

# Il Corso di Fisica per Scienze Biologiche

- Prof. Attilio Santocchia
- Ufficio presso il Dipartimento di Fisica (Quinto Piano) Tel. 075-585 2708
- E-mail: [attilio.santocchia@pg.infn.it](mailto:attilio.santocchia@pg.infn.it)
- Web: <http://www.fisica.unipg.it/~attilio.santocchia/>
- Testo: Fondamenti di Fisica (Halliday-Resnick-Walker, Casa Editrice Ambrosiana)

# Indice

- ◆ Dinamica del punto materiale
- ◆ Sistemi di riferimento
- ◆ Massa
- ◆ Forza
- ◆ Le 3 leggi della dinamica
- ◆ Forza gravitazionale
- ◆ Peso
- ◆ Forze Reali e Forze Fittizie

# Dinamica del Punto Materiale

- ◆ Storicamente **Galileo** è stato il primo **Scienziato** dell'era moderna
- ◆ Le prime osservazioni effettuate con **Metodo Scientifico** (nessuna assunzione a priori e ripetibilità delle osservazioni) risalgono infatti a lui (1564-1642)
- ◆ La prima osservazione qualitativa riguarda il fatto che per porre un oggetto, posto su un piano orizzontale, in uno stato di moto occorre che esso venga perturbato
- ◆ Per mettere in moto l'oggetto occorre una **forza**...
- ◆ Stiamo quindi studiando la **causa** del moto...
- ◆ Sono 3 i **principi fondamentali** che intervengono in questo studio e sono stati formalizzati definitivamente da **Newton**
- ◆ Tali principi sono stati estrapolati da una **analisi critica ed attenta** dei dati sperimentali

# Prima legge della Dinamica

*Ogni corpo isolato, cioè non soggetto ad azione esterna, persiste nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme*

- ◆ Non è stato banale giungere a questo principio a causa di un effetto esterno legato all'attrito...
- ◆ Il principio può essere esteso al caso in cui esistono azioni esterne (cioè esistono delle forze applicate al corpo) ma la risultante (cioè la somma di tali forze) è nulla

# Esempio

- ◆ Il record mondiale dei 100 metri piano è...
  - Usain Bolt a Berlino nel 2009 ha corso in 9"58
- ◆ Con una velocità media di 37.5 Km/h
- ◆ Voi siete giovani e direi che potete tranquillamente correre a 25 Km/h
- ◆ Se vi proponessi di correre alla vostra massima velocità contro un bel muro di mattoni cosa mi direste?
- ◆ E allora se vi dicessi di non mettere la cintura di sicurezza quando salite in un'auto perché non reagite allo stesso modo?
- ◆ Siete in auto, in città, e il conducente vostro amico/a va molto piano (25Km/h) ma è un po' distratto/a; Parla con voi (magari sta facendo lo/la splendido/a per fare colpo) e non si accorge che la fila davanti è ferma...
- ◆ **Primo Principio della Dinamica: voi PERSISTETE nello stato di moto a 25 Km/h ...**

# Sistemi di Riferimento Inerziali

- ◆ Un sistema di riferimento è inerziale se in esso vale la prima legge di Newton

Esistono dei sistemi Non Inerziali?

- ◆ Cioè esistono dei sistemi di riferimento dove il primo principio della dinamica non vale. Quali sono questi sistemi?

Dato un sistema inerziale, tutti i sistemi che sono in quiete o si muovono con moto rettilineo uniforme rispetto al sistema iniziale, sono inerziali

- ◆ I sistemi non inerziali sono quelli che si muovono con moto diverso dal moto rettilineo uniforme rispetto ad un sistema inerziale

# Forza...

- ◆ Scegliamo **un sistema di riferimento inerziale** (ad esempio solidale con le stelle fisse)
- ◆ Abbiamo visto che per modificare lo stato di un punto (corpo) occorre una **forza...**
- ◆ La **forza è una grandezza vettoriale** ed è quindi caratterizzata da una direzione, da un verso, da un valore e da un punto d'applicazione
- ◆ Se applico una forza ad un corpo produco un cambiamento nello stato del corpo...
- ◆ **Il corpo viene accelerato** (o decelerato)
- ◆ Due Forze sono uguali se applicate allo stesso corpo producono la medesima accelerazione

# Massa Inerziale

- ◆ Considero un punto materiale e applico una forza  $F_1$ ... produco un'accelerazione  $a_1$ ...
- ◆ Ripeto l'esperimento varie volte cambiando direzione, verso e modulo della forza e ogni volta misuro l'accelerazione...
- ◆ Osservo ora il rapporto tra  $|F_1|$  e  $|a_1|$ ; tra  $|F_2|$  e  $|a_2|$  ... tra  $|F_n|$  e  $|a_n|$  ...
- ◆ ... è **Costante!** Chiamo questo rapporto **la massa inerziale** del corpo. E' una caratteristica propria del corpo.
- ◆ Posso fare altri esperimenti in cui, ad esempio, studio cosa succede se cambio corpo e applico la stessa forza... i risultati sono tutti in accordo con...



## Il secondo principio della Dinamica

- ◆ La massa inerziale di un corpo rappresenta una nuova caratteristica che devo poter misurare... introduco una nuova unità di misura: **il Chilogrammo** e il suo simbolo è *Kg*
- ◆ La massa inerziale determina il modulo dell'accelerazione del corpo a cui viene applicata una data forza.

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$

- ◆ La Forza si misura in Newton.

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

## Il secondo principio della Dinamica (2)

- ◆ Forza e Accelerazione sono nella stessa direzione
- ◆ Se più Forze sono applicate allo stesso punto materiale l'effetto è equivalente ad applicare la risultante delle Forze
- ◆ Il secondo principio della dinamica è una relazione vettoriale, quindi è equivalente a 3 relazioni indipendenti (posso cioè proiettare l'eq.ne vettoriale su ciascun asse ed avere 3 eq.ni indipendenti)
- ◆ La relazione è equivalente a 3 equazioni differenziale di ordine 2 che sono:

$$F_x = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2} \quad F_z = m \frac{d^2 z}{dt^2} \quad \text{dove}$$
$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t)$$

# Esempio 1: Forza Costante

- ◆ Se il corpo è soggetto a una Forza costante le 3 eq.ni differenziali sono facilmente integrabili

- ◆ La soluzione è semplicemente:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \text{costante}$$

- ◆ Il moto è un moto rettilineo uniformemente accelerato; Un esempio tipico è la forza di gravità

# Peso e Massa

- ◆ A proposito di Forza Gravitazionale...
- ◆ Il **Peso** è il modulo di una forza... che è la forza gravitazionale applicata a tutti i corpi che si trovano sul pianeta terra...
- ◆ Se ci spostiamo su un altro pianeta (o sulla luna ad esempio) la forza gravitazionale è in principio diversa (vedremo poi come si calcola... per ora non è fondamentale)...
- ◆ quindi è diverso il peso...
- ◆ **Ciò che rimane invariata è la massa del corpo!**

$$P = mg$$

- ◆ Per pesare un corpo si usano le bilance; lo stesso strumento viene usato per misurare la massa del corpo.
- ◆ Prestate sempre attenzione al fatto che in Fisica parliamo sempre (tranne ora) di massa e mai di peso...

# Forza Gravitazionale

- ◆ Elaborata da Newton nel 18° Secolo studiando il comportamento dei Corpi Celesti
- ◆ Fra 2 corpi, di massa  $m_1$  e  $m_2$  rispettivamente, posti a distanza  $r$  l'uno dall'altro, si esercita una forza attrattiva agente lungo la congiungente i due corpi stessi e avente modulo:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- ◆ La Costante  $G$  è la **costante di gravitazione universale** e vale:  
$$G = 6,67 \times 10^{-11} N m^2 kg^{-2}$$
- ◆ Questa forza è presente sempre... agisce tra ogni corpo...
- ◆ E' quindi responsabile della caduta degli oggetti... (**Forza PESO - accelerazione di gravità**)
- ◆ Ma esiste anche **tra** gli oggetti... solo che è troppo piccola per essere avvertita nella vita di tutti i giorni...
- ◆ Ad esempio la forza gravitazionale che agisce tra 2 persone di massa 70 Kg alla distanza di 1 m è dell'ordine di  $3 \times 10^{-7} N$ ...
- ◆ Che equivale ad una accelerazione  $a=F/m$  di circa  $4 \times 10^{-9} m/s^2$
- ◆ Cioè in un minuto (se non esistono altre forze in gioco) le 2 persone si sono avvicinate di circa  $8 \mu m$ ...

# Quanto pesa la terra...

- ♦ ... o in un linguaggio meno spettacolare ma più corretto **Quanto è la massa della terra...**
- ♦ E' possibile (nel caso dei corpi estesi) dimostrare che l'effetto della forza gravitazionale è equivalente se sostituisco il corpo con un punto materiale di massa uguale posto al centro della terra (baricentro del corpo esteso)...
- ♦ Posso considerare la terra come un punto di massa  $M_T$  posto al centro della terra...
- ♦ La distanza tra questo punto e un corpo di prova è quindi  $R_T$ ...
- ♦ Conosco inoltre  $G$  e  $g$ ... quindi:

$$F = G \frac{m_p M_T}{R_T^2} = P = m_p g \Rightarrow$$

$$M_T = \frac{g R_T^2}{G} \cong 5,97 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

# Terzo Principio della Dinamica

- ◆ Abbiamo visto che nel caso della forza gravitazionale 2 corpi si attraggono...
- ◆ Detto in altre parole il primo corpo esercita sul secondo una forza attrattiva...
- ◆ ...**E viceversa!**
- ◆ Questa proprietà è vera sempre... non solo nel caso della forza gravitazionale...

Dati due punti materiali, A e B, se A esercita una forza  $F_A$  su B, questi “reagisce” applicando su A una forza  $F_B$  avente la medesima intensità e direzione, ma verso opposto.

# Principio di Azione e Reazione

- ◆ Il terzo principio della dinamica è spesso chiamato anche in questo modo...
- ◆ Possiamo cioè enunciarlo in altre parole:

Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria, diretta lungo la congiungente i due punti materiali

- ◆ Questa è una peculiarità abbastanza frequente in Fisica: accade spesso che un principio (o una legge) possa essere enunciato in molti modi diversi ma tutti equivalenti...
- ◆ In alcuni casi è proprio la ricerca di “modi” equivalenti che ha generato notevoli progressi nella Fisica
- ◆ O anche che due principi a prima vista diversi si riferivano alla stessa proprietà ha migliorato notevolmente la comprensione di alcune teorie...



# Attenzione all'interpretazione

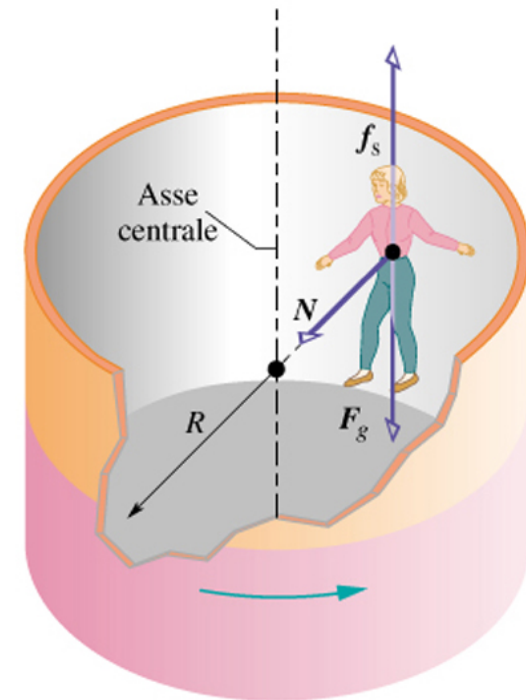
- ◆ Quando trascinate una slitta tramite una fune voi applicate una forza sulla slitta... ma secondo il principio di azione e reazione, la slitta esercita su di voi una forza uguale e contraria...
- ◆ Quindi la somma delle forze è nulla e voi non vi muovete... **Sbagliato!**
- ◆ La somma delle forze non ha senso perché **NON** sono 2 forze applicate allo stesso corpo: una è applicata su di voi mentre l'altra è applicata sulla slitta!

# Forze Reali e Fittizie

- ◆ Fino a questo momento abbiamo studiato le forze nei **sistemi inerziali...**
- ◆ Cosa succede se cambio sistema di riferimento e scelgo un **sistema non inerziale?**
- ◆ Se prendo un corpo, lo lego ad una fune, lo metto in rotazione e sono in un sistema inerziale ho imparato che c'è una forza centripeta esercitata sul corpo diretta come il raggio... questa forza è esercitata sul corpo dalla fune (**viene chiamata vincolo**)... il corpo mantiene la sua traiettoria circolare...

# Forze Reali e Fittizie

- ◆ Ora cambio sistema di riferimento e scelgo il **sistema solidale con il corpo**... questo sistema è ovviamente **non inerziale**
- ◆ In tale sistema il corpo è fermo. Se però taglio la fune il corpo accelera bruscamente...
- ◆ Posso quindi dedurre (applicando il 2° principio della dinamica) che esiste una forza che fa accelerare il corpo...
- ◆ Ma io so che nel sistema inerziale ora il corpo è libero e nessuna forza agisce su di esso...
- ◆ La forza che devo introdurre nel sistema non inerziale per giustificare il movimento del corpo quando taglio la corda è una **forza fittizia** e viene chiamata in questo caso **Forza Centrifuga**.
- ◆ Ogni volta che scelgo un Sistema di riferimento non inerziale compaiono forze di questo tipo che sono legate a come si muove il sistema scelto rispetto ad un sistema inerziale



# Forze Reali e Forze Fittizie

- ◆ Forza Centripeta → Forza Reale
- ◆ Forza Centrifuga → Forza Fittizia
  
- ◆ Sono in auto, curvo verso destra e “sento” una forza che mi spinge verso sinistra...
  - E' una forza fittizia perché sto prendendo come riferimento l'auto (verso sinistra rispetto all'auto... ma rispetto alla terra? Il mio corpo cerca di andare dritto!)