Appunti Fisica

Nicola Ferru

Indice

Elenco delle tabelle

Elenco delle figure

0.1 Premesse...

In questo repository sono disponibili pure le dimostrazioni grafiche realizzate con *Geogebra* consiglio a tutti di dargli un occhiata e di stare attenti perché possono essere presenti delle modifiche per migliorare il contenuto degli stessi appunti, comunque solitamente vengono fatte revisioni tre/quattro volte alla settimana perché sono in piena fase di sviluppo. Ricordo a tutti che questo è un progetto volontario e che per questo motivo ci potrebbero essere dei rallentamenti per cause di ordine superiore e quindi potrebbero esserci meno modifiche del solito oppure potrebbero esserci degli errori, chiedo la cortesia a voi lettori di contattarmi per apportare una modifica.

Cordiali saluti

0.2 Simboli

$\in$ Appartiene

$\notin$ Non appartiene

$\exists$ Esiste

$\exists!$ Esiste unico

$\subset$ Contenuto strettamente

$\subseteq$ Contenuto

$\supset$ Contenuto strettamente

$\supseteq$ Contiene

$\Rightarrow$ Implica

$\Longleftrightarrow$ Se e solo se

$\neq$ Diverso

$\forall$ Per ogni

$\ni$: Tale che

$\leq$ Minore o uguale

$\geq$ Maggiore o uguale

α alfa

β beta

γ gamma

Γ Gamma

δ, Δ delta

ϵ epsilon

σ, Σ sigma

ρ rho

Parte I

fisica 1

Capitolo 1

Grandezze fisiche e unità di misura

In fisica, una grandezza è la proprietà di un fenomeno, corpo o sostanza, che può essere espressa quantitativamente mediante un numero e un riferimento (ovvero che può essere misurata quantitativamente). by Wikipedia

Grandezza	Nome	Simbolo
Tempo	secondo	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Quantità di materiale	mole	mol
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Corrente elettrica	ampere	A
Intensità luminosa	candela	cd

Tabella 1.1: Unità fondamentali del sistema internazionale

Per una questione di comodità di lettura esistono i multipli delle unità di misura e vengono indicati con dei prefissi che consente di risurre il numero di cifre, rendere più veloce la lettura e la scrittura.

Fattore	Prefisso	Simbolo	Fattore	Prefisso	Simbolo
10^{18}	exa-	E	10^{-1}	deci-	d
10^{15}	peta-	P	10^{-2}	centi-	c
10^{12}	tera-	T	10^{-3}	milli-	m
10^{9}	giga-	G	10^{-6}	micro-	μ
10^{6}	mega-	M	10^{-9}	nano-	n
10^{3}	kilo-	k	10^{-12}	pico-	p
10^{2}	etto-	h	10^{-15}	femto-	f
10^{1}	deca-	da	10^{-18}	atto-	a

Tabella 1.2: Prefissi per le unità SI[a]

1.1 Sistema internazionale delle unità di misura

l sistema internazionale di unità di misura (in francese: *Système international d'unités*), abbreviato in S.I. (pronunciato esse-i), è il più diffuso sistema di unità di misura. Nei paesi anglosassoni sono ancora impiegate delle unità consuetudinarie, un esempio sono quelle statunitensi. La difficoltà culturale nel passaggio della popolazione da un sistema all'altro è essenzialmente legato a radici storiche. Il sistema internazionale impiega per la maggior parte unità del sistema metrico decimale nate nel contesto della rivoluzione francese: le unità S.I. hanno gli stessi nomi e praticamente la stessa grandezza pratica delle unità metriche. Il sistema è un sistema tempo-lunghezza massa che è stato inizialmente chiamato Sistema MKS, per distinguerlo dal similare Sistema CGS. Le sue unità di misura erano infatti metro, chilogrammo e secondo invece che centimetro, grammo, secondo. By Wikipedia

Capitolo 2

I moti

2.1 Moto uniforme rettilineo

$$x = v * t + x_0 \tag{2.1}$$

Un punto P si muove sull'asse y con $v = 4\frac{m}{s}$ e posizione iniziale $-6m$. Determina la legge del moto. Dopo quanto tempo $y = 24m$. Quel è lo spazio percorso dopo 8 secondi.

$$\begin{gathered} y = v * t + y_0 \\ \boxed{y = 4 * t - 6} \end{gathered} \tag{2.2}$$

Il passaggio successivo è quello di ricavare il tempo, per fare questo operazione sarà necessario fare i seguenti passaggi

$$\begin{gathered} y = 4 * t - 6 \\ y + 6 = 4t \text{ porto } y_0 \text{ al primo termine} \\ t = \frac{y+6}{4} = \frac{24+6}{4} = \frac{30}{4} = 7,5s \\ t = 0 \rightarrow y_0 = -6m \\ t = 8 \rightarrow y = 4 * 8 - 6 = 26m \\ \Delta y = y - y_0 = 26 - (-6) = 32m \end{gathered} \tag{2.3}$$

Quindi alla fine lo spazio percorso è di 32m.

2.2 moto rettilineo uniformemente accelerato

Moto rettilineo uniformemente accelerato. La definizione di moto rettilineo uniformemente accelerato è: il moto di un corpo con accelerazione costante lungo una traiettoria retta sempre nella stessa direzione e identico verso. Le formule utilizzate in questo tipo di esercizio sono sostanzialmente due:

$$\begin{aligned} v &= a * t + v_0 && \text{retta} \\ y &= \frac{1}{2} * t^2 + v_0 * t + y_0 && \text{parabola} \end{aligned} \tag{2.4}$$

2.2.1 Un esempio

Un punto P si muove con $a = 2m/s^2$, $v_0 = 5m/s$, $y_0 = -60m$
Scrivi: le leggi del moto, la velocità e la distanza dell'origine dopo 8 secondi.

soluzione

$$
\begin{gathered}
v = a * t + v_0 \\
v = 2 * t + 5
\end{gathered} \tag{2.5}
$$

$$
\begin{gathered}
y = \frac{1}{2} * t^2 + v_0 * t + y_0 \\
y = \frac{1}{2} * 2^2 + 5 * t - 60 \\
y = t^2 + 5t - 60
\end{gathered} \tag{2.6}
$$

Per verificare che quello che abbiamo ottenuto sia quanto meno giusto dobbiamo in primo luogo constatare che $v = y'$ quindi se il valore della derivata prima di y sarà uguale a v vuol dire che le formule ottenute sono giuste.

Verifica

$$v = \frac{dy}{dt} = y' = 2t + 5$$

Questa è la prova che il lavoro svolto ha dato i dovuti risultati.
Adesso la prima cosa da fare è proprio quella di sostituire t con il proprio valore.

$$
\begin{gathered}
t = 8s \quad \rightarrow \quad v = 2 * 8 + 5 = 21m/s \\
t = 8s \quad \rightarrow \quad y = (8)^2 + 5(8) - 60 \\
y = 64 + 40 - 60 \\
y = 44m
\end{gathered} \tag{2.7}
$$

Una domanda comunque potrebbe essere la seguente: "*Qual'è lo spazio percorso dal 5° al 9° secondo?*". Sostanzialmente andremo a studiare lo spostamento in quel lasso di tempo. Di sicuro bisogna calcolare lo spostamento nei due punti, prendendoli singolarmente in un primo momento, quindi

$$
\begin{gathered}
t_1 = 5s \quad \rightarrow \quad y_1 = (5)^2 + 5(5) - 60 = 25 + 25 - 60 = 10m \\
t_2 = 9s \quad \rightarrow \quad y_2 = (9)^2 + 5 * (9) - 60 = 81 - 45 - 60 = -24m
\end{gathered} \tag{2.8}
$$

Ovviamente adesso manca lo spazio percorso, per ottenere questo valore sarà necessario calcolare il discriminante, il suddetto Δy.

$$
\boxed{\begin{gathered}
\Delta y = y_2 - y_1 \\
\Delta y = -24 - (-10) = -24 + 10 = -14m
\end{gathered}} \tag{2.9}
$$

Quindi la distanza percorsa in quel lasso di tempo è 14 metri in negativo.

2.2.2 Un problema tipico

Un punto A si muove con $a = -1,5m/s^2$, $v_0 = 70m/s$, $y_0 = -300m$. Scrivi le leggi del moto. Dopo quanto tempo la velocità è 25 m/s? In tale tempo che spazio percorre?

Soluzione

Il primo punto è quella di ricavare le formule sostituendo i valori che conosciamo.

$$\begin{aligned} v = at + v_0 \qquad & y = \tfrac{1}{2}at^2 + v_0 t + y_0 \\ v = 1,5t + 70 \quad & y = \tfrac{1}{2}(1,2)t^2 + 70 + 300 \\ & y = -0,75t^2 + 70t - 300 \end{aligned} \tag{2.10}$$

il secondo punto è quello di ricavare il tempo impiegato

$$\begin{aligned} t = 0 \quad &\rightarrow \quad y_0 = -300m \\ t = 30 \quad &\rightarrow \quad y = -0,75 * (30)^2 + 70 * 30 - 300 = -675 + 2100 - 300 = 1125m \end{aligned} \tag{2.11}$$

Dopo aver svolto questi due passaggi, possiamo iniziare a a calcolare i punti i punti necessari a calcolare la distanza percorsa.

$$\begin{aligned} \Delta y &= y - y_0 \\ \Delta y &= 1125 - (-300) = 1425m \end{aligned} \tag{2.12}$$

2.2.3 Esercitazione 1

Si lascia cadere un sasso in un pozzo. Se il tonfo nell'acqua viene percepito con un ritardo di 2,40s a quale distanza dell'imboccatura del pozzo si trova la superficie del l'acqua? La velocità del suono nell'aria è 336m/s. E se non teniamo conto del tempo cui il suono impiaga ad arrivare fino a noi, che errore percentuale commettiamo? Nel calcolare la profondità a cui si trova acqua?

$$V_s = 336m/s \ \Delta t_{tot} = 2,40s \text{ legge oraria del sasso che cade}$$

$$y(t) = y_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$y(t) = h - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_0 = h$$

$$V_0 = 0$$

$$a = -g = 9,81m/s^2$$

$$\Delta t = t_{caduta} - t_{suono}$$

$$h = V_0 t_{suono}$$

$$t_{suono} = \frac{h}{V_s}$$

$$\begin{cases} y(t_{(caduta)} = 0) = 0 \\ h - \frac{1}{2}gtc^2 = 0 \end{cases}$$

$$tc = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\Delta t_{tot} = \sqrt{2h}g + \frac{h}{V_0} \rightarrow \frac{\sqrt{2h}}{g} = \Delta t_{tot} - \frac{h}{V_s} \rightarrow \frac{2h}{g} \rightarrow \frac{2h}{g} = \left(\Delta t - \frac{h}{V_s}\right)^2$$

$$\Rightarrow (\Delta t)^2 + \frac{h^2}{V_{s^2}} - \frac{2h}{V_s}\Delta t = \frac{2h}{g} \rightarrow (\Delta t)^2 - 2\left(\frac{\Delta t}{V_s} + \frac{1}{g}\right)h + \frac{h^2}{V_{s^2}} = 0$$

Forma ridotta

$$h^2 - V_{s^2}\left(\frac{\Delta t + st}{V_s} + \frac{1}{g}\right)h + V_{s^2}\Delta t_{tot}^2 = 0$$

$$h = V_{s^2}\left(\frac{\Delta t_{tot}}{V_0} + \frac{1}{g}\right) \pm \sqrt{V_{s^2}\left(\frac{\Delta}{V_s} + \frac{1}{g}\right)^2 - V_s^2 \Delta t_{tot}^2}$$

$$h = V_{s^2}\left(\frac{\Delta t_{tot}}{V_s} + \frac{1}{g}\right) - \sqrt{V_{s^2}\left(\frac{\Delta t}{V_s} + \frac{1}{g}\right)^2 - V_{s^2}\Delta t^2} \Rightarrow \Delta t_{tot} - \frac{h}{V_s} > 0$$

2.2.4 Esercitazione 2

In un particolare gioco per bambini una pallina di massa 50.0 grammi viene lanciata su una pista orizzontale che in un certo punto inizia a piegarsi per formare un anello verticale completo e circolare di raggio $R = 51.0cm$. Per lanciare la pallina si usa una molla di costante elastica $kel = 100N/m$. Di quanto deve essere compressa la molla per poter fornire alla pallina la velocità minima chele permette di non cadere nel punto più alto (*si trascurino le forze di attrito; PRECISAZIONE: LA MASSA SCIVOLA SENZA ATTRITO*).

Soluzione

Si può applicare il teorema di conservazione dell'energia meccanica considerando, per l'istante t_1, l'energia potenziale elastica associata alla massa ferma sulla molla compressa e per l'istante t_2, l'energia meccanica della massa nel punto più alto $(2 = h_R)$ della sua traiettoria. Precisamente, possiamo scrivere:

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

Dove K_1 e K_2 sono le energie cinetiche negli istanti t_1 e t_2, rispettivamente, e U_1 e U_2 sono le energie potenziali negli istanti t_1 e t_2, rispettivamente. Sulla base delle indicazioni fornite dal testo del problema, possiamo scrivere

$$K_1 = 0; \quad K_2 = \tfrac{1}{2}mv_2^2; \quad U_2 = \tfrac{1}{2}k\Delta x_m^2; \quad U_2 = mgh = 2mgR$$

dove k è la costante elastica della molla, Δx_m è la deformazione in compressione della molla, v_2 è la velocità della massa nel punto più alto della traiettoria. Al riguardo, la forza vincolare, ossia quella che costringe la massa a seguire la traiettoria circolare, può considerarsi nulla nel momento in cui si studia il problema nella condizione limite di "distacco" dalla pista. Ne segue che la sola forza che agisce sulla massa e, in modulo, mg. Dunque, essendo g perpendicolare alla velocità, risulta essere, all'istante t_2 anche l'accelerazione normale, ossia

$$a = g \to \frac{v_2^2}{R} = g \to v_2^2 = gR \to K_2 = \frac{1}{2}mbR$$

Pertanto, facendo le opportune sostituzioni, si ottiene

$$\frac{1}{2}k\Delta x_n^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 \to \frac{1}{2}\Delta x_m^2 = \frac{5}{2}mgR \to |\Delta x_m g| = \sqrt{\frac{5mgR}{k}}$$

2.2.5 Esercitazione 3

Una turbina idraulica è azionata da una corrente d'acqua ad alta velocità che urta contro le pale e rimbalza. In condizioni ideali, la velocità delle particelle d'acqua dopo l'urto contro la pala è esattamente nulla così che tutta l'energia dell'acqua si è trasferita alla turbina. Se la velocità delle particelle dell'acqua è 27.0 m/s, quanto vale la velocità ideale della pala della turbina? (*Si consideri l'urto di una particella d'acqua contro la pala come un urto unidimensionale elastico*)

Soluzione

La massa della singola molecola d'acqua è estremamente piccola rispetto a quella della pala, cosìche si può trattare il problema come quello dell'urto elastico unidimensionale di una massa m suuna parete (massa virtualmente infinita). Sappiamo che nelle suddette condizioni, nel sistema diriferimento in cui la parete e ferma, il modulo della velocità della massa rimane la stessa prima edopo l'urto. Precisamente, posto $v_1' > 0$ la proiezione sull'asse x (direzione dell'urto) del vettore velocità all'istante t_1 (poco prima dell'urto), nel sistema di riferimento in cui la parete è ferma, e $v_2' > 0$ la proiezione sull'asse x del vettore velocità all'istante t_1 (poco dopo l'urto), nello stesso sistema di riferimento, risulta

$$v_2' = v_1'$$

Il testo del problema ci fornisce i dati delle velocità ($v_1 = 27.0m/2$ $v_2 = 0$) nel sistema di riferimento di terra, quello in cui la pala (parete) si muove con velocità incognita V (la pala si muove a regime costante e non cambia la sua velocità). Usando le relazioni di trasformazione delle velocità tra sistemi di riferimento in moto relativo con velocità V possiamo scrivere

$$v_1 = V + v_1'$$
$$v_2 = V + v_2'$$

sommando membro a membro e tenendo conto che $v_2 = 0$ si ottiene

$$v_1 = 2V \rightarrow V = v_1/2$$

2.2.6 Esercitazione 4

Un pacco è lasciato cadere su un nastro trasportatore orizzontale. La massa del pacco è m, la velocità del nastro trasportatore è v e il coefficiente di attrito dinamico per il pacco sul nastro è μd. Per quanto tempo il pacco striscerà sul nastro? Qual è la distanza percorsa dal pacco durante l'intervallo di tempo calcolato nel punto precedente?

Soluzione

La forza di attrito si oppone allo scivolamento del pacco e, pertanto, trascina il pacco accelerandolo nel verso del moto del nastro. La forza di attrito è anche la risultante delle forze che agiscono sul pacco.

Precisamente,

$$m\overrightarrow{a} = \overrightarrow{F}_r = \overrightarrow{F}_{att}$$
$$||\overrightarrow{F}_{att}|| = \mu_d mg; \quad F_{att,x}; \quad ma_x = \mu_d mg$$

dove si è preso come asse x quello corrispondente alla direzione del nastro, e come verso positivo quello corrispondente al moto del nastro, che è anche il verso del vettore accelerazione. Il pacco striscerà fino a quando raggiungerà la stessa velocità del nastro (il moto relativo diventa nullo). Pertanto, l'intervallo di tempo richiesto risulta

$$v = a : x\Delta t = \mu_d g \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{v}{\mu_d g}$$

La distanza percorsa si ricava usando le note relazioni della cinematica del moto con accelerazione costante

$$\Delta x = \frac{1}{2}\frac{v^2}{\mu_d g}$$

Si può risolvere il problema seguendo altri percorsi, tutti molto semplici. Ad esempio, si può studiare il problema nel sistema di riferimento del nastro. Supponiamo allora che il nastro si muova nel senso delle x negative. Rispetto al nastro (fermo) il pacco si muoverà con una velocità iniziale v nel senso delle x positive. La forza di attrito, questa volta, ha componente negativa perché tendea frenare il moto del pacco rispetto al nastro ecc. ecc.

2.2.7 Esercitazione 5

Due vettori a e b hanno modulo uguale di 12,7 unità. Sono orientati come in figura e la loro somma vettoriale è r. Trovare:

a) le componenti x e y di **r**

b) il modulo di r;

c) l'angolo che **r** forma con l'asse x.

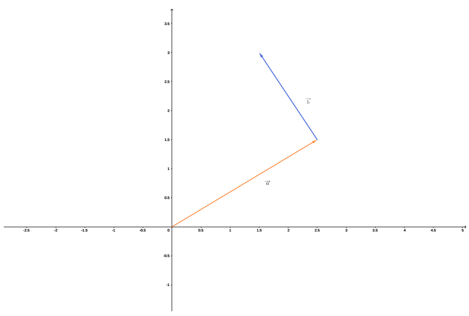

Figura 2.1: figura 1

Con questa formula ricavo il vettore **r**

$$|\overrightarrow{a}| = |\overrightarrow{b}| = 12.7$$

$\alpha = 28.2^o$

$\beta = 115^o$

$$\overrightarrow{r} = (r_x, r_y) = r_x\hat{i} + r_y * \hat{i} = (a_x + b_x, a_y + b_y)$$

$$\overrightarrow{r} = \overrightarrow{a} + \overrightarrow{b}$$

$$\sigma = 180^o - \alpha - \beta = 46,8^o$$

$$a_x = |\bar{a}| \cos\alpha = 12.7 \cos 28.2^o = 11.2$$

$$b_x = -|\overrightarrow{b}| \cos\sigma = -8.7$$

$$b_y = |\overrightarrow{b}| \sin\sigma = 9.3$$

$$a_y = |\bar{a}| \sin\alpha = 12.7 \sin 28.2^o = 6$$

$$\overrightarrow{r} = (11.2 - 8.7, 6 + 9.3) = (2.5, 15.3)$$

$$|\overrightarrow{r}| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{2.5^2 + 15.3^2} = 15.5$$

$$r_x = |\overrightarrow{r}| * \cos\delta$$

$$r_x = |\overrightarrow{r}| * \cos\delta$$

$$\cos\delta = \frac{r_x}{|\overrightarrow{r}|}$$

$$\delta = \arccos\left(\frac{r_x}{|\overrightarrow{r}|}\right) = 80.7^o$$

$$V_1 = 100km/h = \frac{100}{3.6}\frac{m}{s} = 27.9m/s$$

$$V_2 = 130km/h = 36.1m/s$$

$$\Delta t = 3.0min = 180s$$

2.2.8 Esercitazione 5

$$V_1 = 100km/h = \frac{100}{3.6}\frac{m}{3.6}\frac{m}{s} = 27.8m/s$$

$$V_2 = 100km/h = 130km/h = 36 * 1m/s$$

$$\Delta t = 3.0min = 180s$$

$$S(t) = S_0 + vt$$

$$\text{camion: } s_1(t) = S_0 + r_1 t \; s_0 = v_1 * \Delta t = 27.8m/s * 180s = 5 * 10^3 m$$

$$\text{auto: } s_2(t) = v_2 * t$$

$$s_1(t_f) = s_2(t_f)$$

$$s_0 + r_1 t_f = v_2 f_y$$

$$s_1 = v_2 t_f - v_1 t_f = t_f(v_2 - v_1)$$

$$\boxed{t_f = \frac{s_0}{v_2 - v_1}} = \frac{5 * 10^3 m}{(36.1 - 27.8)m/s} = 602s = 10min$$

$$s_1(t_f) = s_0 + v_1 t_f = 5*10^3 m + 27.8m/s*602s = 21735m = 22km$$

2.2.9 Esercitazione

Un punto P si muove di MUD con $a = -0,8m/s^2$, $v_0 = 90m/s$, $y_0 = -60m$. Scrivi la legge del moto. Dopo quanto tempo la velocità è 25m/s. Quel è lo spazio percorso dal 3° secondo al 7° secondo.

Soluzione

Il primo passo è quello di calcolare le due formule necessarie per svolgere questo esercizio, quindi ci ricaviamo le due leggi del moto uniformemente accelerato.

$$\begin{array}{cc} v = at + v_0 & y = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + y_0 \\ v = -0,8t + 90 & y = \frac{1}{2}(-0,8)\,t^2 + 90t - 60 \end{array}$$

Dopo averle ricavate possiamo ottenere il tempo dalla formula della velocità

$$t = \frac{-v + 90}{0,8} = \frac{-25 + 90}{0,8} \simeq 81,2s$$

Ovviamente, adesso bisogna ricavare il percorso, quindi andiamo a sostituire

$$\begin{array}{ccc} t = 0 & \rightarrow & y_0 = -60m \\ t = 81,2 & \rightarrow & \frac{1}{2}(-0,8)(81.2)^2 + 90 * 81 - 60 \simeq 4611 \end{array}$$

Ora dobbiamo calcolare il discriminante per calcolare quanto ha percorso in 81,2 secondi.

$$\Delta y = y - y_0$$
$$\Delta y = 4611 - (-60) = 4611 + 60 = 4671m$$

Quindi il nostro punto P ha percorso circa 4671 metri in totale. Visto che l'esercizio chiede di calcolare il percorso effettuato dal 3° secondo al settimo dobbiamo ripetere la sostituzione effettuata prima per stimare il percorso completo, sostituendo i due t con i secondi in questione.

$$\begin{array}{ccc} t = 3 & \rightarrow & \frac{1}{2}(-0,8)(3)^2 + 90 * 3 - 60 = 206,4 \\ t = 7 & \rightarrow & \frac{1}{2}(-0,8)(7)^2 + 90 * 7 - 60 = 550,4 \end{array}$$

E poi ricalcoliamo il discriminante

$$\Delta y = y - y_0$$
$$\Delta y = 550,4 - 206,4 = 344m$$

Quindi da questo si può dedurre che il percorso in quel lasso di tempo è di 344 metri.

Capitolo 3

Modelli atomici

3.1 Modello atomico di Bohr-Sommerfeld

Il modello atomico proposto da Niels Bohr nel 1913, successivamente ampliato da Arnold Sommerfeld nel 1916, è la più famosa applicazione della quantizzazione dell'energia che, insieme alle spiegazioni teoriche sulla radiazione del corpo nero, sull'effetto fotoelettrico e sullo scattering Compton, e all'equazione di Schrödinger, costituiscono la base della meccanica quantistica.
Il modello, proposto inizialmente per l'atomo di idrogeno, riusciva anche a spiegare, entro il margine di errore statistico, l'esistenza dello spettro sperimentale. Bohr presenta così un modello dell'atomo, facendo intuire che gli elettroni si muovono su degli orbitali. *Questo modello viene ancora utilizzato nello studio dei Semiconduttori.*

By Wikipedia

Parte II

Fisica 2

Capitolo 4

programma

4.1 Base

- *Elettrostatica nel vuoto* - carica elettrica, legge di Coulomb, campo elettrico, teorema di Gauss e 1^a equazione di Maxwell, potenziale elettrico, dipolo elettrico, conduttori, capacità elettrica, sistemi di condensatori, collegamento in serie e in parallelo, energia del campo elettrostatico.

- *Corrente elettrica stazionaria* - resistenza elettrica e legge di Ohm, effetto Joule, forza elettromotrice e generatori elettrici, circuiti in corrente continua.

- *Magnetismo nel vuoto* - forza di Lorentz, vettore induzione magnetica, forze magnetica su una corrente, momento magnetico della spira percorsa da corrente, relazione tra momento meccanico e momento magnetico, campi generati da correnti stazionarie, legge di Biot e Savart (campo del filo indefinito, della spira circolare e del solenoide), 2a equazione di Maxwell, teorema di Ampère.

- *Campi magnetici variabili nel tempo* - induzione elettromagnetica , legge di Faraday-Newmann, 3^a e 4^a equazione di Maxwell, autoinduzione, circuito RL, energia magnetica.

- *Onde* - equazione d'onda, tipi di onde, velocità di fase, equazioni delle onde elettromagnetiche e loro proprietà, onda piana e onde sferiche, energia di un'onda elettromagnetica e vettore di Poynting, spettro della radiazione elettromagnetica.

4.2 Argomenti aggiuntivi

- *Elettrostatica nella materia* - la costante dielettrica, interpretazione microscopica, suscettibilità elettrica.

- *Magnetismo nella materia* - vettori B, H e M, materiali paramagnetici, ferromagnetici, diamagnetici, legge di Curie, ciclo di isteresi.

Capitolo 5

La legge di Coulomb

5.1 Introduzione

L'elettromagnetismo costituisce il fondamento su cui sono costruiti i computer, le radio e televisori, le telecomunicazioni, illuminazioni ecc. L'elettromagnetismo spiega come gli atomi siano tenuti insieme, come avvengono i fulmini, le aurore e gli arcobaleni. Gli antichi filosofi greci scoprirono che l'ambra strofinata attrae pagliuzze sottili e che pietre magnetiche naturali attraggono pezzetti di ferro. Tra i tanti scienziati che svilupparono l'elettromagnetismo moderno, notiamo il fisico sperimentale `Michael Faraday` ed il teorico `James Clerk Maxwell`.

5.1.1 La carica elettrica

Una bacchetta di vetro strofinata con seta si `allontana` da un'altra bacchetta di vetro strofinata con della seta.

1. *Forza repulsiva* - Una bacchetta di vetro strofinata con della seta si *avvicina* ad una bacchetta di plastica strofinata con la pelle di camoscio.

2. *Forza attrattiva* - Le forze sono dovute alla **carica elettrica**.

Esistono due tipi di carica:

1. Carica positiva, contrassegnata con il segno $+$;

2. Carica negativa, contrassegnata con il segno -

Si definisce neutro un oggetto che ha le cariche positive e negative perfettamente bilanciate. Spostando la carica da un oggetto all'altro, si crea una carica in eccesso. L'oggetto può scaricarsi con scintille oppure con l'umidità dell'aria.

Le proprietà delle cariche

1. Le particelle cariche dello *stesso segno* si respingono;

2. Le particelle di carica opposta si attraggono;

3. Se strofiniamo il vetro con un panno di seta risulta in una *carica potenziale* nel vetro;

4. Strofinando della plastica con della pelle di camoscio si ottiene una *carica negativa* sulla stessa.

Conduttori e isolanti

In natura esistono le seguenti tipologie di materiali:

a) I conduttori - le cariche si muovono liberamente;

b) Gli isolanti - le cariche non si muovono, per l'appunto restano isolate;

c) I semiconduttori - le cariche si muovono, ma il materiale possiede un alta resistenza;

d) I superconduttori - le cariche si muovono senza incontrare ostacoli di sorta.