

Non è possibile!

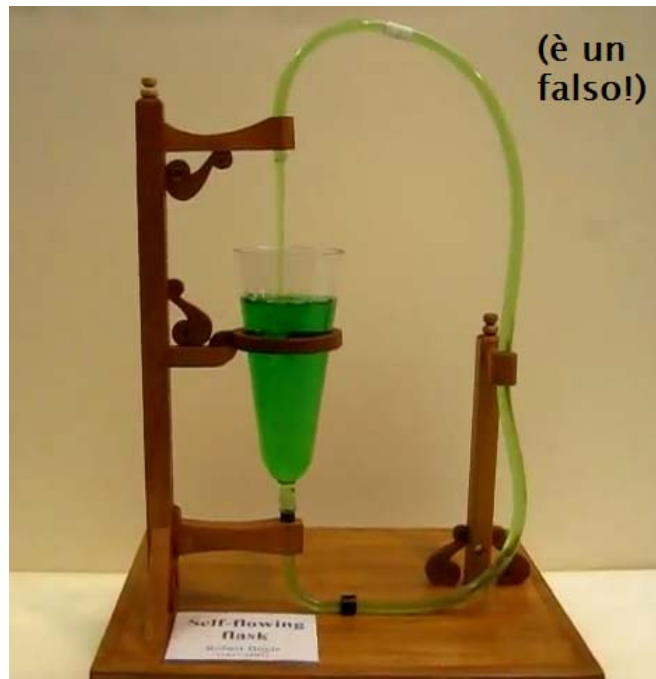
scheda per l'insegnante

Questo post di *Scienze su YouTube* discute il video di un «falso d'autore»: la realizzazione della *Cascata* di M.C. Escher, che in realtà è un oggetto impossibile.

Gli spunti che seguono possono servire come ispirazione per approfondire in classe alcuni aspetti del post.

CAPITOLO D2 – Il moto perpetuo e il fiasco di Boyle [20 minuti]

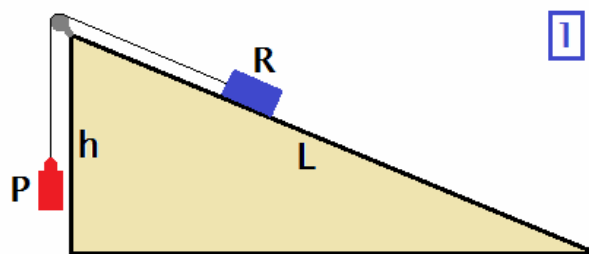
- l'espressione «moto perpetuo» indica un movimento che continua all'infinito, senza alcuna fonte di energia esterna
- si chiama *macchina a moto perpetuo del primo tipo* un meccanismo che produce lavoro meccanico senza fonti di energia; di tanto in tanto, inventori più o meno folli propongono un nuovo meccanismo del genere, destinato a risolvere tutti i problemi dell'umanità; ma le macchine di questo tipo sono impossibili, perché contraddicono il principio di conservazione dell'energia
- invece una *macchina a moto perpetuo del terzo tipo* mantiene un moto perpetuo (senza produrre lavoro utile) in assenza di attriti; in teoria questo sarebbe possibile: una ruota di bicicletta per esempio potrebbe girare all'infinito, se nel mozzo non ci fossero attriti e se girasse sotto vuoto, così da evitare la resistenza dell'aria; in pratica però non è possibile eliminare del tutto gli attriti, perciò anche queste macchine prima o poi si fermano
- se si cerca su YouTube la frase «Perpetual motion machine», si troverà un filmato, caricato dall'utente veproject1, che mostra numerose macchine a moto perpetuo in azione – ma **attenzione, si tratta di una raccolta di falsi!**
- tutte le macchine mostrate in quel video sono in realtà alimentate da motorini elettrici nascosti (il che non viene in alcun modo esplicitato, a fronte dell'ingannevole titolo *Visual Education Project...* un'ulteriore prova del fatto che i video in rete vanno sempre presi con le molle)
- può essere istruttivo mostrare ai ragazzi la prima «macchina» del video, riprodotta qui sotto, e farli riflettere sul perché il fenomeno sia impossibile



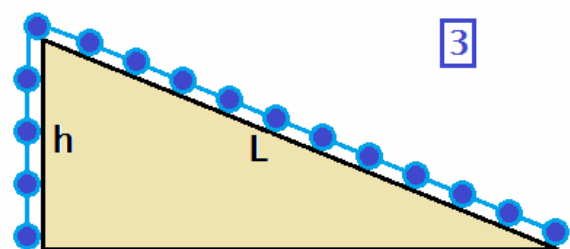
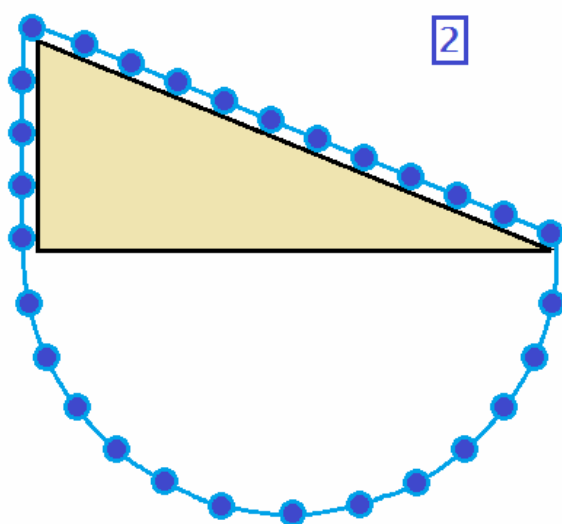
- l'apparecchio è basato su un disegno di Robert Boyle, grande scienziato irlandese del Seicento; il video mostra che, versando nel bicchiere il liquido, questo risale a destra nel tubicino, fino a ricadere nel bicchiere da cui proveniva; il flusso del liquido poi continua all'infinito – possibile?
- no, non è possibile, e i ragazzi possono convincersene in almeno due modi diversi; in primo luogo, pensino al principio dei vasi comunicanti: nel tubicino il liquido può risalire soltanto fino al livello che ha nel bicchiere; se risalisse più in alto, la pressione a destra diverrebbe maggiore che a sinistra, perciò in basso nel tubicino ci sarebbe un flusso *verso sinistra*
- in secondo luogo, immaginiamo che davvero l'apparecchio funzioni come mostrato ingannevolmente nel video; allora si potrebbe mettere un apparecchio identico un po' più in alto, con il bicchiere appena sotto l'uscita del tubicino; in questo secondo apparecchio il tubicino porterebbe il liquido *più in alto*; così, ripetendo N volte la procedura appena descritta, si potrebbe portare il liquido a qualsiasi altezza; in altre parole, il liquido salirebbe spontaneamente di quota, senza che nessuno debba spingerlo!
- dunque la macchina, se funzionasse, sarebbe del primo tipo: si potrebbe produrre energia sfruttando la caduta dell'acqua (che poi risale «gratis»); e come i ragazzi potranno intuire, questo – purtroppo – è impossibile
- in realtà, nell'apparecchio è nascosta (nel supporto di legno appena sotto il bicchiere) una pompa che fa circolare il liquido: il video è truccato!

CAPITOLO A7 – La catena di Stevino [20 minuti]

- la convinzione che il moto perpetuo sia impossibile si è affermata fin dall'antichità, sulla base di innumerevoli osservazioni
- proprio sull'applicazione logica di tale convinzione si fonda l'elegante dimostrazione di un'importante legge della statica: la si deve a Simon Stevin (1548–1620), ingegnere e matematico fiammingo contemporaneo di Galileo
- Stevino si poneva la questione riassunta dalla figura 1: quanto deve valere il peso P per mantenere in equilibrio il peso R , che appoggia senza attriti sul piano inclinato di altezza h e lunghezza L ?



- be', certamente P dev'essere minore di R : infatti se il piano fosse verticale, cioè parallelo all'altezza, servirebbe un P uguale a R ; mentre se il piano fosse orizzontale, P non servirebbe, ossia basterebbe $P=0$, poiché R sarebbe già in equilibrio
- ma per un dato R , quanto vale P esattamente? se si prova a determinare il valore di P , si scoprirà che il problema è tutt'altro che banale; Stevino però scoprì una soluzione semplicissima, riassunta nelle due figure che seguono:



$$P / R = h / L$$

- Stevino disse: immaginiamo di «appendere» una catena al piano inclinato, come nella figura **2**; la catena sarà in equilibrio, oppure no?
- se la catena *non* fosse in equilibrio, allora dovrebbe muoversi, ruotando in senso orario o antiorario; ma appena ruota un poco, la catena sarà di nuovo identica a quella della figura **2**; perciò dovrà ruotare ancora, e così via: la catena, insomma, si metterebbe in moto e non si fermerebbe più!
- *siccome però il moto perpetuo è impossibile*, ragionò Stevino, questo non può accadere: la catena, dunque, *deve essere* in equilibrio
- ora si noti che la parte semicircolare della catena, in basso, è perfettamente simmetrica, dunque il suo peso non può avere alcun effetto sull'equilibrio; perciò devono equilibrarsi i due «segmenti» di catena, come nella figura **3**
- ma il peso di un segmento di catena è proporzionale alla lunghezza del segmento stesso, quindi ecco il risultato finale: un P appeso lungo l'altezza del piano inclinato equilibra un R appoggiato sul piano quando i due pesi stanno tra loro nel rapporto h/L ; in formula: $P = (h/L)R$

CAPITOLO A11 – La conservazione dell'energia [20 minuti]

- la *Cascata* del video di YouTube, se fosse vera, violerebbe il principio di conservazione dell'energia perché sarebbe una macchina a moto perpetuo del primo tipo; l'acqua infatti circola spontaneamente senza mai fermarsi, e nel farlo sale di quota; così, ricadendo può mettere in movimento la ruota, trasferendole energia cinetica; e dalla rotazione si potrebbe estrarre lavoro utile, come nei vecchi mulini: la *Cascata* produrrebbe energia dal nulla!
- in fisica si dice che una quantità «si conserva» se rimane rigorosamente costante al passare del tempo; la legge di conservazione dell'energia vale per i sistemi fisici *isolati*, che cioè non scambiano energia con l'esterno
- all'inizio degli studi sulla cinematica, si pensava che a conservarsi fosse l'energia cinetica; si credeva cioè che nei moti, al passare del tempo, rimanesse costante il prodotto mv^2
- nel Seicento si capì che, se ci sono cambiamenti di quota, a conservarsi è la somma dell'energia cinetica e dell'energia potenziale gravitazionale; un'altalena, per esempio, nel punto più basso dell'oscillazione ha soltanto energia cinetica, che si trasforma in energia potenziale durante le risalite

- nell'Ottocento si comprese che anche il calore è una forma di energia, e la legge di conservazione diventò il *primo principio della termodinamica*: a conservarsi è la somma dell'energia cinetica, potenziale e termica; l'altalena per esempio a ogni oscillazione risale a un'altezza minore, perché parte dell'energia meccanica, a causa degli attriti, è dissipata come calore
- in seguito si scoprì che il primo principio deve tenere conto anche di altre forme dell'energia potenziale: quella elettrica (per esempio l'energia immagazzinata nei legami chimici, che sfruttiamo quando mangiamo e quando bruciamo i combustibili) e quella magnetica
- infine, all'inizio del Novecento, Albert Einstein mostrò che anche la massa è una forma molto concentrata di energia, e se ne deve tenere conto per generalizzare la legge di conservazione; nelle reazioni chimiche esotermiche, per esempio, scompare un poco di massa, anche se in quantità così piccola da non essere misurabile; la riduzione della massa invece è misurabile quando a liberare energia sono le reazioni nucleari
- il principio di conservazione dell'energia è una *legge della natura*, cioè un dato empirico, il risultato di innumerevoli osservazioni convergenti: nei fenomeni naturali, e anche in quelli prodotti dall'uomo, l'energia cambia continuamente forma, ma nel complesso – se si sommano, cioè, tutti i tipi di energia in gioco – rimane costante al passare del tempo
- la legge di conservazione dell'energia dunque non è un dogma: di fronte a evidenze che dovessero contraddirla, i fisici sono pronti a modificarla (com'è avvenuto con Einstein)
- è tipico degli «inventori» di macchine a moto perpetuo sostenere, per l'appunto, che il loro lavoro falsifica la legge di conservazione dell'energia; in realtà, invece, proprio il regolare fallimento di ogni tentativo di costruire quelle macchine convince ancor più gli scienziati della bontà della legge
- oltre alle osservazioni empiriche, comunque, esiste una ragione teorica che rende ancora più plausibile la conservazione dell'energia: nel 1915 infatti la matematica tedesca Emmy Noether ha dimostrato che quella legge deve *necessariamente* valere, se si suppone che le leggi della natura siano *invarianti nel tempo* (cioè valgano allo stesso modo adesso, tra un'ora, l'altrove o dopodomani); e perché mai non dovrebbero esserlo?