

DOMANDE DI TEORIA

1. Definire i vettori velocità e accelerazione istantanea per un generico moto curvilineo precisando come sono diretti rispetto la traiettoria

In un generico moto curvilineo la velocità, che è tangente alla traiettoria nell'istante considerato e diretta nel verso del movimento, è caratterizzata da due diverse componenti; una componente lungo l'asse delle x e una lungo l'asse delle y di modulo:

$$\begin{cases} v_x = -R \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt} \\ v_y = R \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt} \end{cases}$$

Anche l'accelerazione sarà caratterizzata da due diverse componenti che sono la componente normale e quella tangenziale:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{Rd\omega}{dt}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$$

2. Discutere il moto delle particelle mettendo in evidenza le approssimazioni usate

Nel momento in cui si discute il moto di una particella nella cinematica sono necessarie diverse approssimazioni; prima tra tutte è quella di considerare il corpo non come un ente esteso ma esclusivamente come un ente geometrico privo di dimensioni che gode però di una particolare proprietà nota come la massa. La seconda precisazione da fare è che per descrivere il moto di una particella è necessario un sistema di riferimento rispetto al quale fare le necessarie misurazioni; noi prendiamo in considerazione come riferimento la terna ortogonale destra.

3. Discutere il moto delle particelle soggetto al proprio peso in un fluido viscoso

Se si considera una particella che viene lasciata cadere con una velocità iniziale da una certa altezza verticalmente è possibile affermare che questa si muove secondo le leggi del moto rettilineo uniformemente decelerato. Nel momento in cui entra nel fluido viscoso subisce però un attrito dovuto all'interazione del corpo come le molecole del fluido stesso. Questo attrito fa ridurre l'accelerazione fino a renderla costante trasformando il moto in uniforme. Ci si aspetta dunque un valore limite della velocità espresso dalla seguente relazione che tiene conto di tutti i valori che la velocità può assumere:

$$v(t) = v_0 e^{-\frac{k\eta}{m}t} + v_l \left(1 - e^{-\frac{k\eta}{m}t}\right)$$

4. Discutere le caratteristiche del moto del pendolo semplice, trascurando gli attriti

Il pendolo semplice è un sistema fisico costituito da un punto materiale vincolato da una sbarra rigida (incomprimibile e inestensibile) e senza massa a rimanere ad una certa distanza da un punto fissato, e soggetto alla forza peso e alla reazione vincolare. Nello studio del moto di questo corpo si analizzano le forze che agiscono su di esso nelle componenti tangenziali e normali. Non conviene dunque usare le componenti cartesiane ma conviene invece usare quelle tangenti e normali e le coordinate curvilinee:

$$s = s(t) = \theta l$$

$$\begin{cases} F_t = ma_t \\ F_n = ma_n \end{cases}$$

$$\begin{cases} m \frac{dv}{dt} = -mg \sin \theta \\ m \frac{v^2}{l} = T - mg \cos \theta \end{cases}$$

Dalla prima equazione si ricava che:

$$\theta = \theta_0 \cos \Omega t$$

$$T = \frac{2\pi}{\Omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Mentre dalla seconda:

$$s = l\theta \cos \Omega t$$

$$v = \frac{ds}{dt} = -l\theta_0 \sin \Omega t$$

5. Definire una forza centrale e fare un esempio

Una forza è detta centrale se è costantemente diretta verso il centro ed il modulo della forza è funzione del raggio-vettore tra il punto di applicazione della forza e il centro. Se la forza è diretta dal punto verso il centro è detta attrattiva, altrimenti è detta repulsiva. Le forze centrali sono dette a simmetria sferica se il modulo della forza dipende unicamente dalla distanza tra il punto di applicazione e il centro O. Esempi di forze centrali sono: la forza gravitazionale, proporzionale a $1/r^2$, di verso opposto al vettore posizione (forza attrattiva); la forza elettrostatica, proporzionale a $1/r^2$; la forza elastica, nel caso di una molla ancorata nell'origine del sistema di riferimento, proporzionale a r , di verso opposto al vettore posizione (forza attrattiva).

6. Discutere le caratteristiche del moto di un punto materiale soggetto a forza centrale, chiarendo quali grandezze si conservano

In un campo di forze conservative il momento meccanico rispetto al polo O è ovunque nullo e dunque si conserva il momento angolare. Inoltre le forze centrali a simmetria sferica sono anche forze conservative.

7. Quando una forza si dice conservativa? Ci sono dei criteri per riconoscere che una data forza è conservativa o meno?

Una forza conservativa è una forza descritta da un campo vettoriale conservativo, ovvero la forza deve definire un campo vettoriale e il suo lavoro durante un certo tragitto non deve dipendere dal particolare cammino percorso ma solo dai punti di partenza e arrivo.

8. Discutere qualitativamente il moto di una particella soggetta a forza elastica e a una forza di attrito viscoso

9. Definire il centro di massa e discutere il tipo di moto che il centro di massa può avere se il sistema è sottoposto a sole forze interne

Definiamo centro di massa un punto geometrico, e quindi privo di massa, corrispondente al valor medio della distribuzione della massa del sistema nello spazio:

$$\vec{R}_{cm} = \frac{\sum_i^M m_i \vec{r}_i}{M}$$

10. Definire il momento angolare per un sistema di particelle, darne l'unità di misura e chiarire in quali casi risulta costante durante il moto stesso del sistema

Si definisce momento angolare, misurato in N*m*s:

$$L = \sum_i r_i \times m_i v_i$$

Il momento angolare risulta essere costante nel tempo se è nullo il momento delle forze esterne che agiscono su di esso in quanto il momento delle forze esterne si calcola come la derivata prima del momento angolare rispetto al tempo.

11. Nell'analisi di un processo d'urto si impone sempre la conservazione della quantità di moto. Si tratta di una condizione esatta o può contenere delle approssimazioni?

Se il sistema è isolato, cioè non ci sono forze interne, allora la quantità di moto è conservata, se invece il sistema non è isolato la quantità di moto varia, in virtù del teorema dell'impulso, noi abbiamo però sempre considerato la quantità di moto come un valore invariante effettuando così un'approssimazione. Questo perché le forze risultano essere non impulsive e, dato che vengono applicate per tempi infinitesimi, si generano degli impulsi infinitesimi e dunque una variazione infinitesima della quantità di moto: approssimando possiamo dunque dire che questa si conserva.

12. Definire un urto elastico e uno completamente anelastico, chiarendo quali equazioni si possono utilizzare per l'analisi dell'urto e se esse siano sufficienti a risolvere il problema date le condizioni iniziali

Si definisce urto elastico un urto che oltre a conservare la quantità di moto conserva anche l'energia cinetica. Un urto completamente anelastico invece conserva solo la quantità di moto e dunque si dissipa dell'energia che può essere calcolata come la variazione di energia cinetica. Date le condizioni iniziali della velocità di ambo le particelle e note le masse è possibile risolvere il problema e quindi andare a ricavare le velocità finali.

13. Definire il momento di inerzia, darne l'unità di misura e discutere un metodo per la sua determinazione sperimentale

Definiamo momento di inerzia la grandezza che misura l'inerzia del corpo al mutare della sua velocità rotazionale, una grandezza fisica utile per descrivere il comportamento dinamico dei corpi in rotazione attorno ad un asse:

$$I = \int_V r^2 dm = \int_V r^2 \rho dv$$

Essa si misura in Kg*m². Per determinare il momento d'inerzia sperimentalmente è efficace riferirsi al pendolo torsionale usando prima un corpo di cui si conosce di già I e ricavando quindi il momento inerzia di un secondo corpo.

14. Discutere le principali proprietà della forza gravitazionale. Enunciare le leggi di Keplero e dimostrare che la terza può essere dedotta assumendo che l'interazione pianeta-sole segua la legge di gravitazione universale nell'ipotesi di orbite circolari

La forza gravitazionale cioè una forza di attrazione agente fra corpi, la cui manifestazione più evidente nell'esperienza quotidiana è la forza peso, è una forza conservativa; in quanto tale rispetta la legge della conservazione dell'energia meccanica.

L'enunciato della prima legge di Keplero riguarda la forma delle orbite: *Le orbite descritte dai pianeti attorno al Sole sono ellissi di cui il sole occupa uno dei fuochi.*

La seconda legge di Keplero regola la velocità orbitale di un pianeta: essa non è costante, come in un moto circolare uniforme; la sua magnitudine è infatti determinata dalla sua posizione. L'enunciato della seconda legge è il seguente: *il raggio vettore che unisce il sole al pianeta orbitante descrive aree uguali in tempi uguali.* La terza e ultima legge di Keplero concerne il periodo impiegato da un pianeta a compiere un'orbita completa. Essa stabilisce che: *il rapporto tra il cubo del semiasse maggiore dell'orbita e il quadrato del periodo di rivoluzione è lo stesso per tutti i pianeti:*

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM_s}\right)R^3$$

Quest'ultima dunque può essere dedotta in questo modo:

$$m_p \frac{v^2}{R} = m_p R \omega^2 = G \frac{m_p m_s}{R^2}$$

$$\omega = \sqrt{G \frac{m_s}{R^3}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{G \frac{m_s}{R^3}}}$$

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM_s}\right)R^3$$

15. Discutere la forma assunta dalla seconda legge della dinamica in sistema di riferimenti con velocità angolare costante rispetto a un sistema inerziale

Se si vuole analizzare dinamicamente un corpo prendo in considerazione un sistema di riferimento con velocità angolare costante rispetto a un sistema inerziale è necessario introdurre due forze apparenti: la forza di Coriolis e la forza centripeta, dunque la forma assunta dalla seconda legge della dinamica sarà:

$$m\vec{a}' = \vec{F} + \vec{F}_c + \vec{F}_{cc} = m\vec{a} - m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}') - 2\vec{\omega} \times \vec{v}'$$

16. Discutere un esempio che dimostri che un laboratorio solidale con la terra è un sistema di riferimento non inerziale

Un esempio che si può prendere in considerazione è il pendolo di Foucault. Il pendolo di Foucault così chiamato in onore del fisico francese Jean Bernard Léon Foucault, fu concepito come esperimento per dimostrare la rotazione della Terra attraverso l'effetto della forza di Coriolis. Si tratta di un alto pendolo libero di oscillare in ogni direzione per molte ore. Il primo pendolo di Foucault fu presentato al pubblico nel 1851, ed era costituito da una sfera di 28 kg sospesa alla cupola del Pantheon di Parigi con un filo lungo 67 m. In un sistema inerziale, avrebbe tracciato linee sempre nella medesima direzione, ma così non fu. A ogni latitudine della Terra, tranne che lungo la linea dell'equatore, si osservò che il piano di oscillazione del pendolo ruotava lentamente. Al Polo Nord e al Polo Sud la rotazione avviene in un giorno siderale: il piano di oscillazione si mantiene fermo mentre la Terra ruota, in accordo con la legge del moto di Newton. Alle altre latitudini il piano di oscillazione ruota con un periodo R inversamente proporzionale al seno della latitudine stessa (α); a 45° la rotazione avviene ogni 1,4 giorni, a 30° ogni 2 giorni e così via. La rotazione avviene in senso orario nell'emisfero boreale e in senso antiorario nell'emisfero australe. Il concetto può essere difficile da comprendere a fondo, ma ha portato Foucault a ideare nel 1852 il giroscopio. L'asse del rotore del giroscopio segue sempre le stelle fisse; il suo asse

di rotazione appare ruotare sempre una volta al giorno a qualunque latitudine. Il pendolo di Foucault fu dunque importante poiché dimostrò l'esistenza della forza apparente di Coriolis.

17. Si definiscano i calori specifici a volume costante e pressione costante, dandone unità di misura e si determini il legame che sussiste tra essi nel caso di un gas ideale

Definiamo calore specifico molare la quantità di calore necessaria per aumentare di un grado una mole di sostanza a volume o pressione costante. Il calore specifico molare è misurato in J/mol*K. La relazione che sussiste tra queste due grandezza è nota come relazione di Mayer.

$$c_v = \left(\frac{1}{n} \frac{dQ}{dt} \right)_v$$

$$c_p = \left(\frac{1}{n} \frac{dQ}{dt} \right)_p$$

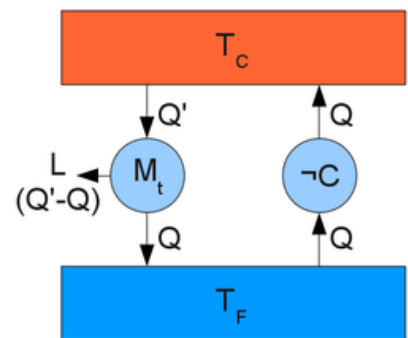
$$c_p = c_v + R$$

18. Si enunci il secondo principio nelle formulazioni di Clausius e Kelvin e se ne dimostri l'equivalenza

Il secondo principio della termodinamica nella formulazione di Clausius afferma che non è possibile realizzare un processo che abbia come unico risultato il trasferimento di una quantità di calore da un corpo più freddo a uno più caldo. L'enunciato di Kelvin invece afferma che non è possibile realizzare un processo il cui unico risultato sia la trasformazione in lavoro del calore fornito da una sorgente a temperatura uniforme.

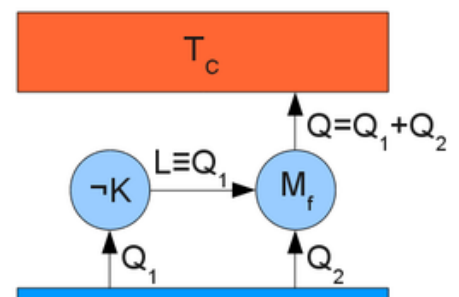
L'equivalenza dell'enunciato di Kelvin-Planck e di quello di Clausius si può mostrare tramite il seguente ragionamento per assurdo. Nel seguito per brevità e chiarezza indicheremo con *Kelvin* la proposizione corrispondente all'enunciato di Kelvin, con *non Kelvin* la sua negazione, con *Clausius* la proposizione corrispondente all'enunciato di Clausius e con *non Clausius* la sua negazione.

Iniziamo con Kelvin che implica Clausius: supponiamo per assurdo che l'enunciato di Clausius sia falso, ossia che esista una macchina frigorifera ciclica in grado di trasferire calore da una sorgente fredda ad una calda, senza apporto di lavoro esterno. Sia Q la quantità trasferita per ogni ciclo della macchina dalla sorgente fredda a quella calda. Possiamo allora far lavorare una macchina termica tra le due sorgenti, in modo tale che essa sottragga ad ogni ciclo una quantità di calore Q' dalla sorgente calda, trasferendo a quella fredda una quantità Q (uguale a quella precedentemente sottratta) e convertendo la differenza $Q' - Q$ in lavoro. La sorgente fredda allora non subisce alcun trasferimento netto di calore e pertanto il nostro sistema di macchine termiche sta estraendo calore, globalmente, dalla sola sorgente calda, producendo esclusivamente lavoro, in violazione della formulazione di Kelvin-Planck del secondo principio.



Schematizzazione di una macchina termica basata su una macchina anti-Clausius, che viola l'enunciato di Kelvin

Clausius implica Kelvin: Supponiamo ora di poter convertire integralmente il calore in lavoro, estratto per mezzo di una macchina ciclica da una sola sorgente S a temperatura costante. Sia L tale lavoro estratto in un ciclo. Allora possiamo prendere una seconda sorgente S' a temperatura più alta e far funzionare una macchina frigorifera tra le due sorgenti, che assorba ad ogni ciclo il lavoro L prodotto dall'altra



Schematizzazione di una macchina termica basata su una macchina anti-Kelvin, che viola l'enunciato di Clausius

macchina. Si ha così un trasferimento netto di calore dalla sorgente fredda S alla sorgente calda S' , in violazione dell'enunciato di Clausius.

19. Si formuli il secondo principio in termini di entropia

In un sistema isolato l'entropia è una funzione decrescente nel tempo e vale:

$$\frac{dS}{dt} \geq 0$$

20. Si dia l'espressione dell'entropia per un gas ideale

Per un gas ideale l'entropia vale:

$$\Delta S = \frac{Q_{rev}}{T}$$

21. Si formuli il primo principio chiarendo il significato delle grandezze che vi compaiono. Si dia dunque l'espressione dell'energia interna per un gas ideale

Il primo principio della termodinamica afferma che l'energia non si crea né si distrugge e può dunque solo essere convertita. Diretta conseguenza di ciò è la formulazione dell'espressione della variazione di energia interna che è uguale alla differenza tra il calore scambiato con l'ambiente e il lavoro in gioco nella trasformazione. Si definisce dunque calore una quantità di energia trasformata a seguito di una reazione trasferita tra due sistemi o tra due parti dello stesso sistema; tale concetto prese il posto del fluido calorifico, fluido che secondo i primi scienziati era presente in ogni corpo e rappresentava la quantità che veniva scambiata nel momento in cui due corpi aventi diverse temperature venivano a contatto. Si definisce invece lavoro l'energia scambiata tra due sistemi attraverso l'azione di una forza. Per un gas ideale l'espressione dell'energia interna è:

$$\Delta U = nc_v \Delta T$$

22. Si enunci il teorema di Carnot e si discutano qualitativamente le principali conseguenze

Il teorema di Carnot afferma che due macchine che operano tra le stesse temperature T_1 e T_2 hanno rendimento uguale e dunque non è possibile realizzare una macchina termica operante tra due sorgenti che abbia un rendimento maggiore di quello della Macchina di Carnot operante tra le stesse sorgenti. La principale conseguenza è la disuguaglianza di Clausius tale per cui un ciclo è reversibile se:

$$\oint \frac{Q_{rev}}{T} = 0$$

23. Si calcoli il rendimento di un ciclo di Carnot per un gas ideale effettuato tra due temperature T_1 e T_2 e si chiarisca l'importanza concettuale di questo rendimento

Il ciclo di Carnot è caratterizzato da 4 trasformazioni:

- Espansione esotermica reversibile alla temperatura T_2 :

$$Q_A = nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_A} = W_{AB}$$

- Espansione adiabatica reversibile:

$$W_{BC} = -\Delta U_{BC} = nc_v(T_2 - T_1)$$

- Compressione isoterma reversibile alla temperatura T_1 :

$$Q_C = nRT_1 \ln \frac{V_D}{V_C} = W_{CD}$$

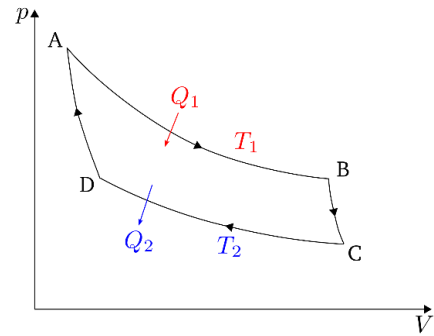
- Compressione adiabatica reversibile:

$$W_{DA} = -\Delta U_{DA} = nc_v(T_1 - T_2) = -W_{BC}$$

Il rendimento della macchina di Carnot dipende solo dalle temperature a cui avvengono gli scambi isotermi di calore ed è dunque:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Tale rendimento risulta essere particolarmente importante perché rappresenta il massimo rendimento che è possibile ottenere tramite una macchina reversibile.



24. Si definiscano i concetti di linea di forza e superficie equipotenziale per un generico campo

Si definisce linea di forza una linea tangente a qualsiasi campo in ogni suo punto. Queste linee servono generalmente per visualizzare il campo e hanno diverse proprietà come ad esempio non si incrociano mai poiché i campi sono definiti univocamente in ogni loro punto e inoltre risultano essere più fitte dove l'intensità del campo risulta essere maggiore. Si definiscono invece superfici equipotenziali superfici caratterizzate dallo stesso potenziale. Per un punto può passare una e una sola superficie equipotenziale e inoltre le linee di campo risultano essere sempre ortogonali a queste superfici.

25. Formulare la legge di Gauss per il campo elettrico e quello magnetico mettendone in evidenza il significato fisico e l'importanza concettuale e pratica, chiarendone gli eventuali limiti di validità

La legge di Gauss per un campo elettrico afferma che il flusso di un campo elettrico attraverso una superficie chiusa risulta essere uguale al rapporto tra la somma delle cariche interne alla superficie e ϵ_0 . Il flusso è quindi indipendente dalle dimensioni della superficie chiusa. Attraverso il teorema di Gauss è possibile calcolare l'intensità di altri campi elettrici, come quelli creati, per esempio, da distribuzioni di carica, lineari o piane, infinite ed omogenee.

Per il campo magnetico invece la legge di Gauss afferma che il flusso del campo magnetico attraverso una superficie chiusa risulta essere sempre nullo.

26. Si discuta il moto di una particella posta in un campo magnetico statico e uniforme

Una particella carica può trovarsi all'interno di un campo magnetico uniforme con:

- La velocità iniziale della particella è ortogonale al campo magnetico B in cui questa è immersa: la forza, anch'essa ortogonale a B , produce una variazione della direzione della velocità ancora ortogonale a B e quindi la velocità in qualsiasi istante successivo sta nel piano ortogonale a B individuato dalla velocità iniziale. Il moto della particella si svolge dunque in tale piano e la legge del moto è, ponendo $\sin \vartheta = 1$:

$$F = qvB = ma_n = m \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}$$

dove r è il raggio di curvatura. Essendo questo raggio costante la traiettoria è un arco di circonferenza di raggio r o una circonferenza completa, se la particella resta sempre nella regione in cui è definito B . Il moto lungo la traiettoria è circolare uniforme con velocità uguale a quella iniziale e velocità angolare:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$$

- La velocità iniziale della particella forma un qualsiasi angolo ϑ con il campo magnetico B in cui questa è immersa: la velocità della particella può dunque essere riscritta nelle sue due componenti, normale e parallela al campo B :

$$v_n = v \sin \vartheta$$

$$v_p = v \cos \vartheta$$

La forza magnetica che agisce sulla particella può dunque essere riscritta e, dato che $v_p \times B = 0$ in quanto sono vettori paralleli, è possibile mettere in evidenza anche la formula del raggio di curvatura:

$$F = qv \times B = q(v_n + v_p) \times B = qv_n \times B$$

$$r = \frac{mv_n}{qb} = \frac{mv \sin \vartheta}{qB}$$

La velocità angolare sarà sempre data dalla relazione, essendo indipendente dall'angolo:

$$\omega = -\frac{q}{m} B$$

Siccome lungo B non c'è forza, v_p resta costante e il moto proiettato nella direzione di B è rettilineo uniforme. La composizione del moto circolare uniforme in un piano ortogonale a B e del moto rettilineo uniforme lungo B dà luogo a un moto elicoidale uniforme avente come asse la direzione di B .

27. Definire il dipolo elettrico e discutere il campo generato da un dipolo e le azioni meccaniche che esso stabilisce quando sia immerso in un campo elettrico esterno

Si definisce dipolo elettrico un sistema composto da due cariche elettriche di uguale intensità ma verso opposto separate da una distanza costante nel tempo. Nel momento in cui un dipolo elettrico viene inserito all'interno di un campo elettrico esterno esso è soggetto a una coppia di forze che tenderanno a farlo ruotare fino a che non risulti essere parallelo al campo stesso: solo in questa posizione le forze si equilibrano completamente.

28. Si enunci la legge di Ampere mettendo in evidenza il significato fisico e gli eventuali limiti di validità

La legge di Ampere afferma che la circuitazione del campo magnetico è uguale al prodotto tra la somma delle correnti elettriche ad essa concatenate e la costante di permeabilità magnetica. La legge risulta fondamentale per calcolare il campo magnetico particolare ovvero uniforme e dotato di particolari simmetrie. La legge cade in presenza di correnti non stazionarie. Per questo è stata introdotta quella di ampere maxwell.

29. Definire la resistenza elettrica di un conduttore chiarendo l'unità di misura e la dipendenza dalla geometria del conduttore e da eventuali altre grandezze fisiche

La resistenza elettrica è una grandezza fisica scalare che misura la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di una corrente elettrica, quando sottoposto ad una tensione elettrica. Essa si misura in ohm. Questa opposizione dipende dal materiale con cui è realizzato, dalle sue dimensioni e dalla sua temperatura. La resistenza dipende inoltre dalla geometria del conduttore come suggerisce la seconda legge di Ohm (non è propriamente corretta chiamare la legge in tale modo): la resistenza è direttamente proporzionale alla

lunghezza del resistore e inversamente proporzionale alla sua superficie. Il coefficiente di proporzionalità è detta resistività.

30. Discutere l'effetto Hall e spiegare come sia possibile utilizzarlo per la misurazione di un campo magnetico

Se poniamo un conduttore percorso da corrente all'interno di un campo magnetico, questo sarà sottoposto alla forza di Lorentz; la struttura della formula della forza di Lorentz mostra che sulla carica dell'elettrone agisce una forza F non elettrostatica e pertanto possiamo definire il campo elettromotore, un campo elettrostatico di origine magnetica:

$$E_H = \frac{F}{e} = \vec{v}_d \times \vec{B} = \frac{j}{ne} \times B = v \times B$$

Questo campo elettromotore, noto anche come campo di Hall, provoca una deflessione nel moto delle cariche, aggiungendo una componente perpendicolare alla velocità di deriva, e di conseguenza tende ad accumulare cariche di segno opposto sulle facce ortogonali a questo stesso campo. Si creerà così una variazione di potenziale dovuta alla diversa distribuzione di cariche all'interno del conduttore. La presenza di questa variazione di potenziale all'interno di un conduttore percorso da corrente e soggetto a un campo magnetico prende il nome di effetto Hall. La differenza di potenziale può essere calcolata come l'integrale di linea del campo Hall:

$$\Delta V = \int E = vBa$$

$$v = \frac{j}{qN} = \frac{i}{qNab}$$

$$\Delta V = \frac{i}{qNab} Ba = \frac{i}{Nqb} B$$

Sfruttando l'effetto Hall è possibile misurare l'intensità del campo magnetico; dispositivi che utilizzano questo principio prendono il nome di sonde di hall. Inoltre tale effetto è stato estremamente importante per dimostrare che i portatori di carica sono gli elettroni.

31. Discutere le principali caratteristiche di un materiale ferromagnetico

I materiali ferromagnetici così come quelli paramagnetici sono costituiti da atomi che presentano momenti magnetici permanenti. Il ferromagnetismo è la proprietà di alcuni materiali di magnetizzarsi molto intensamente sotto l'azione di un campo magnetico esterno e di restare a lungo magnetizzati quando il campo si annulla, diventando così magneti. Questa proprietà si mantiene solo al di sotto di una certa temperatura, detta temperatura di Curie, al di sopra della quale il materiale si comporta come un materiale paramagnetico. Per il ferro, ad esempio, questa temperatura è di circa 770 °C. Nei materiali ferromagnetici la permeabilità magnetica relativa del materiale non è costante al variare dei campi, come invece avviene nei materiali diamagnetici e nei materiali paramagnetici: la relazione tra il campo di induzione magnetica ed il campo magnetico non è quindi lineare, e nemmeno univoca. Il metodo per trovare le relazioni tra questi vettori è un metodo grafico e la legge seguita dall'andamento del campo magnetico segue il ciclo di isteresi. Sono materiali ferromagnetici la magnetite, il ferro, il cobalto, il nichel, numerosi metalli di transizione e le loro rispettive leghe.

32. Discutere il fenomeno dell'induzione elettrostatica chiarendone la sua utilità pratica

L'induzione elettrostatica è un fenomeno tale per cui la carica elettrica all'interno di un oggetto viene ridistribuita a causa della presenza di un altro oggetto carico nelle vicinanze. A causa dell'induzione un oggetto elettricamente carico posto nelle vicinanze di un corpo conduttore neutro provoca il manifestarsi di carica su quest'ultimo, senza che avvenga contatto tra i due, poiché la distribuzione di carica che vi era inizialmente nell'oggetto neutro non è più uniforme. Un esempio di induzione elettrostatica si ha quanto si avvicina un

conduttore scarico ad uno carico e quindi introducendo il conduttore stesso in un campo elettrico esterno, il campo elettrostatico interno non sarebbe più nullo ma dipenderebbe da E , il campo esterno. Si ha perciò un movimento di elettroni che si spostano proprio per l'azione del campo elettrico esterno e si accumulano in una zona della superficie, lasciando sul resto della superficie stessa un eccesso di carica positiva; tra queste due zone si crea un campo elettrostatico indotto E_i , che contrasta il movimento degli elettroni. Si raggiunge l'equilibrio quando la somma tra il campo esterno e quello indotto è pari a 0 in tutto l'interno del conduttore. Si ha così una distribuzione di carica elettrica indotta. In totale però la carica elettrica del conduttore rimane la stessa perché la carica elettrica indotta è la somma algebrica dei due contributi uguali ed opposti. Allora questo fenomeno è fondamentale per creare uno "schermo elettrostatico" ovvero di limitare eventuali effetti di disturbo esterni dovuti alla fortuita presenza di cariche esterne a noi ignote. Questo tipo di struttura rende dunque possibile mascherare l'effetto interno da quello esterno e viceversa.

33. Discutere le principali differenza tra materiali dia e para magnetici

Sostanze diamagnetiche hanno permeabilità assoluta di poco superiore a quella del vuoto, mentre quelle paramagnetiche hanno con permeabilità assoluta di poco inferiore a quella del vuoto. Ci sono altre differenze, ben più importanti, che dipendono dal particolare fenomeno microscopico osservabile nei due materiali. Da questo possiamo dedurre che:

- il diamagnetismo non dipende dalla temperatura
- il diamagnetismo è comune a tutti i materiali con orbite chiuse (complete)
- il paramagnetismo dipende dalla temperatura (a t molto basse non è trascurabile il suo effetto)
- il paramagnetismo caratterizza orbite non complete ovvero con elettroni "spaiati"

34. Discutere il fenomeno di polarizzazione di un dielettrico

I dielettrici sono materiali elettricamente neutri che non contengono cariche elettriche libere. La polarizzazione di un dielettrico è la formazione di un dipolo orientato in modo tale da contrastare il campo elettrico esterno: tale dipolo è dato dalle deformazioni della struttura elettronica microscopica degli atomi attorno alla posizione di equilibrio, oppure dal loro orientamento. Questo rende possibile la distinzione di due tipi di polarizzazione: la polarizzazione per deformazione e la polarizzazione per orientamento:

- Polarizzazione per deformazione (sostanze apolari): gli elettroni possono deformare i propri orbitali spostando leggermente la propria posizione rispetto ai nuclei, formando un dipolo di piccolissima intensità per ogni atomo del materiale: la somma dei dipoli microscopici produce il dipolo totale del solido.
- Polarizzazione per orientamento (sostanze polari): molte molecole, in particolare quelle caratterizzate da una configurazione non simmetrica, sono dotate di un momento di dipolo intrinseco. Esso è dovuto sia al tipo di legame, sia all'asimmetria della molecola, ed è mediamente nullo dal momento che per un grande numero di molecole l'orientazione dei singoli dipoli è distribuita in maniera casuale. Se è presente un campo elettrico esterno, i momenti di dipolo si orientano parallelamente ad esso.

35. Dare le condizioni al contorno per i campi elettrici e magnetici per le superfici e di separazione tra due mezzi materiali