teniamo la bussola in orizzontale, osserviamo che l'ago si dispone nella direzione Sud-Nord e chiamiamo **polo nord** l'estremità che punta verso nord e **polo sud**

l'estremità rivolta a sud. Questo accade perché ogni magnete ha un polo nord e un polo sud che si trovano alle estremità. Gli esperimenti dimostrano che due poli nord o due poli sud, uno di fronte all'altro, si respingono mentre, un polo nord e un polo sud vicini tra loro, si attraggono.



La **Terra** si comporta come un magnete perché il polo sud del magnete terra è vicino al Polo Nord geografico, attualmente è localizzato al largo della costa occidentale dell'isola di Bathurst, nelle regioni canadesi, ma i due punti non coincidono. Il polo nord del magnete, al contrario, è nella zona del Polo Sud geografico situato al margine del continente antartico nella Terra di Adélie. Il campo magnetico terrestre si inverte molto velocemente a intervalli di 200/300.000 anni nella storia del pianeta. L'ultimo evento noto di questo tipo risale però a circa 773.000 anni fa e ha richiesto almeno 20.000 anni per essere completato.



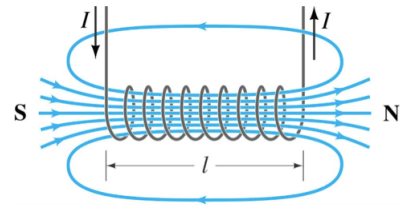
Le **linee di forza** del campo magnetico sono delle linee immaginarie che servono a rappresentare il campo magnetico nello spazio. Essendo un campo vettoriale infatti è possibile visualizzare in ogni punto dello spazio quale sarà direzione e verso del vettore campo magnetico oltre che stabilire l'intensità. Queste si possono vedere con l'esperienza della limatura di ferro. Le linee del campo magnetico hanno le seguenti proprietà generali:

- in ogni punto sono tangenti alla direzione del campo magnetico;
- escono dal polo nord ed entrano nel polo sud dei magneti;
- sono più fitte dove il campo magnetico è più intenso;

Inoltre le linee di forza sono circolari e concentriche.

Il campo magnetico è **solenoidale**, cioè non esiste il monopolo magnetico. All'interno di un solenoide ideale il campo magnetico si calcola con la formula  $B=(\mu_0 Ni)/l$ , dove N è il

numero di spire che costituiscono il solenoide,  $i$  è la corrente che lo attraversa,  $l$  è la sua lunghezza e  $\mu_0$  è la permeabilità magnetica nel vuoto che vale  $12,56 \cdot 10^{-7}$  [Tm/A]. Con solenoide ideale si intende un solenoide di lunghezza infinita, o con lunghezza molto maggiore del suo diametro.



## Esperienza limatura di ferro

### Materiali e strumenti

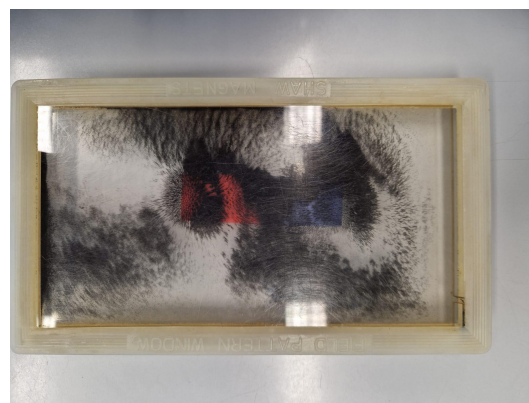
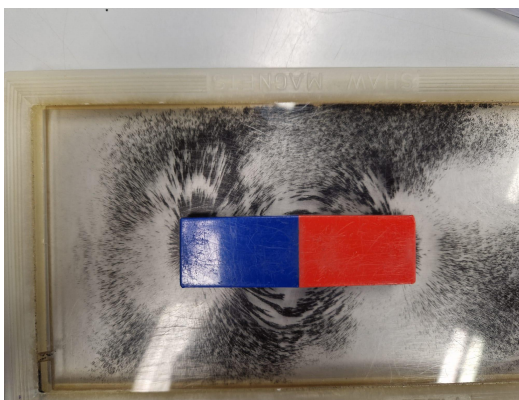
- Limatura di ferro
- Foglio di carta
- Magnete

### Osservazione

Per la realizzazione di questa esperienza come prima cosa abbiamo preso della limatura di ferro e l'abbiamo posta su un foglio di carta così che fosse poi più facile recuperarla. Successivamente abbiamo preso un magnete a ferro di cavallo e lo abbiamo posizionato sotto il foglio. Abbiamo quindi notato che la limatura di ferro disegnava delle linee che si addensavano sui poli della calamita. Ciò accade in quanto ogni frammento di ferro si magnetizza e si dispone lungo il campo. Le linee tracciate dalla limatura, orientate dal polo nord al polo sud, rappresentano infatti il campo.



Per osservare meglio le linee del campo magnetico, che sono tangenti alla direzione del campo e uscenti dal polo nord ed entranti dal polo sud, abbiamo utilizzato anche un'apparecchiatura più moderna, ossia il Magnetic Field Pattern Window, che contiene un apposito gel misto in cui è immersa della limatura di ferro e vi abbiamo posizionato al di sopra il magnete.



## Esperienza di Oersted

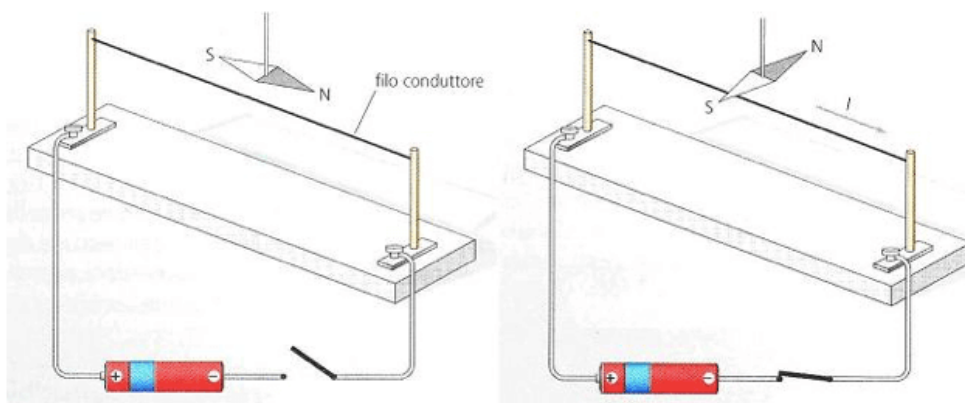
### Materiali e strumenti

- ago magnetico (bussola)
- filo di metallo
- generatore
- cavi blu e rosso
- bussola

### **Premessa teorica**

Nel 1811 il fisico danese Oersted condusse un esperimento rivoluzionario che per la prima volta mise in evidenza la connessione tra fenomeni elettrici e magnetici.

Oersted prese un filo conduttore e lo collegò ad un generatore di tensione continua creando quindi un circuito dotato di interruttore, prese poi una bussola e orientò la direzione del filo parallelamente all'ago della bussola che in posizione di equilibrio segna la direzione nord-sud. Nel momento in cui si chiudeva il circuito e quindi si faceva circolare la corrente all'interno del filo l'ago della bussola cambiava improvvisamente direzione ponendosi in direzione perpendicolare al filo. Inoltre Oersted si accorse che spargendo della limatura di ferro attorno al filo percorso da corrente i grani di ferro si disponevano lungo circonferenze concentriche al filo stesso.

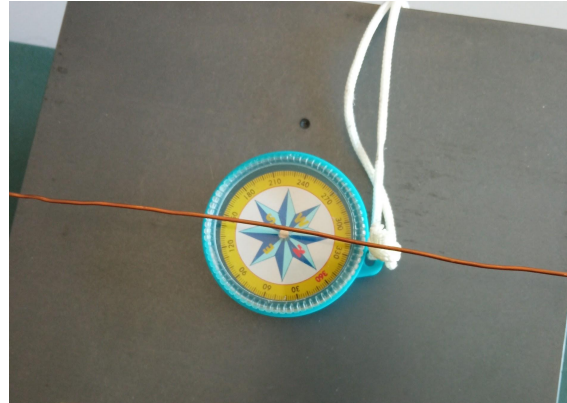
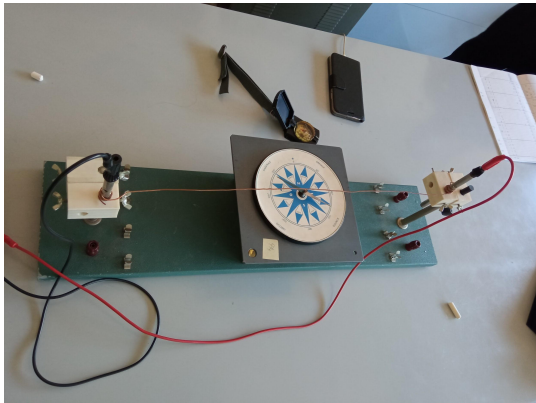


Dunque, l'esperienza di Oersted mette in luce che un filo percorso da corrente genera un campo magnetico. Il campo magnetico è avvertito dall'ago che assume quindi una nuova orientazione di equilibrio. Inoltre, le linee di forza sono delle circonferenze che giacciono in un piano perpendicolare al filo sebbene in alcuni casi non sia perfettamente perpendicolare in quanto l'ago risente anche del campo magnetico terrestre.

### **Osservazione**

Per la realizzazione di questa esperienza come prima cosa abbiamo posizionato l'ago magnetizzato esattamente sotto il filo di rame mediante l'utilizzo di un apposito ripiano regolabile. Successivamente, abbiamo connesso le due estremità del cavo di rame all'alimentatore in modo che il cavo venisse attraversato da corrente. Siamo quindi riusciti ad osservare come l'ago si iniziasse a spostare ponendosi all'incirca perpendicolarmente al filo, sebbene non lo fosse perfettamente in quanto risentiva anche del campo magnetico terrestre. Tuttavia, questa esperienza è stata eseguita velocemente in quanto altrimenti il cavo si sarebbe riscaldato eccessivamente per effetto Joule e avrebbe iniziato a fumare.

Siamo così riusciti a riprodurre l'esperienza effettuata da Oersted e osservato come effettivamente il filo percorso da corrente elettrica generi un campo magnetico.



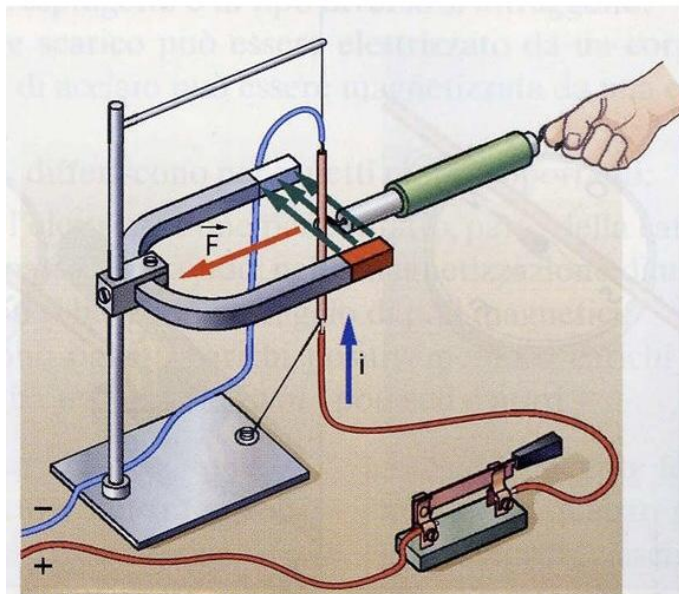
## *Esperienza di Faraday*

### **Materiali e strumenti**

- filo di metallo
- generatore
- cavi blu e rosso
- bilancia
- magnete ( $m= 1,019\text{kg}$ )

### **Premessa teorica**

Nel 1821 il fisico inglese Faraday fece un esperimento che consiste nel porre un filo conduttore tra i due poli di un magnete. Questo filo è sorretto da un'intelaiatura che gli permettesse di muoversi solo in verticale. Quando si collega questo filo ad una batteria, la corrente attraversa il filo e si nota che esso si muove verso il basso. Con questo esperimento Faraday comprese che un campo magnetico non genera solo una forza nei confronti dei magneti, ma anche nei confronti dei conduttori attraversati da corrente elettrica.

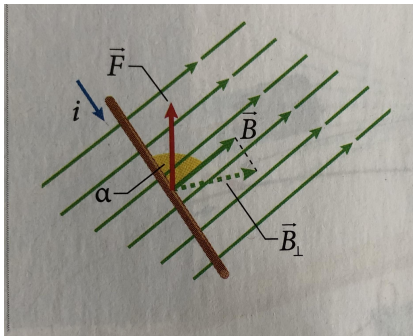


Una variante dell'esperimento permette anche di misurare lo spostamento a cui è soggetto il filo conduttore. Per far ciò basta porre dei pesi dal lato opposto del telaio rispetto al filo e vedere con quale carico si raggiunge l'equilibrio.

Durante l'esperienza abbiamo calcolato il campo magnetico, per far ciò abbiamo utilizzato la formula

$$F = B \cdot i \cdot l \cdot \sin \alpha$$

In cui  $F$  è la forza magnetica,  $B$  il campo magnetico,  $i$  l'intensità di corrente e  $\alpha$  è l'angolo compreso tra  $i$  e  $B$



Nel corso dell'esperienza noi abbiamo utilizzato solo  $\alpha$  uguale a 90 quindi il seno è pari a 1

### **Esecuzione dell'esperienza**

Come prima cosa poniamo una bilancia sotto la struttura con il filo di rame (stessa dell'esperienza precedente), posizioniamo poi sopra la bilancia un magnete in modo che il filo passi sulle espansioni polari, accendiamo la bilancia (assicurandoci che segni come peso 0g) e colleghiamo il polo positivo sul rosso e quello negativo sul nero. Accendiamo il generatore e notiamo subito che la bilancia segna che il peso del magnete è inferiore a 0g, nello specifico -2,50g, ciò significa che è come se il piatto della bilancia si fosse spostato verso l'alto. In questo momento l'intensità è 9,60 A. Successivamente invertiamo il verso della corrente: l'intensità è uguale ma la massa del magnete questa volta è pari a 2,05g, quindi la spinta è verso il basso. Il campo magnetico è diritto da nord a sud, la corrente dal rosso al nero. Nella nostra esperienza il magnete si avvicinava o allontanava dal filo. Per esempio, nella prima misurazione abbiamo registrato un peso negativo perché la forza che agiva sul filo era diretta verso il basso, ma non potendosi muovere il filo, è stato il magnete ad avvicinarsi. Nella prima misurazione la forza era diretta verso il basso, la corrente da destra a sinistra; quindi con la regola della mano destra siamo riusciti a capire la direzione del campo magnetico: mettendo l'indice nella direzione della corrente, il medio verso il basso, risulta che l'indice è necessariamente rivolto dal polo nord al polo sud. Nella seconda misurazione, cambiando la direzione del campo magnetico rispetto alla direzione della corrente, mettendo il pollice nella direzione della corrente, l'indice nella direzione del campo magnetico, cioè dal polo nord al polo sud, il medio risulta essere rivolto verso l'alto; questo spiega il peso positivo segnato dalla bilancia. In entrambe le situazioni  $L$ , quindi la lunghezza del filo contenuto nel campo magnetico, è 0,03 m. Calcoliamo poi il valore di  $B$  utilizzando la formula:  $B = F / (i \cdot l)$  spiegata precedentemente.

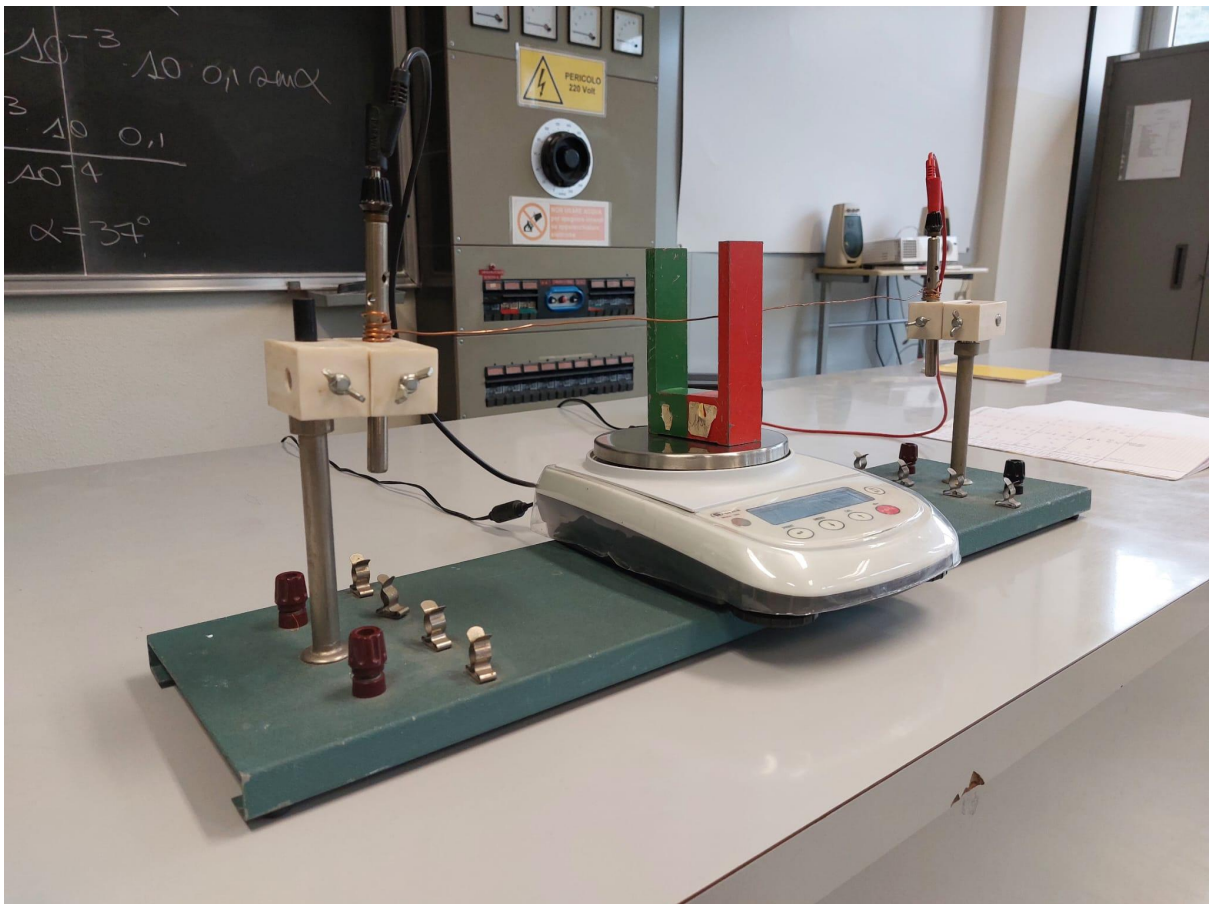
$$B = \frac{2,05 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{9,60 \cdot 0,03} = 0,07 \text{ T}$$

Eseguiamo poi una terza misura aumentiamo la corrente quindi  $i=10,5\text{A}$ , la bilancia indica che  $m=2,39\text{g}$ , quindi

$$B = \frac{2,39 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{10,5 \cdot 0,03} = 0,07 \text{ T}$$

### **Conclusion**

Possiamo notare che il risultato non è cambiato, quindi il nostro esperimento è riuscito dimostrando il funzionamento della bilancia di Faraday



### **Esperienza della spira**

### **Materiali e strumenti**

- limatura di ferro
- corrente elettrica
- quadrato di plexiglass
- spira (detta anche solenoide o bobina)

### **Esecuzione dell'esperienza**

Questa esperienza ci ha permesso di vedere in modo chiaro le linee di forza generate da un campo magnetico. Per eseguire l'esperienza abbiamo preso il treppiede completo di spira e plexiglass su cui abbiamo messo la limatura di ferro. Successivamente abbiamo collegato le prese a banana con la spira e abbiamo fornito corrente con una differenza di potenziale di 15 volt. Così facendo abbiamo osservato che la limatura di ferro si era disposta evidenziando le linee di forza facendoci capire che l'asse della spira coincide con una linea di campo. Con questa esperienza abbiamo verificato le caratteristiche delle linee del campo magnetico generato dalla corrente passante in una spira circolare.



Grazie a queste esperienze siamo quindi riuscite ad osservare e verificare alcune caratteristiche del campo magnetico.