

## Azione e reazione: il terzo principio della dinamica

In questa breve lezione parleremo dell'ultimo dei tre principi della dinamica. Esso va esplicitato a parte perché ci offre una caratterizzazione particolare della forza; se vogliamo ci dice cose forse un po' "strane" e per nulla scontate.

Consideriamo alcuni fenomeni ben noti: il rinculo di un fucile che spara; l'attrazione gravitazionale di un oggetto; un moto particolare di un pattinatore sul ghiaccio; l'esplosione di un ordigno.

Cosa hanno in comune questi fenomeni? La risposta la avremo nel corso di questa breve lezione.

Il terzo principio della dinamica afferma che *ad ogni azione (o forza) corrisponde una reazione (ancora una forza) uguale e opposta*.

Verificare questo principio risulta semplice nel caso di piccole masse uguali che si scontrano. In questo caso possiamo far ricorso al principio di conservazione della quantità di moto. Infatti, se lanciamo l'uno contro l'altro due corpi di massa uguale ad uguali velocità, a seguito dell'urto i due corpi si fermeranno, opponendosi forze uguali ed opposte (si autofrenano).

Al di là di questo caso particolare ci risulta difficile verificare questo principio, almeno se non siamo disposti a credere in certe cose, strane ma vere.

Iniziamo analizzando il rinculo di un fucile a seguito di uno sparo. Chi ha avuto l'opportunità di sparare col fucile o con la pistola, avrà senz'altro notato una forza di "risposta" all'indietro nel momento in cui il proiettile esce dalla canna. Si è spesso costretti a poggiare il fucile alla spalla proprio per meglio "assorbire" questa forza di risposta (e per evitare danni alla spalla). Ma cosa lega la forza con cui viene fuori il proiettile a questa strana forza di risposta? Ci rendiamo conto che la formulazione del terzo principio di azione-reazione risponde abbastanza bene e coerentemente alla nostra domanda. Qualcuno obietterà che il fucile, tornando indietro, non possiede la stessa velocità del proiettile, e questa osservazione è più che mai vera. Infatti, la forza con cui il fucile torna indietro è relativa alla massa inerziale del fucile stesso, che è evidentemente maggiore di quella della pallottola. Risultato: la forza con cui viene fuori la pallottola è uguale e opposta alla forza con cui il fucile rincula, ma le due velocità sono ovviamente diverse, per il principio di conservazione della quantità di moto (già trattato in precedenza).

Con questo esempio abbiamo anche appreso che il terzo principio della dinamica è legato al principio di conservazione della quantità di moto.

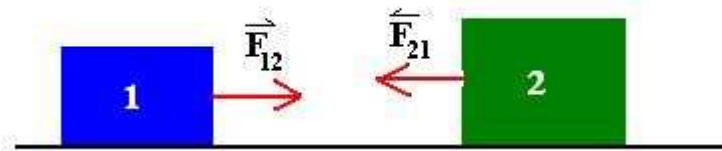
Ma ora spingiamoci oltre e consideriamo la gravitazione. Se lasciamo dalle mani un qualsiasi oggetto ci accorgiamo che esso cade a terra attratto dalla forza di gravità. Sappiamo che una forza agisce, che è proprio quella di gravità, ma che fine ha fatto la forza uguale ed opposta citata nel terzo principio? Due sono le cose: o questo principio non vale sempre, oppure la forza c'è ma non produce effetti "visibili". È più logico credere alla seconda ipotesi, anche se la cosa ci sembra un po' strana. Nella realtà avviene che anche il piccolo oggetto che teniamo tra le mani sta attraendo a sé la Terra, proprio con la stessa forza con cui la Terra lo attrae a sé. Ma allora perché vediamo cadere l'oggetto, se lo lasciamo, e non vediamo sollevarsi la Terra? La risposta è uguale a quella data nell'esempio precedente. La Terra ha evidentemente una massa inerziale maggiore di quella dell'oggetto che teniamo tra le mani, così che una forza così blanda non potrà mai metterla in moto, cosa che non avviene, per esempio, rispetto al Sole la cui massa è enormemente maggiore di quella della Terra (infatti la Terra gira per via della presenza del Sole).

Ora poniamoci questo problema. Siamo in piedi coi pattini su un lago ghiacciato. Abbiamo un sasso in mano e vogliamo procedere all'indietro; come possiamo fare? Non resteremo di certo stupiti osservando che ci basta lanciare il sasso in avanti (sforzandoci di non prendere nessuno in testa) per procedere all'indietro. Fidatevi, non è magia né tanto meno illusionismo: è così perché ce lo assicura il terzo principio. Il nostro procedere all'indietro a seguito del lancio del sasso è paragonabile al rinculo del fucile quando fuoriesce il proiettile. E più aumentiamo la forza con cui lanciamo il sasso e maggiore sarà la nostra velocità di indietreggiamento. Infatti la massa inerziale del sasso sarà (si spera) inferiore alla nostra massa inerziale corporea per cui la nostra velocità sarà evidentemente inferiore a quella del sasso, ma basterà a farci muovere all'indietro (tra l'altro a

velocità quasi costante visto l'attrito molto ridotto tra lama del pattino e ghiaccio), sempre in accordo col principio di conservazione della quantità di moto.

Ora siamo abbastanza convinti della validità del terzo principio della dinamica, proprio perché lo possiamo mettere in relazione col principio di conservazione della quantità di moto che è ampiamente meglio verificabile.

Adesso diamo un po' di formule considerando la seguente figura:



Dalla figura possiamo notare come, in accordo col terzo principio,

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

dove con  $\vec{F}_{12}$  abbiamo indicato la forza che il corpo 2 esercita sul corpo 1, mentre con  $\vec{F}_{21}$  abbiamo indicato la forza che il corpo 1 esercita sul corpo 2. Esse, per il terzo principio, sono uguali ed opposte.