

Corsi di Laurea in
Scienze motorie - Classe L-22 (D.M. 270/04)

Dr. Andrea Malizia

Lezione 7

ENERGIA E LAVORO

Energia e Lavoro

- Finora abbiamo descritto il moto dei corpi (puntiformi) usando le leggi di Newton, tramite le *forze*; abbiamo scritto l'equazione del moto, determinato spostamento e velocità *in funzione del tempo*.
- E' possibile trattare i problemi dinamici in modo differente, spesso più semplice e in ogni caso più potente, tramite il concetto di *Energia*.

- L'Energia è un concetto della massima importanza in Fisica. Appare sotto varie forme, come ad esempio:

Energia Cinetica \leftrightarrow velocità

Energia Potenziale \leftrightarrow posizione

Energia Termica \leftrightarrow temperatura

- Possiamo definire l'Energia come *capacità di compiere un lavoro*.

Energia e Lavoro

Trasferimento e conservazione di energia

- L'energia di un corpo può variare solo se avviene **uno scambio** *di energia* dall'ambiente circostante al corpo stesso.
- Tale trasferimento può avvenire per esempio tramite
 - Forze: compimento di *lavoro meccanico*
 - Scambio di calore (termodinamica)
 - ...
- In un *sistema isolato* (in cui non avvengono scambi di energia con l'esterno), l'energia *si conserva* (ovvero rimane invariata).

La quantità totale resta la stessa ma può cambiare natura (es. Da meccanica a termica ma ne totale rimane invariata)

Energia e Lavoro

Trasferimento e conservazione di energia

Il lavoro è il prodotto scalare della forza per lo spostamento, se non c'è spostamento (se la forza è nulla o la risultante è nulla il corpo non si muove e non compie lavoro).

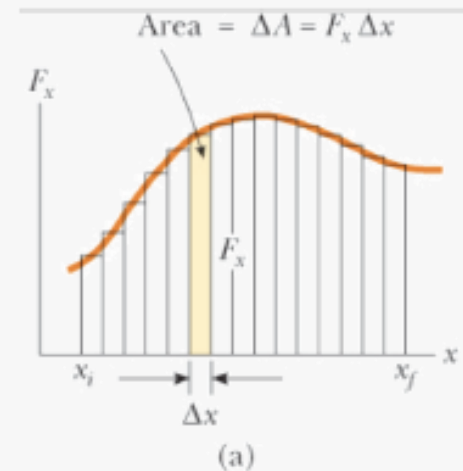
$$L = \mathbf{F} \cdot \mathbf{x} \quad [\text{J}]$$

Dal punto di vista fisico il lavoro è nullo se i vettori sono ortogonali.

N.B.: Forza e spostamento sono dei vettori, il lavoro ottenuto come prodotto scalare tra due vettori è uno scalare

Energia e Lavoro Lavoro in generale

- In generale il lavoro *dipende dalla traiettoria* seguita dal punto
- Matematicamente il lavoro è un *integrale di linea*, ovvero il limite della somma di tanti contributi $\Delta L = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$ piccoli, calcolati lungo la traiettoria.
- Nell'esempio accanto, il calcolo e l'interpretazione geometrica del lavoro $L = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx$ per una forza $F(x)$ in un caso unidimensionale.



$$1 \text{ J} = F \cdot s$$



Forze conservative e non conservative

- In generale il lavoro fatto da una forza (più precisamente, da un *campo* di forze):

$$L = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{r},$$



può dipendere dal percorso seguito dalla particella.

- Se il lavoro fatto da una forza (o da un campo di forze) durante uno spostamento qualsiasi *dipende solo dalla posizione iniziale e finale*, ovvero è *indipendente dal percorso scelto*, si dice che la forza (o il campo di forze) è *conservativa*. (E' immediato dimostrare che il lavoro fatto su di un percorso chiuso da forze conservative è nullo).
- A livello microscopico, tutte le forze sono conservative!

Forze conservative e non conservative

Sono esempi di forze conservative:

- La forza *gravitazionale* (forza peso)
- La forza *elastica* (forza di una molla)
- La forza *elettrostatica* (attrazione fra cariche)
e in generale, tutte le forze *centrali*, ovvero forze dipendenti solo dalla distanza dal centro e dirette verso il centro

Sono invece *non* conservative:

- Le forze di attrito e di resistenza

Il discorso di parlare di forze conservative è un modo per semplificarci lo studio di fenomeni fisici

Energia e Lavoro Energia Cinetica

- Definizione : $K = \frac{1}{2}mv^2$ (per un punto materiale di massa m).
- L'energia cinetica (e non solo) si misura in *Joule*: $1 \text{ J} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$.
- Se ci sono più particelle nel sistema, l'energia cinetica complessiva del sistema è la somma delle energie cinetiche di tutte le particelle.
- L'energia cinetica è l'energia dovuta al moto delle particelle ed è presente *anche a livello microscopico*: l'energia "termica" o "interna" della Termodinamica in un gas è energia cinetica di atomi o molecole!

Notare che $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(\vec{v} \cdot \vec{v})$.

Energia e Lavoro

Energia Cinetica e Lavoro

Cosa fa variare l'energia cinetica? Se sulla particella agisce una forza \vec{F} , il *lavoro* L_{if} fatto da tale forza fra il punto iniziale i e finale f , definito come:

$$L_{if} = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

è responsabile della variazione di energia cinetica:

$$K_f - K_i = L_{if}$$

Questo importante risultato va sotto il nome di *Teorema dell'energia cinetica*. Se il lavoro è *positivo*, si ha *aumento* dell'energia cinetica; se è *negativo*, si ha *diminuzione* dell'energia cinetica.

Il lavoro, come l'energia cinetica e l'energia in generale, si misura in J. Nel seguito il lavoro sarà indicato semplicemente come L in tutti i casi non ambigui

Energia potenziale

Perché le forze conservative sono così importanti?

Per una particella sottoposta ad una forza conservativa è sempre possibile introdurre una *funzione della posizione della particella*, detta *energia potenziale*, U , tale per cui:

$$U_i - U_f = L_{if}$$

dove L_{if} è il lavoro fatto dalle forze conservative fra lo stato iniziale i e lo stato finale f (che non dipende dal percorso seguito).

Per un corpo nel campo gravitazionale terrestre: $U(y) = mgy$

Per un corpo sottoposto a forze elastiche: $U(x) = \frac{1}{2}kx^2$

Da notare che l'energia potenziale è definita *a meno di una costante*. Solo *differenze* di energia potenziale sono significative.

Energia meccanica

La quantità $E = K + U$ è detta *energia meccanica*.

Dal teorema dell'energia cinetica e dalla definizione di energia potenziale:

$$L_{if} = K_f - K_i, \quad L_{if} = U_i - U_f$$

si ottiene immediatamente la *conservazione dell'energia meccanica*:

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

ovvero E non varia durante il moto (in presenza di sole forze conservative): è una *costante del moto*.

RIFERIMENTI

- 0) Fondamenti di Fisica – Mastering Physics, Quinta edizione (Walker). Casa editrice Pearson
<http://www.fisica.uniud.it/~giannozz/Corsi/Fisl/Slides/Forces2.pdf>
- 2) <http://www.fisica.uniud.it/~giannozz/Corsi/Fisl/Slides/LavoroEnergia.pdf>
- 3) <http://www.youtube.com/watch?v=8VX0hnlqK0>
- 4) <http://www.youtube.com/watch?v=YVmB81SAIDY>
- 5) <http://www.youtube.com/watch?v=hBVyJGO1RDA>