



## VIDEOLABORATORIO 5

### Il principio di conservazione del momento angolare

#### Scopo del videolaboratorio

Questo videolaboratorio, di carattere squisitamente qualitativo, propone due semplici esperimenti per osservare in azione il principio di conservazione del momento angolare.

Nel primo esperimento, il presentatore siede su una pedana girevole e, impugnando due pesi da palestra, mostra come la velocità di rotazione possa essere variata estendendo o avvicinando le braccia al proprio corpo.

Nel secondo esperimento, il presentatore impugna una ruota di bicicletta, che viene inizialmente messa in rotazione attorno a un asse orizzontale. Variando l'inclinazione dell'asse di rotazione, il presentatore, inizialmente fermo, è in grado di modificare il verso e la velocità del proprio moto rotatorio.

#### L'apparato sperimentale

L'esperimento è condotto mediante una pedana girevole, realizzata in modo tale da minimizzare gli attriti. In particolare, la piattaforma metallica

è montata su una coppia di cuscinetti conici. I manubri sono pesi da palestra, di massa 5,0 kg. La ruota di bicicletta impiegata dallo sperimentatore è appesantita con un tubo metallico avvolto lungo la circonferenza esterna, in modo da aumentarne il momento d'inerzia rispetto a una tradizionale ruota con camera d'aria. Nell'ipotesi che la massa dei raggi sia trascurabile rispetto a quella del tubo metallico, il momento d'inerzia della ruota rispetto all'asse perpendicolare passante per il fulcro è pari a  $m r^2$ .

#### Concetti fondamentali

Il videolaboratorio introduce il principio di conservazione del momento angolare come analogo rotazionale del principio di conservazione della quantità di moto nel caso traslatorio, descrivendo il seguente parallelismo tra grandezze traslatorie e rotatorie:

Moti traslatori	Moti rotatori
Massa inerziale	Momento d'inerzia
Velocità lineare	Velocità angolare
Quantità di moto	Momento angolare

Nel primo esperimento, il presentatore varia la propria velocità di rotazione avvicinando o allontanando dal proprio corpo due pesi da palestra.





Trascurando per semplicità il contributo dovuto alle braccia del presentatore, il momento d'inerzia complessivo dei due pesi rispetto all'asse di rotazione della pedana girevole è pari a:

$$I = 2 \left( \frac{1}{2} m r^2 \right) = m r^2$$

dove  $m$  è la massa di ciascun peso e  $r$  indica la distanza del peso dall'asse di rotazione.

Quando lo sperimentatore estende le braccia, allontanando da sé i pesi, il momento d'inerzia aumenta (perché aumenta  $r$ ). Poiché il momento angolare complessivo  $L = I \omega$  del sistema sperimentatore-pedana è costante, l'incremento del momento d'inerzia comporta una riduzione della velocità angolare  $\omega$ .

Nel secondo esperimento entra in gioco la ruota di bicicletta, che lo sperimentatore fa ruotare rispetto a un asse liberamente orientabile nello spazio. All'istante iniziale, l'asse di rotazione della ruota è perfettamente orizzontale e il sistema sperimentatore-pedana è in quiete: il momento angolare della ruota, anch'esso orizzontale, ha componente nulla lungo la direzione del possibile asse di rotazione della pedana girevole, che è verticale. Quando l'orientamento spaziale della ruota viene modificato, la componente del momento angolare della ruota lungo l'asse verticale diviene non nulla; per garantire la conservazione del momento angolare complessivo del sistema sperimentatore-pedana-ruota, dunque, lo sperimentatore acquisisce un momento angolare di uguale entità e rivolto in verso opposto. Di conseguenza, lo sperimentatore inizia un moto di rotazione in verso opposto rispetto al senso di rotazione della ruota (orario se quello della ruota è antiorario e viceversa).

### Approfondimenti

Una discussione più approfondita in classe sul significato fisico del momento d'inerzia può essere avviata facendo riflettere gli studenti sulle modalità specifiche di esecuzione dei due esperimenti. In particolare, è utile sottolineare il motivo per cui la ruota di bicicletta è stata appesantita avvolgendo un tubo di metallo lungo la sua circonferenza, e non, per esempio, applicando pesi aggiuntivi ai raggi o addirittura in corrispondenza del fulcro. Un'ulteriore riflessione può essere diretta verso gli inevitabili effetti dissipativi delle forze d'attrito, che nel videolaboratorio non sono citati per semplicità di trattazione. Lo studente può essere invitato a riflettere sul fatto che il principio di conservazione del momento angolare vale solo per sistemi isolati, mentre la pedana girevole impiegata nell'esperimento, per quanto ottimizzata per dimostrazioni di questo tipo, non elimina completamente gli attriti.

