

**DOMANDE TERZA PROVA  
FISICA****TERMODINAMICA**

## DOMANDA 1

**Quale è la differenza tra calore specifico e calore latente? Quali sono le loro unità di misura? Fai almeno un esempio.**

Il *calore specifico* è il calore necessario per aumentare di 1 grado °C (o di 1 K) la temperatura di un kg di una determinata sostanza. Si misura in  $\frac{J}{kg \cdot K}$ . Cambia da sostanza a sostanza.

Ad esempio il calore specifico dell'acqua è di  $4186 \frac{J}{kg \cdot K}$ , il che significa che sono necessari 4186 J per alzare di 1 K la temperatura di 1 kg di acqua.

Il *calore latente* è riferito ai passaggi di stato e indica il calore necessario per fondere (*calore latente di fusione*) o vaporizzare (*calore latente di vaporizzazione*) 1 kg di una determinata sostanza.

Si misura in  $\frac{J}{kg}$ .

Ad esempio il calore latente di vaporizzazione dell'acqua è di  $2.2626 \cdot 10^6$  J, che significa che sono necessari  $2.2626 \cdot 10^6$  J per vaporizzare 1 kg di acqua.

-----

## DOMANDA 2

**Quali sono le ipotesi della teoria cinetica molecolare e quali i principali risultati della teoria?**

*Le ipotesi:*

- Le dimensioni delle molecole sono trascurabili rispetto al volume del recipiente che le contiene e quindi gli urti tra le molecole sono praticamente assenti.
- Il numero delle molecole è molto elevato e le molecole sono indistinguibili l'una dall'altra.
- Il moto delle molecole è determinato dalle leggi della meccanica newtoniana.
- Le direzioni del moto delle molecole sono equiprobabili.
- Gli urti con le pareti del recipiente sono perfettamente elastici.

*I risultati:*

Esiste un legame tra grandezze *macroscopiche* (come la pressione il volume e la temperatura) e le grandezze *microscopiche* del gas (la massa, la velocità, l'energia cinetica delle molecole).

L'energia cinetica media molecolare ( $E_{CM}$ ) è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta T.

$$E_{CM} = \frac{3}{2} K_B T$$

La costante  $K_B = \frac{R}{N_A}$ , dove R è la costante dei gas e  $N_A$  il numero di Avogadro, è detta costante di Boltzmann.

La pressione che un gas esercita sulle pareti del recipiente che lo contiene può essere interpretata come il risultato degli urti elastici delle molecole con le pareti del recipiente.

## DOMANDA 3

**Quali sono le modalità di trasmissione del calore?**

*La conduzione*

È la modalità di trasmissione del calore tipica dei corpi solidi. Avviene senza spostamento di materia. Le molecole del corpo vibrano e, oscillando, trasmettono l'energia alle molecole vicine. La conduzione dipende dalle caratteristiche atomiche del corpo, dal suo spessore e dalla differenza di temperatura tra due superfici del corpo, quella, ad esempio, a contatto con la fonte di calore e quella opposta.

*La convezione*

È la modalità di trasmissione del calore tipica dei fluidi, come l'acqua o l'aria. Avviene tramite *moti convettivi* di parti del fluido. La massa più calda meno densa si sposta verso l'alto e trasporta quindi calore, quella più fredda e più densa verso il basso.

*L'irraggiamento*

È una modalità di trasmissione del calore che avviene anche nel vuoto, attraverso la propagazione delle onde elettromagnetiche emesse ad esempio dal Sole.

-----

## DOMANDA 4

**Che cosa è l'energia interna di un gas perfetto? Da quali grandezze dipende?**

È una grandezza di stato che dipende solamente dalla temperatura del gas, (dallo stato termodinamico quindi del gas e non dalla particolare trasformazione termodinamica seguita).

La sua variazione è data da:  $\Delta U = n c_v \Delta T$ ; dove  $\Delta U$  indica la variazione dell'energia interna,  $c_v$  il calore molare a volume costante e  $\Delta T$  la variazione della temperatura assoluta.

L'energia interna rappresenta l'energia termica totale immagazzinata nel gas e, microscopicamente, è data dalla somma delle energie cinetiche di tutte le molecole del gas.

Per un gas monoatomico la relazione sopra scritta diventa:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T \text{ ovvero } C_V = \frac{3}{2} R$$

Per un gas biatomico

$$\Delta U = \frac{5}{2} n R \Delta T \text{ ovvero } C_V = \frac{5}{2} R$$

## DOMANDA 5

**Quali sono le principali differenze termodinamiche tra una trasformazione isocora (a volume costante) e una trasformazione isobara (a pressione costante)?**

In una trasformazione isocora, non variando il volume, il lavoro compiuto dal sistema è nullo.

In una trasformazione isobara il lavoro  $L$  (in Joule) è dato da:  $L=p\Delta V$  dove  $p$  rappresenta la pressione in Pa (Pascal) e  $\Delta V$  la variazione del volume (in  $m^3$ ).

Nella trasformazione isocora, poiché (a differenza della trasformazione isobara) tutto il calore assorbito dal sistema va ad aumentare la sua energia interna, il valore di  $c_v$  (*calore molare a volume costante*) è minore del valore di  $c_p$  (*calore molare a pressione costante*). Nella trasformazione isobara, infatti, una parte del calore assorbito, in base al primo principio della termodinamica,  $Q = L + \Delta U$  si trasforma in lavoro e non in energia interna del sistema.

In breve, per aumentare di uno stesso intervallo di temperatura due uguali masse di gas è necessario fornire più calore se il riscaldamento avviene a pressione costante piuttosto che a volume costante.

In una trasformazione isocora, non variando il volume, il lavoro compiuto dal sistema è nullo.

In una trasformazione isobara il lavoro  $L$  (in Joule) è dato da:  $L=p\Delta V$  dove  $p$  rappresenta la pressione in Pa (Pascal) e  $\Delta V$  la variazione del volume (in  $m^3$ ).

Nella trasformazione isocora, poiché (a differenza della trasformazione isobara) tutto il calore assorbito dal sistema va ad aumentare la sua energia interna, il valore di  $c_v$  (*calore molare a volume costante*) è minore del valore di  $c_p$  (*calore molare a pressione costante*). Nella trasformazione isobara, infatti, una parte del calore assorbito, in base al primo principio della termodinamica,  $Q = L + \Delta U$  si trasforma in lavoro e non in energia interna del sistema.

In breve, per aumentare di uno stesso intervallo di temperatura due uguali masse di gas è necessario fornire più calore se il riscaldamento avviene a pressione costante piuttosto che a volume costante.

-----

## DOMANDA 6

**Quali sono le principali differenze termodinamiche tra una trasformazione isoterma e una trasformazione adiabatica?**

In una trasformazione isoterma (a temperatura costante) non varia l'energia interna di un sistema (un gas), perché l'energia interna dipende solamente dalla temperatura assoluta del sistema ( $\Delta U = 0$ ). In una trasformazione adiabatica invece non viene scambiato calore con l'esterno perché il sistema è isolato termicamente ( $Q = 0$ ).

In base al primo principio della termodinamica,  $Q = L + \Delta U$ , in una trasformazione isoterma il calore assorbito (o ceduto) dal sistema è uguale quindi al lavoro compiuto (o subito) dal sistema:  $Q = L$ . In una trasformazione adiabatica, poiché  $Q = 0$ , ne segue dal primo principio  $L + \Delta U = 0$ , ovvero  $L = -\Delta U$ . Ciò significa che se il sistema compie lavoro ( $L > 0$ ) ne segue  $\Delta U < 0$ , ovvero diminuisce l'energia interna del sistema e quindi la sua temperatura.

Se invece viene compiuto lavoro sul sistema ( $L < 0$ ), allora  $\Delta U > 0$  e quindi aumenta la temperatura del sistema.

## DOMANDA 7

**Quali sono i passaggi di stato? Quali sono le loro caratteristiche?**

Nei passaggi di stato cambia lo stato di aggregazione del corpo: da solido a liquido e viceversa ( *fusione e solidificazione* ) da solido ad aeriforme e viceversa ( *sublimazione e brinamento* ), da liquido ad aeriforme e viceversa ( *vaporizzazione e liquefazione* ).

In tutti i passaggi di stato rimane costante la temperatura e il calore assorbito (calore latente) permette di rompere i legami molecolari durante i processi di fusione, vaporizzazione e sublimazione. Nei processi inversi è il sistema a cedere calore per il passaggio da uno stato di energia maggiore ad uno stato di energia minore.

Nei passaggi di stato cambia lo stato di aggregazione del corpo: da solido a liquido e viceversa ( *fusione e solidificazione* ) da solido ad aeriforme e viceversa ( *sublimazione e brinamento* ), da liquido ad aeriforme e viceversa ( *vaporizzazione e liquefazione* ).

In tutti i passaggi di stato rimane costante la temperatura e il calore assorbito (calore latente) permette di rompere i legami molecolari durante i processi di fusione, vaporizzazione e sublimazione. Nei processi inversi è il sistema a cedere calore per il passaggio da uno stato di energia maggiore ad uno stato di energia minore.

-----

## DOMANDA 8

**Quale è l'importanza dell'esperimento di Joule?**

L'esperimento di Joule dimostra che è possibile riscaldare un corpo, ovvero aumentare la sua energia interna, oltre che fornendo direttamente calore, anche compiendo lavoro meccanico sul corpo. Nell'esperimento di Joule l'acqua, posta in un calorimetro isolato termicamente dall'esterno, viene riscaldata dal movimento di una serie di palette messe in movimento a loro volta dalla caduta di alcuni pesi.

L'esperimento dimostra quindi che calore e lavoro sono equivalenti da un punto di vista energetico. In particolare l'esperimento di Joule permise storicamente di ricavare l'equivalente meccanico della caloria, l'unità di misura inizialmente usata per misurare il calore.

Si trova che occorrono 4186 J per aumentare di 1 K la temperatura di 1 kg di acqua (calore specifico dell'acqua).

## DOMANDA 9

**E' possibile che date due macchina termiche, una abbia maggiore potenza e l'altra maggior rendimento? Spiegare dettagliatamente.**

Sì, è possibile. Potenza e rendimento non sono tra loro legati.  
La potenza è il rapporto tra lavoro compiuto  $L$  e tempo impiegato  $\Delta t$ :

$$P = \frac{L}{\Delta t}$$

e si misura in  $\frac{J}{s} = W$  (Watt), mentre il rendimento è il rapporto tra il lavoro compiuto  $L$  e il calore assorbito  $Q$ :

$$R = \frac{L}{Q}$$

Una macchina termica può avere una potenza elevata (compiere una grande quantità di lavoro nell'unità di tempo) ed avere un basso rendimento, cioè trasformare in lavoro solamente una piccola parte del calore assorbito. Un'altra macchina termica, all'opposto, può avere una bassa potenza ma un'elevata efficienza, ovvero un rendimento elevato, ovvero trasformare in lavoro meccanico una maggiore percentuale del calore assorbito.

-----

## DOMANDA 10

**Che cosa è il ciclo di Carnot?**

È un ciclo ideale costituito da due trasformazioni isoterme e da due trasformazioni adiabatiche reversibili. Carnot dimostra che il rendimento di una macchina ideale reversibile che funzioni tra due temperature  $T_1$  e  $T_2$  con  $T_1 > T_2$ , e rappresentabile con un tale ciclo, è dato da

$$R_{ideale} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Il rendimento dipende quindi solamente dalle temperature di funzionamento della macchina e non dal particolare ciclo seguito.

Qualunque altra macchina reversibile, che funzioni tra le stesse temperature, deve avere quindi lo stesso rendimento. Il rendimento è sempre minore di 1, anche per una macchina termica ideale, ed è tanto maggiore quanto più piccolo è il rapporto  $\frac{T_1}{T_2}$

Qualunque macchina reale ha un rendimento minore rispetto ad una macchina di Carnot che lavori tra le stesse temperature.

## DOMANDA 11

**Quale è la definizione di rendimento di una macchina termica? Quale è il rendimento massimo di una macchina ideale di Carnot? E quello di una macchina reale?**

Il rendimento  $R$  di una macchina termica è il rapporto tra il lavoro  $L$  compiuto dalla macchina e il calore  $Q_1$ , assorbito dalla sorgente alla temperatura  $T_1$ . Poiché non tutto il calore assorbito viene trasformato in calore, (una parte di esso viene ceduto inevitabilmente all'ambiente come calore residuo  $Q_2$ , alla temperatura  $T_2$ , con  $T_2 < T_1$ ), il rendimento di qualunque macchina termica è minore di 1. In simboli:  $R = \frac{L}{Q_1} < 1$

Tutte le *macchine ideali*, funzionanti tra le stesse temperature  $T_1$  e  $T_2$ , hanno lo stesso rendimento  $R$ , dato da:  $R = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

Tutte le *macchine reali*, (funzionanti tra le stesse temperature), hanno un rendimento minore delle corrispondenti macchine ideali.

-----

## DOMANDA 12

**Enuncia e spiega il significato del primo principio della termodinamica**

La variazione  $\Delta U$  dell'energia interna di un sistema (per esempio di un gas) è uguale alla differenza tra il calore  $Q$  assorbito dal sistema e dal lavoro  $L$  compiuto dal sistema.

In simboli:  $\Delta U = Q - L$ .

Il primo principio della termodinamica esprime un *bilancio energetico* tra ciò che entra e ciò che esce (in termini energetici) dal sistema. Per convenzione, il lavoro è considerato positivo se *compiuto dal* sistema, negativo se *compiuto sul* sistema. Il calore è positivo se *assorbito dal* sistema, negativo se *ceduto dal* sistema all'ambiente esterno. Anche se il calore scambiato e il lavoro compiuto *dal* sistema (o *sul* sistema) dipendono dalla particolare trasformazione seguita, la variazione dell'energia interna dipende soltanto dallo stato iniziale e dallo stato finale del sistema. In un ciclo tale variazione è quindi nulla. Per questo motivo si dice che l'energia interna è una *funzione di stato*.

-----

## DOMANDA 13

**Enuncia e spiega il significato del secondo principio della termodinamica.**

Esistono due enunciati classici del secondo principio della termodinamica.

*Enunciato di Kelvin-Planck*: non è possibile realizzare una macchina termica il cui *unico risultato* sia quello di trasformare in energia meccanica il calore estratto da una sola sorgente. Le macchine termiche, infatti, oltre a produrre lavoro, cedono sempre una parte del calore assorbito all'ambiente esterno.

*Enunciato di Clausius*: non è possibile realizzare una macchina frigorifera il cui unico risultato sia quello di trasferire calore dalla sorgente più fredda a quella più calda. E' possibile trasferire calore da una sorgente più fredda ad una più calda, per esempio con un frigorifero, ma il funzionamento del frigorifero richiede lavoro fornito dall'esterno, generalmente sotto forma di energia elettrica.

## ELETTROMAGNETISMO

## DOMANDA 14

**Definire la relazione tra il campo elettrico e le linee di campo**

Il campo elettrico si definisce come la forza elettrica che agisce sulla carica unitaria, posta in un determinato punto dello spazio. In formule:  $\mathbf{E} = \mathbf{F}/q$ , con  $\mathbf{E}$  rappresentato da un vettore, che si misura in Newton su Coulomb (N/C), che ha la stessa direzione della forza elettrica, verso concorde ( $q > 0$ ) o discorde ( $q < 0$ ) con essa e modulo proporzionale a  $\mathbf{F}$ . L'esplorazione del campo elettrico deve essere condotta attraverso una carica di prova, positiva, piccola quanto basta per non perturbare la zona di spazio nella quale è introdotta. Le linee di campo sono lo strumento grafico che consente di descrivere le caratteristiche del campo stesso e rappresentano l'insieme delle possibili traiettorie che una carica di prova, inizialmente in quiete, può percorrere quando viene lasciata libera di muoversi nello spazio in cui è presente un campo elettrico; il vettore campo elettrico in un punto è sempre tangente alla linea di campo che passa per quel punto, dunque le linee di campo elettrico non possono mai intersecarsi.

-----

## DOMANDA 15

**Come si definisce la differenza di potenziale elettrico?**

Osserviamo in due istanti di tempo successivi (non necessariamente ravvicinati) la posizione di una carica di prova, che si trova in una zona di spazio sede di campo elettrico: nel primo istante la troviamo in un punto A, nel secondo istante la troviamo in un punto B, diverso da A. La carica può essere andata da A a B sotto l'azione del campo elettrico, e in questo caso ha aumentato la sua energia cinetica, oppure potrebbe aver fatto il suo percorso grazie all'azione di una forza che ha agito contro le forze del campo, e in questo secondo caso la carica avrebbe acquisito energia potenziale. Non importa quale percorso abbia fatto la carica: la variazione di energia cinetica è pari alla variazione di energia potenziale e dipende da quanto ha 'lavorato' la forza responsabile dello spostamento da A a B. Se misuriamo questo lavoro e lo dividiamo per il valore della carica, abbiamo definito la *differenza di potenziale*.

-----

## DOMANDA 16

**Quale relazione c'è tra il potenziale elettrico e il moto delle cariche?**

Il potenziale elettrico è un numero che possiamo associare a ogni punto P del campo elettrico, e si definisce come il lavoro necessario per trasportare una carica *unitaria* dai confini del campo al punto P.

Una carica positiva, libera di muoversi, tende a spostarsi con moto accelerato verso zone con potenziale più basso, che corrispondono a valori di energia potenziale minore. Una carica negativa tende invece a spostarsi verso zone con valori di potenziale più alto. Ciò che determina la possibilità di movimento non è il valore assoluto del potenziale, ma la differenza dei valori del potenziale nei punti vicini alla posizione della carica. Una carica si può trovare in un punto con potenziale diverso da zero, e rimanere in quiete, purché i punti circostanti abbiano tutti un potenziale più alto, mentre può essere fortemente accelerata, trovandosi in un punto in cui il potenziale vale zero, ma dove la curva che descrive il potenziale ha un profilo molto 'ripido'.

## DOMANDA 17

**Come si determina il campo elettrico all'interno di un condensatore piano?**

Il campo elettrico è, con buona approssimazione, uniforme nello spazio compreso fra le armature e nullo al di fuori. Si racchiude una delle armature con una superficie chiusa a forma di parallelepipedo, considerando che la faccia del parallelepipedo interna al condensatore è l'unica attraversata dal flusso di campo elettrico. Si ha:  $\Phi_E = E \cdot A$ , dove  $E$  è l'intensità di campo elettrico e  $A$  è l'area della faccia del parallelepipedo, pari all'area di una armatura.

Per il teorema di Gauss:  $\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$

si uguagliano le due espressioni del flusso e si trova  $E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{A}$ .

-----

## DOMANDA 18

**Abbiamo due resistori,  $R_1$  e  $R_2$ : li connettiamo in un primo tempo in serie e in un secondo tempo in parallelo. Come cambia la resistenza equivalente, e perché?**

La resistenza equivalente nel primo caso è maggiore del valore massimo tra le due resistenze, nel secondo caso è minore del valore della resistenza più piccola fra le due. Se colleghiamo le resistenze a un generatore  $V$ , nel circuito così formato scorrerà una corrente  $I$ , che dipende dalla resistenza totale  $R$ . Chiamiamo:  $V_1$  e  $V_2$  le d.d.p. ai capi, rispettivamente di  $R_1$  e  $R_2$ ;  $I_1$  e  $I_2$  le correnti che circolano in ciascuna delle due resistenze.

Per le resistenze in serie vale:  $I_1 = I_2 = I$  e  $V = V_1 + V_2$ .

Da cui si ricava:  $RI = R_1 I + R_2 I \rightarrow R = R_1 + R_2$ .

Per le resistenze in parallelo vale:  $V_1 = V_2 = V$  e  $I = I_1 + I_2$ .

Da cui si ricava  $\frac{V}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}$  e  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ .

-----

## DOMANDA 19

**Quali sono gli effetti di un campo magnetico su un filo conduttore percorso da corrente?**

Il campo esercita sul filo conduttore una forza  $\mathbf{F}$  che dipende dall'intensità del campo  $\mathbf{B}$ , dall'intensità della corrente  $\mathbf{i}$ , dalla lunghezza del filo  $l$  e dalla posizione del filo rispetto alle linee di campo. La forza è sempre perpendicolare al piano individuato dal vettore  $\mathbf{B}$  e dal filo percorso dalla corrente, il suo verso si individua con la regola 'della mano destra', il suo modulo è dato dal prodotto  $F = i l B \sin \alpha$ , dove  $\alpha$  è l'angolo tra il vettore  $\mathbf{B}$  e la direzione individuata dal filo conduttore. Se filo e vettore  $\mathbf{B}$  sono perpendicolari la forza è massima, se invece il filo è parallelo al vettore di campo la forza è nulla.

## DOMANDA 20

**Che cosa dice il Teorema di Ampère per il campo magnetico?**

Il teorema di Ampère afferma che  $\Gamma_B = \mu_0 i$ , dove  $\Gamma$  è la circuitazione del vettore  $\mathbf{B}$  lungo un qualsiasi cammino chiuso concatenato con la corrente  $i$  (*percorso di circuitazione*) e  $\mu_0$  è la permeabilità magnetica nel vuoto. Esprime il fatto che il campo in generale non è conservativo e definisce un legame tra il campo magnetico e le sue sorgenti macroscopiche, cioè le correnti elettriche.

Attraverso il teorema di Ampère possiamo trovare l'intensità di campo magnetico a una distanza  $r$  da un filo percorso da corrente: a) scegliamo come percorso di circuitazione una circonferenza di raggio  $r$  concentrica al filo; b) suddividiamo la circonferenza in tanti spostamenti infinitesimi  $d\mathbf{l}$ , tangenti al percorso di circuitazione; c) eseguiamo il prodotto scalare fra ogni  $d\mathbf{l}$  e il vettore  $\mathbf{B}$  nello stesso punto della circonferenza e sommiamo tutti i prodotti; d) raccogliamo  $\mathbf{B}$  a fattor comune; e) sommiamo fra loro gli spostamenti infinitesimi (la somma di tutti i  $d\mathbf{l}$  dà la lunghezza della circonferenza). Troviamo:  $\Gamma_B = 2\pi r B$ . Ma  $\Gamma_B = \mu_0 i$ , dunque  $B = \mu_0 i / 2\pi r$ .

-----

## DOMANDA 21

**Che cosa è e come funziona il motore elettrico a corrente continua?**

Il motore elettrico a c.c. è un 'attuatore', cioè un dispositivo che trasforma l'energia elettrica in energia meccanica. Nella forma più semplice si può realizzare con una spira conduttrice percorsa da corrente, immersa in un campo magnetico. La spira è vincolata a ruotare attorno a un suo asse di simmetria, perpendicolare alle linee di campo. Le forze magnetiche generano un momento torcente, che tende a far ruotare la spira fino a portarla in una posizione di equilibrio, con il proprio piano perpendicolare alle linee di campo. Quando la spira oltrepassa, per inerzia, la posizione di equilibrio, si deve invertire il verso della corrente, per far proseguire la rotazione nello stesso verso. Perciò la spira deve essere collegata al generatore di corrente con contatti striscianti, che consentano di invertire la polarità della corrente ogni volta che la spira completa una rotazione di  $180^\circ$ .

-----

## DOMANDA 22

**Qual è il comportamento dei materiali ferromagnetici?**

Il materiale ferromagnetico rafforza in modo consistente un campo magnetico esterno: se si introduce una sbarra di ferro in un solenoide percorso da corrente, il campo diventa  $B \gg B_0$ , con  $B_0$  campo magnetico nel vuoto. Inoltre, una volta magnetizzato, il materiale diventa a sua volta un magnete (magnetizzazione permanente); per riportare a zero la magnetizzazione del materiale si deve invertire il campo esterno. Una rappresentazione grafica dell'interazione del materiale ferromagnetico con il campo magnetico esterno è data dal ciclo istèresi magnetica, che dà conto della *non linearità* della dipendenza tra campo  $B$  interno e campo esterno  $B_0$ , poiché la permeabilità magnetica relativa  $\mu_r$  varia con l'intensità del campo stesso, e della *magnetizzazione residua*, che permane nel materiale anche quando  $B_0$  è riportato a zero. I materiali perdono le proprietà ferromagnetiche al di sopra della temperatura di Curie, caratteristica di ogni materiale.

## DOMANDA 23

**Descrivere il fenomeno dell'autoinduzione.**

Il fenomeno dell'*autoinduzione* è analogo al fenomeno della mutua induzione, ma si verifica quando la corrente indotta e la variazione della corrente che la genera circolano entrambe nel medesimo circuito. Conviene prendere come esempio un circuito formato da una pila, un solenoide e un interruttore. Le condizioni iniziali sono: circuito aperto, corrente nulla, campo magnetico nel solenoide nullo. Nell'istante in cui l'interruttore viene chiuso, nel circuito inizia a circolare una corrente e il solenoide genera un campo magnetico, concatenato con il solenoide stesso. La variazione di corrente  $\Delta i$  e la variazione del campo magnetico  $\Delta \Theta$  sono tra loro direttamente proporzionali e la costante di proporzionalità dipende dalle caratteristiche del solenoide:  $\frac{\Delta \Phi}{\Delta i} = L$  con  $L$ , coefficiente di autoinduzione o *induttanza* del circuito, misurato, come il coefficiente di mutua induzione, in henry (H). Dalla legge di Faraday - Neumann - Lenz si ricava la f.e.m autoindotta:  $f. e. m. = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$

La f.e.m si oppone sempre alla causa che l'ha generata.

-----

## DOMANDA 24

**Quali sono le analogie e differenze essenziali tra il campo gravitazionale e il campo elettrico?***Analogie:*

- entrambi i campi diminuiscono con il quadrato delle distanze tra i corpi tra i quali agiscono (rispettivamente masse per il campo gravitazionale e cariche per il campo elettrico);
- la direzione di entrambi i campi coincide con la retta congiungente i due corpi;
- entrambi i campi sono *conservativi*, ossia le forze di entrambi i campi compiono lavoro nullo su un percorso chiuso (da questo fatto nasce la possibilità di definire una energia potenziale, gravitazionale ed elettrica).

*Differenze:*

- il campo elettrico agisce solamente tra corpi carichi elettricamente, il campo gravitazionale agisce su tutti i corpi;
- il campo gravitazionale ha sempre lo stesso verso *entrante*, ossia diretto verso il corpo sorgente del campo, mentre il verso del campo elettrico dipende dal segno della carica sorgente e, secondo la comune convenzione adottata, può essere *entrante* (carica negativa) o *uscente* (carica positiva);
- il campo elettrico è molto più intenso del campo gravitazionale e risente del mezzo in cui sono poste le cariche. Il campo gravitazionale è più debole, ma non dipende dal mezzo.

## DOMANDA 25

**Enuncia il teorema di Gauss per il campo elettrico, chiarendone il significato e accennando alle sue applicazioni**

Per il teorema di Gauss il flusso del campo elettrico attraverso una superficie chiusa è uguale alla somma algebrica delle cariche contenute all'interno della superficie divisa per la costante dielettrica del mezzo in cui si trovano le cariche.

Il flusso è quindi *indipendente* dalle dimensioni della superficie chiusa. Il teorema di Gauss traduce in una equazione, semplice e concisa, la dipendenza del campo dall'inverso del quadrato della distanza dalla carica o dalle cariche sorgenti del campo e collega il campo elettrico alle sue sorgenti, le cariche. In questo senso è equivalente alla legge di Coulomb.

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.

-----

## DOMANDA 26

**Come si calcola la capacità di un conduttore?**

Per un dato conduttore carico elettricamente è costante il rapporto tra la carica  $Q$  presente sulla sua superficie e il suo potenziale elettrico  $V$ . A questo rapporto viene dato il nome di *capacità elettrica* del conduttore ( $C$ ):  $C = \frac{Q}{V}$ .

La capacità di un conduttore dipende soltanto dalle caratteristiche geometriche del conduttore e non dalla carica presente su di esso.

L'unità di misura della capacità è il farad ( $F$ ).

$$1F = \frac{1C}{1V} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}}$$

La capacità elettrica ha un significato analogo a quello della capacità termica.

Un conduttore ha grande capacità elettrica se quando viene caricato con una grande quantità di carica elettrica subisce un relativo 'piccolo' aumento del suo potenziale elettrico. Similmente, un corpo ha grande capacità termica se subisce un 'piccolo' aumento di temperatura in presenza di una grande quantità di calore assorbito.

-----

## DOMANDA 27

**Quale è la definizione di ampere, unità di misura dell'intensità di corrente?**

La definizione fa riferimento a un effetto magnetico della corrente scoperto dal fisico francese André-Marie Ampère.

Due fili rettilinei, paralleli, di lunghezza infinita (in pratica molto più lunghi della distanza che li separa) sono attraversati da un corrente di intensità pari a 1 A se, posti a una distanza di 1 m, ogni tratto di filo della lunghezza di 1 m risente di una forza di  $2 \times 10^{-7}$  N. L'unità di misura fondamentale in campo elettrico non è quindi il coulomb (C) ma l'ampère (A).

$1 C = 1 A \times 1 s$ . La carica di 1 C corrisponde alla carica che attraversa un conduttore, percorso da una corrente di intensità di 1 A, in 1 s.

## DOMANDA 28

**Enuncia la prima e la seconda legge di Ohm**

*1ª legge di Ohm:* per un conduttore metallico è costante il rapporto tra la differenza di potenziale  $\Delta V$  esistente tra i suoi estremi e la corrente  $I$  che circola in esso. La costante di proporzionalità  $R$  è detta *resistenza* del conduttore:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

La sua unità di misura è detta ohm (W).

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

*2ª legge di Ohm:* la resistenza elettrica di un conduttore è direttamente proporzionale alla lunghezza  $L$  del conduttore, a una costante  $\rho$  caratteristica del materiale, detta *resistività del materiale*, e inversamente proporzionale alla sezione  $S$  del conduttore.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

L'unità di misura della resistività è l'ohm×metro ( $\Omega \times m$ ).

Le leggi di Ohm valgono solamente per alcuni tipi di conduttori, detti appunto *conduttori ohmici*.

-----

## DOMANDA 29

**Definisci la potenza elettrica**

Se in un conduttore, ai cui capi esiste una differenza di potenziale  $V$ , scorre una corrente di intensità  $I$  (costante), il conduttore assorbe una potenza elettrica  $P$  pari a:

$$P = V \times I.$$

L'unità di misura della potenza è il Watt (W):

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}; \quad 1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}; \quad 1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}.$$

Il consumo di energia elettrica viene spesso misurato dalle aziende elettriche in kilowattora (kWh).

1 kWh equivale all'energia assorbita in un'ora da un utilizzatore della potenza di 1 kW.

$$1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 1.000 \text{ W} \times 3.600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}.$$

## DOMANDA 30

**Cos'è l'effetto Joule?**

Un conduttore metallico di resistenza  $R$  percorso da una corrente di intensità  $I$ , per un tempo  $\Delta t$ , sviluppa una quantità di calore  $Q$  pari a:  $Q = R \times I^2 \times \Delta t$ . Questo fenomeno prende il nome dal suo scopritore James Joule ed è causato dagli urti degli elettroni di conduzione con gli ioni del reticolo cristallino del metallo. Gli elettroni cedono una parte della loro energia cinetica agli atomi del metallo e ciò provoca l'aumento della temperatura del metallo.

-----

## DOMANDA 31

**Dai una breve descrizione dell'esperienza di Oersted e spiega la sua importanza**

Un conduttore attraversato da una corrente elettrica genera nelle sue vicinanze un campo magnetico. Ciò si evidenzia dalla rotazione di un ago magnetico posto accanto al conduttore: se questo è posizionato lungo la direzione nord-sud, l'ago inizialmente è parallelo al filo; se il circuito è percorso da corrente l'ago ruota e, se la corrente è sufficientemente forte, si pone in posizione perpendicolare al filo stesso. Invertendo il verso della corrente si inverte anche il movimento di rotazione dell'ago. Le *linee di campo* sono circonferenze concentriche i cui centri appartengono al filo percorso dalla corrente. Con questo esperimento storico, eseguito nel 1820, Hans Christian Oersted mise in evidenza le relazioni tra elettricità e magnetismo fino ad allora considerati fenomeni distinti.

-----

## DOMANDA 32

**Che cosa è la forza di Lorentz? Da quali grandezze dipende?**

È la forza che agisce su cariche elettriche in moto in campi magnetici. La forza è direttamente proporzionale alla carica  $q$ , alla sua velocità  $v$ , all'intensità del campo magnetico  $B$  e all'angolo  $\alpha$  formato dalla direzione della velocità e dalla direzione del campo magnetico:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

in modulo:

$$F = qvB \sin \alpha$$

Il verso della forza si trova con la cosiddetta regola della mano destra. Se con il pollice si indica il verso di  $v$ , con l'indice il verso di  $B$  il medio, aperto perpendicolarmente alle altre due dita, indica il verso della forza. Si noti che se la velocità della carica è parallela alle linee del campo, la forza è nulla ( $\sin 0^\circ = 0$ ).

## DOMANDA 33

**Quale traiettoria descrive una carica elettrica in moto in un campo magnetico?**

La traiettoria descritta dalla carica dipende dal segno della carica e dall'angolo che la velocità della carica forma con la direzione del campo. Possiamo distinguere 3 casi:

Se l'angolo è uguale a 0 la carica continua indisturbata il suo moto perché la forza di Lorentz (vedi quesito 9) è nulla.

Se l'angolo è di 90° la forza di Lorentz si comporta come una forza centripeta. La traiettoria descritta dalla carica  $q$ , di massa  $m$ , in moto con velocità in modulo uguale a  $v$ , in un campo magnetico di intensità  $B$ , è una circonferenza di raggio:  $R = \frac{mv}{qB}$ .

Nel caso  $0 < \alpha < 90^\circ$  la traiettoria della carica è una spirale dovuta alla composizione di un moto circolare (dovuto alla componente della velocità perpendicolare al campo) e di un moto rettilineo uniforme (dovuto alla componente della velocità parallela al campo).

-----

## DOMANDA 34

**Enuncia la legge di Faraday-Neumann chiarendone l'importanza e accennando alle sue applicazioni.**

La legge di Faraday-Neumann, afferma che si induce una forza elettromotrice (f.e.m), e quindi una corrente (*corrente indotta*), in un circuito elettrico, ogni volta che varia il *flusso del campo magnetico* concatenato al circuito stesso. La f.e.m cresce con la velocità di variazione del flusso:

$$f. e. m. = - \frac{\Delta \Theta_B}{\Delta t}$$

Il simbolo al numeratore rappresenta la variazione del flusso magnetico nel tempo  $\Delta t$ .

Il flusso dipende dall'intensità del campo  $B$ , dalla superficie  $S$  e dall'angolo  $\alpha$  tra la normale alla superficie e il campo:  $\Theta = BS \cos \alpha$ .

La variazione del flusso può essere dovuta alla variazione dell'intensità del campo o alla variazione della superficie del circuito attraversata dalle linee del campo magnetico. È sulla base di questa legge che funzionano tutte le centrali elettriche che trasformano energia meccanica, termica o nucleare in energia elettrica.

-----

## DOMANDA 35

**Descrivi schematicamente le relazioni tra campi elettrici e magnetici variabili.**

La variazione di un campo magnetico genera un campo elettrico indotto e la variazione di un campo elettrico genera un campo magnetico indotto. Campo elettrico e campo magnetico fanno parte quindi di un'unica entità definita *campo elettromagnetico*. Le relazioni matematiche tra le variazioni dei due campi sono date dalla terza e dalla quarta equazione di Maxwell. Le esperienze storiche che hanno messo in evidenza tali relazioni sono state condotte da Oersted sul campo magnetico creato da una corrente, ossia da un campo elettrico variabile, e da Faraday sull'induzione elettromagnetica (campo elettrico creato da campo magnetico variabile).