

Liceo Scientifico “Leonardo da Vinci”

Reggio Calabria

Fisica: Il Magnetismo

Studentessa

Minniti Giovanna

Classe V sez.H

a.s. 2004/2005

Il Magnetismo è un ramo della Fisica che studia le interazioni magnetiche tra corpi e le proprietà della materia connesse a tali fenomeni. Forze di carattere magnetico si manifestano tra cariche elettriche in movimento, quindi esiste una stretta relazione tra elettricità e magnetismo. L'apparato concettuale comune a questi due tipi di forze si chiama teoria elettromagnetica. Un pezzo di materiale che è dotato di magnetismo si chiama magnete o calamita. Non tutti i metalli si magnetizzano. Si chiamano ferromagnetici i materiali che si magnetizzano molto bene, come il ferro. Si chiamano diamagnetici i

materiali che non si magnetizzano affatto come il rame e l'alluminio. Le proprietà magnetiche di alcuni materiali erano già note agli antichi greci, ai romani e ai cinesi: presso questi popoli infatti era conosciuta la capacità dell'ossido di ferro chiamato magnetite di attrarre limatura di ferro. Essi inoltre osservarono che una sbarretta di ferro a contatto con frammenti di magnetite si magnetizza, cioè diventa un magnete naturale: alle estremità si producono un polo nord e un polo sud magnetici. Poli simili si respingono, mentre poli diversi si attraggono. L'uso della bussola per la navigazione in Occidente e le prime

ricerche sul comportamento dell'ago magnetico risalgono pressoché al 1200, ma il primo studio organico dei fenomeni magnetici si trova nell'opera *De magnete* pubblicata nel 1600 dal fisico William Gilbert. Lo scienziato, utilizzando un ago magnetico e una calamita di forma sferica, osservò che la Terra stessa si comporta come un'enorme calamita e, attraverso una serie di esperimenti condotti con metodo scientifico, riuscì a sconfiggere le nozioni scorrette sul magnetismo fino ad allora ritenute valide. Nel 1750, il geologo John Michell inventò una bilancia con la quale mostrò che l'intensità della forza attrattiva o

repulsiva tra due poli magnetici è inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. Successivamente Charles-Augustin de Coulomb, a cui si deve la descrizione completa della forza tra cariche elettriche, verificò e sviluppò le osservazioni di Michell con grande precisione. A partire dalla fine del XVIII secolo le teorie dell'elettricità e del magnetismo furono portate avanti di pari passo. Nel 1819 Hans Christian Oersted osservò che un filo conduttore percorso da corrente elettrica esercita una forza su un ago magnetico posto nelle vicinanze. Questa scoperta, che portò un'ulteriore

prova della relazione tra elettricità e magnetismo, fu seguita dagli studi di André-Marie Ampère sulle forze agenti tra fili percorsi da corrente, e di Dominique-François-Jean Arago, che magnetizzò un pezzo di ferro semplicemente muovendolo in direzione di una corrente elettrica. Nel 1831 Michael Faraday scoprì che una variazione del campo magnetico che investe un conduttore può indurre in esso una corrente elettrica l'effetto contrario fu poi osservato da Oersted, il quale, sulla base dei suoi precedenti esperimenti, concluse che una corrente elettrica che circola in un filo conduttore genera a sua

volta un campo magnetico. A James Clerk Maxwell si deve la formulazione organica dell'elettromagnetismo sintetizzata nelle famose quattro equazioni che descrivono in modo correlato fenomeni elettrici e magnetici. Egli predisse inoltre l'esistenza delle onde elettromagnetiche e riconobbe la natura elettromagnetica della luce. Gli studi successivi furono volti a individuare le origini atomiche e molecolari delle proprietà magnetiche della materia. Nel 1905 Paul Langevin diffuse una teoria che giustificava la dipendenza delle proprietà magnetiche di alcune sostanze dalla temperatura. Questa teoria fu uno dei primi esempi di descrizione

di fenomeni macroscopici in termini di proprietà atomiche, e quindi microscopiche. In seguito la teoria di Langevin fu ampliata dal fisico francese Pierre-Ernest Weiss, che postulò l'esistenza di una sorta di campo magnetico "molecolare" per spiegare l'origine delle proprietà dei materiali dal comportamento simile a quello del ferro. Esistono diverse classificazioni dei materiali in base alle loro proprietà magnetiche. La classificazione che distingue le sostanze in diamagnetiche, paramagnetiche e ferromagnetiche è basata sulle diverse

reazioni dei materiali sottoposti all'azione di un campo magnetico esterno. Quando una

sostanza diamagnetica viene immersa in un campo magnetico, essa reagisce indebolendo il campo esterno con un piccolo momento magnetico diretto in verso opposto. Questo fenomeno è l'effetto macroscopico dell'induzione nel materiale di correnti elettriche atomiche, i cui singoli momenti magnetici hanno verso contrario al campo applicato. Sono molte le sostanze diamagnetiche: le più tipiche sono il bismuto

metallico e alcune molecole organiche come il benzene, la cui struttura ciclica favorisce l'instaurarsi di correnti indotte. Il comportamento paramagnetico riguarda materiali i cui atomi e le cui molecole sono

per loro natura dotati di un momento magnetico proprio. In presenza di un campo magnetico esterno, i singoli momenti magnetici atomici tendono ad allinearsi lungo la direzione del campo applicato, rinforzandolo. I materiali paramagnetici contengono solitamente metalli di

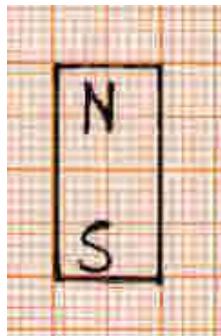
transizione o elementi delle terre rare, i cui atomi sono caratterizzati dalla presenza di elettroni spaiati. I fenomeni paramagnetici nei non-metalli dipendono generalmente dalla temperatura; più precisamente, l'intensità del momento magnetico indotto è inversamente proporzionale alla temperatura. Ad alte temperature infatti l'allineamento dei momenti magnetici

atomici della sostanza lungo la direzione del campo magnetico è ostacolato dal moto vibrazionale di agitazione termica degli atomi stessi. Una sostanza si dice ferromagnetica se è in grado di conservare

un momento magnetico anche una volta
rimosso il campo magnetizzante. Questo
effetto è il risultato di una forte interazione
tra i momenti magnetici atomici della
sostanza. I materiali ferromagnetici sono
divisi in piccole aree chiamate domini;
all'interno di ogni dominio i momenti
magnetici sono allineati in un'unica
direzione. In presenza di un campo
magnetico esterno i domini, che

normalmente hanno un'orientazione
casuale, si allineano secondo la direzione

del campo applicato, determinando la magnetizzazione del materiale. L'energia spesa per smagnetizzare il materiale ferromagnetico magnetizzato si manifesta in un ritardo nella risposta, detto isteresi. Al di sopra della cosiddetta temperatura di Curie, dal nome del fisico francese Pierre Curie che studiò il fenomeno nel 1895, i materiali ferromagnetici perdono le loro proprietà. Per il ferro metallico la temperatura di Curie è di circa 770 °C. Nei magneti distinguiamo un polo nord N e un polo sud S.



Non si può isolare il polo nord dal polo sud, ma per ogni polo N esiste un polo S.

Poli dello stesso nome si respingono; poli di nome contrario si attraggono.

Oggetti magnetizzati o fili percorsi da correnti elettriche interagiscono con forze di natura magnetica. Queste forze possono essere descritte mediante il concetto di campo magnetico e rappresentate graficamente con un insieme di linee di forza o di campo. L'andamento delle linee di forza di un campo magnetico dipende dalla forma geometrica e dalle caratteristiche del magnete o del sistema di fili conduttori percorsi da corrente che lo generano; nel

caso di un magnete a sbarra, ad esempio, esse emergono da una delle estremità, e poi si incurvano nello spazio circostante fino a raggiungere l'altra estremità e chiudersi all'interno della barra, dove sono vicine parallele. Alle estremità del magnete le linee di forza sono più fitte, il che corrisponde a una maggiore intensità del campo; sui lati invece il campo è più debole e quindi le linee sono più distanziate. Oltre che su materiali magnetici, il campo magnetico agisce su particelle cariche in moto. Quando una particella si muove attraverso un campo magnetico, è soggetta a una forza, detta forza di Lorentz, diretta perpendicolarmente sia alla direzione del

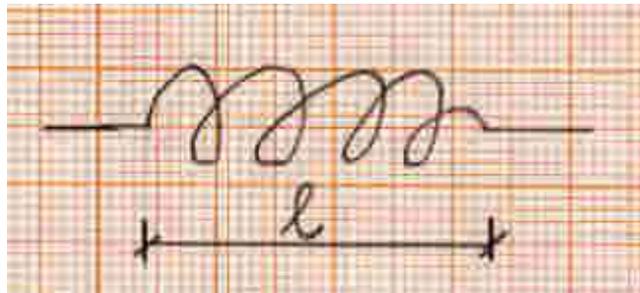
campo, che alla velocità della particella. Per l'azione della forza di Lorentz, la traiettoria di una particella carica all'interno di un campo magnetico viene incurvata e, in assenza di altre forze, risulta circolare. Questa proprietà viene sfruttata negli acceleratori di particelle e negli spettrometri di massa per controllare la traiettoria delle particelle cariche. In particolare, il magnetismo terrestre, o geomagnetismo, è la sezione della fisica terrestre che studia e descrive i fenomeni che riguardano il campo magnetico terrestre. Le forze prodotte da magneti in quiete, che sono alla base dei campi magnetostatici, sono oggetto della magnetostatica.

Lo studio del magnetismo in presenza di mezzi materiali si effettua introducendo il vettore B . Se la corrente è diretta verso l'alto il verso del campo magnetico è antiorario, cioè contrario alle lancette dell'orologio tradizionale.

Il tipo di magnetismo generato dalla corrente elettrica si dice elettromagnetismo.

Si chiama solenoide un lungo filo avvolto in modo da formare tante spire; il solenoide è detto anche bobina.

Per costruire un elettromagnete occorre un pezzo di ferro su cui avvolgiamo un certo numero di spire, cioè un solenoide.



Il campo magnetico, caratterizzato dal vettore induzione magnetica B , prodotto dalla corrente elettrica che percorre un circuito, dipende dall'intensità della corrente e dalla forma del circuito. Il valore di B può essere calcolato in generale attraverso la cosiddetta prima legge di Laplace. Questa legge assume una forma semplice nel caso di un filo conduttore rettilineo e in quello di un circuito avvolto a spira elicoidale (solenoidale) percorsi da una corrente elettrica di intensità i . Nel primo caso, la corrente genera un campo magnetico direttamente proporzionale all'intensità della corrente e inversamente proporzionale alla distanza R del punto considerato dal filo (legge di Biot Savart):

$B = \mu \cdot i / (2\pi \cdot R)$, in cui μ è una costante caratteristica del mezzo detta permeabilità magnetica. Le linee di induzione magnetica sono cerchi concentrici aventi i centri nel filo. Nel secondo caso, il campo magnetico è costante e direttamente proporzionale all'intensità della corrente e al numero n di spire per unità di lunghezza ($B = \mu n i$) e ha direzione parallela all'asse del solenoide. Le forze meccaniche (azioni elettrodinamiche) esercitate da un campo magnetico su un conduttore percorso da corrente immerso nel campo dipendono dal campo magnetico, dall'intensità della corrente, dalla forma del circuito e possono essere calcolate con la cosiddetta seconda legge di

Laplace, che in alcuni casi particolari assume una forma semplice.

Per esempio, su un conduttore rettilineo di lunghezza l , percorso da una corrente di intensità i , disposto perpendicolarmente alla direzione di un campo magnetico costante, agisce una forza di intensità $F=B*i*l$ e direzione ortogonale al conduttore e alle linee del campo. In seguito a recenti scoperte sulle origini atomiche delle proprietà magnetiche, sono state formulate altre classificazioni dei materiali. Si conoscono sostanze per le quali risulta energeticamente favorevole che i momenti magnetici si allineino in modo antiparallelo; queste sostanze sono quindi dette

antiferromagnetiche.

Al di sopra della temperatura di Néel, l'equivalente della temperatura di Curie, le proprietà antiferromagnetiche scompaiono. Sono stati osservati anche altri comportamenti dei momenti magnetici atomici. Le sostanze ferrimagnetiche hanno almeno due tipi diversi di momento magnetico atomico, l'uno antiparallelo all'altro. Questi momenti sono di intensità diversa e quindi non si annullano; il risultato è perciò un momento magnetico netto. Secondo questa classificazione la magnetite risulta un ferrimagnete, e non un ferromagnete; infatti sono presenti nel materiale due tipi di ioni di ferro, ciascuno con un momento magnetico diverso.

Sono stati osservati anche sistemi più complessi, in cui i momenti magnetici sono disposti a spirale. Gli studi condotti in questo campo hanno fornito importanti informazioni sulle interazioni tra momenti magnetici nei solidi. Negli ultimi cento anni il magnetismo ha trovato numerose applicazioni. L'elettrocalamita, ad esempio, è la base del motore elettrico e del trasformatore. In tempi più recenti, inoltre, lo sviluppo di nuovi materiali magnetici è stato importante per la rivoluzione prodotta dal computer. La memoria dei computer può essere fabbricata mediante domini a bolla. Questi domini sono piccole regioni che presentano una magnetizzazione parallela o antiparallela rispetto alla

magnetizzazione dell'intero materiale.

A seconda della sua direzione di magnetizzazione ogni bolla indica un 1 o uno 0, nel sistema binario usato nei computer. I materiali magnetici sono anche impiegati per la fabbricazione di nastri e dischi in cui vengono immagazzinati dati. In molte delle moderne tecnologie sono utilizzati grossi e potenti magneti. I treni a levitazione magnetica scorrono sulle rotaie per mezzo di forti magneti, evitando così il contatto e l'attrito tra ruote e rotaie dei treni convenzionali. Anche nella risonanza magnetica nucleare, un importante strumento diagnostico utilizzato in medicina, si usano forti campi magnetici. Inoltre, negli attuali acceleratori di particelle si usano magneti superconduttori per mantenere i fasci di particelle su orbite definite e ben focalizzate.