

Forza centripeta o forza centrifuga?

Ecco uno degli annosi dilemmi degli studenti di un corso base di Fisica generale. Oggi cercheremo di mettere ordine alle idee, sforzandoci di capire cosa effettivamente intendiamo per l'una o l'altra forza.

Dobbiamo fare un salto indietro e tornare al primo principio della dinamica, detto anche Principio di Inerzia. Esso dice che *un corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme se su di esso non agiscono forze esterne non bilanciate*.

Da questo principio si evince che la "tendenza naturale" di ogni corpo è quella di muoversi di moto rettilineo uniforme (entro il quale inglobiamo anche il caso di velocità costantemente nulla, cioè lo stato di quiete), qualora non agiscano su di esso forze esterne non bilanciate.

È interessante notare come i fisici hanno pensato bene di chiamare "inerziale" un qualsiasi sistema di riferimento in cui vale la legge d'inerzia.

Cosa succede ad un corpo che si muove su una traiettoria circolare? Per semplicità consideriamo il caso particolare in cui la velocità del corpo sia costante in modulo (ma non in direzione, come dovrebbe essere ben noto!).

Gli antichi pensatori come Aristotele, Eudosso e Tolomeo, solo per citarne qualcuno, guardavano al moto circolare uniforme come a quel moto "puro", capace di auto sostenersi eternamente. La frase è certamente d'effetto, ma non dice la verità sulla reale "sostanza" del moto circolare che, in base proprio al sopracitato principio d'inerzia, è tutt'altro che "pura".

Abbiamo già detto che la tendenza naturale di ogni corpo è di muoversi di moto rettilineo uniforme. È evidente che un moto circolare non è un moto rettilineo, pur essendo uniforme. Se crediamo al principio di inerzia, cosa che peraltro per noi sarà scontata, crediamo che debba esserci una forza esterna non bilanciata che obbliga il corpo a deviare continuamente da quella che dovrebbe essere la traiettoria naturale, ossia una retta. Questa forza non può che "tirare" il corpo continuamente verso l'interno della traiettoria. Chiamiamo **forza centripeta** questa forza (letteralmente "centripeta" significa "diretta verso il centro"). Essa è una forza reale e generata in base a circostanze specifiche. Facciamo qualche esempio.

Una macchina riesce a tenere una curva grazie alla forza d'attrito esercitata tra pneumatici e asfalto. La forza d'attrito è proprio la forza centripeta del moto circolare considerato. È ben noto (non serve provare per credere) che una curva non può essere affrontata a qualsivoglia velocità; esiste un limite dettato proprio dall'attrito. Esso è infatti più basso se l'asfalto è bagnato, peggio ancora in caso di neve o ghiaccio. Non abbiamo alcuna difficoltà a credere che su una pista di ghiaccio una macchina farebbe tanta fatica a mantenere una curva.

Prendiamo un sasso legato ad una fune che gira tenendo un capo tra le mani (la biblica fionda con cui il piccolo Davide batté il gigante Golia). La forza centripeta in questo caso è rappresentata dalla tensione della fune. Lasciando la stessa possiamo notare come la pietra non continui più il suo moto circolare ma, come si dice di solito, prenda la tangente (il suo moto diviene rettilineo uniforme, attriti a parte).

A questo punto dovremmo esserci abbastanza convinti che la forza che sostiene un moto circolare è diretta verso l'interno, ed essa è l'unica forza che entra in gioco.

Proviamo ora a entrare nell'automobile che curva del primo esempio. L'esperienza ci insegna che la forza che noi avvertiamo sul nostro corpo è tutt'altro che rivolta verso l'interno, anzi sentiamo una forza che ci "butta" fuori dalla curva.

Cerchiamo di capire da dove nasce questa forza analizzando dettagliatamente la dinamica del moto della macchina che abborda la curva.

Abbiamo già detto che la forza d'attrito tra pneumatici e asfalto, che abbiamo chiamato forza centripeta, agisce verso il centro della traiettoria curvilinea. Esiste la forza peso dell'auto, ma essa agisce verso il basso.

Esiste poi la forza normale alla superficie che, per definizione, agisce verso l'alto. Se proprio vogliamo essere pignoli potremmo considerare la forza di portanza negativa dovuta alla presenza dell'aria, ma anch'essa agisce verso il basso come il peso. Non ci sono altre forze che agiscono sull'auto.

Concludiamo quindi che non esiste alcuna forza che agisce verso l'esterno della curva! Eppure noi la sentiamo questa forza, eccome se la sentiamo!

È proprio così, non esiste alcuna forza che agisce verso l'esterno. Quello strano effetto che sentiamo su di noi è dovuto alla tendenza che ha ogni corpo di muoversi di moto rettilineo uniforme. Sotto l'azione della forza centripeta, che ci costringe a mantenere un moto curvilineo, il nostro corpo "reagisce" cercando di mantenere la sua naturale tendenza, ossia di mantenere una traiettoria rettilinea. Si dice che il corpo tende a mantenere la sua traiettoria rettilinea "per inerzia". Molti, tra cui tanti libri di testo, confondono le idee considerando erroneamente questa tendenza una forza: si parla di "forza d'inerzia", dimenticando che l'inerzia è tutt'altro che una forza, anzi è proprio ciò che forza non è!

Questa tendenza a "scappar via" da una traiettoria curvilinea per inerzia viene interpretata in termini di una forza non reale, una di quelle che i fisici amano chiamare "forze apparenti".

A questa particolare forza apparente (precisiamo ancora una volta che non rappresenta una forza nel senso stretto del termine) viene dato il nome di **forza centrifuga** (letteralmente "centrifuga" significa "fuga dal centro"). Il suo modulo è uguale a quello della forza centripeta; tra le due cambia solo il verso (rivolta verso il centro la centripeta, rivolta verso l'esterno la centrifuga).

Durante lo svolgimento di un esercizio sulla dinamica dei moti curvilinei, quale delle due forze bisogna considerare? La risposta è semplice: "dipende dal tipo di problema, da ciò che ci viene richiesto".

Per fare qualche esempio. Se ci viene chiesto di calcolare la velocità massima per abbordare una curva senza slittare, la forza di cui bisogna tener conto è sempre quella centripeta, perché il nostro problema è di individuare le condizioni estreme alle quali il moto circolare viene mantenuto. Se per contro ci viene richiesto di calcolare la velocità minima per mantenere in equilibrio un sistema rotante (giro della morte, rotor, ecc...), la forza che entra in gioco è quella centrifuga.

L'una e l'altra dipendono anche dall'osservatore. Se esso è esterno al sistema (ma all'interno un sistema di riferimento inerziale) formato da un corpo rotante, allora vedrà il corpo ruotare sotto l'azione della forza centripeta. Se esso è invece parte del sistema rotante, su di esso avvertirà una forza centrifuga. Ciò avviene perché un sistema rotante non è un sistema inerziale: in esso non vale la legge d'inerzia.

Prof Valerio CURCIO