

L'angelo di zio Albert Primi passi nella Fisica

EVIVA LA TORRE DI PISA

Di Sergio Musazzi *

* Ricercatore e divulgatore scientifico

Albert Einstein considerava «sacra» quella curiosità infantile tipica dei bambini, ma anche dei grandi scienziati, e che è spesso mortificata da approcci ludici o fantasiosi se non addirittura aridamente formalistici.

L'autore, in questa rubrica, raccoglie la sfida di coniugare la semplicità e il rigore concettuale e linguistico.

«Zio Albert» conduce i suoi piccoli lettori a scoprire il motivo per cui la celebre costruzione inclinata non rischia di cadere.

Un caro saluto ai miei piccoli lettori. Recentemente mi sono ricordato di una canzoncina che la mia mamma mi cantava quando ero piccolo (e quindi tanti anni fa!).

Il suo ritornello faceva più o meno così: "Ewiva la torre di Pisa che pende, che pende, e mai non vien giù".

Ho deciso, perciò, di spiegarvi perché questo importante monumento, uno dei simboli del nostro Paese più conosciuti e ammirati in tutto il mondo, non rischia (almeno per il momento) di cadere.

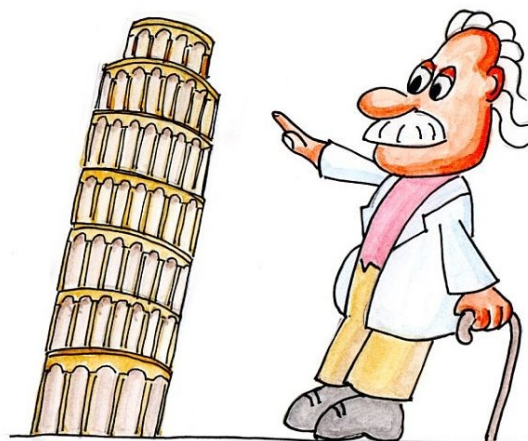
La torre di Pisa, com'è noto, è il campanile della cattedrale di Santa Maria Assunta e rappresenta il monumento più famoso della celeberrima piazza del Duomo della città toscana per via della caratteristica pendenza.

La sua edificazione ebbe inizio il 9 agosto 1173, ma i lavori dovettero essere sospesi pochi anni più tardi – quando si era arrivati a circa metà della costruzione del terzo piano – a causa del cedimento del terreno sottostante (di natura argillosa) e al conseguente inizio del processo di inclinazione della torre.

I lavori ripresero nel 1275 aggiungendo all'edificio precedente altri tre piani che, nel tentativo di raddrizzare la torre, furono realizzati con una pendenza opposta a quella esistente. Il risultato di questo intervento fu una modifica del profilo dell'intera costruzione che da allora, oltre che pendente, appare anche incurvata.

Il campanile fu poi completato, verso la metà del secolo successivo, con l'aggiunta della cella campanaria, all'interno della quale sono alloggiate sette campane di diverse dimensioni. Nel corso degli anni, tuttavia, la pendenza della torre continuò ad accentuarsi, anche se vi furono lunghi periodi di stabilità.

Durante l'Ottocento, nel tentativo di arrestare questo processo vennero aspirate, per mezzo di pompe, grandi quantità di acqua presenti nel sottosuolo. Ma questo intervento, anziché migliorare la situazione, provocò un abbassamento del suolo e quindi un ulteriore aumento dello strapiombo.



Negli anni successivi la situazione andò via via peggiorando, tanto che, verso la fine del ventesimo secolo, il pericolo di un eventuale crollo si era fatto concreto. Nel 1990, perciò, si iniziò una nuova fase di consolidamento della torre (durata fino al 2001) che consentì di ridurre la pendenza della costruzione, riportandola a quella che presumibilmente aveva duecento anni prima.

Durante questi ultimi lavori si è anche ulteriormente consolidata la base del monumento, garantendo in questo modo la sua stabilità per almeno altri tre secoli (questo, almeno, è quanto affermano gli esperti). Fin qui la travagliata storia della torre più famosa del nostro Paese.

La domanda che a questo punto sorge spontanea è: ma quanto ci si deve preoccupare nel caso la sua pendenza dovesse accentuarsi ulteriormente?

O, detto in termini meno vaghi, qual è il criterio per stabilire l'inclinazione massima oltre la quale la caduta della torre diventerebbe inevitabile?

L'equilibrio dei corpi appoggiati

Per rispondere a questa domanda dobbiamo, ancora una volta, affidarci alle leggi della fisica; in particolare a quelle che hanno a che fare con l'equilibrio degli oggetti appoggiati su una superficie.

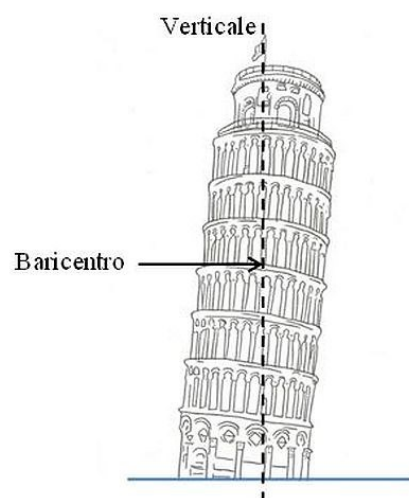
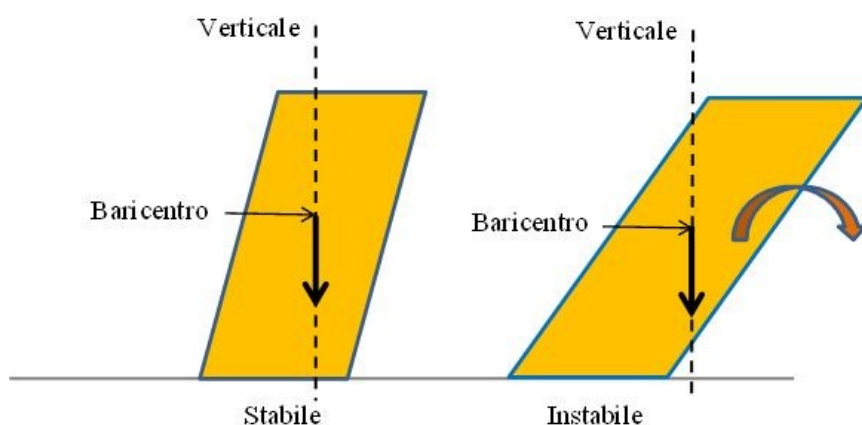
Si tratta delle leggi che ci danno i criteri per stabilire se un oggetto appoggiato rimarrà così come lo abbiamo messo oppure modificherà la propria posizione portandosi in una più stabile.

La nostra torre, infatti, rientra a tutti gli effetti in questo genere di problematiche, trattandosi di una struttura cilindrica alta ben 56 metri con un peso non indifferente (circa 14.453 tonnellate) inclinata di 3,9 gradi rispetto alla verticale e appoggiata al suolo su una base di (soli) 15 metri di diametro (trascuriamo per semplicità il piccolo vantaggio, in termini di stabilità, offerto dal fatto che una piccola porzione del basamento è interrata).

Ebbene, per casi come questo, la fisica ha una ricetta molto semplice. Ci dice, infatti, che un corpo appoggiato a una superficie rimane in equilibrio (cioè mantiene stabilmente la sua posizione iniziale) se la linea verticale che passa per il suo baricentro cade all'interno della base d'appoggio (come mostrato nella figura sottostante).

In caso contrario il corpo è costretto a modificare la propria posizione fino a trovarne una più stabile. Detto in altre parole, ruota attorno al punto di appoggio e... casca al suolo, riportando così la verticale passante dal baricentro all'interno della superficie di appoggio!

Ricordiamo, a questo proposito, che il baricentro è quel particolare punto di un corpo che si comporta come se tutto il peso del corpo fosse concentrato proprio lì (ne abbiamo già parlato nell'angolo di Zio Albert del n° 64 - Marzo 2017 di Emmeciquadro).



Nel caso della torre di Pisa, il suo baricentro si trova al centro della costruzione circa a metà della sua altezza e, come mostrato nella figura a fianco, la verticale che passa per questo punto, cade ampiamente all'interno della base d'appoggio (per la precisione a meno di due metri dal suo centro e quindi a circa cinque metri e mezzo dal bordo della base).

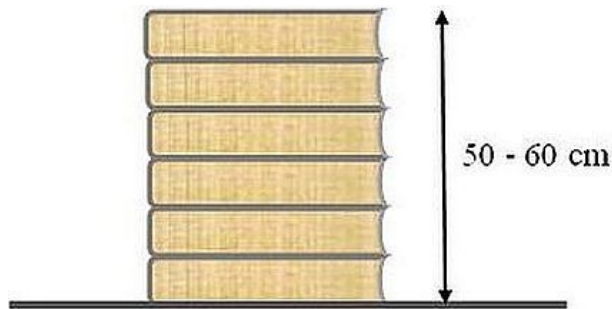
Per il momento, perciò, possiamo dormire sonni tranquilli, la nostra torre è ben lontana dal correre il rischio di cadere.

Esperimento

Per verificare che quello che vi ho raccontato è corretto vi propongo un semplice esperimento. Vi servono solo alcuni libri (possibilmente tutti delle stesse dimensioni) e un righello o un'asticella.

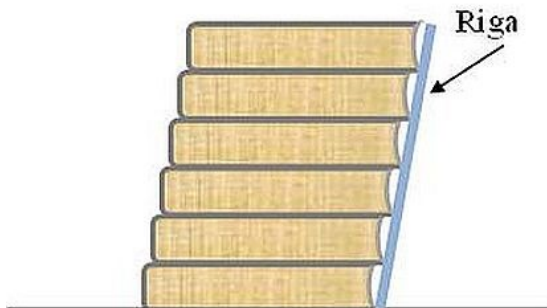
Primo passo

Su una superficie piana realizzate una torre impilando i libri uno sull'altro fino a raggiungere un'altezza di 50-60 centimetri.



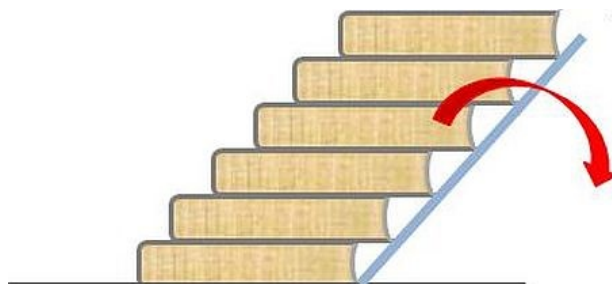
Secondo passo

Inclinate di un piccolo angolo la torre di libri mantenendo i libri allineati con l'aiuto della riga millimetrata. Avete realizzato in questo modo una «torre pendente» fatta di libri.



Terzo passo

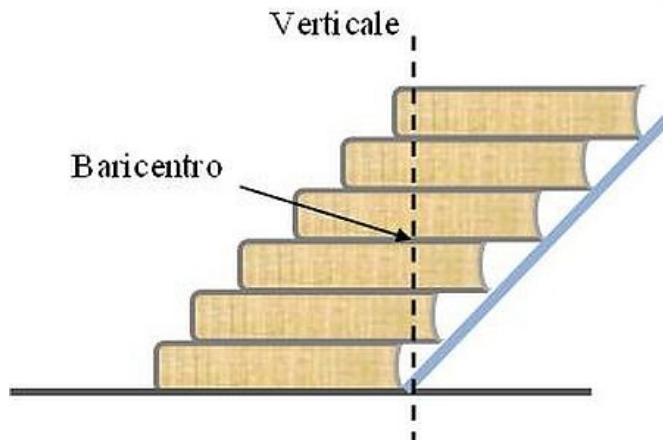
Sempre aiutandovi con la riga aumentate gradualmente la pendenza della torre di libri finché, raggiunta una certa inclinazione limite, la torre crolla.



Spiegazione

Anche la torre di libri non si sottrae alle leggi della fisica e crolla quando la verticale passante per il suo baricentro cade al di fuori della superficie di appoggio (quella occupata dal libro che sta alla base del mucchio).

La spiegazione intuitiva di questo comportamento (valida anche per la torre vera) è che, oltrepassata una certa inclinazione, il peso della porzione di libri (o di torre) che sporge oltre la base d'appoggio supera quello della porzione di libri (o di torre) che invece sta all'interno, causando lo sbilanciamento responsabile del crollo.



La principale differenza di questo esperimento rispetto al caso reale è che i libri sono appoggiati uno sull'altro e non costituiscono un corpo unico come la vera torre. Pertanto, a crollare non sarà l'intera struttura ma solo i libri posti in cima al mucchio.

Sergio Musazzi

(Ricercatore e divulgatore scientifico)