

EFFETTI IMPOSSIBILI

Dopo la pubblicazione di *100 errori di Fisica* accettai di buon grado di collaborare con la bella rivista *Didattica della Fisica*, della casa editrice *La Scuola di Brescia*: l'idea era di proporre ai lettori, docenti di scuola media e di liceo, una rivisitazione critica di alcuni concetti essenziali della Fisica di base (a cominciare dal più misconosciuto di tutti, il concetto di centro di massa). Purtroppo sottovalutai la mole degli impegni che andavo assumendo: la serie, presentata col titolo *Essenzialmente Fisica*, dovette mio malgrado interrompersi dopo tre soli articoli, e letteralmente non trovai più il tempo di riprenderla. L'articolo che segue, il primo della breve serie, fu pubblicato nel n. 162 della rivista, nel novembre del '92).

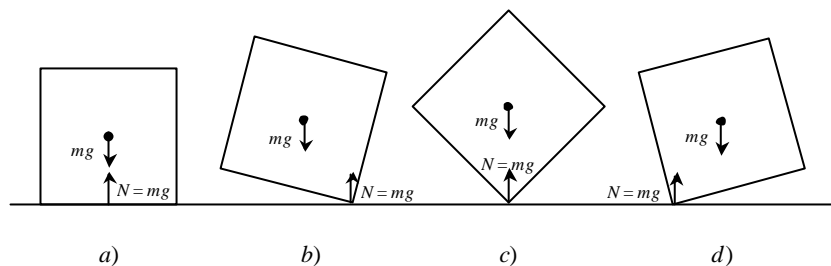
Potremmo cominciare la nostra "rivisitazione" dei fondamenti della Fisica prendendo spunto da qualche errore particolarmente grave e particolarmente frequente tra i tanti che noi (se ci affidassimo ciecamente ai libri di testo) rischieremo di trasmettere ai nostri alunni.

Un argomento adatto potrebbe essere questo: *quale effetto di moto tendono a produrre, rispettivamente, una forza e una coppia di forze, quando siano applicate a un corpo rigido?*^[1] È un discorso di una semplicità veramente estrema, che penso si potrebbe tranquillamente svolgere anche a livello di scuola media inferiore: e forse chi legge si stupirà che io possa considerarlo un argomento interessante. Ma il fatto è questo: ci sono fior di libri di testo che rispondono alla domanda in modo sbagliato!

Ne ho già parlato in *100 errori di Fisica* (capitoli 24, 25 e 26). Ma qui mi rifaccio a un esempio diverso, citando da un testo tra i più diffusi: "Una singola forza applicata a un sistema rigido libero produce sempre un movimento traslatorio, mentre una coppia produce una rotazione. Anche la rotazione prodotta da una singola forza applicata a un sistema rigido vincolato ad avere un asse fisso è in realtà generata dalla coppia costituita dalla forza applicata e dalla reazione vincolare dell'asse fisso".

Cominciamo dalla coppia. Che una coppia di forze tenda a produrre una rotazione del corpo rigido a cui viene applicata, è fuor di dubbio. Converterà peraltro aggiungere (il testo citato non ne parla) che l'asse di rotazione passa necessariamente dal centro di massa, e non dal punto medio del segmento che ha per estremi i punti d'applicazione delle due forze (come lo studente è irresistibilmente portato a credere, e come purtroppo a volte insegnano i libri di testo). È noto infatti che dalla definizione stessa di centro di massa (CM) discende che il CM di un qualsivoglia sistema fisico si muove come un punto materiale avente massa pari a quella dell'intero sistema, e soggetto al risultante di tutte le forze agenti sul sistema. Ne deriva in particolare che quando (come nel caso di una coppia) il risultante delle forze è zero, anche l'accelerazione del CM è zero: il che significa che il CM o si muove di moto rettilineo uniforme, o non si muove proprio. Perciò, non si scappa: se un corpo rigido ruota sotto l'azione di un sistema di forze a risultante zero, il CM si trova sicuramente sull'asse di rotazione.

Consideriamo allora "la rotazione prodotta da una singola forza applicata a un sistema rigido vincolato ad avere un asse fisso". L'Autore citato afferma che tale rotazione è generata da una coppia, ma ciò è vero solo sotto una condizione ben precisa: che l'asse fisso passi dal CM. In caso contrario, il CM ruota attorno all'asse fisso: e allora, non essendo il suo moto rettilineo (e nemmeno uniforme), è impossibile che le forze agenti abbiano risultante zero. A illustrazione di tale errore, in *100 errori di Fisica* ho riportato la seguente figura, tratta da un testo universitario americano.



L'asse di rotazione in questo caso è il lato del blocco a contatto col piano d'appoggio (ed è fisso, beninteso, solo in caso di attrito sufficientemente grande). Come si vede, per l'Autore americano la reazione del piano d'appoggio è invariabilmente uguale e contraria al peso del blocco: cosicché, sia in *b*) che in *d*) il blocco dovrebbe ruotare, e il CM con esso, sotto l'azione di una coppia. È chiaro invece che, essendo in entrambe le situazioni diretto verso il basso il componente verticale dell'accelerazione del CM, anche il componente verticale del risultante delle forze è diretto verso il basso (il che impone che il componente verticale della reazione del vincolo sia inferiore a mg). Ed è anche chiaro che, a causa dei componenti orizzontali dell'accelerazione tangenziale e centripeta del CM, il risultante delle forze ammette in generale anche un componente orizzontale: nel qual caso, contrariamente a quanto il disegno indica, la reazione del vincolo in *b*)

¹ Si ricordi che qualsiasi sistema di forze applicato a un corpo rigido K può essere sempre ricondotto a un'unica forza (uguale al risultante delle forze) applicata in un punto P arbitrario di K , più una coppia di momento uguale alla somma dei momenti delle forze rispetto a P .

e *c*) non può essere diretta verticalmente. Supponiamo ad esempio che le due figure si riferiscano a un istante in cui il blocco ha velocità angolare zero, ed è quindi sul punto di ricadere: avendo il CM velocità zero, la sua accelerazione è puramente tangenziale, per cui la reazione del vincolo ha un componente orizzontale diretto verso sinistra in *b*), verso destra in *d*).

E veniamo infine alla “singola forza applicata a un sistema rigido libero”. L’Autore è lapidario, dice che “produce sempre un movimento traslatorio”. Ma quel “sempre” è di troppo, perché, in realtà, la cosa è vera solo quando la retta d’azione della forza passa dal CM. In caso contrario, il momento $\vec{\tau}_{CM}$ di tale forza rispetto al CM è diverso da zero, e quindi è in variazione (essendo $\vec{\tau}_{CM} = d\vec{L}_{CM}/dt$ ^[2]) il momento angolare \vec{L}_{CM} del sistema rispetto al CM. E se sappiamo che, rispetto al CM, il momento angolare sta variando, credere che il tutto si stia muovendo di moto traslatorio diventa veramente difficile^[3].

² Tale relazione vale sempre, quale che sia il moto del CM.

³ Quando un corpo trasla, il suo momento angolare si può calcolare collocando idealmente tutta la massa nel centro di massa: perciò rispetto al centro di massa è zero, e finché il corpo trasla resta zero.