Fisica

Fabio Ferrario

2022/2023

Indice

Il corso

Il corso di Fisica 2022/2023 è diviso in due turni.

Turno 1

Il corso di fisica (turno 1) verrà svolto da:

- Davide Gerosa (Responsabile corso)
- Costantino Pacilio (Esercitatore)

Orario Per il turno 1, il corso coprirà 48 ore di lezione frontale e 20 ore di esercitazioni:

- Lunedì 13.30-16.30 U3-08, Lezione.
- Martedì 14.30-16.30 U2-02, Esercitazione.
- Mercoledì, 8.30-10.30 U1-09, Lezione.

Turno 2

Il turno 2 verrà erogato da:

- Alberto Bravin (Lezioni)
- Mario Marini (Esercitazioni)

- Lunedì 8.30-11.30 U9-01, Lezione.

Le esercitazioni saranno ogni 8 ore di lezione (2 ore esercitazione)

testo di riferimento *D.Halliday, R. Resnick. Fondamenti di Fisica (vol. 1 e 2), Casa Editrice Ambrosiana.*

Il Programma

Prerequisiti Le nozioni acquisite nel corso di Analisi Matematica, fra cui derivate ed integrali.

Contenuti Sintetici del programma:

1. Meccanica.
2. Gravitazione.
3. Fluidodinamica.
4. Onde.
5. Termodinamica.
6. Elettromagnetismo.

Programma Esteso

1. **Meccanica**. (i) Sistemi di coordinate e vettori. (ii) Moto in una e più dimensioni. (iii) Moto rettilineo uniforme, uniformemente accelerato, parabolico, armonico. (iv) Leggi di Newton. (v) Energia cinetica, energia potenziale principio di conservazione. (vi) Centro di massa. (vii) Corpo rigido. (viii) Momento lineare. (ix) Moti di rotazione e di rotolamento. (x) Momento angolare, momento di inerzia, momento torcente. (xi) Moti relativi.

2. **Gravitazione**. (i) Leggi di Keplero. (ii) Legge di gravitazione universale. (iii) Campo gravitazionale. (iv) Legge di Gauss. (v) Velocità di fuga. (vi) Potenziale efficace.

3. **Fluidodinamica**. (i) Fluidi, densità e pressione. (ii) Legge di stevino. (iii) Principio di Pascal. (iv) Forza di Archimede. (v) Equazione di Continuità. (vi) Equazione di Bernoulli.

4. **Onde**. (i) Oscillatore armonico. (ii) Pendolo semplice. (iii) Oscillatore smorzato. (iv) Risonanza. (v) Concetto di onda. (vi) Onda piana. (vii) Periodo, lunghezza d'onda, velocità. (viii) Riflessione e interferenza. (ix) Onde stazionarie. (x) Onde sonore. (xi) Battimenti. (xii) Effetto Doppler

5. **Termodinamica**. (i) Temperatura e calore. (ii) Calore specifico, calore latente. (iii) Energia interna. (iv) Primo principio della termodinamica. (v) Trasformazioni termodinamiche. (vi) Trasmissione del calore (conduzione, convezione, irraggiamento). (vii) Legge dei gas perfetti. (viii) Teoria

cinetica dei gas. (ix) Irreversibilità, entropia. (x) Secondo principio della termodinamica. (xi) Macchine termiche. (xii) Ciclo di Carnot. (xiii) Zero assoluto.

6. **Elettromagnetismo**. (i) Carica elettrica. (ii) Legge di Coulomb. (iii) Campo elettrico. (iv) Legge di Gauss. (v) Potenziale. (vi) Conduttori. (vii) Condensatori. (viii) Corrente elettrica. (ix) Legge di Ohm. (x) Legge delle maglie, legge dei nodi. (xi) Circuito RC. (xii) Campo magnetico. (xiii) Forza di Lorentz. (xiv) Legge di Biot-Savart. (xv) Legge di Ampere. (xvi) Induzione elettromagnetica. (xvii) Legge di Faraday-Lenz. (xviii) Circuito RL. (xix) Oscillazione LC. (xx) Oscillazione Smorzata RLC. (xxi) Cenni di magnetismo nei materiali. (xxii) Legge di Ampere-Maxwell. (xxiii) Correnti di spostamento. (xxiv) Equazioni di Maxwell. (xxv) Onde elettromagnetiche. (xxvi) Velocità della luce.

L'Esame

L'esame ha *una prova scritta e una orale facoltativa.*

Prova scritta La prova scritta consite in alcuni esercizi da svolgere e alcune domante teoriche. Ha una durata di 2 ore, il voto massimo è 30/30 e *non vengono sottratti punti per le risposte sbagliate.* Ogni esercizio ha l'indicazione del punteggio e le risposte devono essere complete. è consentito l'utilizzo della calcolatrice (non grafica) ma *non del formulario.*

Prova orale Totalmente facoltativa, ha un punteggio di ± 5 ed è necessaria per il raggiungimento della *lode.*

Materiale Propedeutico

Trigonometria

Angoli e la loro Misura

Quando vogliamo misurare un angolo possiamo usare due misure: *Gradi* e *Radianti.*

DEFINIZIONE

L'angolo di un grado è *la trecentosessantesima parte di un angolo giro.*
La misura in gradi dell'angolo giro è 360°
L'angolo di un radiante è quell'angolo che su una circonferenza (di

centro nell'origine dell'angolo) intercetta un angolo di lunghezza pari al raggio. La misura in radianti dell'angolo giro è 2π.
Più in generale, la misura α in radianti di un angolo al centro è il rapporto

$$\alpha = \frac{l}{r}$$

Dove l è la misura dell'arco sotteso dall'angolo al centro e r è il raggio della circonferenza.

La trasformazione delle misure

DEFINIZIONE

Se α è la misura in radianti di un angolo e z la sua misura in gradi, si ha:

$$\alpha : z = \pi : 180$$

In parole povere:

- *rad* $\rightarrow$ *deg*: $(\alpha \cdot 180)/\pi$
- *deg* $\rightarrow$ *rad*: $(z°{\cdot}\pi)/180$

Seno, Coseno e Tangente

DEFINIZIONE

Sia P un punto appartenente alla circonferenza C di centro (0,0) e di raggio 1 (circonferenza trigonometrica), e sia α l'angolo positivo descritto dal semiasse positivo delle ascisse per sovrapporsi alla semiretta OP.
Allora il punto P ha coordinate:

$$P = (\cos\alpha, \sin\alpha)$$

Periodicità Poichè la circonferenza C è lunga 2π, sommando 2π a α si fa compiere a P un giro completo e si giunge allo stesso punto P.
Quindi, per ogni α,

$$\sin(\alpha) = \sin(\alpha + 2\pi) \wedge \cos(\alpha) = \cos(\alpha + 2\pi)$$

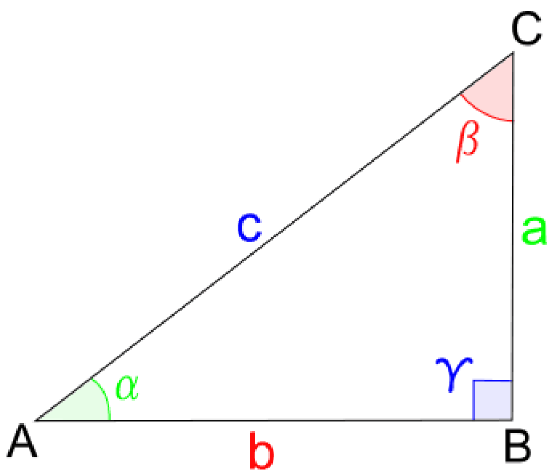
Si dice che le funzioni seno e coseno sono periodiche con periodo 2π

Teoremi trigonometrici sul triangolo rettangolo

Se abbiamo un vettore (di cui sappiamo il modulo) e un angolo su un asse cartesiano possiamo dividere il vettore sugli assi usando i *teoremi trigonometrici sul triangolo rettangolo.*
Se disegnamo un angolo rettangolo che usa come ipotenusa il nostro vettore, usiamo la definizione per trovare i due cateti:

DEFINIZIONE

La misura di un *cateto* è uguale a quella dell'ipotenusa per il seno dell'angolo opposto, oppure per il coseno dell'angolo adiacente.
La misura di un cateto è uguale a quella dell'altro cateto per la tangente dell'angolo opposto.



Quindi, prendendo in considerazione l'immagine:
Per il cateto a:

- β è l'angolo *adiacente all'ipotenusa*
- α è l'angolo *opposto all' ipotenusa*

Di conseguenza, avendo l'ipotenusa c e gli angoli α e β, il cateto a equivale a:

$$a = c \cdot \cos(\beta) \lor a = c \cdot \sin(\alpha)$$

quindi: **cateto = ipotenusa · seno(opposto)** oppure **cateto = ipotenusa · coseno(adiacente)**

Capitolo 1

Introduzione alla Fisica

La fisica studia i fenomeni naturali e le leggi che li governano. Si basa sulla *Semplificazione* dei concetti, tramite *Modelli e Approssimazioni.*

Antica $\neq$ Moderna In antichità la fisica era legata alla filosofia e alla religione e vigeva il principio di autorità, *"ipse dixit"* (Aristotele).
La fisica moderna invece nasce con Galileo, separando ciò che è oggettivo da ciò che è soggettivo. Si basa sulle cose **Misurabili**.

Il metodo scientifico è un sistema che permette a chiunque abbia i mezzi di ripetere un esperimento. La scienza non è una religione, vale infatti il principio di Falsicabilità:

> *Principio di Falsicabilità*: Se un esperimento da risultati contrastanti alle teorie correnti, allora c'è bisogno di una nuova teoria.
> Ovvero ogni teoria è valida finchè non ne esiste una migliore.

1.1 Le unità di misura

Il Sistema Internazionale definisce varie unità di misure standard: lunghezza, massa, mole, etc...
In una formula, le dimensioni devono essere <u>Bilanciate</u>.

1.1.1 Le cifre significative

Un concetto molto importante è quello delle cifre significative.
Ogni Misurazione è affetto da **incertezze**:

1. Indeterminazioni nell'effettuare la Misurazione

2. Limite di sensibilità dello strumento usato

3. Capacità dello sperimentatore

4. *Aleatorietà* della sperimentazione

L'incertezza può essere *determinata* oppure *stimata*, in base al caso in esame.

Contare gli 0 Quando facciamo una misurazione, il numero di cifre significative è sempre importante, anche quando si tratta di 0, infatti vale che $39,0 \neq 39,00$ *Perchè* 3 cifre significative $\neq$ 4 cifre significative.

Proprietà delle cifre significative

- **Moltiplicando (o dividendo)** quantità affette da incertezza, il numero determinato ha *lo stesso numero di cifre significative della Meno accurata delle quantità*

- **Sommando (o sottraendo)** Vale la stessa proprietà.

Ordini di grandezza è un'approssimazione di un numero e indica la potenza di 10 più vicina al numero dato

1.1.2 Vettori e scalari

Esistono due tipi di grandezze nella fisica:

- **Grandezze Scalari**: determinate da un solo numero (la misura) ed una unità di misura.

- **Grandezze Vettoriali**: determinate da più valori $\rightarrow$ *Modulo (grandezza), direzione e verso*

  - Quando diventa necessario conoscere un punto specifico di localizzazione del vettore (l'origine) si usa la dizione Vettore Applicato.

I Vettori e le proprietà

Algebra Vettoriale

- a=b : vettori uguali *sse* hanno lo stesso modulo, direzione e verso.
- b=-a: vettori opposti *sse* hanno stesso modulo e direzione ma verso opposto
- vettore nullo: sse ha modulo nullo

Somma e differenza di vettori:

Capitolo 2

Meccanica

La meccanica è la branca della fisica che studia il moto dei corpi, esprimendolo con leggi quantitative. È diviso in due parti:

- **Cinematica**, che studia il moto e le sue caratteristiche indipendentemente dalle cause

- **Dinamica**, che studia l'influenza delle **forze** nel moto

2.1 Cinematica

2.1.1 Punto 1D

Sia dato un sistema di riferimento orientato x. Sia dato un punto materiale. Avremo queste tre formule (dei *moduli*):

- **Spostamento**: $\overrightarrow{s} = \Delta x = x_2 - x_1$

- **Velocità Media**: $\overrightarrow{v_m} = \frac{(x_f - x_i)}{(t_f - ti)} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

- **Velocità Istantanea**: $\overrightarrow{v_x} = \lim_{t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$

Spostamento ≠ Distanza Lo *spostamento* è un vettore che si annulla quando il punto torna alla posizione di partenza (in un tempo diverso), mentre la distanza è uno scalare che indica *tutta la distanza che il punto ha già percorso.*

L'accelerazione L'acelerazione è la variazione della velocità nel tempo. Le formule dell'acelerazione sono:

- **Accelerazione Media**: $a_m = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- **Accelerazione Istantanea**: $a_x = \lim_{\Delta t \to 0} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv_x(t)}{dt} = \frac{d}{dt}\frac{dx}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$

L'accelerazione è la derivata della velocità.

2.1.2 I tipi di Moto

Esistono tre tipi di moto del punto materiale 1D, ed essi variano in base all'accelerazione e alla velocità:

Moto Vario Se l'accelerazione varia continuamente, il moto non è facile da analizzare. Infatti non lo vedremo in questo corso.

Moto rettilineo uniforme *Velocità costante, accelerazione: 0.*
Questo tipo di moto si verifica quando la velocità è costante e ha le seguenti formule per velocità istantanea e spostamento:

- $x(t) = x_i + v_x \cdot t$
- $v_x = k$, con $k \in R$ quindi COSTANTE.

Moto Uniformemente accelerato *Con accelerazione costante.*
In questo caso l'accelerazione istantanea = accelerazione media in ogni istante, e la velocità cambia *linearmente* durante il moto.

- $x(t) = x_i + v_x \cdot t + \frac{1}{2}a_x \cdot t^2$
- $v_x(t) = v_{ix} + a_x \cdot t$
- $a_x = k1$ con $k1 \in R$.

Notare che se $a_x = 0$ si ottiene il moto rettilineo uniforme.

La Caduta di un Grave Un caso particolare del moto rettilineo uniforme è la caduta di un grave, in cui la velocità iniziale è *zero* e l'accelerazione è quella di gravità, ovvero $g \approx 9,81 m/s^2$ ed è $\pm$ costante in tutto il mondo. Essendo il grave in caduta l'accelerazione è negativa, quindi usando le formule del moto uniformemente accelerato e applicando $a = -g = -9,81 m/s^2$ otteniamo:

$$y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2$$
$$v(t) = -g \cdot t$$

Se esplicitiamo la fromula rispetto a t (per sapere quanto ci mette a cadere un grave) e indichiamo con h l'altezza da cui cade otteniamo:

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

Nota che la massa di un oggetto è irrilevante, quindi (nel vuoto) ci mettono tutti lo stesso tempo ad arrivare a terra.

le equazioni Cinematiche Siccome la *Derivazione è la funzione inversa dell'integrazione e viceversa* e l'accelerazione è la derivata della velocità che è la derivata dello spostamento possiamo da una ottenere l'altra e viceversa:

- $a_x = \frac{dv_x}{dt} \rightarrow dv_x = a_x dt \rightarrow v_x = \int a_x dt + C$
  - se a_x è costante allora $v_x = ... = a_x t + C$ (con C velocità iniziale)
- $v_x = \frac{dx}{dt} \rightarrow dx = v_x dt \rightarrow x = \int v_x dt + C$
  - se la velocità non è costante allora $v_x(t) = v_i + a_x \cdot t$

2.1.3 La cinematica nel punto materiale 2D

Fin'ora abbiamo considerato solo il moto in una dimensione, adesso considereremo quella in 2 dimensioni. Quando studio il movimento 2D posso studiarlo in due modi: o studio il suo movimento in un piano o studio il cambiamento delle sue coordinate nel tempo.

Movimento in un piano Per studiare il movimento nel piano (quindi senza usare le coordinate) posso considerare ogni punto come un vettore r avente punto di applicazione in 0. In questo caso posso considerare lo spostamento da A a B nel tempo $\Delta t = t_f - t_i$ come $\Delta r = r_f - r_i$

Estensione del caso 1D Le stesse formule monodimenisonali valgono anche per il moto bidimensionale, bisogna solo usare i vettori.
Per estensione del caso 1D quindi la velocità media sarà:

$\overline{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$ poichè t è uno scalare, $\overline{v}$ ha la stessa direzione e verso di Δr

Analogamente la velocità istantanea sarà

$$v = lim_{\Delta \to 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

Il vettore velocità è quindi la derivata del vettore posizione rispetto al tempo e in un punto avrà direzione della tangente alla curva dello spostamento in quel punto.
Quando un punto materiale viaggia su una traiettoria curva in 2D, il vettore velocità *varia di direzione punto per punto anche se il modulo rimane costante* e si verifica quindi una **accelerazione**.
L'accelerazione media si calcola:

$$\overline{a} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Analogamente ai casi simili già visti, a_m avrà la stessa direzione del vettore Δv

riassumento L'accelerazione di una particella in moto in uno spazio 2d può dunque corrispondere à:

1. una variazione del modulo di v
2. una variazione di direzione a modulo costante di v
3. una combinazione delle due

Un utile notazione diversa degli stessi concetti la si ha considerando le componenti cartesiane, in cui l'accelerazione è la somma delle acc di tutte le dimensioni cartesiane.

$$a = \frac{dv_x}{dt} i + \frac{dv_y}{dt} j + \frac{dv_z}{dt} k$$

2.1.4 Moto uniformemente accelerato in 2D

Per detereminare le equazioni del moto in 2D si estendono i concetti per il moto 1D. Questo passaggio logico è molto semplice: si *scompone il moto 2D in 2 moti 1D* sugli assi XY.

Moto con accelerazione costante Un moto 2D ad accelerazione costante è la *composizione dei due moti indipendenti lungo x ed y*, di accelerazione costante rispettivamente a_x e a_y:

$$v_f = v_i + at \implies \begin{cases} v_{xf} = v_{xi} + a_x t \\ v_{yf} = v_{yi} + a_y t \end{cases}$$

$$r_f = r_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \implies \begin{cases} x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\ y_f = x_i + v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \end{cases}$$

Nota che in alcuni casi le accelerazioni saranno nulle (moto costante) e le equazioni si semplificheranno.

2.1.5 Il moto di un proiettile

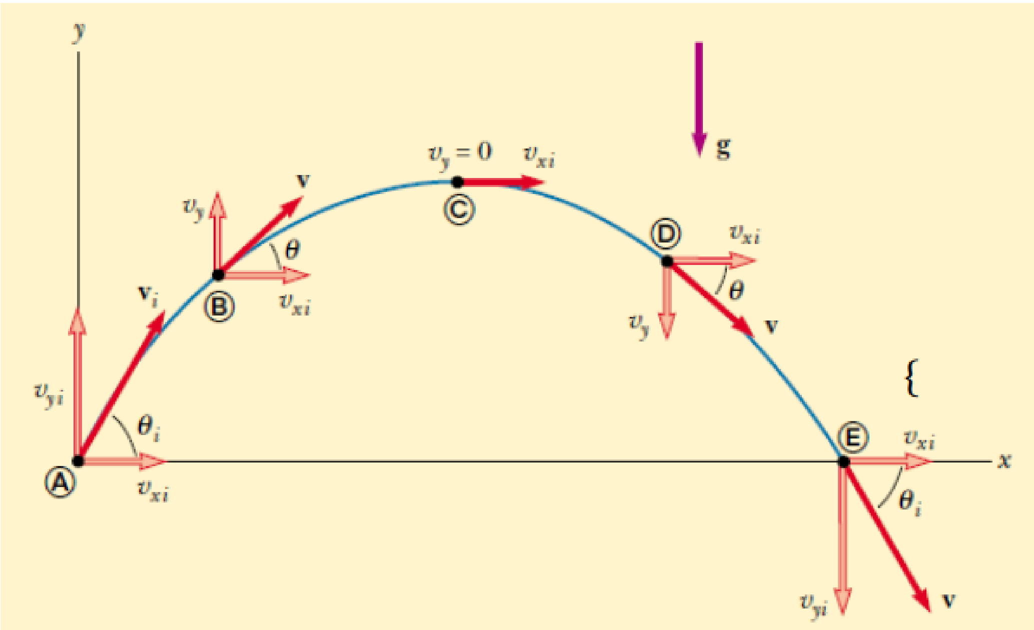
Il moto di un proiettile è di "facile" determinazione sotto due condizioni:

- L'accelerazione di gravità è *costante* lungo tutto il percorso del proiettile.
- La resistenza dell'aria è trascurabile.

Sotto queste condizioni il moto di un proiettile ha un'accelerazione costante ed è dunque di tipo parabolico.

I calcoli

Si consideri un proiettile lanciato con un vettore velocità iniziale $\overrightarrow{v_i}$ che forma un angolo θ_i con l'asse delle x:



Si può notare che:

- $a_x = 0$: L'accelerazione x (orizzontale) è zero

- $a_y = -g$: l'accelerazione y è la forza di gravità verso il basso.
- $v_{xi} = v_i \cdot \cos\theta_i$: la velocità iniziale orizzontale è calcolata con il coseno dell'angolo.
- $v_{yi} = v_i \cdot \sin\theta_i$: analogamente la velocità verticale è calcolata con il seno.
- $x_i = y_i = 0$ per la scelta dell'origine delle cooridnate.

Riassumendo, l'unica forza che agisce sul proiettile è quella di gravità ed agisce come accelerazione sulla componente verticale.

Troviamo velocità e posizione finale Avendo questi dati ed utilizzando le formule per il moto in 2D si ottiene:

- $v_x f = v_x i$ poichè non c'è alcuna accelerazione.
- $v_{yf} = v_{yi} - gt$, dato che la gravità rallenta il proiettile
- $x_f = v_{xi}t = (v_i \cos\theta_i)t$ sostituendo con il calcolo della velocità in x.
- $y_f = v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2 = (v_i \sin\theta_i)t - \frac{1}{2}gt^2$ analogamente

Se risolviamo x_f rispetto a t e la inseriamo in y_f otteniamo:

$$\begin{cases} x = (v_i \cos\theta_i)t \rightarrow t = \frac{x}{(v_i \cos\theta_i)} \\ y = (tan\theta_i)x - (\frac{g}{2v_i^2 \cos^2\theta_i})x^2 \end{cases}$$

Si noti che $y = ...$ è l'equazione di una parabola per l'origine degli assi.

2.1.6 Moto Circolare uniforme

Il MCU è il moto di un punto materiale lungo una circonferenza, con **modulo della velocità costante**.
Nel Moto Circolare uniforme, dato un punto P sulla circonferenza, questo punto percorrerà spazi uguali in eguali intervalli di tempo.
In questo tipo di moto il modulo della velocità è costante, però c'è una **variazione della direzione** del vettore velocità, quindi c'è *sempre in gioco un'accelerazione*, infatti è definita acelerazione la variazione nel tempo del vettore velocità.

Accelerazione Centripeta O accelerazione istantanea, è diretta verso il centro della circonferenza:

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

Il pedice r indica che è diretta lungo il raggio r del cerchio. Anche se la velocità è costante, l'accelerazione centripeta *c'è sempre*.

Il Periodo Il tempo richiesto perchè una particella (a velocità costante) faccia il giro completo di una circonferenza è calcolato come:

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

Velocità Tangenziale Questa velocità (indicata con v) è lo spazio percorso dal punto materiale sulla circonferenza in un periodo di tempo:

$$v = \frac{2\pi r}{T}[m/s]$$

Velocità Angolare A differenza della veocità tangenziale, la velocità angolare indica l'*angolo* percorso dal punto (in radianti) in un periodo di tempo:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}[\frac{rad}{s}]$$

2.1.7 Moto Circolare Uniformemente Accelerato

Nel moto circolare unifromemente accelerato entra in gioco l'accelerazione totale come somma vettoriale dell'acelerazione centripeta e dell'acelerazione tangenziale. Di conseguenza l'equazione del moto sarà il sistema:

$$\begin{cases} \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \\ \omega = \omega_0 + \alpha t \end{cases}$$

Nel caso del moto circolare uniformemente accelerato α è l'accelerazione angolare, mentre a è l'accelerazione tangenziale

Accelerazione tangenziale/angolare Il rapporto tra acelerazione tangenziale e angolare è così definito:

$$a_t = \alpha r \implies \alpha = \frac{a}{r}$$

2.1.8 Moto Armonico

Il moto circolare uniforme può essere scomposto in due moti sinusoidali sin e cos. Il moto circolare uniforme e quello uniformemente accelerato possono essere perfettamente paragonati al moto rettilineo (uniforme e uniformemente accelerato). In questo caso θ è x, mentre la velocità v diventa ω.

Legge oraria (equazione del moto) Questa legge descrive il moto circolare uniforme come angolo in funzione del tempo:

$$\theta = \theta_0 + \omega t = \begin{cases} x(t) = R\cos(\theta_0 + \omega t) \\ y(t) = R\sin(\theta_0 + \omega t) \end{cases}$$

2.2 Dinamica

Fin'ora abbiamo solo considerato le equazioni della cinematica, cioè il moto di particelle indipendenetemente dalle cause stesse del moto. Per determinare le cause di un moto dovremmo considerare si ala massa del corpo, che le forze che agiuscono su questa massa.

In alcuni casi le Forze determinano degli *spostamenti*, ovvero un moto, ma in altri casi applicando delle forze non si verificano moti, per esempio il fatto che stiamo seduti senza cadere al suolo.

DEFINIZIONE

Un oggetto che stia fermo, o sia in moto rettilineo uniforme, accelera se e solo se la forza totale, come somma vettoriale delle forze, detta anche la **risultante delle forze**, è diversa da zero

2.2.1 I Legge di Newton e l'inerzia

Newton disse che "le forze determinano i cambiamenti di velocità delle masse", cioè delle *Accelerazioni*.

Introduzione Si consideri un oggetto fermo su un piano, se lo si spinge orizzontalmente, si muoverà solo quando *la forza applicata supererà la forza di attrito del tavolo.*

Per mantenere il corpo a velocità costante, bisognerà applicare una forza che eguagli la forza di attrito con il piano. La forza di attrito quindi è una forza che va nella **direzione opposta** alla forza che stiamo applicando. Se applichi una forza maggiore, l'oggetto accellererà.

I Legge di newton La prima legge di Newton enuncia:

DEFINIZIONE

Quando un punto materiale non è soggetto a forze esterne, oppure la loro risultante è nulla, allora il punto materiale ha una velocità **Costante o Nulla**.

In parole povere, un corpo permane nel suo stato di quiete (o moto rettilineo uniforme) a meno che non intervenga una forza esterna a modificare tale stato.

La massa

DEFINIZIONE

*La **massa** di un oggetto specifica quanta inerzia ha l'oggetto all'azione di una forza.*
Più grande è la massa, meno l'oggetto accelera come conseguenza della forza applicata. L'unità di misura in SI è il *kg*

La massa è una caratteristica dell'oggetto e non dipende dall'ambiente circostante. È diversa dal peso che invece dipenderà dal luogo dove l'oggetto è misurato.

2.2.2 II Legge di Newton

Cosa succede se la risultante delle forze applicate ad un corpo è diversa da zero?

DEFINIZIONE

L' accelerazione di un oggetto è direttamente proporzionale alla risultante delle forze agenti ed è inversamente proporzionale alla massa.

$$\sum \overrightarrow{F} = m\overrightarrow{a}$$

Si possono quindi correlare la massa e le forze agenti in base alla II legge di Newton.
La forza è un vettore e quindi l'espressione precedente è valida *per tutte e tre le componenti cartesiane della forza*

Il Newton N Consideriamo il modulo della formula scritta in modo compatto: $F = ma$, la sua unità di misura è il **Newton**.

DEFINIZIONE

1N (Newton) è quella forza che impressa ad una massa di 1 kg, determina una sua accelerazione di $1m/s^2$.

$$1[N] = 1[kg \cdot m/s^2]$$

Notare che con la stessa forza, all'incrementare della massa l'accelerazione decrementa.

2.2.3 III Legge di Newton

Se due corpi interagiscono tra di loro, la forza F_{12} esercitata dal corpo 1 sul corpo 2 è uguale in ampiezza, ed ha la stessa direzione e verso opposto della forza F_{21} esercitata dal corpo 2 sul corpo 1.

DEFINIZIONE

La terza legge di newton enuncia:

$$F_{12} = -F_{21}$$

"Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria".
La forza dall'oggetto 1 all'oggetto 2 è detta *azione*, l'altra è detta *reazione*

N.B. l'azione e la reazione agiscono su oggetti diversi!

2.2.4 La Forza Elastica

La forza elastica di una molla (o di un corpo) è descritta dalla **legge di Hook** nel segunte modo:

$$F = -kx$$

Dove $-k$ è la **costante elastica** ed è una misura della rigidità della molla. maggiore è k, più rigida è la molla: ovvero maggiore è k, maggiore sarà la forza per uno stesso valore di spostamento.

2.2.5 La Forza di Gravità e la Forza Peso

La terra attrae tutti gli oggetti, quindi esercita una forza. Essa è chiamata *Forza di Gravità* F_g. La forza di gravità è diretta verso il centro della terra e la sua ampiezza è chiamata **peso** di un oggetto.

DEFINIZIONE

Un corpo di massa m, che è soggetto solo alla forza di gravità, si muovo di moto uniformemente accelerato con accelerazione g verso il centro della Terra.

$$g \sim 9.81 m/s^2 \text{ e si chiama Accelerazione di Gravità}$$

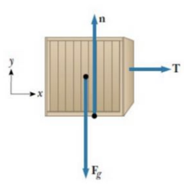
$$F_g = mg \text{ è Il peso di un oggetto ed è pari al modulo della forza di gravità}$$

2.2.6 La Forza Normale

Se abbiamo un oggetto su un tavolo, su cui si esercita la forza di gravità, perchè non accelera in direzione di F_g?. A causa della presenza del tavolo che esercita una **Forza Normale**, con stesso modulo e direzione della forza di gravità ma *di verso opposto*. La forza normale è una forza di contatto, si verifica quindi SOLO quando un oggetto è a contatto con un altro. ***N.B.*** La forza normlae NON è la forza di reazione della terza legge di newton perchè è esercitata sullo stesso corpo. il modulo di F_g e F_n è uguale finchè il tavolo non si rompe: $F_g = F_n = mg$

2.2.7 La Tensione

Se cosideriamo un oggetto trainato da una corda (su una superficie orizzontale senza attrito), avremo che *la forza esercitata dalla corda sulla scatola* è la **Tensione** e si indica di solito con $\overrightarrow{T}$.
Questa forza è applicata al punto di fissaggio del filo, diretta lungo il filo e con verso quello di allontamento dal corpo.



2.2.8 Il Lavoro *W*

DEFINIZIONE

Si definisce Lavoro W fatto su un qualunque corpo da una forza di modulo costante F come il prodotto scalare della forza $\overrightarrow{F}$ per il vettore spostamento $\overrightarrow{d}$ del corpo

$$W = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{d}, \ W \text{ è uno scalare con segno}$$

Il **Segno** del lavoro W dipende dall'angolo tra F è lo spostamento. Cioè, se per fare il lavoro bisogna dare energia al sistema, allora $W > 0$. Se invece cede energia, allora $W < 0$.

Unita di Misura Se la forza di 1 Newton determina lo spostamento di un oggetto di 1 metro nella stessa direzione della forza, allora si è realizzato il lavoro di **1 N · m = 1 Joule**.

Il Lavoro come integrale Se abbiamo una traiettoria *non lineare*, il lavoro può essere calcolato dividendo il percorso in dei pezzi lineari, così facendo il calcolo del lavoro diventa di fatto un integrale:

$$W = \int_a^b \overrightarrow{F} \cdot d\overrightarrow{s}$$

Lavoro svolto da una Forza Elastica

Come sappiamo la forza elastica *non* è una forza costante, quindi l'equazione del lavoro non è valida in questo caso. Si può però suddividere lo spostamento della molla in parti inifinitesime, di fatto valutando un integrale:

$$W_{molla} = \int_{x_i}^{x_f} F dx$$

Sviluppando questo integrale:
$W = \int_{x_f}^{x_i} -kx\, dx = -k \int_{x_f}^{x_i} x\, dx = (-\frac{1}{2}k) \Big[x^2 \Big]_{x_f}^{x_i} = (-\frac{1}{2}k)(x_f^2 - x_i^2)$
Quindi il lavoro svolto da una forza elastica è:

$$W_m = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2 \ [J]$$

Il Lavoro W_m è quindi **positivo quando il blocco si avvicina alla posizione di riposo** $x = 0$ ed è negativo quando se ne allontana. Il Lavoro è nullo se la distanza finale da $x = 0$ non è mutata.
Si può notare che se la posizione di partenza x_i è 0, allora la formula è notevolmente semplificata.

2.3 Energia Cinetica

L'energia cinetica rappresenta la quantità di energia associata al moto di una particella che si muove alla velocità v.

$$K = \frac{1}{2}mv^2[J]$$

L'energia cineta e la velocità della particella aumentano se svogliamo un lavoro positivo sulla particella, invece diminuiscono se il lavoro svolto è negativo.

2.3.1 Teorema dell'energia cinetica

Chiamiamo ΔK la variazione di energia cinetica del corpo, e W il lavoro totale compiuto su di esso. Allora vale:

$$\Delta K = K_f - K_i = W$$

Vale anche:

$$K_f = K_i + W$$

2.4 Potenza

La potenza è la rapidità con la quale viene eseguito un lavoro W in un intervallo di tempo Δt.
La potenza media è data dall'espressione:

$$P_m = \frac{W}{\Delta t}$$

La potenza istantanea è la rapidità con la quale vienesvolto istantaneamente un lavoro:

$$P = \frac{dL}{dt}$$

Se una forza $\overrightarrow{F}$ agisce su un oggetto nella direzione che forma un angolo θ rispetto alla sua velocità istantanea $\overrightarrow{v}$ allora la Potenza istantanea vale:

$$P = Fv\cos\theta = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{v}$$

2.5 Energia Potenziale

Forze Conservative e non Una forza si dice conservativa se il lavoro netto che compie su una particella che percorre un cammino chiuso, da una posizione iniziale alla medesima posizione, è pari a zero. La forza gravitazionale e quella elastica sono forze conservative, la forza d'attrito dinamico non è conservativa.

Energia potenziale L'energia potenziale è l'energia associata alla configurazione di un sistema in cui agisce una forza conservativa. Quando la forza conservativa compie lavoro W su una particella entro tale sistema, la variazione di energia potenziale ΔU sel sistema è definita come:

$$\Delta U = -W[J]$$

2.5.1 Energia Potenziale Gravitazionale

L'energia potenziale associata al sistema costituito dalla terra e dalla particella è chiamata Energia Potenziale Gravitazionale. Se la particella si muove da un'altezza iniziale y_i ad una finale y_f, il cambiamento dell'energia potenziale gravitazionale è definito come:

$$\Delta U = mg(\Delta y)$$

Ponendo $y_i = 0$ e la corrispondente energia potenziale gravitazionale del sistema $U_i = 0$, quando la particella si trova ad un'altezza y l'energia potenziale gravitazionale è:

$$U(y) = mgy$$

2.5.2 Energia potenziale Elastica

L'energia potenziale elastica E l'energia potenziale associata allo stato di compressione o allungamento di un oggetto elastico. Per una molla che esercita una forza elastica $F = -kx$, quando il suo capo libero subisce uno spostamento x l'energia potenziale elastica é:

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2$$

La configurazione di riferimento vede la molla in stato di riposo con il suo capo libero i $x = 0$, ove l'energia potenziale associata è $U = 0$.

Energia Meccanica

L'energia meccanica di un sistema è la somma dell'energia cinetica K e dell'energia potenziale U:

$$E_{mec} = K + U$$

Principio di conservazione dell'energia meccanica Un sistema si dice isolato quando non vi sono forze esterne a provocare variazioni di energia all'interno. Quando in un sistema isolato agiscono solo forze conservative, l'energia meccanica E_{mecc} complessiva del sistema non può cambiare. Tale principio di conservazione dell'energia meccanica si esprime come:

$$\Delta E_{mec} = \Delta K + \Delta U = 0$$

La variazione dell'energia meccanica è uaguale al lavoro svolto dalle forze NON conservative : $\Delta E_m = W_{nc}$

Capitolo 3

Gravitazione

3.1 La legge di gravitazione di Newton

Nel 1655 Isaac Newton dimostrò che esiste un'atttrazione tra ogni corpo dell'universo. Questa tendenza dei corpi ad avvicinarsi prende il nome di *Gravitazione* ed è determinata dalla distanza e dalla **massa** dei corpi.
Quindi, date due masse separte da una distanza r, l'ampiezza della forza gravitazionale è:

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}[N]$$

Dove G è la costante di gravitazione universale:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11}[N \cdot \frac{m^2}{kg^2}]$$

Forma vettoriale In forma vettoriale, la formula della legge di gravitazione si presenta in questo modo:

$$\overrightarrow{F_g} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\overrightarrow{r}}{r}[N]$$

In cui $\overrightarrow{r}$ rappresenta il vettore posizione della particella 2 rispetto alla 1, quindi $\frac{\overrightarrow{r}}{r}$ è il versore, orientato e diretto come l'asse $\overrightarrow{F}$, di modulo 1.

3.2 L'energia potenziale gravitazionale

In precedenza abbiamo parlato di energia potenziale gravitazionale, però lì era nel caso in cui ci trovassimo sulla superficie terrestre e calcolassimo U per una particella di massa molto più piccola di quella della terra.
Qui generalizziamo il concetto considerando l'energia potenziale gravitazionale U

di due particelle, di massa m e M, separate da una distanza r. A differenza del caso perecedente, qui definiamo $U = 0$ nel caso in cui $r = \infty$, e definiamo che l'energia potenziale gravitazionale è negativa per ogni distanza finita e aumenta in modulo all'avvicinarsi della particella:

$$U_g = -\frac{GMm}{r}$$

Questa è una proprietà comune ad un sistema di due particelle, non di ogni singola particella.

3.2.1 Velocità di Fuga

Un oggetto sfuggirà all'attrazione gravitazionale di un corpo astronomico di massa M e raggio r se la sua velocità (iniziale) in vicinanza della superficie del corpo sarà non inferiore alla velocità di fuga data dalla seguente formula:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Con M massa del pianeta e R il suo raggio. Si può notare che la velocità di fuga dipende solo dal corpo celeste!

3.3 Le leggi di Keplero

3.3.1 1: Legge delle Orbite

la prima legge di Keplero enuncia:

DEFINIZIONE

Tutti i pianeti si muovono su orbite ellittiche, di cui il Sole occupa uno dei due fuochi.

3.3.2 2: Legge delle Aree

La seconda legge di Keplero enuncia:

DEFINIZIONE

Il segmento che collega un pianeta al Sole descrive aree uguali in tempi uguali.

3.3.3 3: Legge dei periodi

La terza legge di Keplero enuncia:

DEFINIZIONE

Il quadrato del periodo di un pianeta è proporzionale al cubo del semiasse maggiore della sua orbita.

Capitolo 4

Termodinamica

4.1 Trasformazioni Notevoli

Esistono 4 trasformazioni notevoli, ognuna caratterizzata da un valore che rimane costante.

Isocora	**Isobara**	**Isoterma**	**Adiabatica**
Volume Costante	Pressione Costante	Temperatura costante	Senza Calore
V cost $W = 0$ $\Delta E_{int} = Q = nc_v \cdot \Delta T$	P cost $W = P \cdot \Delta V$	T cost $W = nRT \cdot \ln(\frac{V_f}{V_i})$ $\Delta E_{int} = 0$	Q=0

Capitolo 5

Elettrostatica

5.1 La carica elettrica

La carica elettrica è un fenomeno intrinseco delle particelle fondamentali.

le cariche Esistono cariche elettriche *Positive* e *Negative*.
Normalmente in un corpo esse si eguagliuano, dando al corpo una **carica neutra**. Quando un oggeto si squilibra, esso ha delle *cariche in eccesso*, ovvero si carica di elettricità statica.

Attrazione Si nota sperimentalmente che le particelle cariche dello stesso segno si **attraggono**.

Fenomeni Elettrostatici Se strofino della seta su del vetro, la seta "strappa" cariche negative dal vetro lasciando il vetro *carico positivamente* La *Messa a terra* scarica nel terreno tutti gli squilibri.

5.1.1 Definizioni di Base

Le sostanze si possono comportare in diversi modi con le cariche:

- Conduttori, le cariche si possono muovere più o meno liberamente all'interno.
- Isolanti, Le cariche all'interno sono *fisse*.
- Sostanze naturali che in acluni casi sono conduttori e in altri casi isolanti (Silicio, germanio,...)
- Superconduttori, sostanze perfettamente conduttrici in cui le cariche si possono muovere in modo "perenne".

5.1.2 I conduttori

Il percorso conduttivo è il passaggio di una carica da un sistema all'altro.
Gli atomi sono formati da particelle cariche, ovvero *Elettroni, Protoni e Neutroni.*

La carica di un singolo elettrone e di un singolo protone hanno la stessa intensità ma segno opposto.

La conduzione nei metalli avviene grazie allo spostamento di elettroni liberi da un atomo all'altro.

La carica indotta è la carica dovuta alla mobilità della carica nei conduttori, ovvero se spostiamo la carica da una parte di un oggetto all'altra questo genera una carica indotta.

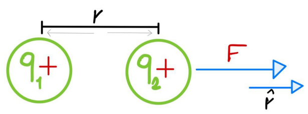
5.2 La legge di Cuolomb

La legge di Coulomb esprime la forza elettrostatica agente su particelle cariche *nei corpi puntiformi*

DEFINIZIONE

Quando due particelle si *attraggono/respingono* esse **accelerano**. Le forze di attrazione e repulsione hanno stesso modulo (quindi sono forti uguali) ma hanno segno opposto.

Forza di Coulomb $F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}\frac{\vec{r}}{r}$



In questa definizione:

- k è la costante di Coulomb
- q_1, q_2 sono le cariche delle particelle
- r è la distanza tra le particelle
- $\frac{\vec{r}}{r}$ è il versore diretto come la retta congiungente e orientato nel verso di allontanamento delle particelle.

La costante di Coulomb $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ in cui ϵ_0 è la costante universale.

Osservazione La forma di questa legge è uguale a quella della legge di Newton per la forza gravitazionale tra due masse.
Newton: $F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

Il Coulomb $[C]$ L'unità di misura della forza di Coulomb è il *Coulomb [C]*. Nota che il coulomb *non* è un unità fondamentale ma è derivata dall'Ampere.

$$1 \text{ Coulomb} = 1 \text{ Ampere} \cdot \text{Secondo}$$

La Composizione delle forze elettrostatiche

Se abbiamo tante particelle in vicinanza con una particella q, la forza totale che agisce sulla particella è data dalla somma vettoriale delle forze $F_{qTOT} = F_{q2} + F_{q3} + ...$

5.3 Teorema dei gusci per le cariche elettrostatiche

Questo teorema è esattamente analogo a quello gravitazionale:

DEFINIZIONE

Una superficie sferica uniformemente carica attrae o repsinge una carica esterna come se tutta la carica della sfera fosse concentrata nel suo centro

DEFINIZIONE

Una carica posta all'interno di una superficie chiusa uniformemente carica non risente di forze elettrostatiche nette da parte della superificie chiusa.

Capitolo 6

Formulario

Cinematica

Moto Uniformemente Accelerato		
Velocità Media	$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$	$[m/s]$
Velocità Istantanea	$\overrightarrow{v} = \lim_{x \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$	
Accelerazione Media	$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$	$[m/s^2]$
Accelerazione Istantanea	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{d^2 x}{dt^2}$	
Spostamento	$x(t) = x_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2$	$[m]$
Velocità Finale	$v_f(t) = v_i + at$	
Moto Circolare Uniforme		
Velocità Tangenziale	$v = \frac{2\pi r}{T}$	$[m/s]$
Accelerazione centripeta	$a_c = \frac{v^2}{r}$	$[m/s^2]$
Periodo	$T = \frac{2\pi r}{v}$	
Velocità angolare	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	$[rad/s]$
Moto circolare Uniformemente Accelerato		
Legge Oraria	$\begin{cases} \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \\ \omega = \omega_0 + \alpha t \end{cases}$	
Acelerazione Tangenziale	$a_t = \alpha r$	

Moto Armonico	
Legge Oraria	$\theta(t) = \theta_0 + \omega t$ $\begin{cases} x(t) = R \cdot \cos(\theta_0 + \omega t) \\ y(t) = R \cdot \sin(\theta_0 + \omega t) \end{cases}$

Dalla legge oraria del moto armonico si ha che:

$$v_x = \frac{d}{dt}x(t), v_y = \frac{d}{dt}y(t), a_x = \frac{d}{dt}v_x(t), a_y = \frac{d}{dt}v_y(t)$$

6.1 Dinamica

6.1.1 Leggi di newton

I	Se la somma delle forze che agiscono su un corpo è nulla, allora il corpo in quiete rimarrà in quiete, mentre se è in moto continuerà a muoversi di moto rettilineo uniforme	
II	La forza agente su un corpo è direttamente proporzionale all'accelerazione e ne condividide direzione e verso, ed è direttamente proprorzionale alla massa.	$\overrightarrow{F} = m \cdot \overrightarrow{a} \quad [N]$
III	Se un corpo A esercita una forza su un corpo B, allora il corpo B esercita su A una forza uguale e contraria.	$F_{ab} = -F_{ba}$

6.1.2 Forze e Lavoro

Forza di Hooke (Elastica)	$F = -kx$	
Forza di Gravità (Peso)	$F_g = mg$	
Forza Normale	Stesso modulo e direzione di F_g ma di *Verso opposto*	
Lavoro	$W = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{d}$	$[\mathrm{J} = N \cdot M]$
Lavoro su traiettoria non lineare	$W = \int_a^b \overrightarrow{F} \cdot d\overrightarrow{s}$	[J]
Lavoro di una forza elastica	$W_m = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$	[J]
Energia Cinetica	$J = \frac{1}{2}mv^2$	[J]
Teorema Energia cinetica	$\Delta K = K_f - K_i = W$	[J]
Energia Potenziale	$\Delta U = -W$	[J]
Energia Potenziale Gravitazionale	$U(y) = mgy$	
Energia Potenziale Elastica	$U(x) = \frac{1}{2}kx^2$	
Energia Meccanica	$E_{mec} = K + U$	