

# 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)

# Lavoro di una forza

- ◆ Il lavoro di una forza è definito come il **prodotto scalare** della forza  $F$  per lo spostamento  $\Delta r$ .
- ◆ Il lavoro è una grandezza scalare
- ◆ Se lo spostamento è perpendicolare alla forza il lavoro è nullo...
- ◆ Se il lavoro è negativo, si dice che il lavoro è fatto contro la forza

$$L = \vec{F} \cdot \vec{\Delta r} = |\vec{F}| |\vec{\Delta r}| \cos \theta$$

# La quantità di Moto

- ◆ Si definisce come quantità di moto il prodotto tra la massa di un corpo e il vettore velocità  $\vec{p}=m\vec{v}$  (è una grandezza vettoriale)
- ◆ Un corpo fermo ha quantità di moto nulla
- ◆ Se deriviamo la quantità di moto rispetto al tempo otteniamo:

$$\underbrace{\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \frac{d^2\vec{x}}{dt^2} = m\vec{a} = \vec{F}}_{\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}}$$

- ◆ Questa è la forma più generica del secondo principio della dinamica (comprende infatti anche la possibilità che la massa possa subire delle variazioni)

# Lavoro di una forza 2

- ◆ L'unità di misura del lavoro è il Joule

$$[L]=[F][\Delta r]=N \cdot m=Kg \cdot m^2/s^2$$

- ◆ Se lo spostamento non è rettilineo e/o la forza non è costante lungo il moto, si può lavorare in termini di infinitesimi (in questo caso lo spostamento può essere considerato rettilineo e la forza costante) e calcolare il lavoro tramite un integrale:

$$L = \int_A^B \vec{F} \cdot \vec{dr}$$

# Il Lavoro nella Forza di Gravità

- ◆ La forza è  $F=mg$
- ◆ Un corpo cade da una altezza  $h$  partendo da fermo
- ◆ La forza è costante e diretta sempre lungo la verticale (in altre parole, forza e spostamento hanno stessa direzione e stesso verso)

$$L = \vec{F} \cdot \Delta\vec{x} = Fh \cos\theta = mgh$$

- ◆ Infatti  $\theta$  è zero e il  $\cos\theta$  è 1.

# L'Energia Cinetica

- ◆ Supponiamo di avere un corpo di massa  $m$  fermo; applichiamo a questo corpo una forza  $F$ 
  - Il corpo si mette in movimento e vale  $F = ma$
  - Dopo un tempo  $\Delta t$  la sua velocità è  $v = a\Delta t = F/m \Delta t$
  - Lo spazio percorso è  $\Delta x = \frac{1}{2} a \Delta t^2 = \frac{1}{2} F/m \Delta t^2$
  - Il lavoro fatto è  $L = F\Delta x = \frac{1}{2} F^2/m \Delta t^2 = \frac{1}{2} m F^2/m^2 \Delta t^2$
  - Ma  $F = ma \rightarrow a = F/m \rightarrow a^2 = F^2/m^2$
  - Inoltre  $v = a\Delta t \rightarrow v^2 = a^2\Delta t^2$

- ◆ Ho fatto un lavoro

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

- ◆ Si definisce **Energia Cinetica**  $K = \frac{1}{2}mv^2$  del Corpo quella quantità, che dipende solo dalla massa del corpo e dalla sua velocità, associata allo stato di moto del corpo.
- ◆ Se la velocità aumenta, aumenta anche la sua energia cinetica. Per un corpo fermo l'energia cinetica è nulla

# Teorema dell'Energia Cinetica

- ◆ L'espressione precedente mostra che il lavoro svolto viene interamente trasformato in Energia Cinetica. In pratica si può enunciare che

**Il lavoro totale delle forze agenti su un corpo eguaglia la variazione di energia cinetica del corpo stesso**

- ◆ In generale l'energia rappresenta proprio la proprietà di poter compiere un lavoro
- ◆ La prima forma di energia di cui parliamo è quella legata alla velocità di un corpo... ne incontreremo altre.
- ◆ Mentre per il lavoro è facile parlare di misurazione, per l'energia il discorso è più complicato...

# Ancora sull'Energia Cinetica

- ◆ Supponiamo di avere un corpo di massa  $10\text{ Kg}$  che si muove di moto rettilineo uniforme. Sia la sua velocità  $10\text{m/s}$ . Secondo quanto detto prima posso calcolare l'energia cinetica di tale corpo con la formula  $K = \frac{1}{2}mv^2 = 500\text{J}$
- ◆ Il sistema di riferimento scelto è ovviamente inerziale... decido di cambiare sistema di riferimento e scelgo un sistema solidale con il corpo (anche questo è inerziale!). Calcolo di nuovo l'energia cinetica  $K = \frac{1}{2}mv^2 = 0\text{J}$  (Il corpo è fermo in questo sistema!)
- ◆ Qual è il valore esatto e quale quello errato???



# Il concetto di energia...

- ◆ ... è un concetto estremamente articolato...
- ◆ Alcune volte è possibile quantificare un **valore assoluto di energia...**
- ◆ ma nella gran parte dei casi posso misurare solo **le differenze di energia...**
- ◆ L'energia cinetica è uno di questi casi...
- ◆ Ci sono varie forme di energia, ma non sempre è stato banale riconoscere una particolare grandezza come una particolare forma di energia (il calore ad esempio)

# La Potenza

- ◆ E' la misura della capacità di compiere un lavoro nell'unità di tempo.
- ◆ Anche questa è una grandezza scalare e viene misurata in Watt ( $W$ )
- ◆ Un Watt è la potenza erogata se si compie il lavoro di un Joule in un secondo

$$[W]=[Lt^{-1}]=Js^{-1}=kg\ m^2\ s^{-3}$$

Potenza Media

Potenza Istantanea

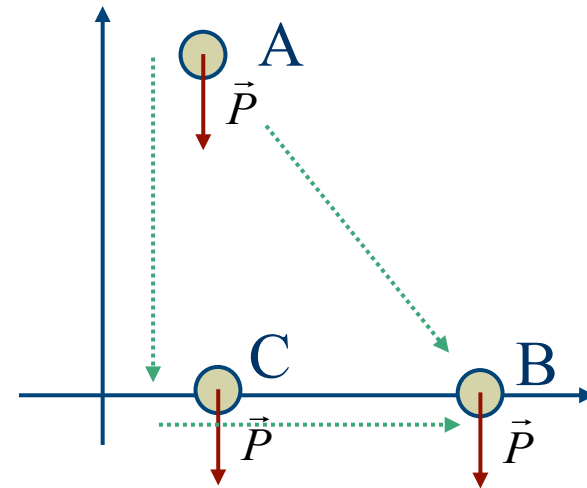
$$P = \frac{L}{\Delta t}$$

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

# Forze Conservative

Una **forza è conservativa** quando il lavoro compiuto per spostare un punto materiale (corpo) da un punto A a un punto B non dipende dalla traiettoria seguita ma solo dalla posizione di A e B

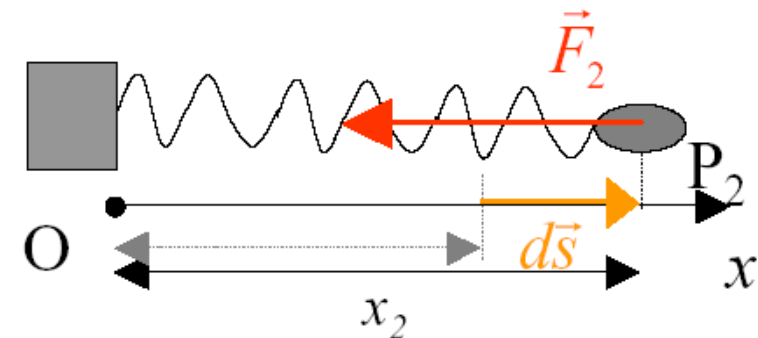
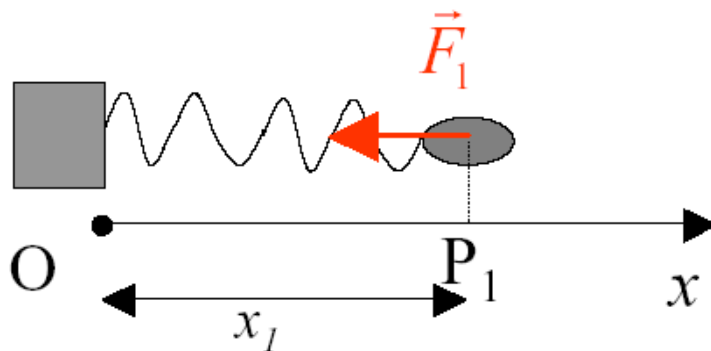
- ◆ Calcoliamo il lavoro per andare da A a B direttamente o passando per C
- ◆ La forza di gravità è costante ovunque
- ◆ **Il Lavoro per il percorso  $A \rightarrow C \rightarrow B$  è  $mgh$** 
  - Il Lavoro da A a C è  $mgh$  (dove  $h$  è l'altezza del punto A rispetto al piano di riferimento), infatti la forza e lo spostamento hanno la stessa direzione
  - Il Lavoro da C a B è nullo infatti la forza e lo spostamento sono perpendicolari
- ◆ **Il lavoro per il percorso  $A \rightarrow B$  è ancora  $mgh$** 
  - infatti il prodotto scalare dello spostamento obliquo per la forza peso è sempre  $mgh$  (se non ci credete potete controllare da soli)



L'attrazione gravitazionale (la forza peso) è una forza conservativa

# La Forza Elastica

- ◆ Supponiamo di avere una molla di costante  $K$  e un corpo di massa  $m$  e di operare in assenza di attrito.
- ◆ Scegliamo il sistema di riferimento unidimensionale con origine come nella figura.
- ◆ Calcoliamo quindi il lavoro necessario per muovere il corpo da  $x_1$  a  $x_2$

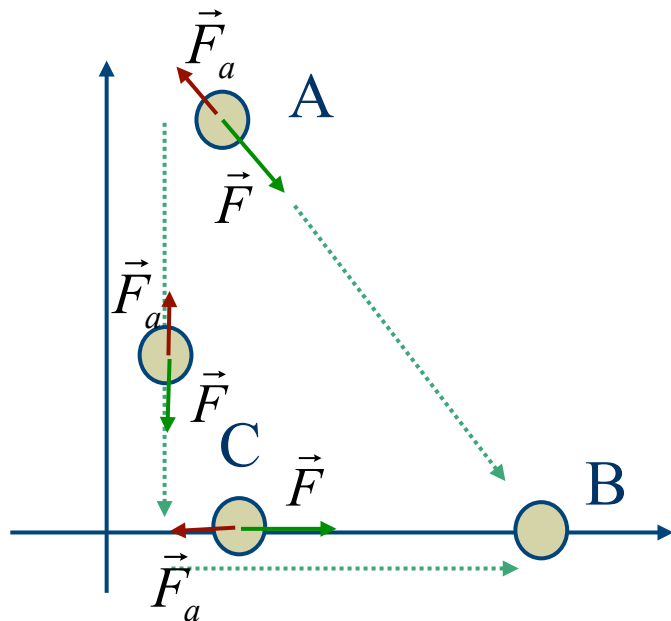


$$\begin{aligned} L &= \int_{x_1}^{x_2} \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_{x_1}^{x_2} F \cos \pi dx = \int_{x_1}^{x_2} kx dx \\ &= \frac{1}{2} k x^2 \Big|_{x_1}^{x_2} = \frac{1}{2} kx_2^2 - \frac{1}{2} kx_1^2 \end{aligned}$$

- ◆ Si vede quindi che il risultato ottenuto non dipende dalla traiettoria ma solo dalla posizione iniziale e finale ( $x_1$  e  $x_2$ )
- ◆ Anche la Forza Elastica è una forza conservativa

# Una Forza non Conservativa: L'Attrito

- ◆ Abbiamo visto che la forza elastica e gravitazionale sono forze conservative...
- ◆ L'attrito invece non è una forza conservativa, vediamo perché:



- ◆ Supponiamo di avere un oggetto fermo in un piano nel punto A e che vogliamo muoverlo fino a B; calcoliamo quindi il lavoro della forza di attrito dinamica per andare direttamente da A a B o passando per C
- ◆ Il Lavoro per il percorso  $A \rightarrow C \rightarrow B$  è dato da  $L = -F_a AC - F_a CB = -F_a(AC + CB)$
- ◆ Il Lavoro per il percorso  $A \rightarrow B$  è dato da  $L = -F_a AB$
- ◆ Il Lavoro in questo caso dipende dal percorso...
- ◆ L'Attrito non è una forza conservativa