Agnese Berra*, Ledo Stefanini°

** Liceo "Manzoni", Suzzara (Mantova)*
° Università di Mantova-Pavia

La meccanica di Wile Coyote

(Pervenuto il 25.2.2010, approvato il 18.2.2011)

ABSTRACT

In secondary school dynamics pupils are usually asked to solve problems that concern rigid bodies. Inspired by "cartoon behaviours", this paper studies what happens when the end of an elastic beam receives a blow and the beam starts moving.

Il nostro discorso può partire da un cartone animato [1].

Rappresenta *Wile Coyote* che insegue *Bip Bip* e, nella foga della corsa, non si accorge di essere entrato in una nube sospesa nel vuoto. La forza di gravità comincia ad agire solo quando il personaggio ha consapevolezza della sua situazione (è una delle "leggi" dei cartoni animati), ma non agisce simultaneamente su tutto il corpo del malcapitato.

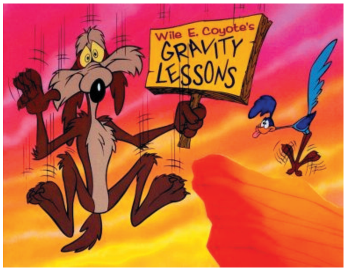

Figura 1. Wile Coyote e Bib Bip sperimentano la gravità (Warner Bros. Entertainment, Inc.)

Piuttosto come una forza impulsiva applicata ai piedi, che il resto del corpo segue con ritardo, col risultato che il corpo stesso subisce un allungamento. In altri cartoni animati viene presentata la partenza bruciante di veicoli o animali, tutti caratterizzati dalla capacità di raggiungere alte velocità in tempi brevissimi. Si mette allora in evidenza il fatto che, mentre la parte anteriore del veicolo è già in movimento, la posteriore è ancora ferma, il che provoca un allungamento del corpo, che riacquista le sue ordinarie dimensioni una volta che tutte le sue parti abbiano raggiunto la stessa velocità.

Si tratta ovviamente di una rappresentazione surreale della realtà fisica, che ha come scopo quello di suscitare il riso; ma talvolta, le leggi della fisica intuitiva da cui si fanno guidare i disegnatori di *cartoon* rivelano realtà che rimangono nascoste alla meccanica scolastica. Per esempio, i corpi che frequentano i manuali di fisica per le scuole sono sempre indeformabili, ovvero tali che le deformazioni si propagano al loro interno con velocità infinita.

Sappiamo che nella realtà le cose non stanno così. Un travicello costituito da un materiale elastico è caratterizzato dalla massa per unità di lunghezza $\lambda = M/L$ (kg/m) e da una costante elastica che, a sua volta, dipende dalle dimensioni geometriche. Peculiare del materiale di cui è costituito è il modulo di elasticità Y (N) che potremmo definire come (il doppio de) l'energia elastica immagazzinata per unità di allungamento. Una deformazione longitudinale si propaga nel travicello con una velocità caratteristica [2] che dipende solo da questi due parametri:

$$c = \sqrt{\frac{Y}{\lambda}} \,. \tag{1}$$

Consideriamo ora un lungo travicello di gomma (o altro materiale elastico) fermo su un piano orizzontale. Per indicare il fatto che non è soggetto ad attrito, possiamo immaginare che abbia le ruote.

Supponiamo di voler imprimere all'estremità anteriore del travicello una velocità V. A questo scopo, applicheremo alla sua estremità una forza F. Ora, il fatto che la velocità di propagazione delle azioni fisiche sia finita ha come conseguenza una relazione tra la velocità impartita e la forza applicata. Non tra la forza impartita e l'accelerazione, anche perché, essendo il corpo deformabile, non esiste una tale grandezza.

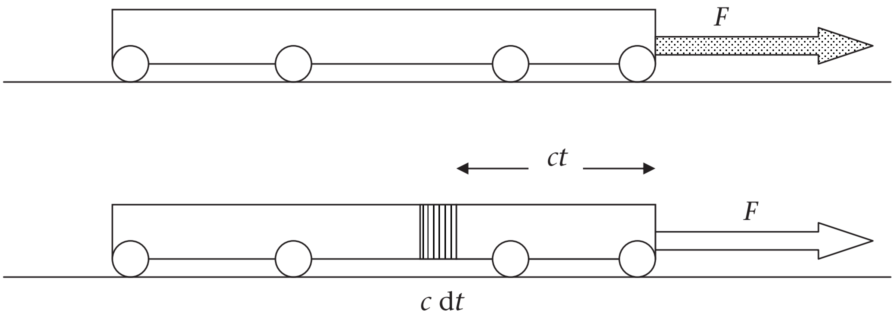

Figura 2. Un travicello privo di attriti, soggetto ad una forza F istantaneamente applicata.

Trascorso un tempo t dall'istante di applicazione della forza, vi è un tratto di travicello che possiede la velocità V, mentre il resto è ancora fermo. Nel tempo dt un elemento di travicello di lunghezza c dt e massa λc dt passa dalla quiete alla velocità V, con una variazione di quantità di moto

$$\mathrm{d}q = \left(\lambda c \,\mathrm{d}t\right) V \tag{2}$$

a cui corrisponde una forza applicata

$$F = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = \lambda\, cV. \tag{3}$$

Pertanto, fino a che l'intero travicello non s'è messo in moto, ad una velocità costante della testa del travicello corrisponde una forza costante:

$$F = \lambda cV = V\sqrt{\lambda Y}. \tag{4}$$

Tutto questo durerà per un tempo

$$T = \frac{L}{c} \tag{5}$$

se L indica la lunghezza del travicello a riposo.

Il pezzo di travicello che sente l'azione della forza al tempo t ha lunghezza

$$\Delta L = ct\,.$$

Questo è soggetto alla tensione F che produce un allungamento

$$\delta\left(\Delta L\right) = \frac{F\,\Delta L}{Y} = \frac{V}{c}\Delta L. \tag{6}$$

Questi risultati sono interessanti. La (4) dice che, nella fase di accelerazione, ad una forza costante corrisponde una velocità costante, cosa che equivale ad una sorta di recupero della meccanica aristotelica. La (6) ci dice che il travicello ha, nella fase di accelerazione, una lunghezza crescente col tempo, con un valore massimo

$$L_{\max} = \left(1 + \frac{V}{c}\right)L. \tag{7}$$

Tutti risultati validi sotto la condizione che la velocità V sia minore della velocità di propagazione degli impulsi c.

Naturalmente, la forza compie lavoro poiché il suo punto di applicazione si sposta di un tratto

$$\delta(L) = \frac{V}{c} L. \tag{8}$$

Il lavoro compiuto – che indichiamo con L_{av} – si calcola facilmente:

$$L_{av} = F \times VT \tag{9}$$

per cui

$$L_{av} = \lambda c V \times V \frac{L}{c} = MV^2. \tag{10}$$

Un risultato che lascia perplessi, perché il lavoro compiuto dalla forza applicata risulta essere doppio dell'energia cinetica del nostro travicello. La perplessità scompare quando si rifletta sul fatto che l'oggetto ha subito un allungamento che è dato dalla (8). E questo è un allungamento che costa in termini di energia:

$$E_{el} = \frac{1}{2} \frac{Y}{L} (\Delta L)^2. \tag{11}$$

L'energia elastica contenuta nel travicello, grazie alla (8), diventa

$$E_{el} = \frac{1}{2} \frac{Y}{L} \frac{V^2}{c^2} L^2 = \frac{1}{2} Y \frac{V^2}{Y} \lambda L = \frac{1}{2} MV^2. \tag{12}$$

Questa ci dice che non è possibile portare un corpo elastico dalla quiete ad una certa velocità, senza trasmettergli un'energia interna uguale alla sua energia cinetica finale.

Le nostre considerazioni si limitano all'intervallo di tempo che va dal momento di applicazione della forza a quello in cui la coda del travicello riceve il segnale. È tutto quanto si può fare con gli strumenti della meccanica elementare.

Bibliografia

[1] Consigliamo quello che si può scaricare in Internet all'indirizzo http://www.youtube.com/watch?v=2z3P_w7w5sU&NR=1
Si veda anche http://www.marianotomatis.it/blog.php?post=blog/20110407

[2] A.P. French, (1971), *Vibrations and Waves*, The M.I.T. Introductory Physics Series, Nelson, London, Cap. 7.

LA LÉGENDE DE LA CHUTE

Le public n'est pas surpris, dans les dessins animées de Bip-Bip et Vil-Coyote, de voir ce dernier flottant quelques instants dans les airs avant de chuter inexorablement vers le sol. Voyez-vous dans les films, les bus et les voitures ne devrait pas être capable de franchir des fossés ou des pont effondrés et ce même si le conducteur presse avec toute la conviction du monde son accélérateur. Durant le tremblement de terre de 1989 à San Francisco, un conducteur s'aperçut que le pont sur lequel il roulais était partiellement effondré; roulant trop vite pour s'arrêter visiblement inspiré par le cinéma hollywoodien ce dernier appuya sur le champignon pour se retrouver plus rapidement au fond du trou. Les films d'Hollywood devraient porter un avertissement du type «Attention les réalisateurs de ce film ont pris certaines libertés avec les lois de la physique».

http://www.infinitezone.eu/index.php?post/2007/04/05/61-neuf-lois-de-la-physique-qui-ne-s-appliquent-pas-au-cinema