

Università - Programma di Fisica – 2022/2023

MAGNETISMO:

Alcuni materiali hanno delle proprietà di attrazione verso certi corpi metallici, che prende il nome di magnetismo. Ogni corpo che possiede la proprietà del magnetismo, e quindi di attirare certi corpi metallici, prende il nome di calamita o magnete o ancora ago magnetico. Alcune sostanze possiedono naturalmente proprietà magnetiche e sono perciò definite magneti naturali, come la magnetite. Altre sostanze possono acquisirle, e sono dette magneti artificiali. Le due estremità del magnete sono chiamate rispettivamente polo Nord e polo Sud magnetico: poli di nome contrario si attraggono, mentre poli dello stesso nome si respingono. Una notevole differenza tra i poli magnetici e le cariche elettriche consiste nel fatto che mentre le cariche di un segno si possono separare da quelle di segno opposto, non altrettanto può farsi con i poli magnetici. Non esistono quindi monopoli magnetici.

Campo magnetico e linee di forza:

L'interazione tra due magneti si interpreta, in analogia alle forze gravitazionali ed elettriche, come azione del campo magnetico generato da un magnete sull'altro magnete. Un ago magnetico libero di ruotare, ad esempio, assume in ogni punto di un campo magnetico una ben determinata posizione di equilibrio, coincidente con quella in cui il momento della coppia di forze agenti sui poli è nullo.

Le linee di forza del campo magnetico sono delle linee immaginarie che servono a rappresentare il campo magnetico nello spazio. Essendo un campo vettoriale è possibile visualizzare in ogni punto dello spazio quale sarà la direzione e verso del vettore campo magnetico oltre che stabilirne l'intensità. Le linee di forza del campo magnetico sono chiuse, e a differenza del campo elettrico quello magnetico non è conservativo.

Campo magnetico delle correnti:

Per molti secoli il magnetismo rimase separato dallo studio dei fenomeni elettrici. La svolta che avvicinò il magnetismo all'elettricità avvenne tra il 1819 e il 1820, grazie al professor Oersted convinto che le forze naturali avessero tutte un'origine elettrica, e ipotizzava quindi un legame tra fenomeni elettrici e magnetici. Egli infatti si accorse che un ago magnetico, posto al di sotto di un filo conduttore parallelamente a questo, si disponeva perpendicolarmente se il filo era percorso da una corrente sufficientemente intensa, e il verso dell'ago dipendeva da quello della corrente essendo concorde con esso. La forza che agisce sul conduttore percorso da corrente è perpendicolare al filo (velocità delle cariche) e al campo B secondo la regola della mano dx.

Esiste perciò una correlazione tra campo elettrico e campo magnetico.

Una corrente crea un campo magnetico

Un filo percorso da corrente subisce l'azione di un campo magnetico
ma il contrario non è vero: un campo magnetico non crea una corrente elettrica.

Forza magnetica su un filo percorso da corrente:

Per misurare l'intensità del campo magnetico utilizziamo un filo di prova che deve essere posto nel campo. Gli esperimenti mostrano che la forza sul filo di prova dipende dall'angolo che esso forma con le linee di campo magnetico e che il modulo della forza è massimo quando il filo è perpendicolare alla direzione del campo:

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

Formula inversa:

$$B = F/i \cdot \Delta l$$

La direzione della forza è perpendicolare sia al campo magnetico, sia al filo e il verso è dato dalla regola della mano destra. Quando B è perpendicolare al filo la forza magnetica è massima; se B è parallelo al filo la forza magnetica è nulla.

Campo magnetico di un filo percorso da corrente:

In un punto a distanza r da un filo rettilineo, in cui circola una corrente i, il campo magnetico è direttamente proporzionale alla corrente nel filo e inversamente proporzionale alla distanza tra il punto e il filo. Tale formula è detta legge di Biot-Savart.

$$B = \frac{\mu i}{2\pi r}$$

Dove μ è la permeabilità magnetica del mezzo, che ha lo stesso significato della costante dielettrica per il campo elettrico. Valore: $4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m

Se μ è minore di 1, si parla di mezzo diamagnetico

Se μ è maggiore di 1 si parla di mezzo paramagnetico

Se μ è molto più grande di 1 si parla di mezzo ferromagnetico. Nel caso di campi magnetici in presenza di materiali ferromagnetici il campo magnetico, ovvero l'effetto del campo magnetico, viene amplificato enormemente rispetto a quanto avviene nel vuoto.

Forza magnetica di due fili percorsi da corrente:

Consideriamo ora due fili percorsi da una corrente elettrica. Dette i_1 e i_2 le intensità di corrente in due conduttori rettilinei paralleli di lunghezza l posti ad una distanza d si esercita una forza attrattiva per correnti concordi e repulsiva per correnti discorsi. Dalla formula del campo magnetico (che si crea sul primo filo), e la formula della forza magnetica, possiamo ottenere la formula della forza di attrazione/repulsione tra i due fili, data da:

$$F = \frac{\mu}{2\pi d} i_1 i_2 \Delta l$$

Si può dimostrare che tra due fili paralleli percorsi da una corrente di 1A e posti ad una distanza di 1m, si esercita una forza di $2 \cdot 10^{-7}$ N.

Relazione tra la forza magnetica e il campo magnetico di un filo:

$$F = Q \mathbf{v} \cdot \mathbf{B} = i \Delta l B = i \cdot B \cdot \Delta l \cdot \sin\alpha$$

FORZA DI LORENTZ:

Una singola particella carica che si muove in un campo magnetico “sente” questo campo e subisce una forza. Questa forza è descritta da Lorentz, e vale: $\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{B} \cdot \sin\alpha$

Con q la carica in moto con velocità v rispetto al campo magnetico B , ed indicando con α l'angolo formato dal vettore velocità. Il verso della forza di Lorentz può essere stabilito attraverso la regola della mano destra: se la carica è positiva, l'indice si orienta secondo il campo magnetico e il pollice segue verso e direzione della velocità. La forza ha il verso e la direzione del dito medio, che è perpendicolare a pollice e indice; se la carica è negativa, il pollice segue il verso opposto a quello della velocità e l'indice segue quello del campo magnetico. La forza ha il verso e la direzione del dito medio, perpendicolare a entrambi.

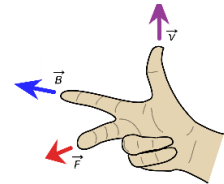
Da questa legge possiamo perciò ricavare l'intensità di B :

$$|\mathbf{B}| = \mathbf{F} / |q| v$$

L'unità di misura del campo magnetico è la Tesla (T). $1\text{T} = 1 \text{ N/cm/s} = 1 \text{ N/Am}$

Si utilizza anche il Gauss (G). $1\text{G} = 10^{-4}\text{T}$

Quando la forza di Lorentz è nulla? $F = 0$ se: non c'è campo magnetico; il corpo immerso nel campo magnetico non ha carica; la velocità del corpo è nulla, quindi il corpo è fermo; il corpo percorre il campo magnetico seguendo una direzione che è parallela alle linee del campo. La forza di Lorentz è relativa solo a corpi elettricamente carichi e in movimento.



Campo magnetico generato da una spira:

L'induzione magnetica generata da una spira percorsa da corrente elettrica nei punti dell'asse è ortogonale al piano della spira e raggiunge il valore massimo nel centro della spira in cui è pari a:

$$B = \frac{\mu i}{2R}$$

Campo magnetico generato da un solenoide:

All'interno di un solenoide il campo è praticamente uniforme. Indicando con N il numero totale delle spire e con l la lunghezza del solenoide, si osserva che nella regione del campo uniforme l'induzione magnetica è:

$$B = \mu i n = \mu i \frac{N}{l}$$

Flusso del campo magnetico:

Così come fatto per il campo elettrico possiamo calcolare il flusso del campo magnetico attraverso una superficie. Il flusso del campo magnetico è una grandezza scalare che dipende dall'angolo d'incidenza delle linee di campo, dal valore della permeabilità magnetica e dall'area della superficie stessa. L'unità di misura del flusso del campo magnetico nel Sistema Internazionale è il weber (Wb) = $\text{T} \cdot \text{m}^2$

Induzione:

Immaginiamo che un filo conduttore sia avvolto alle superfici di un magnete cilindrico: tale configurazione prende il nome di solenoide.

La legge di Faraday-Neumann afferma quanto segue.

Si supponga che il flusso magnetico Φ attraversi un solenoide e che sia variabile nel tempo: tale variazione indurrà una forza elettromotrice indotta \mathcal{E}_i proporzionale al flusso concatenato Φ_c col circuito

Le cariche creano campi elettrici e la corrente elettrica, cariche in moto creano campi magnetici. Anche se mettiamo in moto un campo magnetico, creiamo corrente elettrica.

ONDE MAGNETICHE:

In fisica, un'onda indica una perturbazione che nasce da una sorgente e che si propaga nel tempo e nello spazio, trasportando energia senza comportare un associato spostamento di materia. Le onde possono essere meccaniche: se si propagano attraverso un mezzo, e dipendono perciò dalle caratteristiche di rigidità ed elasticità del mezzo (esempio l'acqua); oppure onde elettromagnetiche: onde che si propagano nel vuoto, senza un mezzo di diffusione (onde dei campi magnetici e dei campi elettrici). Le onde meccaniche possono essere inoltre di due tipi: Onde Trasversali (se la perturbazione è perpendicolare alla direzione di propagazione), oppure Onde Longitudinali (se la perturbazione è parallela alla direzione di propagazione). Se ogni particella del mezzo si muove nel tempo con regolarità, si hanno le onde periodiche, che si ripetono uguali a sé stessi a ritmi regolari (esempio quelle che si generano in una corda).

Caratteristiche principali di un'onda:

Un'onda è formata da creste e ventri. La cresta è il punto più alto rispetto a un'immaginaria linea centrale dell'onda, mentre i ventri sono i punti più bassi. Le caratteristiche principali di un'onda sono: la frequenza, il periodo, la lunghezza d'onda, la velocità, l'ampiezza.

La lunghezza d'onda: è la distanza tra i punti più alti di creste successive. L'ampiezza: corrisponde all'altezza massima al di sopra della ipotetica linea centrale dell'onda, oppure la profondità massima al di sotto. Un'altra caratteristica è la frequenza: che consiste nel numero di creste o ventri che passano in un dato punto nell'unità di tempo. La velocità: è il prodotto della frequenza per la lunghezza d'onda (La velocità di propagazione di un'onda elettromagnetica nel vuoto corrisponde alla velocità della luce, il suo valore perciò è di 299 792 458 metri al secondo (m/s) = 300 000 km/s. Nei mezzi materiali la velocità è data da c/n , dove n è l'indice di rifrazione del mezzo). L'energia: la quantità di energia che viene trasportata è data dal prodotto fra la costante di Planck ($h=6,6 \times 10^{-34}$ J) e la frequenza.

L'intensità: l'energia trasportata nell'unità di tempo attraverso una superficie posta perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda (l'intensità diminuisce allontanandosi dalla sorgente, questo processo è definito smorzamento ed è dovuto alla perdita di energia per attrito).

Principi di propagazione:

La teoria di propagazione delle onde periodiche si fonda su 3 principi fondamentali:

Principio di Malus: Se definiamo il raggio di propagazione come la linea perpendicolare a tutte le superfici d'onda (luogo geometrico dei punti equidistanti dalla sorgente della vibrazione) che essa interseca, il principio di Malus afferma che i raggi di propagazione rappresentano quel cammino rettilineo lungo la quale l'energia trasportata dalle onde si propaga. Secondo questo principio nelle direzioni tangenti alle superfici d'onda non c'è alcun trasporto di energia;

Principio di Huygens: Rappresenta la regola da usare per costruire il fronte d'onda ad un dato istante se si conosce quello ad un istante precedente. Qualunque punto del mezzo, raggiunto da una superficie d'onda, può considerarsi una nuova sorgente della perturbazione. Questo principio spiega il motivo per cui i porti hanno quasi sempre ingressi laterali, così che non vengono impattati dal fronte d'onda. Se abbiamo un fronte d'onda che

impatta su un ostacolo (il molo) provvisto di un piccolo ingresso, l'onda viene riflessa in tutti i punti tranne che dall'ingresso attraverso il quale si propaga verso l'interno come se l'ingresso fosse una nuova sorgente. Le onde che si generano in corrispondenza di un'apertura sono sempre semicircolari a prescindere dal tipo di onda che ha impattato.

Principio di indipendenza e/o sovrapposizione: Questo principio afferma che la propagazione di due o più onde nello stesso mezzo avviene come se le altre non fossero presenti e quindi la perturbazione in un dato punto è la somma vettoriale delle perturbazioni delle singole onde. Significa che un'onda non modifica le altre che si propagano insieme a essa, ovvero che ciascuna onda/perturbazione è indipendente.

Onde complesse:

Le onde meccaniche e le onde elettromagnetiche più semplici sono costituite da una sola lunghezza d'onda o frequenza (onde monocromatiche). Esistono però delle onde complesse, che presentano diverse anomalie nelle curve. Esiste un ben noto teorema matematico, dovuto a Fourier, che ci fornisce un metodo per separare le varie frequenze contenute in un segnale e analizzare qual è il contributo delle singole frequenze alla ricostruzione del segnale di partenza.

L'interferenza:

L'interferenza è un fenomeno caratteristico delle onde. L'interferenza tra due onde si basa sul principio di sovrapposizione e indipendenza. Due onde che si propagano indipendentemente l'una dall'altra se si incontrano in un dato punto: si sommano vettorialmente, oppure continuano il loro cammino senza entrare in contatto. Solamente quando le onde si incontrano si genera qualcosa di nuovo, detta appunto interferenza. Si verifica quando le onde con la stessa ampiezza e frequenza sono in opposizione di fase. In questo caso, la somma algebrica dell'ampiezza delle onde originarie si compensa, dando vita a un'onda risultante di ampiezza inferiore o nulla.

Altri effetti:

Onde stazionarie: sono un fenomeno di interferenza che ha origine quando si incontrano due onde che viaggiano in senso opposto

Battimenti: sono un altro fenomeno legato all'interferenza di due onde che si verifica quando le onde hanno frequenza di poco diversa.

Doppler: Effetto dovuto al movimento di una sorgente che provoca un cambio di frequenza. Quando una sorgente si muove mentre emette un suono, noi percepiamo un suono diverso se ci troviamo davanti o dietro la sorgente, che sembra avere un'intensità rispettivamente maggiore o minore.

Onde sonore:

Sono onde di tipo meccanico, cioè che necessitano di un mezzo per propagarsi, di natura elastica. Si classificano come onde longitudinali nei fluidi (quindi si propagano parallelamente alla direzione di propagazione) ma nei cristalli possono essere anche trasversali. La velocità del suono dipende fortemente dal mezzo nel quale le onde si propagano. Il suono oltre che ad un'intensità ha anche un tono. Questo è dovuto al nostro orecchio che percepisce i suoni di piccola frequenza. Le onde che il nostro orecchio può percepire vanno da un intervallo di 20 Hz a 20000 Hz (sotto abbiamo le onde infrasoniche, mentre sopra gli ultrasuoni). L'intensità del suono si misura in W/m^2 ma anche in Decibel. La soglia di dolore dell'orecchio umano corrisponde a $1 W/m^2$, ovvero 120 Db.

Attenuazione:

Con il termine attenuazione si intende, dal punto di vista qualitativo, una riduzione dell'intensità del fascio di un'onda a seguito di un assorbimento della materia. Un'onda che attraversa un materiale perde energia per attrito, e questo processo vale anche per le onde sonore. Più alta è la frequenza più sarà l'energia persa per attrito che si trasforma quindi in calore. Gli ultrasuoni infatti vengono utilizzati per scaldare i tessuti interni in scopi terapeutici.

Flussimetria Doppler: è possibile anche misurare la velocità del sangue utilizzando gli ultrasuoni. Mandando un fascio di ultrasuoni su un vaso, questi vengono riflessi dai globuli rossi e ritrasmessi indietro. Dalla differenza tra frequenza della sorgente e quella ricevuta si calcola la velocità dei globuli rossi.

L'ottica geometrica:

Nell'ottica geometrica si occupa dei fenomeni ottici. Valgono tali leggi: in un mezzo omogeneo la luce si propaga in linea retta; il percorso o l'intensità di più raggi non variano anche se i raggi si incrociano; la traiettoria seguita dai raggi luminosi è indipendente dal verso di propagazione; un raggio luminoso per andare da un punto a un altro segue sempre il percorso che richiede minor tempo. L'ultima legge è meglio conosciuta come principio di Fermat, che spiega il motivo della rifrazione e del miraggio.

Per spiegare la rifrazione possiamo fare un esempio: Se dobbiamo salvare una persona che sta annegando in mare, dobbiamo arrivare nel minor tempo possibile, perciò si sceglie la strada più breve in termini di tempo che non per forza è la più corta. In questo caso la strada più breve corrisponde al percorso più lungo possibile sulla spiaggia e più corto in acqua perché le persone viaggiano ad una velocità minore in acqua. Questo meccanismo è proprio quello che succede con la luce. Questo provoca la rifrazione, dovuta essenzialmente alla diversa velocità dell'onda nell'attraversare due mezzi differenti.

Per quanto riguarda il miraggio, la luce devia dal suo percorso rettilineo perché la velocità è maggiore negli strati più bassi dove la temperatura è maggiore e la densità dell'aria è minore: questo percorso è il più breve.