

Considerations about the Halliday-Resnick-Krane text

Considerazioni sull'Halliday-Resnick-Krane

Fausto Vezzano

sitofausto@gmail.com

30 settembre 2012

Sommario

In this article I'll do considerations about some conceptual errors that I have found in a famous physics text.

In questo articolo farò alcune considerazioni a proposito di alcuni errori concettuali contenuti in un famoso libro di fisica.

Vorrei in questo articolo soffermarmi un poco su quello che forse è il testo di fisica per l'università più diffuso di tutti i tempi: l'Halliday-Resnick-Krane (l'autorevolezza del testo rende più significativa la denuncia che vorrei muovere a proposito dello stato desolante di parte dell'editoria scientifica). Farò qualche osservazione sulla quinta edizione (quella attualmente in commercio in Italia). Naturalmente, come quasi tutti gli altri libri di fisica, è ricco di errori dovuti a fretta e distrazione: possiamo trovarne anche più di uno nella stessa pagina (a pagina 232 si sostiene che $1,94 \cdot 10^5$ N corrispondono al peso di 22 tonnellate, e che $0,84$ diviso 3 fa $0,18$). Si tratta di errori che entro certi limiti sono inevitabili, ma che se ricorrono in abbondanza sono più fastidiosi delle zanzare¹.

Ad ogni modo non è di questo genere di errori che voglio parlare qui, bensì di gravi errori concettuali. Si tratta di errori stupefacenti (si tratta di un testo autorevole, molto diffuso e datato) quanto persistenti (non so se fossero presenti anche in edizioni precedenti, comunque questa edizione circola ormai da un decennio). Voglio sottolineare che non ho cercato gli errori fra le centinaia di problemi in fondo al capitolo, ma tra i pochi problemi svolti che sono stati sistemati tra i paragrafi, a illuminare e integrare il processo di apprendimento. Ci si aspetterebbe che si trattasse di problemi visti e rivisti, verificati con cura. Niente di più lontano dalla realtà. Citerò tre casi.

¹Sarebbe peraltro indice di serietà (nonché di rispetto per i lettori e per la fisica) la pubblicazione di errata corrette e la rimozione degli errori nelle ristampe.

Tre problemi svolti

Problema svolto 7.3 a pagina 149

Un proiettile di massa 9,6 kg è lanciato da terra con velocità iniziale di 12,4 m/s e alzo 54° sull'orizzontale. In volo il proiettile esplose e si divide in due frammenti; dopo 1,42 s dal lancio, il frammento di massa 6,5 kg viene osservato a un'altezza di 5,9 m e a distanza di 13,6 m dal punto di lancio. Si determini la posizione del secondo frammento allo stesso istante.

Lo svolgimento dell'Halliday potrebbe essere preso come esempio di come *non* va risolto un problema di fisica.

Nel risolvere i problemi di fisica nei quali vengono assegnati dati numerici, si può procedere in due modi:

- Si fanno tutti i conti ignorando i dati numerici (usando le lettere), si trova la formula risolutiva e si sostituiscono i valori (nel risultato finale vanno tenute solo le cifre significative).
- Si sostituiscono di volta in volta i dati numerici, in questo caso bisogna però utilizzare nei passaggi intermedi più cifre di quelle significative, il maggior numero possibile, e bisogna arrotondare solo il risultato finale.

Il primo metodo è decisamente il più elegante, ma non sempre è praticabile. Il secondo è ad ogni modo equivalente, purché si conservi un sufficiente numero di cifre nei risultati intermedi dei vari passaggi².

A volte mi chiedo se chi scrive libri di fisica queste cose le sa. È diffusissima l'abitudine ad arrotondare nei passaggi intermedi. Un peccato veniale, direte. Non proprio, a volte questo modo di procedere porta a risultati finali disastrosamente lontani da quelli che si ottengono procedendo correttamente.

Nei problemi risolti dell'Halliday, sebbene in un'occasione all'interno del testo venga perfino spiegato che ciò è sbagliato, viene utilizzato quasi sistematicamente il metodo con le forti approssimazioni a ogni passaggio intermedio. Per quanto riguarda il problema in questione, viene ottenuto il risultato errato (3,7;0,9) m. La formula risolutiva per la posizione finale, in funzione dei dati del problema, è però

$$\frac{1}{\xi - 1} \left(\xi v_0 t \cos \alpha - x; \xi v_0 t \sin \alpha - \frac{\xi g t^2}{2} - y \right)$$

dove

²In casi molto particolari entrambi i metodi possono fallire, a seconda delle caratteristiche dell'hardware e del software che utilizziamo. Per ovviare alle limitate capacità di calcolo delle macchine, può essere molto raramente necessario ricorrere a sviluppi di Taylor (oppure, quando è possibile, imporre alla macchina che vengano utilizzate più cifre nei conti).

- ξ è il rapporto fra la massa del proiettile e quella del primo frammento (nei conti è buona cosa usare la frazione $\frac{96}{65}$ anziché ricorrere a valori approssimati, sia pure con molte cifre)
- t è l'istante considerato (1,42 s)
- α e v_0 sono l'alzo e la velocità iniziale ($\alpha = 54^\circ$, $v_0 = 12,4$ m/s)
- $(x; y)$ è la posizione del primo frammento nell'istante considerato: (13,6; 5,9) m.

Ma allora, ponendo ad esempio $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ esattamente, si ottiene all'incirca (3,534625; 1,145867) m. Il risultato corretto è dunque (3,5;1,1) m: si osservi che l'altezza del secondo frammento stimata dal libro è errata di circa il 20%. Pensi ancora che si tratti di un errore da poco?

Problema svolto 25.7 a pagina 604

Il nucleo sferico di un certo atomo contiene una carica positiva Ze in un volume di raggio R . Calcolare il rapporto tra la forza agente su un elettrone situato a distanza dal centro pari al raggio R e quella su un elettrone situato internamente a distanza $\frac{R}{2}$ dal centro per (a) una densità di carica volumica uniforme e (b) una densità di carica proporzionale al raggio r .

Gli autori calcolano correttamente la frazione della carica totale contenuta nella sfera di raggio $\frac{R}{2}$, $\frac{1}{8}$ e $\frac{1}{16}$ nei due casi rispettivamente, ma sbagliano di grosso saltando alla conclusione che la forza esercitata sull'elettrone diminuisce secondo questi rapporti. La forza dipende *anche dalla distanza* dal centro della distribuzione di carica a simmetria sferica: se la distanza viene dimezzata la forza quadruplica. Il rapporto tra $F(\frac{R}{2})$ e $F(R)$ è sottostimato di un fattore 4.

Problema svolto 11.10 a pagina 258

Una sonda spaziale, che naviga in una regione dello spazio in cui la gravità è trascurabile, ruota con velocità angolare di 2,4 giri/s attorno a un asse parallelo alla direzione del suo moto traslazionale. L'astronave ha la forma di un sottile guscio sferico di raggio $R = 1,7$ m e massa $M = 245$ kg. Occorre ridurre la velocità angolare al valore di 1,8 giri/s azionando i razzetti tangenziali posti attorno all'equatore della navicella. Che forza devono applicare per ottenere lo scopo mentre la sonda compie 3,0 giri? Si trascuri la massa di carburante consumato.

Come sia possibile risolverlo, senza sapere quanti sono i razzetti, resta un mistero.

Se ad esempio N razzetti uguali fossero disposti con simmetria lungo l'equatore del satellite e orientati in modo che le forze frenanti siano tangenti al guscio sferico e giacenti sul piano equatoriale, il modulo della forza esercitata da ciascun razzetto per raggiungere lo scopo sarebbe

$$F = \frac{2\pi R(\nu_i^2 - \nu_f^2)M}{9N}$$

dove ν_i e ν_f sono le velocità angolari iniziali e finali. Nei conti il libro usa distrettamente una velocità angolare pari a 1,7 giri/s, forse facendo confusione con il raggio. Il vero problema però è un altro: viene considerato un solo razzetto. Questo non è solo arbitrario e non conforme ai dati del problema (mancanti, e indicanti peraltro una pluralità), ma decisamente errato. Se il razzetto fosse uno solo la forza esercitata non potrebbe limitarsi a frenare la rotazione, essa varierebbe anche l'energia cinetica traslazionale della sonda (questo effetto, che complica il problema, sarebbe evitabile se la sonda fosse dotata di più razzetti, disposti con l'opportuna simmetria).

Vorrei infine osservare un'ultima cosa: a cosa serve la precisazione "attorno a un asse parallelo alla direzione del suo moto traslazionale"? E se l'astronave, nel sistema di riferimento inerziale considerato, possedesse una velocità di traslazione inclinata in modo arbitrario rispetto all'asse di rotazione... cosa cambierebbe?