

FISICAST

per
SxT

Galleggiare nello spazio

di
Riccardo Faccini



Galleggiare nello spazio

Riccardo Faccini

Abstract:

Astronauti che galleggiano nello spazio dentro le stazioni spaziali fanno ormai parte dell'immaginario collettivo. Si dice che siano in condizioni di "Gravità zero". Ma è corretto? È vero che non c'è forza di gravità? In realtà la forza di gravità c'è eccome, e per capire cosa succede bisogna addentrarsi nel mondo delle forze fittizie. Tra treni in partenza e giostre, arriverete anche a capire come si fa a ricevere il segnale televisivo su una parabola....

INIZIO

"Tosto Murchison, premendo col dito l'intercettore dell'apparecchio, ristabilì la corrente e lanciò la scintilla elettrica nel fondo della Columbiad. Una detonazione spaventosa, inaudita, sovrumana, di cui nulla varrebbe a dar un'idea esatta, nè gli scoppi del fulmine, nè i boati delle eruzioni, si produsse istantaneamente. Un'immensa colonna di fuoco sprigionossi dalle viscere del suolo, come da un cratere. La terra si sollevò, e poche persone a mala pena poterono per un istante scorgere il proiettile che fendeva l'aria vittoriosamente tra fiammeggianti vapori."

Così Jules Verne immaginava l'esplorazione spaziale in "Dalla Terra alla Luna". Tanta strada è stata fatta da allora in questo campo, ed oggi tutti abbiamo presente l'immagine di astronauti che fluttuano all'interno delle stazioni spaziali attorniate da strumenti anche loro volanti.

Come mai questo avviene? È assente la forza di gravità oppure ci sono misteriose forze che tengono sospesi gli oggetti?

A queste ed altre domande simili risponderà oggi il Prof. Riccardo Faccini.

A: Cominciamo con lo sfatare un modo di dire. Si dice infatti che gli astronauti nelle stazioni spaziali agiscono in condizioni di gravità zero, ossia di assenza di gravità. È proprio vero? La forza di gravità è la forza di attrazione della terra ed allontanandosi dalla terra stessa questa forza diminuisce con il quadrato della distanza dal centro della terra. Quando sono a terra questa distanza è di circa 6300 km. La Stazione Spaziale Internazionale, il più grande esempio di stazione spaziale, orbita in media a 400 km dalla superficie terrestre, ovvero a circa 6700 km dal centro della terra. La corrispondente forza di gravità è dunque quasi il 90% di quella sulla terra. Quindi

una persona che sulla terra pesa 70 kg, sulla Stazione ne pesa poco più di 60. Non si può certo dire che la ridotta forza di gravità sia la causa del fatto che gli astronauti "volano" all'interno della stazione!

Se dunque la terra attira eccome gli astronauti, non resta che pensare che qualche altra forza li tiene sospesi. D'altronde anche a casa nostra possiamo librarci nell'aria, basta appendere una imbragatura al soffitto e farci sorreggere da essa! Mentre la forza esercitata dalla imbragatura è reale (e se eccessiva può rompere l'imbragatura stessa), la forza che sorregge gli astronauti è una forza fittizia. Ma cosa è una forza fittizia?!?

Il primo principio della meccanica, altresì noto come principio di inerzia, dice, in forma leggermente semplificata che renderemo più esatta dopo, che se non ci sono forze che agiscono su di un oggetto esso si muoverà con velocità costante o starà fermo. Per precisare ulteriormente il principio, bisogna dire che quel che conta è la somma delle forze. Se ci sono più forze ma la loro somma è zero, il sistema si comporta come se non ci fossero forze. Per esempio se state seduti, state fermi perché la somma della forza che la seggiola esercita per tenervi è uguale ed opposta alla forza di gravità che vi spinge verso il basso.

Questo però non è sempre vero: questo è vero solo se io che osservo e descrivo il fenomeno sono fermo o tutt'al più mi muovo con velocità costante. Ma se mi muovo con velocità non costante (cioè accelero o freno o ruoto) allora questa legge non vale più. Non è cioè detto che in assenza di forze un corpo si muova con velocità costante e viceversa un corpo si può muovere di velocità costante anche in presenza di forze ...

Questo concetto sembra contorto, ma si può intuire con una esperienza abbastanza comune. Immaginiamo di essere in un treno fermo alla stazione e di guardare un treno davanti a noi, anch'esso fermo. Quando il nostro treno parte, cioè la sua velocità cambia perché accelera, il treno che vedo fuori dal finestrino sembra mettersi in moto anche se in realtà lui non è successo nulla, su di lui non c'è stata alcuna forza. Siamo noi che non essendo più fermi vediamo l'altro treno accelerare come se l'altro treno subisse una forza che lo spinge in direzione opposta alla nostra.

Per contro immaginiamo che i due treni partano in contemporanea con uguale accelerazione. A noi sembrerà che l'altro treno stia fermo. Quindi dal nostro punto di vista saremmo tentati di dire che nessuna forza agisce su di esso, mentre il suo motore si è messo in moto ed ha spinto le carrozze!

Capiamo bene questo concetto. Se sono su di un autobus che si muove di velocità costante, io posso stare in piedi senza reggermi agli appositi sostegni. Notate che

questo avverrebbe anche se il pavimento fosse scivoloso, se non ci fosse cioè attrito. Quando però l'autobus frena io percepisco una forte spinta verso il davanti dell'autobus. E da dove viene questa forza? Potrà sembrare incredibile, ma questa forza è fittizia, non è vera. Essa è dovuta al fatto che sto osservando il fenomeno da sopra l'autobus e che questo sta cambiando la sua velocità.

Un osservatore fermo sulla strada vedrebbe che io continuo a muovermi con la stessa velocità di prima, come dice il principio di inerzia: infatti la forza dei freni ha agito sull'autobus, che diminuendo la sua velocità mi viene incontro, mentre io continuo ad andare avanti a velocità costante, non agendo su di me alcuna forza. È l'autobus che cambiando velocità mi viene incontro ed è per questo che se non mi reggo sbatto contro il vetro anteriore ...

Le stazioni spaziali, alle quali vogliamo arrivare, non si muovono però in linea retta, bensì (all'incirca) compiendo un cerchio attorno alla terra, quella che si chiama un'orbita circolare. Il modo di muoversi si chiama "moto circolare" e così lo chiameremo anche qui. Notate che anche in questo caso la velocità non è costante perché come minimo cambia continuamente direzione. Cosa succede se io osservo i fenomeni dal punto di vista della stazione spaziale, cioè essendo io in moto circolare attorno ad un punto? Compaiono varie forze fittizie, che cioè non esistono realmente. Tra queste quella che ci interessa è la forza centrifuga. Essa è nella direzione che lega il corpo che studio al centro della sua orbita ma è diretta verso fuori. Anche qui una percezione comune ci aiuta: quando mi trovo sopra una giostra sento una forza che mi spinge verso fuori, forza che non corrisponde a nessuna spinta reale perché non c'è niente che mi sta spingendo in quella direzione. Cosa sta succedendo? Visto dall'esterno, il mio corpo prosegue dritto per dritto con velocità costante e non segue il moto circolare della giostra. Quindi per seguire la giostra devo esercitare una forza e tenermi.

La forza fittizia che tiene sospesi gli astronauti è proprio la forza centrifuga ed essa esiste perché la telecamera che li riprende è essa stessa sulla stazione e dunque in moto circolare. Quindi dal punto di vista della telecamera gli astronauti sono sospesi in aria da un filo invisibile che esercita una forza verso l'esterno della orbita, cioè verso "l'alto".

Un fine pensatore, potrebbe però chiedersi perché mai la forza centrifuga sia proprio identica alla forza di gravità. La forza centrifuga infatti dipende da quanto velocemente gira l'osservatore, mentre la forza di gravità da quanto è lontano il corpo dalla terra. In linea di principio la forza centrifuga potrebbe essere sia minore della forza di gravità (e dunque l'astronauta rimarrebbe con i piedi sul pavimento) o addirittura maggiore (nel qual caso l'astronauta sarebbe attaccato al soffitto).

Il trucco è che alle stazioni spaziali è data una velocità di rotazione tale che esse si possano mantenere in cielo senza cadere sulla terra senza alcuna forza reale, senza cioè dover accendere dei motori e quindi consumare del carburante per tenere la stazione in orbita. Se allora voglio che la stazione sia ad una determinata altezza da terra, devo aggiustare la sua velocità di rotazione in modo che dal punto di vista della stazione essa possa stare ferma senza forze reali. Questo è possibile solo se la forza centrifuga è identica a quella di gravità. Visto che per fortuna questa condizione non dipende dal peso di un corpo, in pratica la velocità di rotazione della stazione è tale che necessariamente qualunque corpo in essa subisce due forze, quella di gravità e quella centrifuga identiche.

Se si osserva il fenomeno dalla terra (considerata per semplicità ferma) c'è una sola forza in gioco, quella di gravità, che ha l'effetto di tenere la stazione e tutto il suo contenuto in moto circolare. Questo pure è un concetto legato ad una esperienza comune: posso far muovere di moto circolare un sasso legandolo ad un filo e facendolo ruotare per esempio sopra la testa. La forza che sta tenendo in moto circolare il sasso è la forza che il filo esercita su di essa ed è l'esatto analogo della gravità per le stazioni spaziali.

In realtà la navetta e l'astronauta stanno ruotando attorno alla Terra ognuno per contro proprio, soggetti alla forza di gravità, ma poiché quest'ultima non dipende dal loro peso, entrambi seguono la stessa identica orbita e quindi le loro posizioni relative non cambiano.

Quindi visto da un punto fermo nello spazio, sia la navetta che l'astronauta stanno ruotando ognuno per contro proprio attorno alla Terra, ma seguendo loro la stessa identica traiettoria le loro posizioni relative non cambieranno. Dunque dal punto di vista della stazione spaziale l'astronauta è fermo in mezzo all'aria.

C'è un'altra conseguenza importante di ciò che ci siamo detti finora. Abbiamo infatti appurato che se voglio tenere la stazione ad una determinata altezza, ne devo aggiustare la velocità di rotazione. E' però di interesse fare il contrario, fissare la velocità di rotazione che voglio che un corpo abbia e vedere a che quota occorre posizionarlo. Questo è il caso dei satelliti per telecomunicazioni. E' infatti necessario che essi si trovino sempre sulla perpendicolare dello stesso posto, altrimenti dovrei continuamente aggiustare la parabola di casa per inseguirli! Per mantenere sempre la stessa posizione rispetto alla terra essi devono ruotare alla stessa velocità della terra

stessa. E' questa l'orbita "geostazionaria" ed è dove sono posizionati i satelliti. Facendosi i conti quest'orbita è a 35790km dalla superficie terrestre, quasi 100 volte più in alto di dove abbiamo osservato gli astronauti. A questa distanza c'è dunque

una fascia dove si accumulano tutti i satelliti.

FINE