

Tu che sei un fisico - Episodio 3

TITOLO

Perché gli astronauti nei film di fantascienza non fluttuano?

SHOW NOTES

Oggi parliamo di astronauti che camminano nelle navi spaziali invece di fluttuare, e del percorso di studi tipico che segue un fisico delle particelle.

Per approfondire:

- *Una rappresentazione dei diversi livelli della fregata di classe Corvette “Rocinante”, adattata dalla serie televisiva “The Expanse”:*
<https://www.artstation.com/artwork/Z5GRDw>
- *Volare in “assenza di peso”:* <https://www.youtube.com/watch?v=bQAMjYmwhI>

Mandami le tue domande a:

tucheseiunfisico@borborgimi.org

O anche su:

<http://www.twitter.com/tucheseiunfisi1>

<http://www.facebook.com/Tu-che-sei-un-fisico-103204041288333/>

<http://www.borborgimi.org/tu-che-sei-un-fisico>

Seguimi su:

<http://www.twitter.com/marcodelmastro>

<http://www.instagram.com/marcodelmastro>

SIGLA

Oggi parliamo di astronauti che camminano sul pavimento nelle navi spaziali invece di fluttuare, e del percorso di studi tipico che segue un fisico delle particelle.

PERCHÉ GLI ASTRONAUTI FLUTTUANO?

La prima domanda di oggi viene da Max, che chiede:

- Tu che sei un fisico, perchè nei film di fantascienza gli astronauti riescono a camminare sul pavimento delle navi spaziali, e non fluttuano?

A prima vista questa domanda potrebbe sembrare stupida o fin troppo semplice. I film di fantascienza, verrebbe da rispondere, sono, appunto, *film di fantascienza*, e non dobbiamo dunque aspettarci da loro nessuna verosimiglianza scientifica. Nella maggior parte dei casi, gli astronauti non fluttuano perché sarebbe troppo complicato realizzare un film in cui la gente non fa che sbandare da una parete all'altra, per non parlare delle conseguenze sul racconto e sull'azione.

Tutto questo è vero, ma, come ci diciamo a ogni puntata, *le sole domande stupide sono quelle che non vengono fatte*, e anche dietro al quesito di Max ci sono aspetti scientifici che vale la pena di approfondire. Per non parlare del fatto che ci sono film o libri di fantascienza di buona qualità, in cui la stessa questione posta da Max è stata affrontata in maniera intelligente.

Cominciamo come sempre dalle basi. Esiste una forza che chiamiamo *gravità*, che è responsabile di quel fenomeno che chiamiamo *peso*. La gravità si manifesta come un'attrazione tra corpi dotati di una certa massa, per esempio la massa del mio corpo e quella della Terra. Nell'approssimazione scoperta da Isaac Newton alla fine del 1600, l'intensità di questa attrazione è proporzionale alla massa dei corpi in questione, e diminuisce con l'aumentare della distanza tra i corpi (tecnicamente, per chi ama le formule, tale intensità diminuisce con l'inverso del quadrato della distanza).

La massa della Terra è pari a 6 milioni di miliardi di miliardi di chilogrammi. La distanza media tra la superficie della Terra e il suo centro, - che è la distanza che serve per calcolare l'intensità della gravità sulla superficie terrestre, - è di circa 6000 chilometri. Quando mi muovo sulla superficie terrestre, la mia distanza dal centro della Terra cambia leggermente, ma anche quando questo accade, parliamo di differenze minime: anche salendo sulla cima del Monte Everest, la differenza di peso rispetto a quando sono in spiaggia al mare sarebbe di circa un millesimo. È questa la ragione per cui gli effetti della gravità, e dunque il mio *peso*, possono essere di fatto considerati costanti dappertutto sulla superficie della Terra. A voler essere davvero precisi, dovremmo considerare altri aspetti, come il fatto che il pianeta non è una sfera perfetta, che la sua densità non è costante, e che la Terra ruota e ci sono correzioni dovute

all'accelerazione centrifuga di cui uno dovrebbe tenere in conto. Ma, di fatto, tutte queste correzioni sono trascurabili per quello che vogliamo discutere oggi.

A causa del fatto che l'intensità della gravità è pressoché costante sulla superficie della Terra, spesso confondiamo il concetto di *peso* con quello di *massa*. Il *peso* che è una forza, e dunque un fenomeno con una direzione ben specifica, ovvero verso il centro della Terra, mentre la *massa* è invece una proprietà intrinseca del nostro corpo, quella che un fisico chiamerebbe una quantità *scalare*, ovvero un numero senza direzione e senza verso. Quando faccio una dieta dimagrante perdo *massa*, mentre, per perdere peso, potrei semplicemente spostarmi sulla superficie della Luna. Sulla Luna, anche conservando la stessa massa, sentirei un'attrazione gravitazionale inferiore, perché la massa della Luna è ben più piccola di quella della Terra.

Veniamo allora alle astronavi. Gli astronauti che vediamo sulla Stazione Spaziale Internazionale fluttuano, e ci verrebbe dunque da pensare che nello spazio non ci sia gravità. È vero? Facciamo due conti. La Stazione Spaziale Internazionale - in breve la ISS - orbita intorno alla Terra ad una distanza di circa 400 km dalla superficie del pianeta. Gli astronauti sono più lontani dal centro della terra degli alpinisti che sono saliti sulla cima del Monte Everest, ma non così tanto. Se facessimo i conti, scopriremmo infatti che sulla ISS gli astronauti dovrebbero sentire un peso che è circa il 90% di quello che sentirebbero sulla superficie terrestre. E allora, perché li vediamo fluttuare?

Il fenomeno di "assenza di peso" è legato al fatto che la ISS, con tutto quello che le sta dentro, astronauti compresi, ruota intorno alla Terra, compiendo un giro completo della sua orbita in circa 90 minuti: pensate, il tempo di una partita di calcio per fare il giro del mondo!

Perché la Stazione Spaziale Internazionale deve ruotare così rapidamente? Se non lo facesse, la sola forza che sentirebbe sarebbe quella della gravità terrestre, e questa la farebbe precipitare sul pianeta. Il moto intorno alla Terra genera una forza centrifuga equivalente all'attrazione di gravità, che la mantiene, appunto, in orbita. È la stessa ragione per cui la Luna non cade sulla Terra, e neanche se ne va a zozzo per il sistema solare.

Sto per rivelarvi qualcosa a cui forse non avete mai pensato. La realtà è che la sensazione di assenza di peso non dipende affatto dall'assenza di gravità. Se la gravità fosse la sola forza in azione, noi abitanti della Terra ci sentiremmo fluttuare come se non avessimo peso. La sensazione di peso dipende dalla *presenza combinata di due forze*: l'attrazione di gravità da una parte, e la reazione della superficie terrestre dall'altra, che ci impedisce di cadere verso il centro della Terra.

Immaginate di costruire un grattacielo alto circa 400 km, con le fondamenta ben piantate sulla superficie terrestre e con l'ultimo piano che arrivi fino all'altezza dell'orbita della ISS. Una persona in piedi sul tetto di questo grattacielo sentirebbe una sensazione di peso, pari al 90% di quello che sente alla superficie del pianeta, e starebbe ben attaccato al tetto!

Questo significa anche che non è necessario andare nello spazio per fluttuare in assenza di peso. Se riuscissimo a eliminare la forza della superficie terrestre o dei vari pavimenti che contrastano l'attrazione di gravità della Terra, ci troveremmo esattamente in quelle condizioni fluttueremmo senza peso. Come possiamo farlo? Per esempio, chiudendoci dentro un ascensore e lasciandolo poi cadere senza freni: per il breve periodo della discesa, fluttueremmo nell'ascensore come fossimo sull'ISS. Siccome però un simile esperimento rischia di essere piuttosto traumatico nel momento in cui la forza del pavimento dell'ascensore viene ripristinata, ovvero al momento in cui ci schiantiamo al suolo, dobbiamo pensare a qualcosa di meno pericoloso. Potremmo per esempio prendere un aereo, farlo salire sufficientemente in alto, e poi farlo cadere liberamente per un po' prima di frenare e riprendere quota. Durante la caduta libera, fluttueremmo dentro la carlinga in assenza di peso. Questo è qualcosa che si fa dentro gli aerei specializzati in esperimenti in assenza di peso. Nelle note dell'episodio vi metto un link a un video che mostra l'esperienza, e me trovate un sacco di altri cercando in rete.

Ricapitoliamo. Il fluttuare in assenza di peso non implica necessariamente assenza di gravità. È l'assenza della seconda forza, quella del pavimento che contrasta la gravità, che ci fa sentire pesanti. Astronavi, ascensori senza freni, aerei in caduta libera, e anche un certo numero di attrazioni da luna-park generano un'effettiva "assenza di pavimento", e dunque la sensazione di assenza di peso.

Dopo aver discusso l'assenza di peso, veniamo allora alla *presenza* di peso nelle astronavi. Se l'assenza di peso non è necessariamente assenza di gravità, è possibile che la presenza di peso non sia necessariamente presenza di gravità? La risposta è ovviamente "sì"!

Una delle grandi intuizioni di Albert Einstein è quello che chiamiamo "principio di equivalenza". Il principio di equivalenza - nella versione semplificata che useremo - ci dice che gli effetti della gravità sono uguali agli effetti di un'accelerazione. Cosa significa? Che se sottopongo un corpo a un'accelerazione, ovvero a un cambiamento di velocità, percepirò gli stessi affetti che proverei se sottoposto a un'attrazione di gravità corrispondere. Quando un aereo decolla, c'è un momento in cui ci sembra che lo schienale dei sedili ci attragga, esattamente come fa la Terra attraendoci verso il suolo. Durante il decollo in effetti l'aereo accelera, e la reazione dello schienale è identica a quella del suolo rispetto all'accelerazione di gravità.

L'accelerazione di gravità sulla superficie terrestre è di circa 9.8 metri al secondo al secondo, il che significa che, considerando solo gli effetti della gravità, un corpo libero di muoversi nel campo gravitazionale terrestre varia la sua velocità di 9.8 metri al secondo nell'intervallo di un secondo. Saltando giù da una scogliera per tuffarmi in mare, ho inizialmente una velocità nulla, dopo un secondo viaggio a 9.8 m/s, dopo due secondi a 19.6 m/s, e così via. In realtà le cose sono più complicate, perché ci sarebbe anche l'attrito dell'aria da considerare, ma ci siamo capiti.

Immaginate adesso di essere dentro un'astronave lanciata nello spazio interstellare, sufficientemente lontana da ogni stella per sentirne gli effetti gravitazionali in modo significativo.

Se l'astronave accelera a 9.8 metri al secondo al secondo, ovvero in base ad un'accelerazione che chiamiamo "un G", dentro l'astronave gli occupanti sentirebbero un'attrazione verso il fondo dell'astronave di fatto indistinguibile dalla gravità. Attenzione però che l'astronave deve continuare ad accelerare perché la sensazione di gravità rimanga stabile: non basta andare veloci, bisogna *umentare* costantemente la velocità. Nel momento in cui si iniziasse a viaggiare a velocità costante, qualunque essa sia, si tornerebbe in condizioni di assenza di peso.

Siccome la sensazione di peso sarebbe opposta all'accelerazione, per sfruttare questo fenomeno bisognerebbe costruire l'astronave come una torre, e non come un aereo. Ci sono opere di fantascienza che hanno perfettamente recepito questo aspetto: la fregata di classe *Corvette* "Rocinante" dei libri e dei telefilm della serie *The Expanse* è costruita proprio per sfruttare questo fenomeno. Vi metto un link a uno schema nelle note dell'episodio.

Se un'accelerazione può riprodurre gli effetti della gravità, non deve essere per forza un'accelerazione che cambia la velocità dell'astronave. Modificare la velocità di un'astronave - aumentandola o diminuendola - comporta infatti un dispendio di carburante. Specie per viaggi spaziali lunghi, l'idea è sempre quella di portarsi a una certa velocità di crociera all'inizio del viaggio, e di restarci per la maggior parte del viaggio, per poi decelerare all'arrivo. Durante il periodo di crociera a velocità costante, l'astronave avanzerà per semplice inerzia senza consumare carburante, ma senza effetti simili alla gravità indotti dall'accelerazione.

In questo caso, però, si può pensare ad un altro tipo di accelerazione per simulare la gravità: un'accelerazione *centrifuga*. Avete presente la sensazione di essere schiacciati contro la portiera dell'auto in un curva presa a grande velocità, o contro il bordo in una giostra che gira molto velocemente? La stessa idea potrebbe essere ripresa su un'astronave per simulare la gravità. È quello che fa la Stazione Spaziale 5 di "2001 Odissea nello Spazio", o la centrifuga dentro alla nave spaziale Discovery One dello stesso film. Gli esempi di questa tecnica nella fantascienza sono molti. Uno dei miei preferiti è quello dell'artefatto di "Incontro con Rama" di Arthur C. Clarke, dove la nave spaziale in questione è un enorme cilindro alieno, la cui rotazione simula gli effetti della gravità sulle sue pareti.

Come la mettiamo allora con astronavi come quelle di Star Trek, o quelle di Star Wars, dove la gravità sembra attirare verso il basso dell'astronave, e non sembrano esserci strutture rotanti? In questo caso, temo proprio che siamo nel campo della fantascienza - come dire? - fantasiosa. Nell'universo di Star Wars nessuno si è mai preoccupato di spiegare l'apparente presenza di gravità nel Millennium Falcon, ma in una galassia *lontana lontana* dove esiste la Forza forse dovremmo semplicemente accontentarci di sospendere l'incredulità.

Star Trek ha preso invece le cose un po' più sul serio. Sull'Enterprise sono installati dei fantomatici generatori di gravità artificiale, che ovviamente non esistono nella realtà, ma perlomeno risolvono elegantemente la questione, e permettono di arrivare *laddove nessun uomo è mai giunto prima*.

IL PERCORSO DI STUDI DI UN FISICO DELLE PARTICELLE

La seconda domanda di oggi viene da Gioele, che in realtà mi chiede un sacco di cose. Gioele, per questa volta risponderò solo a una delle tue domande, e sulle altre tornerò in un'altra occasione. Gioele chiede:

- Tu che sei un fisico, qual è stato il tuo percorso di studi?

Questa è una domanda che mi viene rivolta con regolarità quando mi capita di incontrare gli studenti delle scuole italiane. La risposta è semplice: ho fatto il liceo scientifico, al termine del quale mi sono iscritto all'università di fisica, seguendo un percorso di specializzazione in fisica nucleare e subnucleare. Questo primo passaggio mi porta ad una precisazione importante: ho fatto il liceo scientifico perché era la scelta giusta per me, le mie passioni e i miei interessi, ma non penso che sia un prerequisito essenziale per poi studiare fisica all'università. Alcuni dei miei compagni di corso più brillanti avevano fatto il liceo classico, altri l'istituto tecnico, qualcuno persino ragioneria.

Il liceo scientifico rappresenta forse un vantaggio in termini di preparazione matematica per andare poi a studiare fisica, ma, se si è motivati, tutta o quasi la matematica che non si è studiata alle superiori si riprende nei primi corsi dell'università. La scuola superiore, secondo me, serve a porre le basi, e soprattutto ad apprendere un metodo di studio e a stimolare la curiosità. È chiaro però che, volendo studiare fisica, non guasta vederne un po' già alle superiori, soprattutto per capire se è quello che vogliamo studiare negli anni a venire. La stessa considerazione vale per la matematica, che è il linguaggio con cui parlano tutte le scienze, ma la fisica in modo particolare.

Dopo la laurea ho conseguito un dottorato di ricerca, che è un periodo di studio che, in Italia e quasi dappertutto in Europa, dura tre anni, e serve a imparare a diventare un ricercatore. È quel periodo in cui un semplice studente impara ad acquistare una certa autonomia, a decidere che cosa indagare e come farlo, e a contribuire alla scienza in modo originale. Il Dottorato di Ricerca esiste in Italia dal 1980, ed è oggi una tappa obbligata per intraprendere per seguire una carriera accademica.

In molti mi chiedono quali siano le migliori università dove studiare fisica in Italia, e se valga la pena andare a studiare all'estero. La domanda è delicata. Penso infatti che ogni percorso sia diverso, e non credo di poter dare un consiglio generico che valga per tutti. Diciamo dunque semplicemente che, in genere, le facoltà di fisica delle università italiane sono molto buone, e non hanno niente da invidiare alle università straniere. Specie per i primi tre anni di studi, quelli che portano alla cosiddetta "laurea triennale", la scelta più sensata è probabilmente dunque quella di iscriversi alla facoltà più vicina a casa vostra. Per i due anni che portano alla "laurea magistrale" le cose potrebbero invece essere più complicate, perché non tutte le sedi hanno un

curriculum di fisica delle particelle, e, se è questo il campo che vi appassiona, potrebbe valere la pena di puntare a uno degli atenei più grandi.

Per quanto riguarda il dottorato di ricerca, le considerazioni sulla qualità dell'offerta delle università Italiane sono simili a quelle fatte per i corsi di laurea. Se invece guardiamo alla mobilità degli studenti, invece, l'Italia rappresenta un'anomalia nel panorama europeo. Gli studenti europei non fanno praticamente *mai* il dottorato nella stessa sede dove si sono laureati, mentre quelli italiani sono molto, molto meno mobili. Per il dottorato di ricerca secondo me potrebbe valere la pena di muoversi altrove: all'estero, o almeno in un'altra sede universitaria in Italia, per vedere un ambiente nuovo, ma soprattutto per poter lavorare su un progetto specifico, o con un gruppo di ricerca particolare. Le opportunità non mancano.

Cosa succede a un aspirante fisico dopo aver conseguito il dottorato di ricerca? Un giovane dottore normalmente cerca, in una qualche università o centro di ricerca, una posizione di *post-doc*, ovvero una sorta di contratto da ricercatore a tempo determinato. È solo dopo uno o, più realisticamente, alcuni di questi contratti, che si può al giorno d'oggi pensare di aspirare a un posto di lavoro *permanente* nella ricerca.

La ricerca è diventato un ambiente in cui, ad essere del tutto franchi, le opportunità non sono al giorno d'oggi moltissime, il che richiede di essere disposti a fare dei sacrifici. Se volete, delle opportunità di carriera accademica di un fisico, parleremo magari un'altra volta.