



Il Luna Park della Scienza consiglia questi esperimenti per le Scuole Medie Superiori

Un concetto fondamentale: L'inerzia

L'inerzia è la tendenza di un corpo a restare nel suo stato di moto. Se è fermo ci vuole restare, se è in moto tende a rimanerci.

Ma da cosa dipende l'inerzia?

Vediamolo in una tipica esperienza di tutti i giorni.

Azione e Reazione:

In uno dei vostri tanti viaggi in Africa vi sarà certamente capitato di imbattervi in un grosso elefante Indiano che tranquillo e beato si pappa le foglioline più succulente dall'Albero del Pane. La prima cosa veramente difficile da spiegare è come facciano a convivere sulla stessa pianta pani e foglioline. Siamo abituati al "pane ed acqua, zuppa e pan bagnato, pasta e fagioli" etc... "ma al pane e foglioline proprio no!

La seconda cosa di gran lunga meno difficoltosa è mostrare come il principio di azione e reazione in realtà non ci prende in giro. Infatti il principio sostiene che ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria. Ma allora come mai ogni volta che spingete l'elefante con forza venite respinti in dietro, mentre l'elefante continua imperterrito a papparsi le foglioline? Forse l'elefante non conosce la fisica? NO!

In realtà la vostra massa e quindi la vostra inerzia è molto minore di quella dell'elefante. Di conseguenza l'intensità della reazione dell'elefante, pari alla intensità della vostra azione, si esercita su un corpo (il vostro) di massa molto inferiore.

Abbiamo allora scoperto che l'inerzia dipende dalla MASSA!

Provare per credere!

Esperimento:

Viste le barriere architettoniche che ancora affliggono molte scuole italiane, non vi sarà molto facile trasportare un elefante in classe. Spostiamoci allora in un ambiente ugualmente di larga frequentazione, dove di solito gli elefanti si trovano soltanto sotto forma di fettine al banco dei salumi. Il supermercato.

Materiali per l'esperimento:

Due carrelli della spesa, voi, ed un vostro compagno abbastanza più pesante di voi. Non è necessario un compagno dell'ordine di grandezza dell'elefante per la perfetta riuscita dell'esperimento.

Dinamica esperimento:

Ognuno di voi si posizioni all'interno del proprio carrello, disponete i carrelli uno di fronte all'altro e imprimatevi una non troppo esagerata spinta reciproca.

Risultato:

Se sei il compagno più leggero, osserverai che rispetto a quello più pesante, il tuo carrello si è allontanato dal punto in cui è avvenuta la spinta reciproca (interazione), molto di più di quanto si sia allontanato il carrello del tuo compagno.

E se portassimo l'elefante nello spazio?

Differenza tra Massa e Peso: prima di tutto senza scomodare l'elefante indiano, procuriamocene uno direttamente nello spazio. Supponiamo inoltre di trovarci in una zona dello spazio molto lontano da pianeti, stelle, o altre masse in generale. Provate ora ad imprimere anche una leggera spinta all'elefante.

Risultato:

Sia voi che l'elefante inizierete ad allontanarvi, anche se con velocità diversa. Infatti tanto più piccola sarà la vostra massa e tanto più grande sarà la vostra velocità. Ancora una volta ci troviamo di fronte al principio di azione e reazione. Si noti che in tutto il discorso non si è fatto uso del concetto di peso. Sulla Terra l'elefante praticamente non farebbe un centimetro sotto l'azione della vostra spinta. Infatti sulla Terra l'elefante pesa! Il suo peso è la forza con cui la Terra stessa lo attira al suolo ed è causa dell'attrito fra suolo e le "zampone dell'elefante". L'attrito costituisce la forza frenante. Tale attrito oltre che dal tipo di materiali a contatto, è tanto più grande quanto maggiore è il peso dell'oggetto strisciante.

E il peso che fine fa nello spazio? Se non ci sono masse sufficientemente grandi e vicine ad attirare un elefante solitario, il suo peso è praticamente nullo. Resta però inalterata la sua tendenza a rimanere nel suo stato di moto quando qualcuno o qualcosa tenda a modificarlo. In un luogo come questo diviene impossibile pesare l'elefante, mentre basta spingerlo per misurarne la massa. È infatti sufficiente misurare la sua variazione di velocità nel tempo (accelerazione), e calcolare il rapporto tra la forza applicata e l'accelerazione impressa. Tale rapporto costituisce la massa inerziale dell'elefante.

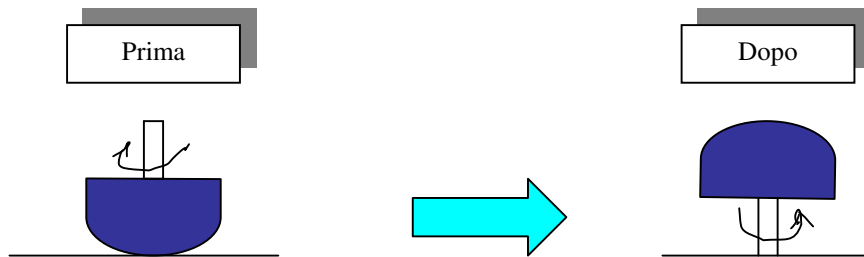
$$F/a = m$$

I corpi che ruotano

Momento angolare: come pensate che una trottola in rotazione possa mantenersi così facilmente in equilibrio attorno al suo asse di rotazione per lungo tempo, senza cadere?

La grandezza fisica caratteristica di tutti i corpi in rotazione è il momento angolare. Nel caso molto semplice di una pallina legata ad un filo che ruota attorno ad un asse, il suo momento angolare è dato dal prodotto della sua massa per la sua velocità per la distanza della massa dall'asse di rotazione. Il momento angolare, di solito indicato con L , costituisce sostanzialmente l'inerzia del corpo rotante attorno all'asse di rotazione. Tale inerzia si manifesta come resistenza del corpo in rotazione, all'azione di chiunque tenti di modificare l'asse di rotazione stesso. Si nota infatti che su una bicicletta è molto più facile restare in equilibrio quando si pedala, perché il momento angolare si manifesta l'ungo l'asse di rotazione delle ruote, e di conseguenza l'inerzia "rotazionale" mantiene l'asse della ruota tendenzialmente parallelo al terreno. Ecco allora che per lo stesso motivo

anche la trottola si mantiene in equilibrio attorno al suo asse sino a che l'attrito con il terreno (e l'aria) rallentandone la velocità non ne provochi la caduta. Esiste però in natura un caso molto curioso di trottola. La cosiddetta "antitrottola". Il suo comportamento è a dir poco paradossale ed ha costituito oggetto di pubblicazioni scientifiche. Ecco come funziona:



Se si fa ruotare la trottola per pochi secondi resterà nella posizione iniziale. Essa infatti si porterà presto nella posizione finale che in qualche modo sovrverte il comune senso di quanto ci si aspetta. Il baricentro della trottola si solleva contraddicendo apparentemente il principio di conservazione dell'energia. Per simulare una antitrottola, in mancanza d'altro si può utilizzare un uovo sodo. Facendolo girare velocemente, esso tende ad alzarsi. Avete una qualche spiegazione per questo fenomeno?

Soluzione:

Una delle spiegazioni più accreditate per il fenomeno deriva dall'attrito. Quando si esercita una azione su un giroscopio (la trottola è un giroscopio), questo reagisce sempre con una reazione che è perpendicolare all'azione. Il verso di questa reazione, a parità di azione, dipende anche dal senso di rotazione del giroscopio. Ogni volta che l'asse della trottola si inclina un poco, la trottola stessa scivola portando una parte di bordo emisferico a contatto con il terreno. L'attrito prodotto dal terreno produce allora una azione (forza che produce un momento rotante) tangenziale sul bordo emisferico. La reazione (il momento reagente) della trottola sarà allora perpendicolare a tale azione, e diretta verso il basso (piano di riferimento). Il risultato è il ribaltamento della trottola.

Pressione

La pressione di un liquido dipende dall'altezza:

Le due bottiglie: osservate attentamente le due bottiglie piene di liquido e individuate quale delle due situazioni é reale?



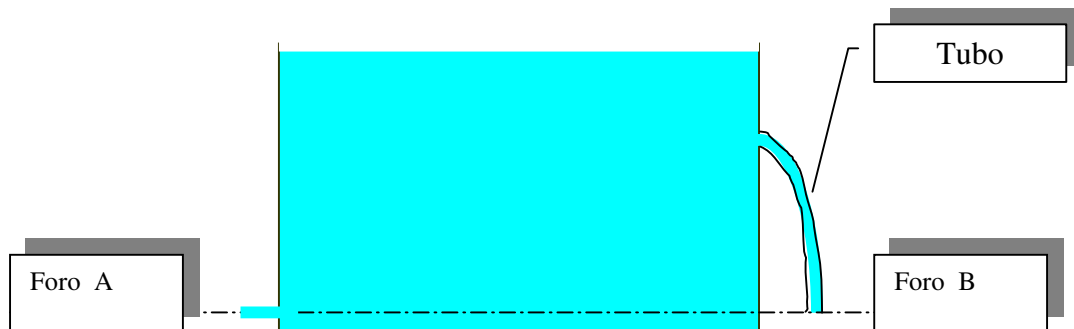
Soluzione:

La situazione reale è quella con le parabole incrociate. Infatti la pressione dipende dall'altezza della colonna d'acqua, più il foro è praticato vicino al fondo della bottiglia e più la quantità di liquido sovrastante il foro è maggiore. L'acqua vicino al foro più basso è allora schiacciata da una gran quantità d'acqua e la sua pressione è tale da determinare una parabola più "ampia".

Ancora qualcosa sulla pressione

Prendiamo una bacinella di liquido come in figura. Il foro nella bacinella ed il foro nel tubo si trovano entrambi alla stessa altezza.

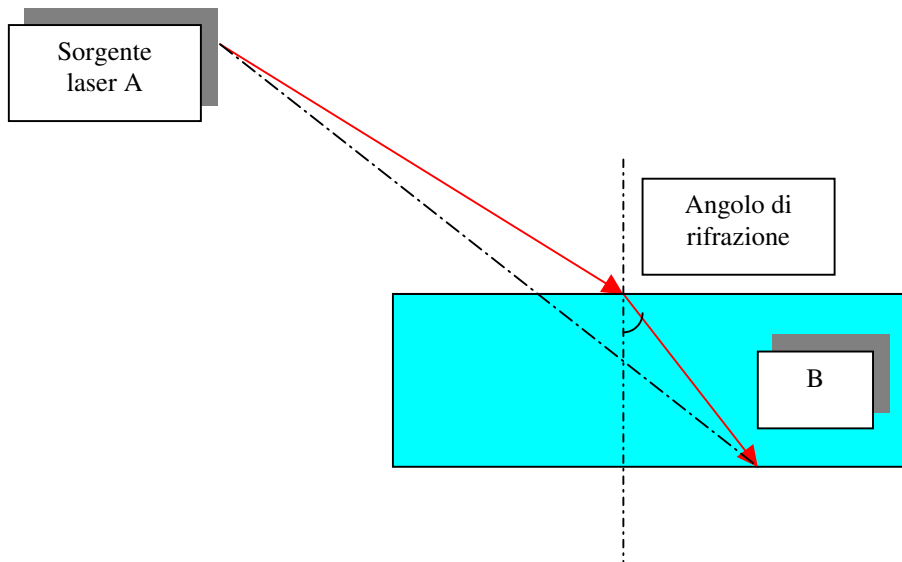
A che velocità fuoriesce il liquido dai due fori di uguale diametro? Uguale o diversa?



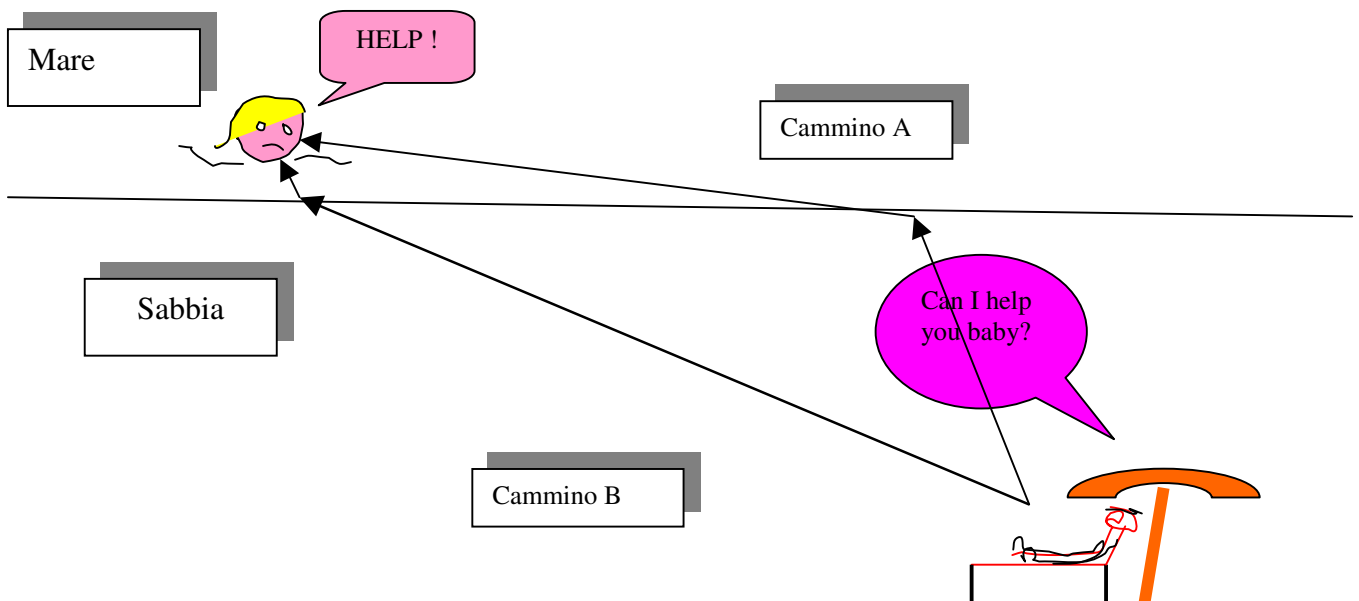
Risposta: come già accennato la pressione dipende solo dall'altezza della colonna di liquido, ed essendo i due fori alla stessa altezza il liquido uscirà alla stessa velocità. Se non siete convinti praticate i due fori sullo stesso lato della bacinella, e pensate di unirli come se fosse un tubo continuo. Potete immaginare un boccale di birra pieno sino all'orlo, e al posto del manico un tubo di vetro vuoto tale da permettere il passaggio della birra. Se le velocità di scorrimento della birra fossero diverse nelle due congiunzioni del manico, avreste scoperto il moto perpetuo! Infatti, per esempio la birra comincerebbe a circolare vorticosamente dal manico al bicchiere rendendo così sicuramente difficoltosa la bevuta!

La luce si fa furba

Un raggio laser molto sottile è emesso dalla sorgente A, il raggio attraversa l'aria ma dopo aver incontrato la superficie di separazione tra aria e acqua, si sposta dalla retta AB, andando a finire in C. Il fenomeno descritto è noto come rifrazione, esso dipende dai due mezzi (materiali) a contatto. Esiste la nota espressione matematica che determina l'angolo di rifrazione del raggio rifratto, la legge di Snell. Senza scomodare le formule proviamo comunque a spiegare il fenomeno.



Scusate ma non sarebbe meno “faticoso” per la luce andare da A a B lungo la linea retta come d’altronde accadrebbe se il laser si propagasse solo nell’aria? Proviamo allora ad immaginare una situazione di pericolo dove una persona in mare stia per annegare. Voi vi trovate sulla spiaggia ad una certa distanza dal malcapitato.



Per salvare la donzella preferireste fare il cammino A o B ? È chiaro che sulla sabbia si è molto più veloci dunque meglio fare molta strada sulla sabbia e poca in acqua, questo ridurrebbe certamente il tempo di percorrenza tra voi e la donzella.

La luce fa la stessa cosa, preferisce fare più strada dove è più veloce (nell’aria nel caso del laser) e meno strada dove è meno veloce (acqua). Questo principio di ottimizzazione del tempo (piuttosto che della lunghezza) di percorrenza della luce va sotto il nome di “Principio di Fermat” da colui che lo introdusse per primo. La legge di Shnell risulta facilmente ricavabile da tale principio.

Addirittura la Relatività!

L'orologio in movimento e il viaggio nel futuro

Supponiamo che un astronauta ci passi vicino molto velocemente. Ebbene il suo orologio "conterà" il tempo in modo diverso dal nostro, questo stabiliva uno dei primi teoremi della relatività ristretta di Einstein. Era già noto ai tempi dell'eminente scienziato che la velocità della luce nel vuoto si aggirasse vicino ai 300000 Km/s, cioè 30 cm in un nanosecondo (un miliardesimo di secondo). Poiché è risaputo che i SETTE NANI di Biancaneve uno sopra l'altro misurano 2.10 m., allora la luce impiegherebbe proprio 7 miliardesimi di secondo per percorrerli tutti!

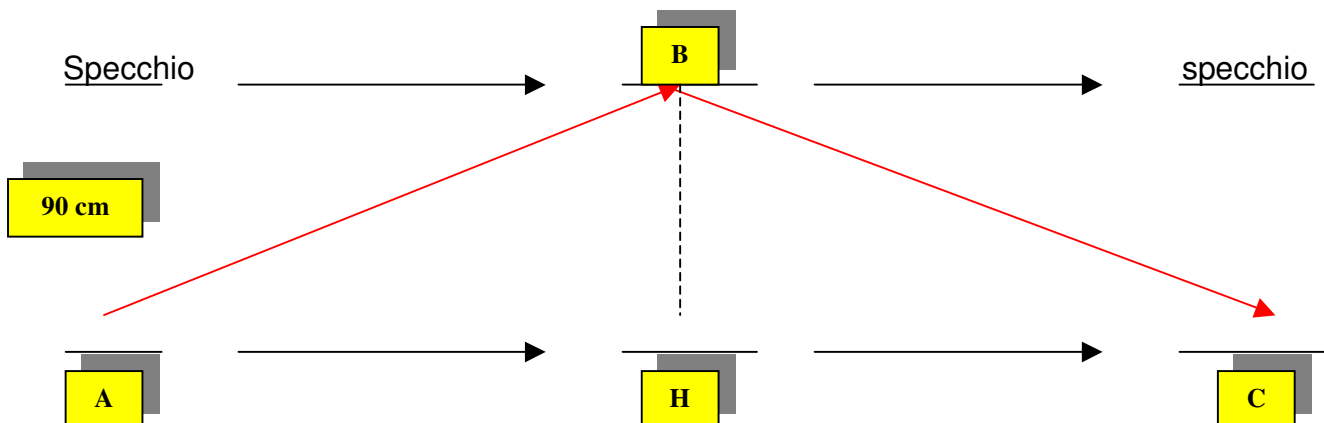
Un esperimento mentale

Inventiamo un orologio a luce di cui saremo forniti sia noi che l'astronauta sulla navicella spaziale.



Attenzione, un TIC-TAC l'orologio lo fa in: **6 ns**

Noi sulla Terra useremo un tale specchio come orologio, questo conterà un secondo quando la luce avrà compiuto circa 16666666.7 tragitti di andata-ritorno. Supponiamo ora che l'astronave ci passi d'avanti ad una velocità costante pari 80% di quella della luce. Dunque essa percorre 24 cm /ns (80% di 30 cm) . Ecco allora come l'orologio dell'astronave conterà il tempo per noi fermi a terra.



Quando l'orologio ci passa di fronte, il raggio che parte da A lo vedremo percorrere la linea obliqua AB. Gli specchi, infatti, essendo solidali all'astronave trasleranno con essa alla velocità di $0.8C$ (C denota la velocità della luce). Per conoscere il tempo trascorso tra un TIC-TAC di tale orologio dovremmo conoscere lo spazio percorso AB. Per calcolarlo il buon Pitagora ci da una mano.

$AB = C \times t$ t sono i secondi necessari a percorrere AB (ricorda il postulato iniziale su C!)
 $BH = 90 \text{ cm}$ solita lunghezza dello specchio
 $AH = 0.8 \times C \times t$ con $C = 3 \times 10^{10} \text{ cm / s}$

$$(Ct)^2 = (90)^2 + (0.8 \times C \times t)^2$$

Risolvendo in t si ottiene: $t = 5 \text{ ns}$

Da cui $AB = 5 \times 3 = 150 \text{ cm}$
 $AH = 0.8 \times 3 \times 5 = 120 \text{ cm}$

EUREKA ! Per noi osservatori terrestri un TIC-TAC dell'orologio in moto avviene ogni :

$$(150 \times 2 \text{ cm}) : (30 \text{ cm/ns}) = 10 \text{ ns}$$

L'orologio dell'astronauta ci appare più lento di 4 ns ogni TIC-TAC

Un aspetto curioso della faccenda

L'astronauta continua a vedere il suo orologio nello stesso modo come noi vediamo il nostro, cioè il laser che va su e giù sempre lungo percorsi paralleli. Questo è conseguenza naturale di un secondo principio fondamentale della Relatività ristretta.

Gli effetti delle leggi della fisica devono apparire identici a tutti gli osservatori in moto rettilineo uniforme (velocità costante, lungo una direzione costante e senza curve)

Allora l'astronauta potrebbe decidere di confrontare il suo battito cardiaco (TIC-TAC del suo cuore) con il periodo dell'orologio. Troverebbe, a meno di aritmie cardiache, un rapporto costante. Dunque quando l'astronauta ci passa di fronte troveremmo anche il suo

cuore battere più lentamente del nostro, nella stessa proporzione precedentemente osservata per gli orologi. Allora quando noi avessimo dieci anni in più, l'astronauta ne avrebbe solo sei in più! L'astronauta sarebbe più giovane di noi di quattro anni. Gli orologi biologici devono anch'essi sottostare al principio di relatività, altrimenti l'astronauta avrebbe a disposizione un metodo per stabilire l'esistenza del suo moto violando così il postulato stesso.

Il viaggio nel futuro

Se l'astronauta viaggiasse alla velocità pari 99.995 % di quella della luce, con un pochino di conti si osserverebbe che MILLE anni per noi sulla Terra corrisponderebbero a soli DIECI anni per l'astronauta . Se l'astronauta ha iniziato il suo viaggio a sette anni "ora" ne avrebbe diciassette. È dunque meglio che rimanga in viaggio ancora un pochino prima che qualcuno si accorga che non ha ancora la patente!

Dunque è possibile per l'astronauta il viaggio nel futuro, visto che tornando troverebbe una terra molto "invecchiata" anche se per lui gli anni trascorsi sono davvero pochi.

Quindi, attenzione, quando si parla di viaggio nel futuro, si intende il futuro altrui! (e non il proprio!)

ATTENZIONE, allora la mia fidanzata mi vuole bene?

Spesso si sente dire in giro <<Se potessi vedere come andrà a finire con la mia fidanzata ... sarei molto più tranquillo! >>

Infatti i "furboni" in cerca di tranquillità , potrebbero affittare una astronave " veloce" e farsi un bel viaggio da qualche parte per poi tornare sulla Terra per scoprire come se la passerebbero con la loro fidanzata. Attenzione se siete andati troppo avanti nel tempo vi ritrovereste al posto di una fidanzata una nonnina sclerotica. Scoprireste inoltre che la ex fidanzatina non vi ha (giustamente!) atteso nel tempo come vi attendeva di solito ogni volta che uscivate per farvi la partitina a carte con gli amici giù al Bar. Infatti la nonnina è diventata nel tempo madre di otto figli tutti belli e contenti alla faccia vostra.

Per poter in qualche modo interferire nel futuro tra voi e la vostra fidanzatina (se proprio ci tenete) dovrete tornare indietro nel passato e dedicare più attenzioni alla vostra fidanzatina! Questa è però un'altra storia che prima o poi vi racconteremo.

Per approfondimenti e informazioni sulle attività del Luna Park della Scienza visita:
www.lunaparkdellascienza.it

Italia in Miniatura
Il Parco Tematico

www.italiainminiatura.com

47900 Viserba di Rimini (Rn), Via Popilia, 239 tel. 0541 736 777, fax 0541 732 203