Energia e principi di conservazione

1) Conservazione della quantità di moto

Se la somma delle forze agenti su un sistema è nulla, la *quantità di moto* del sistema ($\vec{p} = m \cdot \vec{v}$) non varia. In linguaggio simbolico (quello che devi usare nelle verifiche):

$$\sum \vec{F}_{est} = 0 \Rightarrow \Delta\vec{p} = 0.$$

Questa legge consente di risolvere problemi ed esercizi riguardanti gli **urti**. E' una *legge sperimentale* ma, come fa il tuo libro, può essere anche ricavata come conseguenza del terzo principio della dinamica. Oppure con un ragionamento sulla *simmetria* che però richiede di comprendere il concetto di *centro di massa in moto*, concetto non semplice.

2) Urti elastici

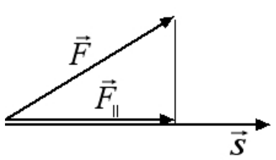
Nel 1666, alcuni membri della Royal Society di Londra, durante una riunione assistettero a un esperimento.

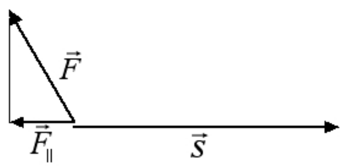
Due pesanti sfere di legno duro, di uguale grandezza, furono sospese ciascuna all'estremità di una corda, formando due pendoli. Lasciandone cadere una da una certa altezza, urtava l'altra, che inizialmente era ferma. Dopo l'urto, la prima sfera rimaneva praticamente ferma, mentre la seconda raggiungeva quasi la stessa altezza da cui era partita la prima, e così via...

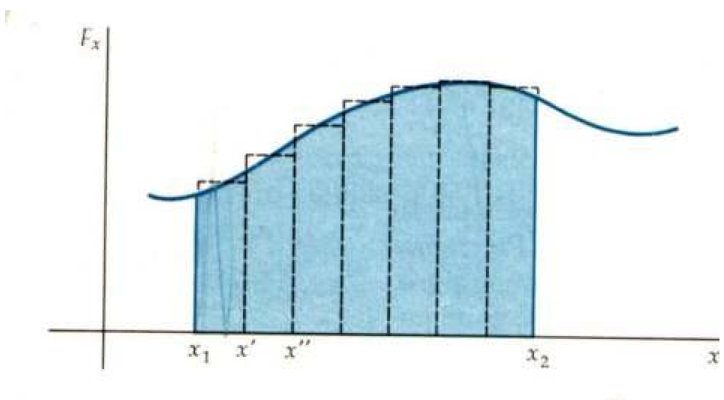
Nel 1668 Christiaan Huygens propose, per dar ragione del fenomeno, che oltre alla quantità di moto si dovesse conservare anche quella che, in termini moderni, chiamiamo **energia cinetica**: $K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$. Capiremo tra poco il perché del coefficiente $\frac{1}{2}$.

Contrariamente alla quantità di moto, Huygens fa notare che l'energia cinetica rimane costante solo se i due corpi, urtandosi, non si deformano, non si ammaccano, non vanno in frantumi, non si attaccano l'uno all'altro, non si scaldano e non subiscono deformazioni interne. Solo cioè se gli *urti* sono *perfettamente elastici.*

3) Lavoro di una forza







$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$, se $\vec{F} = cost$

Oppure, se $\vec{F} \neq cost$, il lavoro corrisponde all'area della porzione di piano sottesa dal grafico di *F(x)*.

Abbiamo visto come il lavoro di una forza che agisce su un punto materiale sia la grandezza che quantifica il contributo effettivo della forza allo spostamento del punto materiale stesso. Contributo che può essere motore o resistente.

Interessante il caso della **forza centripeta** che non è né una forza motrice né una forza resistente ma serve solo a mantenere invariata la traiettoria e, in base alla definizione, non compie alcun lavoro (o il lavoro che compie è nullo, se preferite).

4) Lavoro ed energia cinetica

Uno dei motivi per cui è utile il concetto di lavoro è che permette di calcolare l'effetto globale di una forza sul moto di un corpo senza conoscere come varia la velocità nel tempo. Consideriamo per esempio un corpo che, partendo da fermo, viene spostato su una superficie senza attrito da una forza costante − parallela alla superficie e di modulo F − di un tratto Δs, raggiungendo una velocità v.

Calcoliamo il lavoro applicando quel che sappiamo dalla dinamica e dalla cinematica:

$W = F \cdot \Delta s = m \cdot a \cdot \Delta s = m \cdot \frac{v-0}{\Delta t} \cdot \Delta s = m \cdot v \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Il termine $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ corrisponde alla velocità media del corpo e, poiché l'accelerazione è costante (perché *F=cost*), la *velocità media* corrisponde alla *media delle velocità* (fatto non valido in generale). Perciò:

$$W = m \cdot v \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} = m \cdot v \cdot \frac{v+0}{2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Introducendo l'energia cinetica in relazione agli urti elastici, siamo giunti a metterla in relazione con il lavoro in un teorema − **teorema** dell'**energia cinetica**: $W = \Delta K$ − che ha un ambito di validità molto ampio (vale infatti qualunque sia il tipo di forza in gioco) che, come promesso, permette di ricavare la velocità di un corpo conoscendo solo le forze agenti e lo spostamento che subisce (cfr esercizio del carrello).

Ma il lavoro di una forza è fondamentale anche per affrontare il concetto di **energia**. Difficile dare una definizione generale di energia[1], più semplice definirne alcune forme particolari, attraverso il concetto di lavoro, come abbiamo già fatto per l'*energia cinetica*.

5) Energia potenziale

Sollevando una massa a velocità costante (cioè utilizzando una forza opposta alla forza peso, in base al *primo principio della dinamica*) a un'altezza *h*, dal punto di vista meccanico il lavoro totale è zero (infatti $\Delta K = 0$), ma per questo sollevamento è necessario usare un'energia (per esempio chimica muscolare). Dove è andata? Già Leibnitz suggerì che vi fosse un'energia legata all'altezza degli oggetti rispetto al suolo, un'Energia Potenziale Gravitazionale: $\Delta U = L = F_{mano} \cdot h = -F_{peso} \cdot h < 0$.

Se lasciamo cadere la massa, una volta toccato il suolo: $L = F_{peso} \cdot h = \Delta K > 0$.

Nelle posizioni intermedie, però, l'energia della massa è in parte energia potenziale e in parte energia cinetica.

Oltre all'energia potenziale gravitazionale ci sono l'energia potenziale elastica e l'energia potenziale elettrostatica.

L'energia potenziale è attribuibile a un corpo (a differenza del lavoro) ma, in realtà, è ascrivibile a un Sistema (è correlata a un'interazione o meglio a un CAMPO).

Si può definire quantitativamente un'energia potenziale (cioè di posizione) solo per forze conservative: il cui lavoro non dipende dalla traiettoria ma solo dalla posizione iniziale e finale (contresempio, la forza di attrito).

6) Conservazione dell'energia

Principio fondamentale: in un sistema isolato, l'energia totale si conserva.

In un sistema (anche non isolato) l'**energia meccanica** (K+U) **si conserva**, purché le forze che agiscono siano solo forze conservative. In linguaggio simbolico, equivalentemente:

$$\Delta K = -\Delta U \qquad \Delta K + \Delta U = 0 \qquad \Delta(K+U) = 0 \qquad K + U = cost.$$

Questa legge consente di risolvere tutta una serie di esercizi che i principi della dinamica o le altre leggi di conservazione non consentono di risolvere, come l'esercizio del pendolo.

Fonte bibliografica: AAVV, PPC (Progetto Fisica) - vol. A, Zanichelli

[1] Qualitativamente si può dire che con il termine "energia" indichiamo un insieme di grandezze fisiche accomunate dalla possibilità di provocare cambiamenti.