

Aspettate ... un momento!

Caro Professor Peruso,

si dice in giro che i fisici si interessano anche di trottole, ballerini, gatti che cadono e biciclette. E' tutto uno scherzo, vero?

Grazie e buon lavoro, Marco Silvani.

Tutti hanno certamente notato, durante gli ultimi giochi olimpici, le spettacolari evoluzioni dei campioni di tuffo. Dopo la spinta iniziale, invece che lasciarsi rapire passivamente dalla forza di gravità, questi atleti riescono a comandare il proprio corpo ed a modificarne rapidissimamente e con precisione l'assetto durante il volo. Ricordano i gatti che, se sono tanto sfortunati da cadere anche da notevoli altezze, riescono però a contorcersi per concludere il volo sulle quattro zampe. Oppure i pattinatori che piroettano sempre più rapidamente sul ghiaccio. Cos'hanno in comune questi acrobati?

Oltre ad evidente un'abilità, possiedono quello che i fisici chiamano "momento angolare": il fatto di ruotare attorno ad un punto o ad un asse è quanto basta per far sì che questi personaggi si trovino in una condizione di movimento che è molto speciale. Per avere questo "momento angolare" bisogna anzitutto essere dotati di massa e velocità (insomma, bisogna essere "qualcosa" che si muove). Ma non basta. Il momento angolare salta fuori quando questo qualcosa gira, oppure quando qualcuno che osserva il moto si trova costretto a girare la testa per inseguire ciò che si sta muovendo. Degli esempi? Facile: un bambino sulla giostra ha momento angolare rispetto il perno centrale. Lo stesso bambino che corre per strada ha momento angolare rispetto un amico che, fermo su una panchina del parco, lo osserva (per farlo deve ruotare la testa o lo sguardo man mano che il bambino si muove). Il pattinatore, il tuffatore, il gatto che ruota cadendo hanno tutti momento angolare (sono corpi che girano attorno a dei punti o a degli assi). Ed anche la ruota della bicicletta mentre gira, e il satellite attorno alla Terra, o la Terra stessa attorno al sole. L'elenco è senza fine.

Si potrebbe dire che il momento angolare è una misura dello "stato rotatorio" dell'oggetto in esame.

Bene, ma cosa c'entra questo con le acrobazie di cui si accennava poco fa? Il fatto è che questo momento angolare viene a dipendere da due aspetti indipendenti dell'oggetto che si considera. Se l'oggetto ruota più o meno velocemente attorno all'asse, il momento angolare sarà corrispondentemente e proporzionalmente più o meno elevato. Ma non è tutto. Il momento angolare viene a dipendere anche dalla massa e dalla disposizione del corpo attorno all'asse o al perno di rotazione. Avete mai provato a far ruotare una giostra carica di bambini seduti lungo il bordo e di confrontare la fatica richiesta nel caso in cui la giostra è vuota? E' molto più difficile, a parità di altre condizioni, mettere in moto la giostra carica! Così come per smuovere un oggetto molto pesante si fa relativamente più fatica, anche per farlo ruotare si spende più energia se l'oggetto



ha una grande massa e se si trova molto lontano dall'asse di rotazione. Il modo in cui l'oggetto è collocato attorno all'asse è una misura della "disponibilità" che ha l'oggetto stesso ad essere messo in rotazione e si chiama "momento di inerzia". Quando il tuffatore si lancia, lo fa con una spinta iniziale che gli conferisce un certo momento angolare (insomma, ruota). Continuerebbe a ruotare allo stesso modo se, ad un certo punto, non cominciasse a fare il gatto, ossia a raggomitolarsi o stirarsi in vario modo. Così facendo, cambia il suo "momento d'inerzia" perché il suo corpo si trova distribuito intorno all'asse di rotazione in modo diverso e mutevole. La fisica insegna che ciò che il tuffatore ha acquisito nella spinta iniziale, ossia il momento angolare, non può cambiare durante la caduta. Se però cambia il suo momento d'inerzia deve cambiare la velocità con la quale ruota. Questo provoca tutte le variazioni di assetto che siamo abituati a vedere. Una

pattinatrice che raccoglie verso di se le braccia mentre fa una piroetta si mette a ruotare molto più velocemente esattamente per lo stesso motivo.

E' possibile fare un piccolo esperimento per accorgersi che le cose stanno proprio così. Mettetevi seduti su una poltroncina da ufficio o uno sgabello girevole al centro di una stanza e datevi una spinta in modo da iniziare a girare (così acquistate un momento angolare di partenza, che nessuno vi toglie, almeno fintantoché non subentrano e dominano gli effetti dell'attrito). Fatelo tenendo fin dall'inizio le gambe e le braccia distese (ecco perché dovete stare in mezzo alla stanza!). Non appena iniziate a girare, racchiudete verso di voi braccia e gambe e ... divertitevi! La velocità notevole che acquistate è frutto di questa condizione di "conservazione", ossia la natura mantiene invariato lo "stato rotazionale" secondo un bilancio variabile fra velocità e momento di inerzia: se avete il corpo raccolto il momento d'inerzia è piccolo e la velocità è grande, se il corpo è disteso il momento d'inerzia è grande e la velocità è piccola (togliete ad uno per dare all'altro).

I fenomeni che chiamano in causa il momento angolare ed il momento di inerzia sono moltissimi e spesso spettacolari. Si osserva ad esempio che è possibile intervenire contro la legge di conservazione sopra descritta e cambiare il momento angolare. Per farlo bisogna ... usare la forza. Anzi, per essere più precisi, bisogna agire con una "coppia di forza". Se il termine vi giunge nuovo, non vi preoccupate: quando girate il volante dell'automobile o il manubrio della bicicletta, oppure abbassate la maniglia della porta e spingete la stessa, state sempre applicando una "coppia" (insomma, tirate o spingete ad una certa distanza dal perno o dai cardini!). La cosa interessante, dicevo, è che una coppia fa cambiare il momento angolare. Pensate a quando accelerate in bicicletta pedalando: con i muscoli delle gambe, tramite i pedali, esercitate una coppia che aumenta lo "stato di rotazione" della bici, ossia il momento angolare delle ruote (che girano infatti sempre più rapidamente). Anche per spingere la giostra dovete far fatica agendo con una coppia di forza (pensate a come vi mettete a spingere: mica verso il centro della giostra, ma trasversalmente ad essa, ecco la coppia!). Questo modo di agire fa aumentare (o diminuire, se frenate) il momento angolare.

Ma si può anche osservare che questo incredibile momento può variare anche disponendo il sistema secondo diverse orientazioni nello spazio. Ovvero, al contrario, se non si agisce con delle coppie, l'oggetto in rotazione rimane fisso, orientato allo stesso modo nello spazio. Sto parlando di cose in effetti molto comuni: le trottole, un gioco forse un po' in disuso ma sempre affascinante, si basano proprio su questo principio. Rimangono in equilibrio solo quando girano (tanto meglio se rapidamente), perché girando hanno momento angolare e, se non agiscono coppie, questo non cambia ed "obbliga" la trottole a stare ben "ferma", come tutti sappiamo. Ci sono trottole molto utili, che si chiamano giroscopi, e che servono a non perdere la rotta di aerei e navi. Lo fanno perché, in quanto trottole, puntano sempre nella stessa direzione (sono delle specie di bussole ma che non hanno bisogno del campo magnetico terrestre per funzionare). Un ultimo esempio notissimo di giroscopio è la bicicletta. Se non vi muovete è proprio difficile stare in equilibrio. Ma se andate (e neanche troppo lentamente) tutto è più facile. Sempre per lo stesso motivo. Le ruote sono poco disposte a modificare il modo di ruotare perché il loro momento angolare non può cambiare. A meno che la bici non venga inclinata di lato (la tecnica tradizionale per curvare).

Ancora un semplice esperimento: prendete una ruota di bicicletta, tenetela per i mozzi e mettetela in rapida rotazione davanti a voi, con le braccia tese. Provate poi ad orientarla in vari modi, girandone l'asse lentamente. Sentirete degli strani effetti di forza sulle vostre mani. Sono le coppie "di protesta" che reagiscono come per chiedervi il conto della vostra azione che ha mutato lo stato di rotazione della ruota, cioè la sua orientazione nello spazio. Costa farlo perché la natura non aveva nessuna intenzione di modificarla spontaneamente! Non ditemi poi che i fisici si interessano solo di cose strampalate ... stiamo andando in bicicletta!

[a cura di Stefano Oss]