

FISICA I - Appunti complementari

Durante gli esami emergono talvolta gravi incomprensioni su questioni alla base della meccanica classica. Per questo motivo ho cominciato a scrivere questi appunti, per ora molto preliminari, con la speranza di chiarire alcuni concetti non sempre pienamente compresi dagli studenti. Si tratta di domande oppure di affermazioni nette (**A**), a volte volutamente erranee, seguite dalla risposta oppure da un commento chiarificatore (**B**). Si consiglia di provare a rispondere o a commentare l'affermazione **A**, senza passare subito alla lettura della parte **B**. Buono studio !

Secondo principio della meccanica

A1 - Le forze sono la causa del moto ?

B1 - NO. Il moto non richiede l'azione di alcuna forza, le forze sono invece necessarie a cambiare la direzione o il modulo della velocità. L'affermazione corretta è la seguente: "Le forze sono la causa della variazione del moto".

Sistemi non inerziali

A2 - Gli astronauti sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS) sono privi di peso perchè abbastanza lontani dalla Terra.

B2 - Effettivamente la forza di gravità è leggermente ridotta perchè gli astronauti si sono allontanati dalla superficie terrestre, ma tale forza continua ad agire e li tiene in orbita attorno al pianeta. La situazione degli astronauti è analoga a quella di un osservatore in un ascensore in caduta libera (sistema non inerziale): il sistema ascensore, come pure il sistema ISS, è accelerato verso il basso per effetto dell'attrazione gravitazionale. L'osservatore all'interno "sente" una forza fittizia che bilancia la forza peso. Non deve meravigliare l'analogia tra l'ascensore in caduta libera e la ISS in orbita. Il moto orbitale altro non è che un'interminabile caduta verso la Terra e la forza centripeta, responsabile del moto quasi circolare dei satelliti, è proprio la forza gravitazionale.

Sistemi non inerziali

A3 - Si consideri un satellite in orbita attorno alla Terra: la forza peso del satellite e la forza centrifuga si bilanciano.

B3 - La frase non è propriamente corretta. È necessario chiarire quale sistema di riferimento si sta utilizzando e anche ricordare che la forza centrifuga è una forza fittizia. Il sistema di riferimento S' , in cui il satellite è in quiete, non è inerziale perchè risulta accelerato con $\vec{A} = \vec{g}$ ($g < 9.81 \text{ m/s}^2$ data la lontananza dal suolo). In questo sistema S' il satellite ha accelerazione $\vec{a}' = \vec{a} - \vec{A} = \vec{g} - \vec{g} = 0$ (usando la notazione del libro di testo). Moltiplicando tutti i termini per la massa, la stessa equazione si può scrivere in termini di forza fittizia centrifuga \vec{F}_C e forza gravitazionale \vec{F}_G :

$$m\vec{g} - m\vec{g} = \vec{F}_G + \vec{F}_C = 0 \quad \rightarrow \quad GmM_{\oplus}/r^2 - mv^2/r = 0.$$

Nel sistema di riferimento delle stelle fisse (S , inerziale), il satellite non è in moto rettilineo uniforme e le forze che agiscono su di esso non possono avere risultante nulla. Infatti agisce solo la forza gravitazionale (forza centripeta), non ci sono altre forze a bilanciarla. Quindi vale la relazione:

$$\vec{F}_G = m\vec{g} \quad \rightarrow \quad GmM_{\oplus}/r^2 = mv^2/r.$$

La relazione finale è equivalente alla precedente, ma il senso è molto diverso. Nel sistema S' il satellite è in quiete (accelerazione nulla), nel sistema S il satellite è in moto circolare (accelerazione centripeta = v^2/r).

Forze non-conservative

A4 - Solo le forze dissipative, cioè quelle che compiono sempre lavoro negativo, sono non-conservative.

B4 - In questa frase si afferma che compiere lavoro negativo sia condizione necessaria per definire una forza come non-conservativa. Per confermare o negare questa affermazione, si consideri, a titolo di esempio, la forza motrice che tiene in movimento un'automobile nonostante la presenza di attriti. Tale forza è concorde con lo spostamento e quindi compie sempre un lavoro positivo, anche nel caso di un percorso chiuso. Ricordando che il lavoro delle forze conservative sui percorsi chiusi è nullo, si può concludere che la forza motrice non è conservativa e che la frase A4 non è corretta.

Forze non-conservative

A5 - La forza d'attrito non è conservativa e compie sempre un lavoro negativo. In generale non sono conservative le forze che possono compiere lavoro negativo.

B5 - In questa frase si afferma che compiere lavoro negativo sia condizione sufficiente per definire una forza come non-conservativa. Ciò non è vero: anche le forze conservative compiono lavoro negativo. Infatti il lavoro su un percorso chiuso non potrebbe essere nullo se la forza conservativa non compiesse anche lavoro negativo, quando lo spostamento è opposto alla forza (come avviene per la forza peso durante la salita di un grave).

Attrito

A6 - La forza d'attrito statico ha modulo $\mu_s N$.

B6 - Affermazione sbagliata. La forza d'attrito statico (\vec{F}_{AS}) si manifesta solo nel momento in cui un'altra forza agisce sul corpo. Il corpo rimane immobile se è nulla la forza totale che agisce su di esso. Questo comporta che la \vec{F}_{AS} sia uguale in modulo e direzione alla componente parallela al piano della forza con cui viene sollecitato il corpo, ma abbia verso opposto. Quindi il modulo F_{AS} può assumere qualsiasi valore tra 0 ed un valore massimo che risulta proprio $\mu_s N$. Quando la componente parallela al piano della forza applicata al corpo ha un modulo superiore a $\mu_s N$ il corpo si mette in movimento sul piano ed entra in gioco l'attrito dinamico. In conclusione l'affermazione corretta è la seguente: " $\mu_s N$ rappresenta il valore massimo del modulo della forza d'attrito statico".

Attrito

A7 - Per la forza d'attrito dinamico vale la formula $\vec{F}_{AD} = \mu_d \vec{N}$

B7 - La formula è corretta solo in relazione al modulo della forza. È invece sbagliata la notazione vettoriale, perchè scritta in questo modo indica una forza allineata e concorde con la forza normale alla superficie d'appoggio (\vec{N}). La notazione corretta è $\vec{F}_{AD} = -\mu_d N \hat{s}$, dove \hat{s} è il versore dello spostamento ed il segno negativo indica che la forza si oppone allo spostamento.