

# ESPERIMENTI SEMPLICI PER CAPIRE UNA TERRA COMPLESSA

## 1 LA PRESSIONE ATMOSFERICA E LA CADUTA DEI CORPI



**Testo: Susana A. Alaniz-Alvarez, Angel F. Nieto-Samaniego**

**Illustrazione: Luis D. Moran**

Traduzione a cura di:

Verónica Nájera Martínez, Maria Luisa Pedraglio

# Esperimenti semplici per capire una Terra complessa

## 1. La pressione atmosferica e la caduta dei corpi

Testo: Susana A. Alaniz-Alvarez, Angel F. Nieto-Samaniego  
Illustrazione: Luis D. Moran

Traduzione a cura di:  
Verónica Nájera Martínez, Maria Luisa Pedraglio

---

## Universidad Nacional Autónoma de México

### **Enrique Luis Graue Wiechers**

Rettore

### **Leonardo Lomelí Vanegas**

Segretario Generale

### **Alberto Ken Oyama Nakagawa**

Segretario amministrativo

### **Jorge Volpi**

Coordinatore de Diffusione Culturale

### **William Henry Lee Alardín**

Coordinatore delle Ricerche Scientifiche

### **Gerardo Carrasco Núñez**

Direttore del Centro per le Geoscienze

### **Joaquín Díez Canedo**

Direttore Generale di pubblicazioni e promozione editoriale

### **Susana A. Alaniz Alvarez**

### **Angel F. Nieto Samaniego**

### **Manuel Lozano Leyva**

Serie Coordinatori

### **Aurora Asprón**

Formazione

---

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria, Coyoacan, 04510, Mexico

Centro de Geociencias  
Universidad Nacional Autónoma de México  
No. 3001, Boulevard Juriquilla, Querétaro  
C.P. 76230, Méxiqne  
ISBN (Opera Completa): 978-607-02-9178-4  
ISBN: 978-607-02-9179-1

*Stampato in Messico*

Questo libro non può essere riprodotto in tutto o in parte, con qualsiasi mezzo, elettronico o altro, senza l'autorizzazione scritta degli editori.

# INDICE

## Introduzione

<b>1. La bottiglia è vuota?</b> .....	<b>7</b>
Leggi di Charles e Gay-Lussac	
<b>2. Il bicchiere è capovolto e...l'acqua non esce</b> .....	<b>9</b>
Pressione atmosferica	
<b>3. La candela che fa salire l'acqua</b> .....	<b>11</b>
Pressione contro volume	
<b>4. Come bucare un palloncino... senza farlo scoppiare...?</b> .....	<b>13</b>
Legge di Boyle	
<b>5. Come affondare un contagocce vuoto?</b> .....	<b>15</b>
Principi di Pascal e Archimede	
<b>6. Mandali a volare!</b> .....	<b>17</b>
Resistenza dell'aria	
<b>7. Si scende!!!</b> .....	<b>19</b>
Sperimenta la caduta dei corpi come ha fatto Galileo Galilei	
<b>8. Cosa cade per prima?</b> .....	<b>21</b>
Legge della gravitazione	
<b>9. Sullo scivolo</b> .....	<b>23</b>
Sperimenta con il piano inclinato come ha fatto Galileo Galilei	
<b>Allegato</b> .....	<b>25</b>
<b>Ringraziamento</b> .....	<b>26</b>
<b>Sugli autori</b> .....	<b>26</b>

## **Prefazione alla seconda edizione**

Dal 2009 diversi professori e studenti dell'UNAM hanno proposto laboratori di scienza a insegnanti di istruzione basica ispirati ai libri della serie "Esperimenti semplici per capire una Terra complessa". Dall'esperienza maturata come insegnanti, ci siamo resi conto che era necessario includere in questo libro l'esperimento del piano inclinato di Galileo Galilei. Pensiamo possa essere affascinante scoprire come è nato il concetto scientifico, in questo caso quello della gravità. Galileo ha fatto diversi esperimenti per scoprire che la velocità dei corpi nella loro caduta non dipende dal loro peso e che avviene una accelerazione durante la caduta. Ciò è particolarmente difficile da percepire sulla Terra a causa della presenza dell'atmosfera. Per questo motivo, in questo libro, prima si propone di realizzare, con materiali che formano parte della vita quotidiana, cinque esperimenti associati all'aria e in seguito quattro degli esperimenti concepiti da Galileo Galilei sulla caduta dei corpi

### **Introduzione**

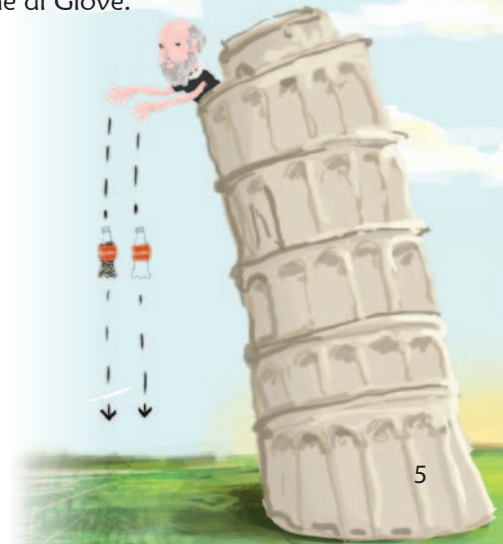
Il posto che l'homo sapiens occupa nella storia e nello spazio della Terra potrebbe considerarsi molto, ma molto piccolo, se consideriamo che la presenza umana risale solo agli ultimi 200.000 anni dei più di 4.500 milioni di anni di esistenza della Terra. Inoltre l'uomo raggiunge solo un'altezza minore di 2 metri sopra la superficie esterna di un pianeta di più di 6.380 km di raggio interno e uno strato esterno di atmosfera di quasi 120 km. Nonostante ciò, gli esseri umani si sono impegnati a conoscere in dettaglio il pianeta Terra, calcolando o stimando il valore delle sue caratteristiche fisiche: massa, volume, densità, temperatura, pressione, ecc., tutti elementi al di fuori dei limiti della percezione umana. Ci si può chiedere come mai questa creatura insignificante è arrivata a conoscere così tanto del suo pianeta e a che cosa si deve la sua insistenza a sviscerare le leggi che lo governano. Una tra le possibili risposte può essere: la curiosità di alcuni personaggi che hanno avuto il coraggio di immaginare al di là dei loro orizzonti. Uno di loro è stato senza dubbio Galileo Galilei.

## Galileo Galilei (1564-1642)

Gran parte dello sviluppo della Fisica si deve a Galileo Galilei, considerato il padre della scienza sperimentale. Questo professore di Matematica nacque a Pisa (Italia), figlio primogenito di un virtuoso musicista di liuto. Galileo non si limitò a domandarsi come funziona il movimento della Terra, ma anche quello dell'intero sistema solare. La sua fama si deve alla frase "eppur si muove", che sarebbe stata pronunciata davanti al giudice dell'Inquisizione. Indipendentemente dal fatto che l'abbia detta o no, quello che è certo è che ha scoperto l'esistenza del moto di un pendolo osservando le oscillazioni di una lampada della cattedrale di Pisa, durante una Messa, e misurando il tempo con le sue pulsazioni del sangue. Nel XVII secolo non esisteva un sistema di misura del tempo come quello che abbiamo oggi, ma trovò il modo di cronometrare i suoi esperimenti: prima con le sue pulsazioni, poi con il pendolo; misurò anche il tempo con la quantità di volume d'acqua che cadeva in una provetta graduata, e utilizzò una melodia da lui interpretata con il liuto per segnare sulla partitura fino a dove era arrivato.

Trovò anche il modo di scrutare il cielo, disegnando un telescopio a 8 ingredienti con cui scoprì i crateri della Luna, le macchie solari, l'anello di Saturno e le lune di Giove. Inoltre si rese conto che Copernico aveva ragione e che la Terra gira intorno al Sole, ma a differenza di Copernico, Galileo lo pubblicò. Questo gli provocò molti problemi con la chiesa cattolica e parecchi dispiaceri in una vita che fu peraltro piena di soddisfazioni e successo

La genialità di Galileo si esprime, tra l'altro, nel misurare lo spazio e il tempo, e ciò gli permise di stabilire le formule matematiche per descrivere il moto dei corpi, a partire dall'osservazione della caduta di oggetti dalla Torre di Pisa fino alla scoperta del moto di rivoluzione di Giove.







Sperimenta con... la presenza dell'aria

# 1. LA BOTTIGLIA È VUOTA?

Ti sei reso conto che l'aria è presente anche se non la vediamo, e che la respiri attraverso il naso e la bocca?

## MATERIALI

- 1 bottiglia di plastica
- 1 palloncino
- 2 bacinelle
- Acqua calda
- Acqua fredda (con cubetti di ghiaccio)



## SVOLGIMENTO



1. Chiudi il collo della bottiglia con il palloncino.
2. Versa in una delle bacinelle dell'acqua calda e nell'altra dell'acqua fredda.
3. Metti la bottiglia dentro la bacinella con l'acqua calda e poi passala in quella che contiene l'acqua fredda.

Osservati!



## CHE COSA È SUCCESSO?

In una delle due situazioni il palloncino si gonfia; nell'altra il palloncino si sgonfia.

• Varianti:

\*Metti la bottiglia chiusa con il palloncino dentro il congelatore.

\* Prova con una bottiglia di bevanda gassata

L'esperimento può fallire se c'è una fuga d'aria tra il palloncino e la bottiglia, e anche se la differenza di temperatura non è sufficiente per cambiare in maniera considerevole il volume dell'aria dentro la bottiglia.



## SPIEGALO

L'aria è un gas, e come tale, si espande con l'aumento della temperatura e occupa più spazio. Con il freddo, invece, si comprime e occupa meno spazio. Nota che è la stessa quantità d'aria.

## APPLICALO NELLA VITA QUOTIDIANA

Le mongolfiere volano perché l'aria calda si espande fino a pesare meno dell'aria che la circonda.

I sommozzatori respirano sott'acqua grazie all'aria compressa che si trova dentro la bombola d'ossigeno: molta aria in poco spazio.



Legge di Charles e Gay-Lussac:  
“Il volume di un gas è direttamente  
proporzionale alla sua temperatura se  
la pressione si mantiene costante”

## VUOI SAPERNE DI PIÙ?

I gas possono cambiare il loro volume a causa di un cambiamento di temperatura o di pressione. A maggior temperatura e minor pressione, occupano maggior volume.

## OSSERVALO IN NATURA

L'atmosfera è l'involucro aeriforme che circonda il pianeta ed è composta principalmente da una miscelanza di vari gas che chiamiamo aria.

La temperatura dell'aria diminuisce con l'altitudine con un gradiente termico di  $6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ogni 1000 metri; se consideriamo che la temperatura media a livello del mare è di  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , raggiungeremo la temperatura di congelamento dell'acqua verso i 3000 metri sul livello del mare.

L'atmosfera è composta da circa il 78% di azoto, 21% di ossigeno, e 1% di altri gas. A queste componenti si deve aggiungere il vapore acqueo, che può variare tra 0% e 5% del totale. Man mano che aumenta il contenuto di vapore acqueo, quello degli altri gas diminuisce in maniera proporzionale.

Legge della dilatazione dei gas di Gay-Lussac: “La dilatazione dei gas è in funzione della temperatura ed è indipendente dalla natura degli stessi”

Sperimenta con... la capacità di carica dell'aria

## 2. IL BICCHIERE È CAPOVOLTO... E L'ACQUA NON ESCE

Hai osservato che il tuo bicchiere di latte si svuota quando lo rovesci? Che siamo nel fondo di un mare d'aria?

### MATERIALI

- 1.- Bicchiere con acqua
- 2.- Pezzo di carta

### SVOLGIMENTO

1. Chiudi il bicchiere contenente l'acqua con un pezzo di carta che sia più grande della sua apertura, fai in modo che il pezzo di carta a contatto con il bicchiere sia bagnato.
2. Metti una mano sopra il pezzo di carta e capovolgi il bicchiere; togli la mano che sostiene il pezzo di carta, ma continua a sostenere il bicchiere.



### Osserva!!

Fallo preferibilmente nel cortile nel caso che l'esperimento non funzioni.

### CHE COSA È SUCCESSO?

L'acqua non cade anche se il bicchiere è capovolto, anche se è pieno d'acqua o mezzo pieno.

#### • Varianti:

\*Introduci una cannuccia in un bicchiere d'acqua e chiudi con un dito la parte superiore. Estrai la cannuccia dell'acqua e vedrai che questa non cade fino a quando non ritiri il dito dalla parte superiore della cannuccia. Pressione atmosferica

### SPIEGALO

L'aria vicino alla superficie della Terra è sottoposta alla pressione di uno strato di parecchi chilometri di altezza che conosciamo come

Può fallire se l'aria entra nel bicchiere.

atmosfera. Quanto più vicino sei al livello del mare, maggiore è lo spessore di questo strato. Questo strato d'aria spinge in tutte le direzioni, anche verso l'alto, superando il peso dell'acqua; è per questo che l'aria chiusa dentro il bicchiere non può cadere.

## APPLICALO NELLA VITA QUOTIDIANA

Quando il bambino beve dal biberon, questo deve avere un'entrata d'aria affinché il latte possa fuoriuscire quando il bimbo lo succhia.

Le lattine che contengono liquido devono avere due fori affinché l'entrata dell'aria da uno di essi permetta l'uscita del liquido dall'altro.

Altezza (m)		Pressione (atmosfera)	Pressione (millibar)
0	Livello sul mare	1	1013
1000			89836
2000	Città del Messico	.78	794.8
3000	La Paz, Bolivia	.70	700.9
4000		.61	616.2
5000	Cima del Popocatepetl	.53	540
10000	Altitudine dei voli degli aerei transatlantici	.26	264.1
15000		.12	120.3

## VUOI SAPERNE DI PIÙ?

### Pressione atmosferica

L'atmosfera è composta da vari strati. L'aria, come tutti i materiali, ha un peso; pesa poco, ma pesa. Il peso della colonna d'aria che si trova sopra di

noi esercita una pressione in tutte le direzioni. Lo strato dell'atmosfera più vicina alla superficie della Terra si chiama troposfera, raggiunge 9 chilometri ai poli e 18 chilometri all'equatore. Si stima che il peso dell'aria sia di 0,001 chili\* per litro (1 litro ha un volume pari a 1 decimetro cubo). Lo puoi paragonare con il peso dell'acqua che è di 1 chilo per litro, con quello di una roccia media che pesa 2,3 chili e con quello del corpo umano, il cui peso medio è di 0,95 chili per quello stesso volume (molto vicino a quello dell'acqua). Il peso della colonna d'aria produrrà una pressione molto maggiore a livello del mare che in montagna.

\*N.B. Nel linguaggio quotidiano usiamo il peso in grammi o chilogrammi che sono le unità di misura usate dalla bilancia. Nel linguaggio tecnico il peso deve esprimersi in unità di forza (chilogrammo forza o grammo forza).

Sperimenta con... cambiamenti di volume dell'aria

### 3. LA CANDELA CHE FA SALIRE L'ACQUA

Ti sei reso conto? L'acqua in una bacinella (in un bicchiere inclinato, in un lago) è sempre orizzontale.

La combustione avviene in presenza dell'aria, più specificamente di ossigeno.

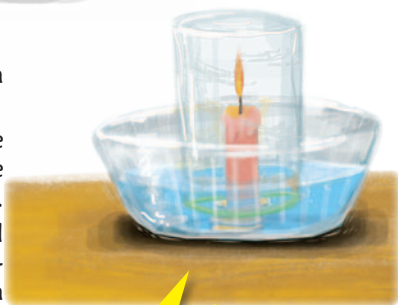
#### MATERIALI

1. Candela
2. Bicchiere trasparente
3. Piatto profondo con acqua
4. 3 monete



#### SVOLGIMENTO

1. Fai aderire la candela con la sua stessa cera al centro del piatto.
2. Versa l'acqua nel piatto, circa tre centimetri di altezza, e sistema le monete sulle quali metterai il bicchiere.
3. Accendi la candela e coprila con il bicchiere capovolto, appoggiandolo sulle monete in modo che l'acqua possa entrare dentro il bicchiere.



**Osserva!!!**



#### CHE COSA È SUCCESSO?

La candela si spegne pochi secondi dopo averla coperta con il bicchiere. Il livello dell'acqua sale dentro il bicchiere.

## SPIEGALO

La candela si spegne nel momento in cui l'ossigeno finisce. Durante la combustione l'ossigeno viene consumato, e si sprigiona carbonio dalla candela formando anidride carbonica. Quando esso si raffredda, l'aria con anidride carbonica verrà sottoposta a una pressione minore, ed è per questo che l'acqua va verso l'interno del bicchiere.

## USALO NELLA TUA VITA

Se isoli qualcosa che si sta bruciando puoi evitare che la combustione prosegua; per esempio, se copri una fiamma con una coperta di lana. Probabilmente qualche volta ti è capitato di osservare come alcuni guaritori mettono una candela sulla schiena del malato e la coprono con un bicchiere. La pelle è risucchiata al momento in cui la candela si spegne. Questo è un fenomeno fisico molto sorprendente.

## OSSERVALO NELLA NATURA:

### Venti, correnti marine

Ci sono diversi fattori che intervengono nel movimento di fluidi (per esempio l'aria e l'acqua). Tra questi fattori ci sono i cambiamenti nella temperatura e la pressione. I fluidi caldi tendono a salire e a spostare i fluidi freddi, i quali tendono a scendere.

L'aria si sposta dalle aree di maggiore pressione a quelle di minor pressione, dando origine ai venti e, nel caso dell'acqua, alle correnti marine.



**Sperimenta con... la pressione vincendo la resistenza dei materiali**

## **4. COME BUCARE UN PALLONCINO... SENZA CHE SCOPPI**

### **MATERIALI**

1 Spillo o stuzzicadenti con punta  
2 palloncini



### **SVOLGIMENTO**

Gonfia i palloncini. Pungi con uno spillo uno di essi nel mezzo. Dopo, pungi l'altro palloncino in uno dei due estremi. Osserva!!!



### **CHE COSA È SUCCESSO?**

Quando pungi il palloncino nel mezzo, questo scoppia.



Quando lo pungi a una estremità, a quanto pare, non succede niente. Se ti avvicini, vedrai che l'aria esce lentamente attraverso il foro che hai fatto con lo spillo.

Se il palloncino è stato gonfiato troppo, si romperà anche se lo fori alle estremità; se è poco gonfio, può darsi che non scoppi anche se lo fori nel mezzo.





## SPIEGALO

L'aria che introduci dentro il palloncino con la tua bocca fa sì che le sue pareti si estendano di più in alcune parti che in altre. L'aria che è dentro il palloncino spinge in tutte le direzioni: quanto più aria viene soffiata nel palloncino, quanto più questo sarà sottoposto ad una maggior pressione. Quando fori il palloncino nel mezzo, il materiale è tiratissimo, vicino al suo limite di rottura, mentre alle estremità il materiale è ancora troppo forte per rompersi.

## USALO NELLA TUA VITA

Il fenomeno per cui un materiale si estende e poi torna al suo stato originale senza cambiare di forma è conosciuto come deformazione elastica, come succede con un elastico. Le palle rimbalzano perché quando colpiscono il pavimento vengono deformate, quando tornano nella loro forma c'è una spinta in direzione contraria.

Quando c'è un terremoto, la superficie della Terra si deforma elasticamente. Il moto che percepisci è dovuto a un cambiamento di forma momentaneo dovuto al passaggio delle onde sismiche.



## OSSERVALO NELLA NATURA:

### La densità dell'aria

Nell'atmosfera, pressione, temperatura e densità sono inversamente proporzionali all'altitudine sopra il livello del mare. A maggior altitudine, minore è la pressione, minore la temperatura e minore la densità.

Nella crosta terrestre, pressione, temperatura e densità sono direttamente proporzionali alla profondità. A maggior profondità, temperatura, pressione e densità saranno maggiori.

Con questo esperimento si può vedere che, con la stessa quantità d'aria, i palloncini possono gonfiarsi più o meno dipendendo della resistenza del materiale. L'aria avrà una densità (massa/volume) maggiore dentro un palloncino che sia molto resistente. Dentro il palloncino la pressione dell'aria sarà uguale in tutte le direzioni e sarà a una temperatura costante.

### LEGGE DI BOYLE:

"A temperatura costante, i volumi occupati da un gas sono inversamente proporzionali alla pressione alla quale esso è sottoposto".



Sperimenta con...la trasmissione della pressione.

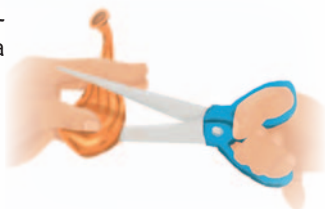
## 5. COME AFFONDARE UN CONTAGOCCE VUOTO

Ti sei mai chiesto perché le navi d'acciaio galleggiano nell'acqua? E ti sei reso conto che tu galleggi o affondi nell'acqua a seconda dall'aria che c'è nei tuoi polmoni?



### MATERIALI

- 1 barattolo trasparente
- 1 contagocce (o il tappo di plastica di una penna, o una cannucina trasparente con plastilina)
- 1 palloncino
- 1 paio di forbici



### SVOLGIMENTO

1. Riempi il barattolo d'acqua. Mettici dentro il contagocce e chiudi il barattolo con il palloncino in maniera che sia molto tirato e che si formi un tappo elastico (puoi tagliare la punta del palloncino perché abbia la stessa larghezza del collo del barattolo).
2. Premi il palloncino verso il basso e osserva come il contagocce comincia a riempirsi d'acqua. Se vuoi affondare di più il contagocce, introduci dell'acqua fino a riempirlo alla metà prima di introdurlo nel barattolo.
3. Al posto del contagocce puoi usare il tappo di una penna o la cannucina coprendo una delle sue punte con la plastilina.



### CHE COSA È SUCCESSO?

Quando spingi il palloncino verso il basso, l'aria che è dentro il barattolo spinge l'acqua dentro il contagocce.

Man mano che il contagocce si riempie d'acqua, peserà sempre di più di quando conteneva solamente l'aria e perciò sarà più inclinato. Quando l'acqua entra del tutto, il contagocce potrà affondare.

Se il contagocce è di plastica non affonderà, dato che la somma del peso plastica+acqua continua ad essere minore del peso dell'acqua che occupa lo stesso volume.

### SPIEGALO

Questo esperimento utilizza due principi, quello di Pascal secondo il quale “I fluidi trasmettono la pressione con la stessa intensità in tutte le direzioni”, e quello di Archimede per cui “Tutti i corpi sommersi in un fluido ricevono una spinta verticale e verso l’alto uguale al peso del fluido spostato”.

Quando spingi il tappo verso il basso, l’aria che è dentro al barattolo spinge l’acqua dentro il contagocce. Quando togli il palloncino, l’aria si espande e l’acqua esce dal contagocce.

Il contagocce galleggia perché contiene aria, la quale pesa quasi 1000 volte meno dell’acqua. Quanta più aria c’è nel contagocce, più questo sarà leggero. Le cose leggere galleggiano di più di quelle pesanti.



### USALO NELLA TUA VITA

Il freno idraulico delle macchine, il cric idraulico e la pressa idraulica sono eccellenti e notevoli applicazioni del Principio di Pascal.

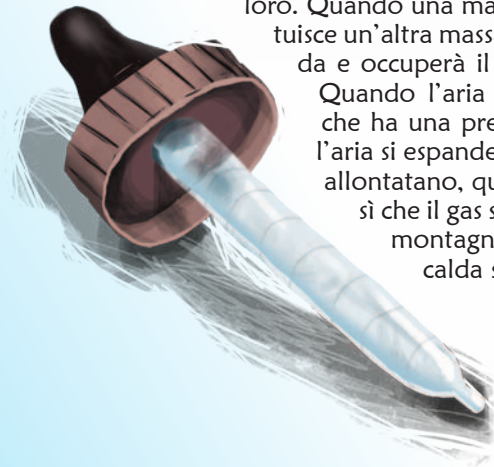
D’accordo con il Principio di Archimede, le navi galleggiano perché lo spazio che occupano dentro l’acqua contiene molta aria, nonostante siano di acciaio o di altri materiali pesanti.

I flaconi di ketchup, creme e shampoo sono contenitori di plastica sottile e flessibile perché, al momento di premerli, spingano fuori il contenuto.

### OSSERVALO NELLA NATURA

L’aria calda è incline a salire. Man mano che aumenta la temperatura dell’aria, le sue molecole si allontanano e c’è più spazio tra di loro. Quando una massa d’aria si solleva, questa sostituisce un’altra massa, la quale scenderà se è più fredda e occuperà il posto che ha lasciato la prima.

Quando l’aria sale si incontra con uno strato che ha una pressione minore. Di conseguenza, l’aria si espanderà. Quando le molecole d’aria si allontanano, queste consumano energia e ciò fa sì che il gas si raffreddi. È per questo che sulle montagne è più freddo nonostante l’aria calda salga costantemente.



Sperimenta con... la resistenza dell'aria

## 6. MANDALI A VOLARE!

Gli oggetti pesanti a volte cadono prima di quelli leggeri: perché soltanto a volte?

### MATERIALI

1 libro  
1 foglio di carta



### SVOLGIMENTO

1. Prendi due il libro e il foglio di carta e lasciali cadere allo stesso tempo.
2. Fai un secondo tentativo e metti il foglio sopra il libro.



### CHE COSA È SUCCESSO?

1,2: Osserverai che il libro cade molto più rapidamente del foglio,  
3, 4: ma quando il foglio è sul libro cadono contemporaneamente.  
Niente può fallire in un esperimento così semplice.



## SPIEGALO

Nella fase 2 il libro è piú pesante e vince la resistenza dell'aria mentre il foglio è sostenuto da questa. Nella fase 4 il libro apre la strada al foglio e in conseguenza cadono insieme.

## USALO NELLA TUA VITA

Sicuramente hai osservato che gli uccelli e gli aerei volano e che la polvere, i paracadutisti e le nuvole sono sospesi nell'aria. Possono volare e restare sospesi grazie al supporto che offre l'aria. Nonostante la dinamica del volo degli aerei sia molto complessa, è possibile simulare la spinta dell'aria nei confronti di un aereo mettendo la mano fuori dal finestrino di un'auto in corsa (con molta attenzione!) Potrai renderti conto che, se la tua mano prende la forma delle ali di un aereo e la inclini verso l'alto, il vento (aria in movimento) spingerà la tua mano verso l'alto.



## VUOI SAPERE DI PIU'?

### **La legge della gravitazione contro la resistenza dell'aria:**

Ci sono due fattori che influiscono nella caduta dei corpi. Uno di loro, il piú importante, è la gravità. L'altro è la resistenza dell'aria, la quale dipende da:

- \* La velocità di caduta (quanto piú rapido si muova un oggetto nell'aria maggiore sarà la resistenza).
- \* La forma dell'oggetto (quanto maggiore è la sua superficie, tanto piú grande sarà la resistenza dell'aria).
- \* La differenza di densità tra l'aria e l'oggetto (se questo è molto leggero resterà sospeso nell'aria).

Sperimenta come ha fatto Galileo Galilei

## 7. SI SCENDE!!!

Hai osservato che nella scena trasmessa dalla Luna dall'Apollo 15 si vede che l'astronauta lancia una penna e un martello e tutti e due cadono allo stesso tempo? Prova qui sulla Terra se due oggetti di diverso peso possono cadere alla stessa velocità.

### MATERIALI

2 bottiglie di plastica, sabbia, semi di fagioli o qualsiasi altro materiale che aumenti il peso della bottiglia.



### SVOLGIMENTO

1. Riempi una delle bottiglie con sabbia oppure con un altro tipo di materiale. L'altra lasciala vuota.
2. Lascia cadere le due bottiglie contemporaneamente dal secondo piano di un edificio.



Procura che la superficie che riceve la caduta delle bottiglie sia morbida (per esempio una scatola) affinché queste non si rompano e tu possa utilizzarle varie volte con diversi materiali di riempimento.



## CHE COSA È SUCCESSO?

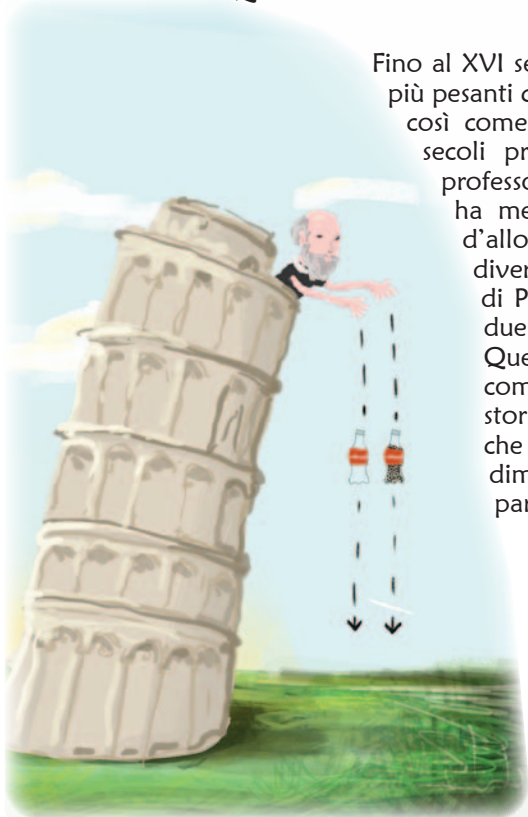
Le due bottiglie atterrano allo stesso tempo, nonostante il loro peso sia diverso.

Può fallire se una delle due bottiglie è troppo leggera oppure se la sua forma è troppo allargata; in questo caso la resistenza dell'aria può diminuire la velocità della sua caduta.



## QUESTO ESPERIMENTO NELLA STORIA

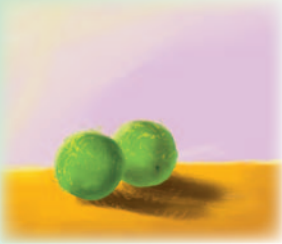
Fino al XVI secolo si pensava che gli oggetti più pesanti cadessero prima di quelli leggeri così come lo aveva detto Aristotele 19 secoli prima. Galileo Galilei, essendo professore presso l'Università di Pisa, ha messo in dubbio le convinzioni d'allora. Ha gettato due oggetti di diverso peso dalla Torre Pendente di Pisa e ha dimostrato che tutti e due cadevano allo stesso tempo. Questo esperimento è stato scelto come il secondo più bello della storia da un gruppo di fisici, dato che un esercizio così semplice ha dimostrato che la natura ha l'ultima parola in materia di scienza.



## Sperimenta con... la legge della gravitazione

# 8. COSA CADE PER PRIMA?

Ti sei reso conto che sembra che ci sia una forza d'attrazione occulta all'interno della Terra che fa sì che tutto sia aderente al pavimento? Per quanto alto tu possa saltare, tornerai sempre a terra. Questa forza si conosce come forza di gravità.



### MATERIALI

2 biglie, limoni o palle della stessa misura di un limone.

Entrambi gli oggetti devono essere della stessa misura e dello stesso peso.

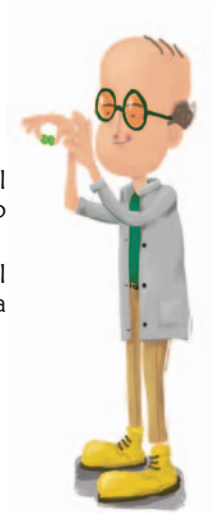
### SVOLGIMENTO

1. Prendi i due oggetti sferici con una mano tra l'indice e il pollice. Fai attenzione che la tua mano sia rivolta verso il basso.
2. Con l'altra mano colpisci fortemente uno di essi; il colpo deve essere orizzontale in modo da farlo cadere a una certa distanza da te.

### CHE COSA È SUCCESSO?

Nel momento in cui separi le due sfere, una di loro cade sul pavimento verticalmente e l'altra davanti a te. Tutte e due cadranno allo stesso tempo nonostante che una di loro percorra una distanza maggiore.

L'esperimento fallirà se una delle due palline non percorre inizialmente un tratto orizzontale immediatamente dopo il colpo.





## SPIEGALO

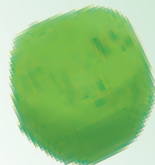
Ci sono due forze che controllano il tempo di caduta dei due corpi:

quella della gravità e quella della resistenza dell'aria. Se i due oggetti che usi sono uguali e la resistenza è superflua, solamente la forza di gravità influisce nel tempo che impiegano per arrivare al pavimento, nonostante uno di loro viaggi per un attimo seguendo una traiettoria orizzontalmente.



## USALO NELLA TUA VITA

La gravità è una forza molto importante nella tua vita quotidiana; siamo aderenti al pavimento grazie ad essa. La linea verticale è quella perpendicolare alla superficie della Terra in qualsiasi posto in cui ti trovi. Per questo non importa se sei nell'emisfero nord o sud, ai poli o all'equatore, il cielo sarà sempre sopra di te quando sei in piedi.



### La legge della gravità

La gravità è la forza d'attrazione che sperimentano tutti gli oggetti. La forza d'attrazione tra due oggetti di massa  $M_1$  e  $M_2$  è direttamente proporzionale al prodotto delle masse di ognuno, e inversamente proporzionale al quadrato della distanza ( $R$ ) che li separa.

## VUOI SAPERE DI PIÙ

La forza di gravità, che noi chiamiamo "peso", è presente nella nostra esperienza quotidiana dato che è quella che ci mantiene aderenti alla Terra. Osserva che la massa del pianeta è molto più grande di quella di qualsiasi altro oggetto intorno a noi e che la distanza verso il centro della Terra di qualsiasi oggetto terrestre è essenzialmente costante. Questo perché la gravità è maggiore sulla superficie della Terra e diminuisce all'allontanarsi dal pianeta perché aumenta la distanza tra le due masse coinvolte. Tuttavia, diminuisce anche quando ci si addentra nell'interno della Terra. Questo perché ogni metro o chilometro che ci avviciniamo al centro della Terra una porzione del pianeta rimane al di "sopra" di noi, perciò è minore la massa che rimane al di "sotto" di noi.

Nel centro della Terra c'è una enorme pressione dovuta al peso di tutto il pianeta, ma la gravità non esiste così come la sperimentiamo nello spazio esteriore.

## Sperimenta con... il piano inclinato

# 9. SULLO SCIVOLO

Ti sei reso conto? Quando scendi dallo scivolo, quanto più è inclinato, più rapidamente arriverai a terra.



### MATERIALI

- 2 tubi PVC di
- 2 metri di lunghezza
- 5 biglie
- 2 pennarelli
- 1 tavolo
- 2 libri dello stesso spessore o cubi di legno o mattoni



### SVOLGIMENTO

1. Metti i due libri (o mattoni) sotto le gambe di uno degli estremi del tavolo per inclinarlo.
2. Metti i due tubi uniti con lo scotch sul tavolo.
3. Fai un segno su uno dei tubi ogni 30 centimetri.
4. Metti una biglia nella parte più alta dei tubi e lasciala scendere, verifica che arrivi fino al pavimento.
5. Misura il tempo (a partire da quando la biglia si mette in moto e in ogni segno di 30 centimetri) con il cronometro e scrivilo in una

tabella simile a quella della pagina successiva. Ripeti la procedura varie volte.

### CHE COSA È SUCCESSO?

Man mano che la biglia scende verso il basso, il tempo che essa impiega per arrivare ad ogni segno è minore, cioè, la biglia si muove progressivamente più rapidamente mentre scende dalla superficie inclinata. Questo cambiamento di velocità è conosciuto come accelerazione.



## Tabella:

	TEMPO 1	TEMPO 2	TEMPO 3	TEMPO 4	TEMPO 5	Differenza di tempo tra le distanze sequenziali
30 cm						
60 cm						
90 cm						
120 cm						
150 cm						
180 cm						
210 cm						

## QUESTO ESPERIMENTO NELLA STORIA

Quando Galileo cercava di capire come si comportavano i corpi nella loro caduta, si rese conto che cadevano troppo rapidamente (un oggetto impiegava più o meno un secondo per cadere da 10 metri) per poter misurare il tempo. Per questo ha deciso di svolgere un esperimento nel quale un oggetto scende lungo un piano inclinato. In tal modo, Galileo si rese conto che meno il piano era inclinato più tempo occorreva all'oggetto per arrivare alla destinazione finale. Quindi, utilizzando superfici con poca inclinazione diventava possibile misurare il tempo di caduta con più precisione.

Con un esperimento simile a quello che proponiamo in questo libro, Galileo ha scoperto che la velocità di caduta degli oggetti varia con il tempo e che l'accelerazione non ha a che vedere con il peso dell'oggetto che cade (vedi l'esperimento "si scende!"). Dato che lui era molto intelligente, è riuscito a tradurre il risultato di questo esperimento nel linguaggio matematico: la distanza che percorre un corpo che cade è proporzionale al tempo trascorso elevato al quadrato.

Grazie a Newton, oggi conosciamo che il valore dell'accelerazione nella caduta libera sulla Terra, in assenza d'aria, è indicativamente di  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Questo valore è noto come "accelerazione di gravità".

Ciò si può constatare osservando che, nella caduta libera, distanze uguali si percorrono ogni volta in meno tempo oppure, che nello stesso tempo si percorre una distanza maggiore.



## ALLEGATO

**Questa spiegazione è soltanto per persone adulte o per i bambini più grandi:**

Per finire questo libro, verificheremo teoricamente che la caduta dei corpi è indipendente dal loro peso. Utilizzeremo tre concetti: l'accelerazione di gravità, la legge della gravitazione universale e la seconda legge di Newton.

A) Galileo ha dimostrato che la distanza che percorre un oggetto nella sua caduta è proporzionale al quadrato del tempo: per esempio, percorrerà quattro volte più distanza nel doppio di tempo. Questa accelerazione durante la caduta si deve alla gravità.

B) Settanta anni dopo l'esperimento di Galileo (caduta dei corpi dalla Torre di Pisa), Newton ha proposto le leggi della gravitazione universale. Ha stabilito che la forza d'attrazione tra due corpi è rappresentata dalla formula

$$F = GM_1M_2/R^2 \quad (1)$$

Essendo  $G$  la costante di gravitazione universale (ed è la stessa per tutti i corpi),  $F$  la forza d'attrazione della Terra di massa  $M_1$  verso un individuo di massa  $M_2$  ed  $R$  è la distanza tra il centro di gravità dei due corpi. Cioè,  $R$  è la distanza tra il centro della Terra e la zona interna della pancia dell'individuo, all'altezza dell'ombelico approssimativamente.

C) D'altra parte, Newton ha formulato la sua seconda legge del moto in cui stabilisce che l'accelerazione di un oggetto è direttamente proporzionale alla forza risultante che agisce su di esso ed è inversamente proporzionale alla sua massa, cioè:

$$a = F / M_2 \dots \text{ oppure } \dots F = M_2 a \dots (2)$$

Quando la velocità iniziale di un corpo è zero, possiamo ottenere la velocità finale moltiplicando l'accelerazione per il tempo:

$$v = at \dots (3)$$

Se consideriamo che  $F$  è la stessa forza d'attrazione della Terra su un individuo, allora nella formula (2)  $a$  è l'accelerazione di gravità e in (3)  $v$  è la velocità di caduta. Dunque  $F$ , nelle formule (1) e (2), è la stessa e possiamo scrivere:

$$GM_1M_2/R^2 = M_2a \dots (4)$$

Nella formula (4) vengono eliminate le  $M_2$  e se sostituiamo (3) e separiamo la velocità, possiamo dimostrare che nell'equazione che determina la velocità di caduta ( $v$ ) non interviene la massa dell'individuo:

$$v = at = tGM_1/R^2$$

## **RINGRAZIAMENTI**

L'idea di fare un opuscolo di esperimenti scientifici è nata dopo aver letto il libro di Manuel Lozano "Da Archimede a Einstein", in cui l'autore propone di fare a casa i dieci esperimenti più belli della storia. Noi abbiamo voluto predisporre, partendo da questa idea, una serie di opuscoli.

Gli esperimenti presentati in questo opuscolo sono stati riuniti per spiegare l'importanza degli esperimenti "La caduta dei corpi" e "Il piano inclinato", di Galileo Galilei, per far comprendere il concetto di gravità, sottolineando tutti i principi fisici che hanno un rapporto con esso e come avvengono in Natura.

Vogliamo ringraziare Yuria ed Emilia Cruz per i loro contributi all'idea originale di fare questo libro e Paola Lopez per le sue proposte e le illustrazioni. I dottori Susana Orozco, Gerardo Carmona e Rosalia Fuentes hanno controllato che quello che si dice qui potesse riprodursi e fosse corretto. La correzione delle bozze è stata fatta da Teresa Orozco, e Aurora Aspron ha preparato la versione per la stampa. La versione italiana è stata controllata da Michelangelo Martini.

## **Sugli autori**

### **Susana A. Alaniz Alvarez**

Ricercatrice di Ruolo "C" del Centro di Geoscienze dell'Università Nazionale Autonoma del Messico (UNAM). Ha ottenuto il dottorato in Scienze della Terra nel 1996. Appartiene all'Accademia Messicana delle Scienze ed è accademica di numero dell'Accademia di Ingegneria. Ha scritto più di 45 articoli scientifici sulla deformazione della crosta terrestre e il suo rapporto con il vulcanismo, così come altri libri di diffusione. Appartiene al Sistema Nazionale dei Ricercatori. È insegnante dei corsi post laurea in Scienze della Terra della UNAM e caporedattore della Rivista Messicana di Scienze Geologiche. Nel 2004 ha ricevuto il premio Juan Ramirez de Asbaje, assegnato dalla UNAM.

### **Angel F. Nieto Samaniego**

È dottore in Geofisica presso la UNAM, professore di corsi post laurea e membro dell'Accademia Messicana delle Scienze e del Sistema Nazionale dei Ricercatori. È stato preside della Società Geologica Messicana, editore del volume commemorativo del centenario della medesima e appartiene a comitati editoriali di diverse riviste nazionali ed estere. Ha pubblicato 67 articoli sulla teoria della formazione delle faglie e sulla deformazione cenozoica in Messico. Oggigiorno è ricercatore del Centro di Geoscienze della UNAM a Juriquilla, Queretaro.

Questo opuscolo è parte dei progetti: PE400216 e PE104916 (DGAPA-UNAM) e CONACYT SEP\_SEB 264549 come proposta didattica per la scienza transdisciplinare, l'insegnamento e la lingua (italiano).





Predisposto per il Escuela Nacional Preparatoria UNAM



La serie di “Esperimenti semplici per capire una Terra complessa” è basata sull'elenco degli esperimenti più belli della storia, pubblicata dalla rivista *Physic World* a settembre del 2002. Sono stati scelti per la sua semplicità, eleganza e per la trasformazione che hanno provocato nel pensiero scientifico della loro epoca.

Ogni opuscolo di questa serie è dedicato a uno di questi esperimenti. Il nostro obiettivo è cercare di farti capire, attraverso l'esperimentazione, fenomeni che succedono sia nella nostra vita quotidiana sia nel nostro pianeta.

Questo opuscolo è dedicato all'esperimento “La caduta dei corpi nel vuoto” di Galileo Galilei.

La serie completa la puoi scaricare sul sito web:  
<http://www.geociencias.unam.mx>