

Appunti Fisica I

Luca Seggiani

11 Aprile 2024

1 Urti

Ricordiamo la definizione di impulso per una forza:

$$\vec{I}_{t_0 \rightarrow t} = \int_{t_0}^t \vec{F} dt'$$

e il fatto che la sua variazione sulle forze esterne equivale alla variazione della quantità di moto di un sistema:

$$\vec{p}(t) - \vec{p}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{F} dt'$$

Forze impulsive

Una forza impulsiva è una forza che viene esercitata per un tempo estremamente limitato. Spesso l'intensità di una forza impulsiva F_{imp} è talmente grande che il suo effetto viene comunque apprezzato, e anzi è talmente predominante da permettere di trascurare gli effetti di altre forze, ovvero:

$$\sum_{i=0}^n \vec{F}_i^{(est)} \approx F_{imp}^{\rightarrow}$$

A volte si conosce la variazione della quantità di moto di un corpo su cui ha agito una forza impulsiva per un certo periodo di tempo, ma di cui è sconosciuta l'intensità. Si può allora determinare la forza media impulsiva $\langle F_{imp}^{\rightarrow} \rangle$ che avrebbe sortito il medesimo effetto fosse stata applicata sull'intervallo Δt :

$$\langle F_{imp}^{\rightarrow} \rangle = \frac{\int_{t_i}^{t_f} F_{imp}^{\rightarrow}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Facciamo un'esempio non intuitivo sulla forza media. Un corpo in movimento con velocità costante v_1 subisce ad un certo punto un'impulso che lo spinge

verso l'alto, dandogli nell'istante immediatamente successivo velocità uguale in modulo a v_1 ma orientata di un'angolo θ rispetto all'orizzontale. Possiamo impostare:

$$v_1 = (v_1, 0), \quad v_2 = (v_1 \cos \theta, v_1 \sin \theta)$$

Possiamo impostare la conservazione per trovare la forza media:

$$\langle F_{imp}^{\rightarrow} \rangle + mg = \frac{\int_0^t \vec{F} dt'}{dt} = \frac{m(v_1 - v_2)}{t}$$

possiamo impostare quindi le equazioni sui diversi assi, ricordando che mg agisce solamente sull'asse y !

$$\begin{aligned} \langle F_{imp_x}^{\rightarrow} \rangle &= \frac{m(v_{2x} - v_{1x})}{t} = m\left(\frac{v_1(\cos \theta - 1)}{t}\right) \\ \langle F_{imp_y}^{\rightarrow} \rangle &= \frac{m(v_{2y} - v_{1y})}{t} = m\left(\frac{v_1 \sin \theta}{t}\right) \end{aligned}$$

Collisioni

Quando due punti materiali si avvicinano fra di loro, la loro mutuale interazione produce un cambiamento del loro stato di moto, comportando:

- Scambio di quantità di moto;
- Scambio di energia cinetica.

Quando la variazione di quantità di moto è notevole, mentre la durata dell'interazione molto piccola, si parla di un urto (o collisione). Le forze che producono un urto sono forze impulsive e interne al sistema dei due corpi che collidono, quindi come sempre possiamo trascurare l'effetto delle altre forze non impulsive. Cosa ancora più importante, visto che le forze impulsive sviluppate sono forze interne al sistema, la quantità di moto totale del sistema si conserva sempre durante un urto. Come vedremo non sempre vale lo stesso per l'energia cinetica.

Analizziamo adesso il moto di due sfere che si incontrano l'un l'altra. Possiamo dividere il moto in 3 fasi:

- Nella prima fase, entrambi i corpi si muovono l'uno verso l'altro, imperturbati da qualsiasi interazione reciproca;
- la seconda fase avviene durante l'urto, in cui avviene l'interazione vera e propria fra i due corpi. In questa fase entrambi i corpi tendono ad occupare lo spazio altrui provocando deformazioni reciproche. Queste deformazioni portano allo sviluppo di una forza elastica che si oppone alla deformazione stessa e cerca di ristabilire l'equilibrio precedente, allontanando quindi le sfere. La variazione è brusca, ergo esiste una forza impulsiva.

- Nella fase immediatamente successiva all'urto, i due corpi si trovano nuovamente in moto imperturbati, ma con moti diversi a quelli di partenza.

Classificazione delle collisioni

Possiamo classificare gli urti in due categorie principali:

- **Urti anelastici**, dove l'energia cinetica K non si conserva, perchè le forze di deformazione trasformano l'energia meccanica in altre forme. \vec{P} come sempre si conserva. Un caso particolare è l'urto completamente anelastico, dove dopo l'urto i corpi restano attaccati fra di loro.
- **Urti elastici**, dove sia K che \vec{P} si conservano.

Urti elastici monodimensionali

Calcoliamo i valori delle velocità di due corpi a seguito di un urto monodimensionale. Impostiamo la conservazione dell'energia:

$$\vec{P}_i = \vec{P}_f = m_1 v_{1i} + m_2 v_{2f} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$\Delta \vec{P}_1 = \Delta \vec{P}_2 = m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i})$$