

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

Dr. Andrea Malizia

Lezione 8

IMPULSO

QUANTITA' di MOTO

URTI

Consideriamo una motocicletta di massa m in moto con velocità iniziale v_i a cui viene applicata una forza costante \mathbf{F} . Dopo un certo intervallo di tempo $\Delta t = t_f - t_i$, per effetto della forza \mathbf{F} , la motocicletta acquista una velocità finale v_f . Partendo dalla legge fondamentale della dinamica e dalla relazione che definisce l'accelerazione si ottiene:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

$$\vec{F} (t_f - t_i) = m\vec{a} = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

Questa relazione permette di definire due nuove grandezze fisiche:

Impulso I della forza F è il prodotto $F \Delta t$.

Quantità di moto q del corpo è il prodotto mv

Possiamo pertanto enunciare il seguente teorema detto dell'impulso e della quantità di moto
" *L'impulso di una forza agente su un corpo produce una variazione della quantità di moto del corpo stesso*". In formule:

$$\vec{I} = \vec{q}_f - \vec{q}_i$$

Oss1. L'impulso è una grandezza vettoriale che ha la stessa direzione e lo stesso verso della forza. La sua unità di misura è [Nsec]. L'impulso è una grandezza fisica più completa della sola forza poiché esprime il fatto che l'effetto di una forza non dipende solo dall'intensità della forza ma anche dalla durata della sua azione.

Oss2. La quantità di moto è una grandezza vettoriale che possiede la stessa direzione e verso della velocità. La sua unità di misura è [Kg (m/sec)]. La quantità di moto è una grandezza fisica più completa della velocità poiché esprime il fatto che lo stato di moto di un corpo non dipende solo dalla velocità ma anche dalla sua massa. Essa, insieme all'energia cinetica, ha grande importanza nei fenomeni d'urto. Infatti, se consideriamo un corpo in movimento e gli effetti che esso può produrre in occasione di un urto, è utile prendere in considerazione sia la massa che la velocità del corpo. Ad esempio, un grosso masso che cade su una persona può ucciderla, anche se la velocità d'urto è piccola, poiché grande è la sua massa. Lo stesso risultato lo si ottiene con un proiettile di rivoltella, la cui massa è estremamente più piccola, ma la cui velocità è enorme.

Oss3. Da teorema dell'impulso si ricava che una grande variazione nella quantità di moto di un corpo si ha unicamente se sul corpo agisce un grande impulso. Tuttavia un grande impulso può essere sia il frutto di una forza F molto intensa che agisce per breve tempo, sia il frutto di una forza molto meno intensa che agisce per un tempo Δt molto più lungo. E' questo il principio su cui si basa il funzionamento dell'*airbag*. Quando un ostacolo arresta di colpo l'automobile la quantità di moto del guidatore deve ridursi a zero. Per fare ciò occorre l'intervento di un grande impulso. Il volante, ad esempio, può esercitare sul guidatore una forza molto intensa per un breve intervallo di tempo ma con effetti negativi. Invece l'*airbag* frapponendosi tra il corpo del guidatore e il volante riduce nettamente la forza esercitata sul guidatore in quanto, rispetto alla situazione appena descritta, aumenta notevolmente l'intervallo di tempo durante il quale la forza agisce. In entrambi i casi l'impulso (rappresentato dall'area sottesa dal grafico $F-\Delta t$) è lo stesso ma le conseguenze sull'organismo del guidatore sono ben diverse.

IL PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELLA QUANTITA' DI MOTO

def 1. Più corpi che prendono parte allo stesso fenomeno costituiscono un **sistema**.

Es. Due palle da biliardo che si avvicinano l'uno all'altra costituiscono il sistema del fenomeno urto che voglio studiare.

In un sistema agiscono due tipi di forze. Le **forze interne** sono quelle che i corpi all'interno di un sistema esercitano l'uno sull'altro. Le **forze esterne** sono quelle esercitate sui corpi del sistema da agenti esterni al sistema.

Es. Le forze di azione e reazione che si originano durante l'urto delle due palle sono forze interne, mentre il peso di ciascuna palla e le forze normali di sostegno fornite dal tavolo sono le forze esterne.

def 2 Un sistema è **isolato** se la risultante delle forze esterne è nulla.

Es. Nel caso delle palle da biliardo poiché i pesi e le forze di sostegno fornite dal tavolo si fanno equilibrio, la somma delle forze esterne è nulla e le palle costituiscono un sistema isolato.

def 3. Si chiama **quantità di moto totale** \mathbf{Q} del sistema la somma delle quantità di moto q di ciascun corpo che costituisce il sistema.

Uno dei più importanti principi della fisica è il **principio di conservazione della quantità di moto**

"La quantità di moto totale di un sistema isolato rimane costante"

Nel caso di un sistema a due corpi scriveremo:

$$\vec{Q} = \text{cost} \rightarrow \vec{Q}_i = \vec{Q}_f \rightarrow m\vec{v}_{1i} + m\vec{v}_{2i} = m\vec{v}_{1f} + m\vec{v}_{2f}$$

se non agiscono altre forze sui due corpi A e B, per il 2° principio della dinamica:

$$F_{A \rightarrow B} = -F_{B \rightarrow A}$$

$$M_B \cdot a_B = -M_A \cdot a_A$$

$$M_B \cdot \frac{\Delta v_B}{\Delta t} = -M_A \cdot \frac{\Delta v_A}{\Delta t}$$

ma, poiché la durata dell'interazione è ovviamente la stessa per entrambi i corpi,

$$M_B \cdot (v_B^{dopo} - v_B^{prima}) = -M_A \cdot (v_A^{dopo} - v_A^{prima})$$

$$M_A v_A^{dopo} + M_B v_B^{dopo} = M_A v_A^{prima} + M_B v_B^{prima}$$

Sono uguali
e
opposte

C'è dunque una quantità che resta costante, inalterata, durante un'interazione fra corpi ed è la somma dei prodotti **massa·velocità** dei singoli corpi che compongono il **sistema di corpi**.

Tale quantità si dice **Quantità di moto**, è ovviamente una grandezza **vettoriale** e, nel S.I. si misura in kg·m/s

Perciò in generale, per risolvere il problema di corpi che si urtano in un **sistema isolato**, dovremo fare le seguenti considerazioni:

-> **Urto elastico**: la quantità di moto si conserva (come abbiamo mostrato sopra per un sistema isolato) e anche l'energia cinetica, per definizione (trascurando quella potenziale).

Tuttavia le due leggi di conservazione dell'energia e della quantità di moto, utili per determinare il moto dopo l'urto, sono sufficienti solo in determinati casi; dobbiamo spesso conoscere altri dati dell'esperimento (come per esempio l'angolo di deviazione dei corpi dopo l'urto) oppure sfruttare la simmetria del sistema per risolvere il problema.

-> **Urto anelastico**: anche in questo caso la quantità di moto si conserva ma non l'energia cinetica (trascuriamo quella potenziale), per definizione.

Sappiamo che l'energia totale si conserva, tuttavia è spesso difficile valutare quali sono e come si trasformano esattamente le energie in gioco; ma se l'urto è *completamente* anelastico (cioè se i corpi si uniscono dopo l'urto), conoscendo le condizioni iniziali e ricordando che la velocità finale è l'unica incognita (in modulo e direzione), è possibile determinare il moto del sistema dopo l'urto.

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>