

# INDICE

## IL MONDO È UN LIBRO APERTO

- 2 Il mondo è un libro aperto
- 4 Provando e riprovando
- 6 Possiamo sbagliare!
- 8 Una parola, tanti significati

## PRIMA GIORNATA

- 10 **I CIMENTO** Dove stanno e che cosa fanno le forze?
- 12 **II CIMENTO** Gli elastici ci svelano qualcosa sulla forza
- 14 **III CIMENTO** Costruire una bilancia con gli elastici

## SECONDA GIORNATA

- 16 **IV CIMENTO** Perché le cose si muovono?
- 19 **V CIMENTO** Concentriamoci sulla forza di gravità
- 22 **VI CIMENTO** Quando un oggetto cade va sempre alla stessa velocità?
- 25 **Rifletto** Il metodo scientifico

## TERZA GIORNATA

- 26 **VII CIMENTO** Il pendolo
- 30 **VIII CIMENTO** La misura del tempo
- 32 **Rifletto** Un piccolo racconto della mia infanzia
- 33 **Rifletto** Sulle spalle dei giganti

## QUARTA GIORNATA

- 34 **IX CIMENTO** Il piano inclinato
- 40 **Rifletto**

## QUINTA GIORNATA

- 41 **X CIMENTO** L'attrito e il mistero della controforza
- 46 **Rifletto** La forza di attrito

## SESTA GIORNATA

- 47 **XI CIMENTO** Scontri tra corpi e scambi di forze

## SETTIMA GIORNATA

- 52 **XII CIMENTO** Scambi di forze e corpi elastici

## OTTAVA GIORNATA

- 56 Il grande Archimede e la forza dell'acqua
- 57 **XIII CIMENTO** Le cose che galleggiano e le cose che non galleggiano

## NONA GIORNATA

- 62 **XIV CIMENTO** Si possono rendere le cose pesanti più leggere?
- 67 **Rifletto** Dal ferramenta con Galileo!

- 68 **XV CIMENTO** Le carrucole
- 71 **Rifletto** Da Archimede a Newton

## DECIMA GIORNATA

- 72 **XVI CIMENTO** Perché la Luna non cade sulla Terra?

## UNDICESIMA GIORNATA

- 76 Quando accade che le cose sono in equilibrio?
- 78 **XVII CIMENTO** Giochi di equilibrio
- 87 **Rifletto** Osservando la natura

## DODICESIMA GIORNATA

- 88 **XVIII CIMENTO** Le cose dell'aria

## TREDICESIMA GIORNATA

- 96 **XIX CIMENTO** Usare l'aria per mettere in moto le cose
- 106 **XX CIMENTO** Piccola parentesi sulla forza elettrica e magnetica
- 110 **Rifletto** Il padre dell'elettromagnetismo

## AGENDA 2030

- 112 Ricercare insieme, scoprire insieme
- 114 Infinite connessioni

## PROVA E RIPROVA...

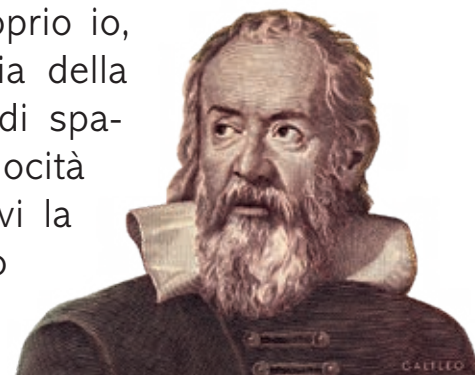
- 116 Piccola rubrica di suggerimenti



IL MONDO È UN LIBRO APERTO



Salve sono Albert Einstein, sì proprio io, quello che ha scoperto la teoria della relatività, una teoria che parla di spazio, tempo, forze gravitazionali, velocità della luce. Non sono qui per spiegarvi la mia famosa teoria, ci vorrebbe un libro molto più grande di quello che avete in mano, e sarebbe pienissimo di formule matematiche. No: io sono qui per fare insieme a voi degli **esperimenti** che hanno a che fare con le scoperte di un altro scienziato vissuto circa 400 anni fa, ma che per me è un vero maestro, anche se non l'ho mai conosciuto di persona: si tratta di **Galileo Galilei**. Noi scienziati pensiamo che la fisica sia iniziata con lui e con **Isaac Newton**.



Un globo terrestre e uno strumento per lo studio degli astri del tempo di Galileo.

Proverò a dirvi, in poche parole, che cos'è la **fisica**. La fisica è quella parte della scienza che osserva, studia e cerca di capire come funziona l'Universo. La fisica vuole rispondere a domande di questo tipo: come fa la luce a spostarsi da un posto all'altro? Perché i pianeti girano intorno al Sole? Da che cosa ha avuto origine l'Universo? Che cosa succede quando due corpi si scontrano?

Gli oggetti studiati dalla fisica possono essere grandissimi o piccolissimi: pianeti, atomi, fenomeni naturali...



In primo piano Europa, satellite di Giove. Giove è visibile sullo sfondo.

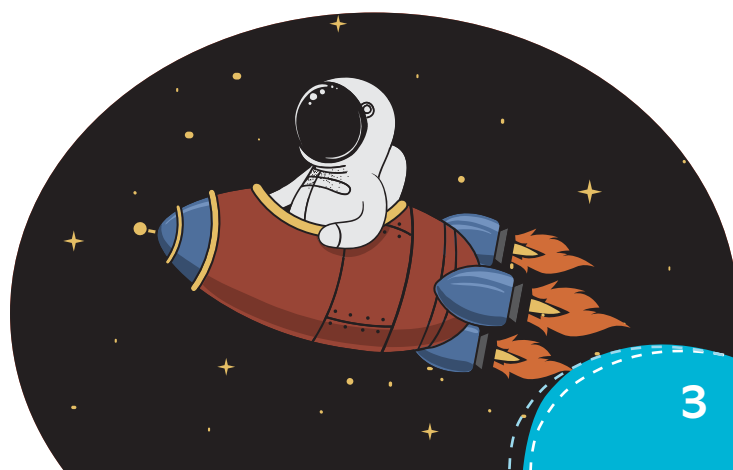
Prima di iniziare il nostro viaggio, voglio dirvi che molti esperimenti sono stati realizzati da bambine e bambini come voi con l'aiuto di un maestro palermitano amante della scienza. Vi assicuro che sono esperimenti molto utili per scoprire tutto quello che c'è da sapere sulla **forza**.

### PAROLE CHIAVE

- **Forza** è una parola dai molti significati: c'è la forza delle parole, la forza per affrontare i problemi, oppure la forza fisica, che sposta e mette in movimento le cose: per esempio la forza delle tue gambe necessaria per fare andare avanti la bicicletta.

### IMPARA A IMPARARE

- Galileo, osservando Giove, individuò quattro satelliti: Io, Europa, Ganimede e Callisto. Ma in seguito ne sono stati scoperti altri. Fai una ricerca per sapere quanti satelliti ha Giove.



## PROVANDO E RIPROVANDO

**C**ominciamo con una frase di Galilei, le cui idee e le cui scoperte ci accompagneranno. Galilei diceva: «La scienza è scritta in questo grandissimo libro che ci sta aperto davanti agli occhi, cioè il mondo che ci sta intorno».

Ed è proprio quello che vorrei farvi scoprire: molte delle conoscenze che hanno cambiato la storia della scienza, si possono incontrare osservando le cose che si trovano intorno a noi, ogni giorno, in ogni momento.



Tito Lessi, *Galileo e Viviani*, 1892. Il dipinto mostra Galilei in compagnia di Vincenzo Viviani, astronomo e matematico. Davanti a Galilei è raffigurata una sfera armillare, un antico strumento usato per studiare i moti dei pianeti.

C'è anche un motto che ci tengo a farvi conoscere, un modo di dire che pare Galilei apprezzasse molto: **“Provando e riprovando”**.



“Provando e riprovando”, il motto dell'Accademia del cimento in un'incisione d'epoca.

Era anche il motto dell'Accademia del **Cimento**, un gruppo di persone che a Firenze continuarono le ricerche di Galileo Galilei facendole conoscere in tutta Europa.



Il dipinto mostra un esperimento all'Accademia del Cimento

### PAROLE CHIAVE

- La parola **cimento** indica l'azione di qualcuno che affronta delle difficoltà anche molto grandi senza tirarsi indietro per conquistare qualcosa che valga la pena di essere conquistata. In questo caso la cosa che vale la pena conquistare è la conoscenza, e le armi che abbiamo a disposizione per raggiungerla sono la nostra curiosità e la nostra intelligenza.

### RIFLETTIAMO INSIEME

- Ricorda tutte le volte in cui per imparare a fare una cosa hai dovuto compiere diversi tentativi. Penso che la vita di ognuno di noi sia piena di queste cose. Proviamo e riproviamo senza raggiungere mai la perfezione. Questo gli scienziati lo sanno benissimo.



## POSSIAMO SBAGLIARE!

Posso dirvi, con una certa sicurezza, che tra il vostro modo di cercare e frugare fra le cose per capirle meglio e il modo che aveva Galileo Galilei di portare avanti i suoi studi e le sue ricerche, ci sono in comune più cose di quanto voi possiate **immaginare**.

Cominciamo, per esempio, da una cosa molto importante: **la possibilità di SBAGLIARE**.



A scuola e nella vita, una delle cose delle quali abbiamo più paura è sbagliare. Certe volte abbiamo così tanta paura che finiamo per fermarci e non fare niente: non facciamo più niente per il terrore di sbagliare un compito assegnato a scuola o qualcosa che ci è stato chiesto da un adulto o da un amico. Proprio il contrario del **provare e riprovare** che tanto praticava Galileo Galilei.

Se nel cercare la soluzione di un problema, o il perché di qualcosa, provate e riprovate tante volte, vi può capitare certamente di sbagliare; ma fa parte del gioco della conoscenza. E se osservate e riflettete bene sui vostri errori e provate altri modi e altre idee, riuscirete prima o poi a trovare la soluzione più adatta, quella che vi aiuta a risolvere il problema, che sia di matematica, di scienze, di italiano o riguardante la vita.

### RIFLETTIAMO INSIEME

- Si dice che **sbagliare** è umano, gli scienziati dicono addirittura che è utile, purché ci si ragioni sopra, senza vergogna, né timore. Pensa a tutte le volte che un errore fatto da te ti è tornato utile e ti ha permesso di scoprire qualcosa che altrimenti non avresti scoperto.



Giuseppe Bezzuoli, *Galileo mentre dimostra la legge di caduta dei gravi*, 1841.

Posso dirvi che buona parte delle cose dette o scritte da Galilei, ma anche da me, Albert Einstein, erano sbagliate. Ne sbagliamo tante noi scienziati in questo nostro andare per tentativi ed errori, fa parte del provare e riprovare che ci serve per cercare il metodo giusto per arrivare a scoprire le importantissime cose che ad alcuni di noi è capitato di scoprire.

Pensate questo: Galilei studiava libri antichi, in particolare quelli di **Archimede**, discuteva molto con quelli che come lui provavano e riprovavano a indagare le cose della natura, si faceva un'idea sulle cose, e poi faceva degli esperimenti per capire se quello che aveva pensato era giusto o sbagliato.

Cioè: uno dei più grandi geni della storia dell'umanità non aveva problemi ad ammettere che una cosa pensata da lui poteva essere sbagliata, ed era sempre pronto a ricominciare.

Questo metodo lo ha inventato lui ed è stato chiamato **METODO SCIENTIFICO** e noi scienziati gliene siamo grati.



Un cannocchiale dell'epoca di Galileo.

### IMPARA A IMPARARE

- Sai chi era Archimede? Fai una ricerca e con le informazioni raccolte scrivi un breve testo di presentazione di questo scienziato vissuto più di duemila anni fa.

# UNA PAROLA, TANTI SIGNIFICATI

È arrivato il momento di parlare della **FORZA** e di fare i nostri esperimenti. Prima però voglio farvi qualche domanda.

A che cosa vi fa pensare la parola forza? Quando vi capita di usarla?

È una parola che riguarda solo la scienza o vi vengono in mente altre cose quando la sentite?

Alcune bambine e bambini hanno scritto delle cose sulla parola forza che mi hanno molto incuriosito.

Ve le voglio mostrare, eccole:



“La forza è quella che ci vuole per affrontare le difficoltà. Se non ce l’hai non riesci a risolvere i problemi.”

“Ci vuole molta forza, certi giorni, per alzarsi dal letto così presto per andare a scuola. Ma non può cominciare un po’ più tardi? Sarebbe meglio.”

“La forza è che io voglio ottenere qualcosa di giusto e ci vuole coraggio per ottenerla. La forza è anche il coraggio che ti serve per fare questo.”

“La forza di Hercules che solleva l’Etna e lo lancia addosso al mostro Tifeo.”

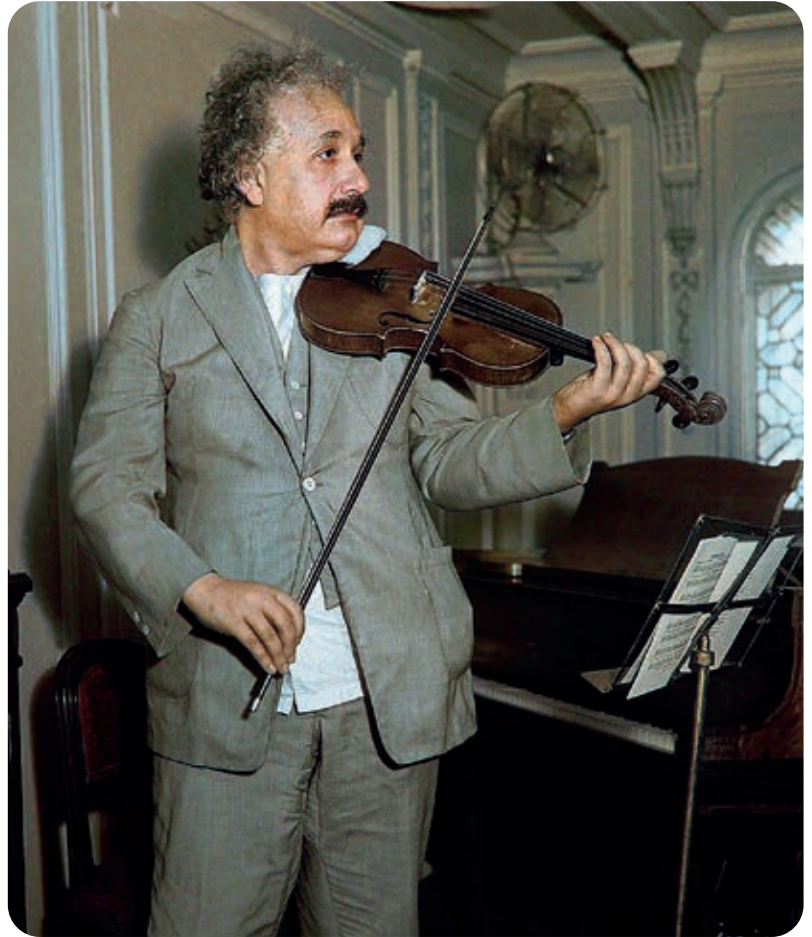
“La forza del vulcano che fa esplodere le montagne è molto impressionante.”

“Ci vuole una certa forza per aprire la confezione di cioccolatini che mi ha comprato stamattina la mamma.”



A voi vengono in mente altre cose? Mi piacerebbe poterle sentire. Tante idee importanti possono venire da dove meno te l'aspetti: noi scienziati ci occupiamo anche di arte, letteratura, musica.

Io per esempio so suonare il violino, Galilei era un gran musicista, un bravissimo pittore e uno scrittore geniale. In tutte le cose che facciamo, anche se sembra che non c'entrino niente con la scienza, troviamo delle idee per le nostre ricerche. Figuratevi che alcune cose che mi sono servite per le mie scoperte mi sono apparse in sogno!



Einstein al violino in una foto d'epoca.



Parleremo e proveremo insieme, io e voi, a fare **esperimenti sulla forza** e vedremo i tanti modi nei quali si presenta nella nostra esperienza di ogni giorno. Vi proporremo diversi esperimenti tutti tratti o ispirati alle esperienze di Galileo Galilei.

Di questo grande scienziato e studioso e di altri ancora vi racconterò diverse cose. Ma adesso basta con le chiacchiere, cominciamo!





## DOVE STANNO E CHE COSA FANNO LE FORZE?



**D**ove si trova la forza?  
Come si manifesta?  
Che cos'è?

Più che darvi delle spiegazioni voglio raccontarvi delle storie e proporvi alcuni esperimenti.

Gli esperimenti che vi mostrerò non hanno bisogno di attrezzature particolari o molto costose: servono elastici, palline di gomma, corde, bastoni di scopa e altre cose che via via vi indicherò.

Cominciamo subito con qualche semplice sperimentazione:

- provate a sollevare il vostro zaino da terra, oppure a spostare una sedia spingendola;
- provate a stringere la mano di un vostro amico o di una vostra amica, e a ruotare l'uno intorno all'altra con il braccio teso, tenendovi stretta la mano;
- provate ancora a far partire una bicicletta o a fermarla con i freni mentre siete in discesa.



Osservate poi le foglie che cadono dagli alberi, oppure una piuma trascinata dal vento, oppure ancora un oggetto che galleggia tenuto su dalla misteriosa forza dell'acqua, oppure un gabbiano in volo.



Osservare è il modo che gli esseri umani hanno spesso usato per capire le cose che li circondavano. Si sono ispirati a ciò che osservavano intorno a loro per inventare gli strumenti e le macchine più diversi: bilance per pesare, gru per sollevare pesi, pompe per portare l'acqua da posti più bassi a posti più alti, aquiloni che sfruttano il vento per volare, archi per lanciare frecce.

**RIFLETTIAMO INSIEME**

- Guardati intorno: cerca i fenomeni e le situazioni in cui secondo te è in gioco la forza. Poi scrivi sulle righe qui in basso.

.....

.....

.....

.....

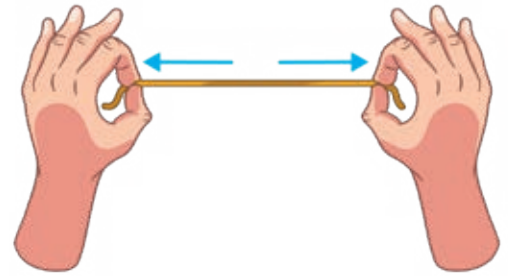
.....

.....

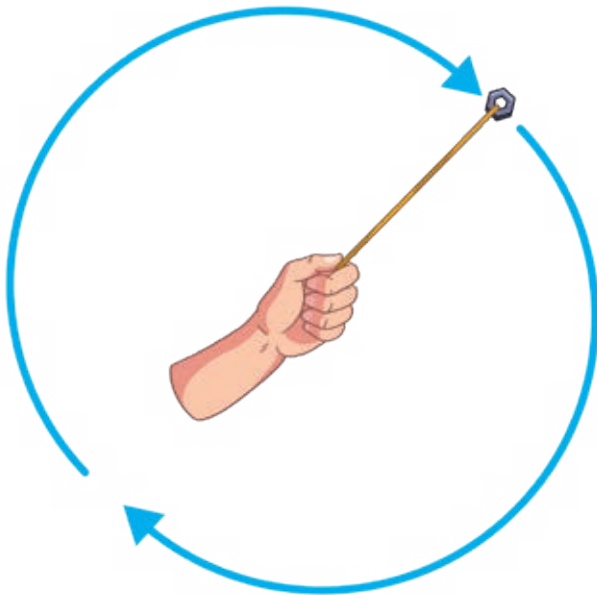


## GLI ELASTICI CI SVELANO QUALCOSA SULLA FORZA

**P**rendete un elastico, di quelli comuni, che vengono usati per tenere un fascio di carte o per avvolgere un foglio da disegno o un mazzo di pastelli. Tagliatelo in modo che diventi un filo elastico. Afferratelo per i due estremi e allungatelo. Perché si sta allungando? Questo suo allungarsi che indicazione ci sta dando?



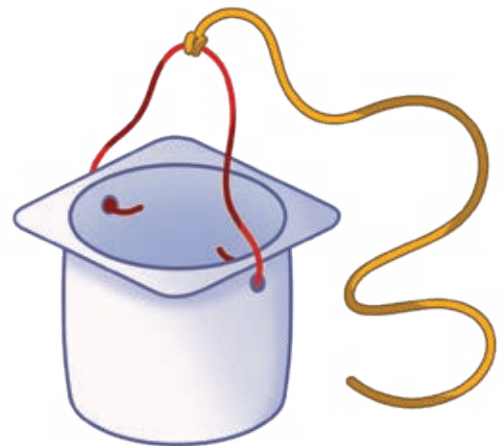
**FORZA MUSCOLARE**



**FORZA CENTRIFUGA**

Lo stesso elastico legatelo a un piccolo dado di metallo di quelli che si avvitano ai bulloni. Fate ruotare il dado: come vedete l'elastico si allunga. Perché si sta allungando? Che cosa agisce su di esso e provoca quest'allungamento?

Prendete un vasetto da yogurt di quelli piccoli, fate due buchi ai lati usando una vite, fissate al vasetto un pezzo di spago usando i buchi in modo tale che il vasetto diventi una specie di secchiello con il manico. Legate sulla parte superiore di questa cordicella-manico l'elastico, tenete sospeso il barattolo.

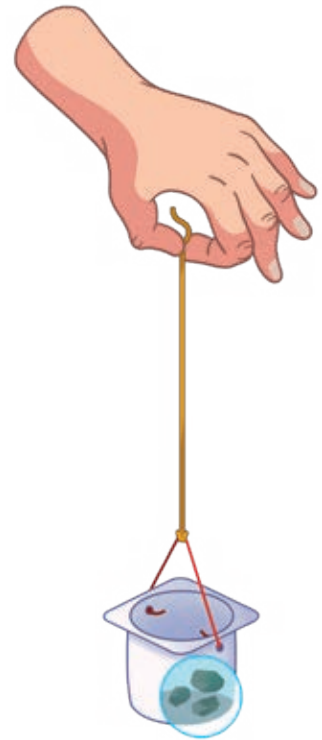


Introducete nel barattolo oggetti di vario peso: biglie, sassolini, bulloni. Che cosa succede? Perché succede?

L'allungamento dell'elastico è segno che qualcosa sta esercitando una forza. L'allungamento dell'elastico è un modo per misurare questa forza.

Facendo questi semplici esperimenti abbiamo visto tre modi diversi nei quali la forza si è manifestata:

- **forza muscolare**, quella dei vostri muscoli che hanno tirato l'elastico;
- **forza centrifuga**, che è generata dalla rotazione e che allunga l'elastico (provate a vedere, in un posto sicuro, possibilmente all'esterno, che cosa succede se aumentate la velocità di rotazione);
- **forza peso**, la forza dovuta alla presenza e all'azione dell'attrazione della Terra su tutti gli oggetti che si trovano nelle sue vicinanze.

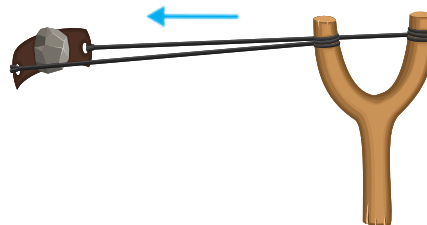


FORZA PESO

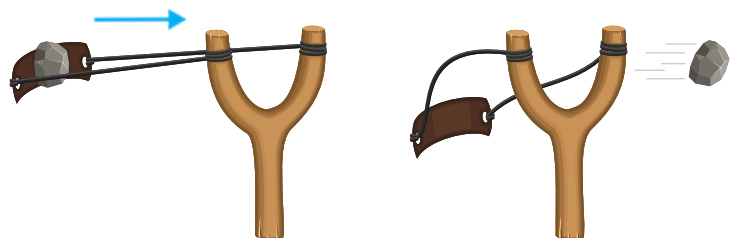
## FOCUS

- Che cos'è l'elasticità? Quando un oggetto è elastico? Un oggetto elastico se viene sottoposto a una forza cambia forma, ma appena la forza cessa di agire torna alla sua forma originaria. La cosa curiosa però è che quando torna alla sua forma originaria è come se restituisse la forza che inizialmente lo ha deformato. Pensate alla fionda.

1. Quando tirate l'elastico per lanciare una pietra, quello si deforma. In quel momento gli state dando la vostra forza.



2. Quando lasciate la presa, l'elastico torna alla sua forma iniziale, restituendo la forza con la quale lo avevate allungato e adoperandola per lanciare la pietra.



Le catapulte funzionano secondo lo stesso principio e sono costruite con materiali elastici (legni particolari, lamine di acciaio temperato ecc.).

Prova a fare una ricerca di tutte le cose elastiche che si trovano a casa tua.



## COSTRUIRE UNA BILANCIA CON GLI ELASTICI

Per fare alcuni degli esperimenti che vi proporrò sarà utile pesare gli oggetti che utilizzeremo. Proprio per questo voglio mostrarvi come costruire e usare una bilancia assai particolare. Già quando parlavamo di elastici vi avevo spiegato come si costruiva, ma ve lo racconto di nuovo.

### MATERIALI NECESSARI

- Uno spago sottile (spago bianco per arrosto).
- Un barattolo da yogurt piccolo.
- Un elastico.
- Un metro da muratore di quelli pieghevoli.
- Una vite.

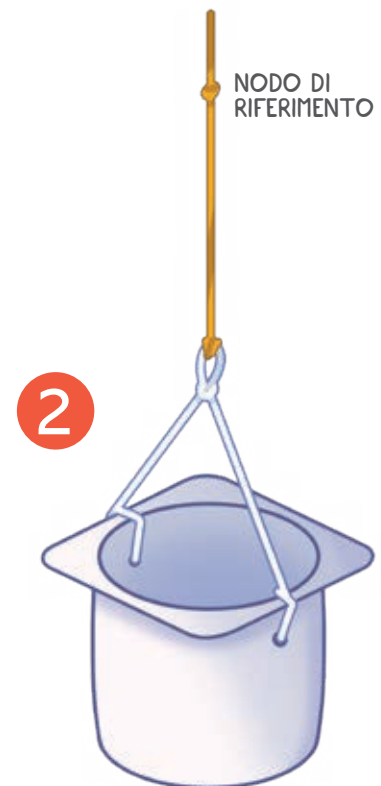


### ISTRUZIONI PER LA COSTRUZIONE

Adoperando la vite fate due buchi nella parte alta del barattolo; i buchi devono essere opposti l'uno all'altro, come rappresentato in figura.



Tagliate un pezzo di spago di 30 cm. Fissate lo spago al barattolo legando gli estremi ai buchi (alla fine avrete una specie di secchiello). Fate un piccolo nodo sulla parte alta dello spago in modo da formare un occhiello, come mostrato in figura. Tagliate l'elastico e legatelo all'occhiello sulla cima dello spago. Nella parte opposta dell'elastico, quella libera, fate anche un piccolo nodo, necessario per fissare un punto di riferimento per la misura (nodo di riferimento).



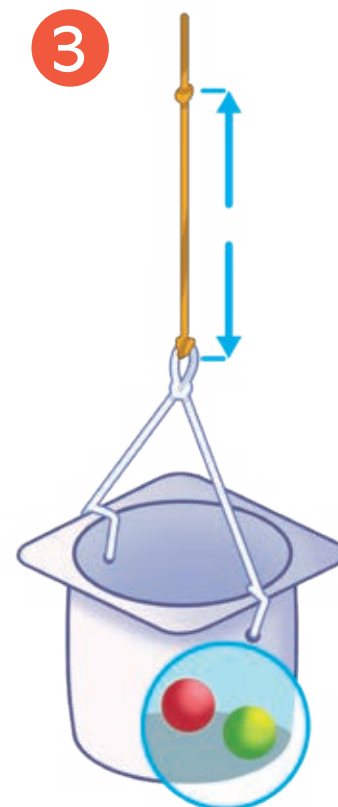
## ISTRUZIONI PER L'USO

Mentre tenete sospeso il barattolo, misurate la lunghezza dell'elastico dal nodo di riferimento al punto in cui l'elastico è legato allo spago. Diciamo per esempio che l'elastico, con il barattolo vuoto, misura 10 cm (dal nodo alla legatura con lo spago). Inserite un oggetto nel barattolo, tenendolo sempre sospeso dall'estremo dell'elastico. Immaginiamo che adesso la lunghezza dell'elastico sia di 13 cm. La differenza tra questa misura e quella di quando il barattolo era vuoto sarà la misura del peso:

$$13 - 10 = 3 \text{ cm.}$$

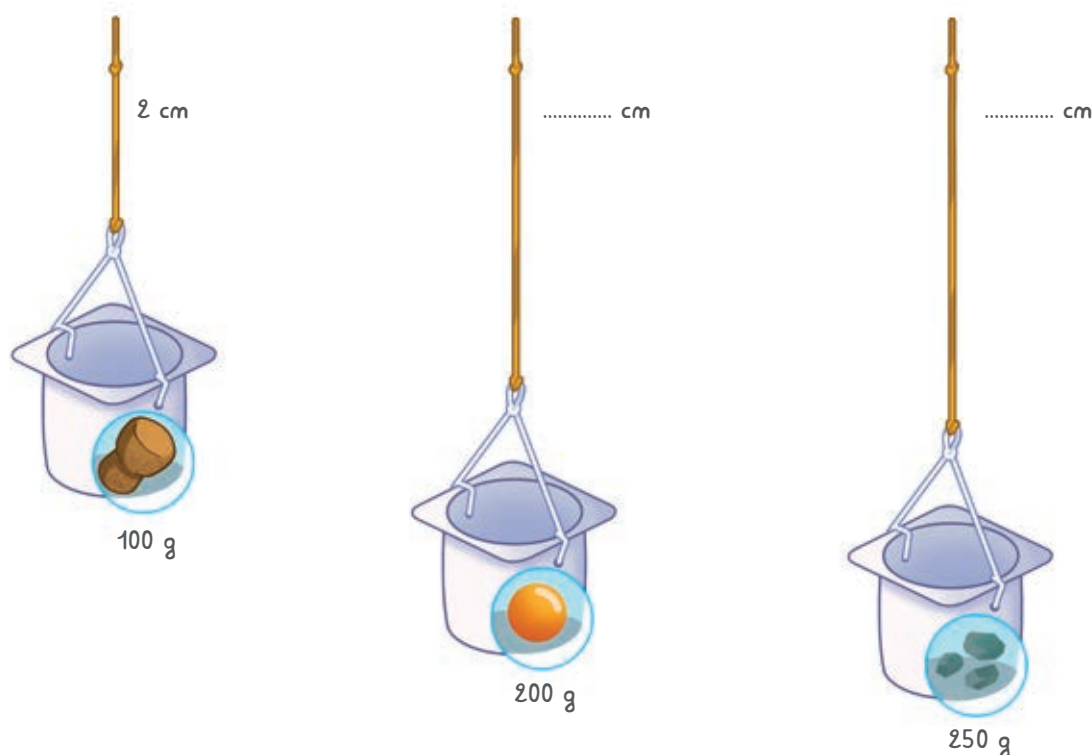
Si può quindi anche pesare in cm. Poi se volete, adoperando una bilancia normale, potete vedere a quanti grammi corrisponde i 3 centimetri di allungamento.

Più gli oggetti introdotti nel barattolo sono pesanti più l'elastico si allunga. Negli esperimenti la maggior parte delle misurazioni del peso le effettueremo in questo modo.



## GIOCHIAMO INSIEME

- Immagina di misurare il peso di un oggetto che fa allungare l'elastico di 2 cm. Pesando l'oggetto con una bilancia scopri che pesa 100 g. Quanto si allungherà allora la tua bilancia a elastico se gli metterai un peso di 200 g? E quanto si allungherà se gli metterai un peso di 250 g?



# SECONDA GIORNATA



## PERCHÉ LE COSE SI MUOVONO?

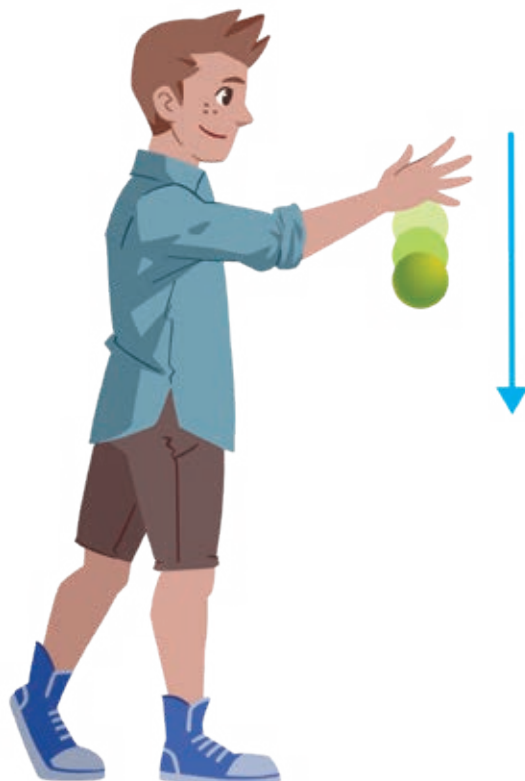


**A** desso che stiamo cominciando a familiarizzare con la forza proviamo a vederla in azione in modi diversi e più complessi, attraverso l'uso di un semplice oggetto: una palla di gomma.

L'esperimento consiste nel lanciare delle palle di gomma, come quando si gioca, ma la differenza è che si deve osservare e annotare come si comportano a seconda del modo in cui le avete lanciate o le avete fatte cadere. Durante questo esperimento vi consigliamo di provare a disegnare i percorsi fatti nell'aria dalle sfere e di avvalervi della collaborazione di un'altra persona, che vi permetta di vedere gli effetti dei lanci da diversi punti di vista.

### Lasciamo cadere la palla

Iniziamo con il primo lancio, il più semplice: tenete sospesa la sfera all'altezza massima in cui la potete tenere, aprite la mano e lasciatela cadere.



#### PROVA E RIPROVA...

Che cosa succede?  
Chi l'ha fatta cadere?  
Quale forza?  
E che cosa la tratteneva dal cadere?  
C'era un'altra forza in gioco per caso?  
E quale?



## Lanciamo in alto la palla

Adesso provate a differenziare il lancio. Provate a lanciare verso l'alto più perpendicolarmente possibile al terreno.

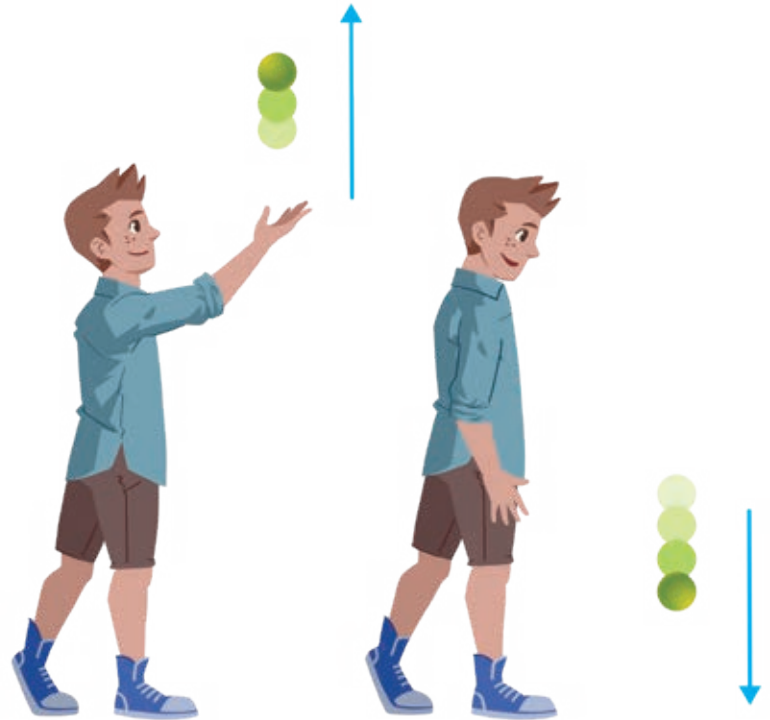
Sempre avvalendovi di un altro compagno o compagna di ricerca, provate a raccontare la salita e la caduta, pezzo per pezzo, come accade in televisione con la moviola durante una partita di calcio per far capire come è stato fatto il goal.

### PROVA E RIPROVA...

Nel momento in cui la lanciate, la palla sale verso l'alto, poi a un tratto torna verso il basso, ma lo fa all'improvviso?

Si muove sempre alla stessa velocità?

La forza che agisce sulla palla è una sola, o sono più forze? E come agiscono insieme? E come influenzano la caduta della palla? Agiscono in accordo o l'una contro l'altra?



Osservate e provate ad annotare...

Pensate che questo è ciò che faceva Galileo Galilei. Gli veniva un'idea su come potessero andare le cose, e per cercare di capire se la sua idea (**ipotesi**) era giusta o meno, provava e riprovava diverse volte lo stesso esperimento, cambiando dettagli e punti di vista, fino a quando qualcosa non veniva fuori.

### PAROLE CHIAVE

- Ipotesi** è una parola assai importante nella scienza. Un'ipotesi è un'idea su come e perché si verificano certi fatti. Gli scienziati formulano delle ipotesi sui fenomeni naturali spesso osservandoli direttamente o attraverso esperimenti, come nel caso della caduta degli oggetti, oppure immaginandoli, come nel caso del rapporto tra tempo e velocità. Per fare un esempio, l'antico filosofo Aristotele ipotizzò, con l'immaginazione, che un oggetto in caduta raggiungesse una certa velocità che poi manteneva fino alla fine della caduta. Gli esperimenti di Galileo Galilei hanno dimostrato che questa ipotesi era sbagliata. Alla fine qualsiasi ipotesi per quanto fatta da una persona importante o geniale deve fare i conti con i fatti.

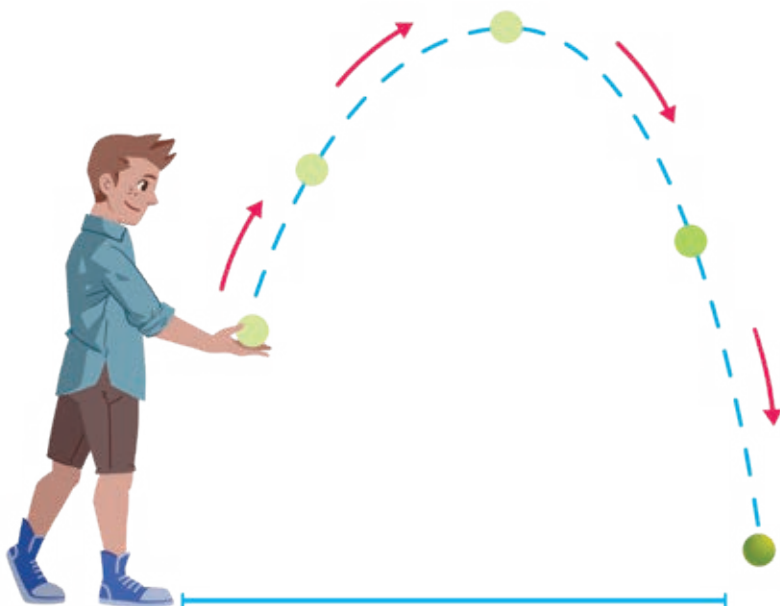
## Ancora un lancio

Provate adesso con un altro tipo di lancio. Lanciate la sfera davanti a voi lievemente verso l'alto e in avanti. Che succede alla palla?

Provate a disegnare il suo percorso, osservandolo. Il percorso che farà la palla adesso si chiama parabola, è stato studiato a fondo da Galileo.

### PROVA E RIPROVA...

Ora provate a capire, osservando, provando e riprovando, perché la palla traccia questo percorso nell'aria, puntando all'inizio verso l'alto e poi curvando la sua traiettoria fino a toccare terra.



Cercate di trovare da soli le ragioni. Alla fine del libro ci saranno delle brevi spiegazioni per ognuno degli esperimenti fatti, ma non leggetele subito, tentate di formulare da sole e da soli delle ipotesi, non sarete giudicati in base a quante volte avrete sbagliato o indovinato, non vi sarà dato nessun voto. Questo è un libro fatto per mettere in gioco la vostra capacità di ragionare sulle cose.

## GIOCHIAMO INSIEME

- Ogni traiettoria parabolica nasce dall'incontro di una forza che possiamo chiamare di lancio e la forza di gravità. Se non esistesse la forza di gravità una palla lanciata andrebbe sempre dritta fino ad allontanarsi dalla Terra, invece la forza di gravità agisce sull'oggetto in movimento ripiegando continuamente verso il basso il suo percorso fino a fargli toccare il suolo.

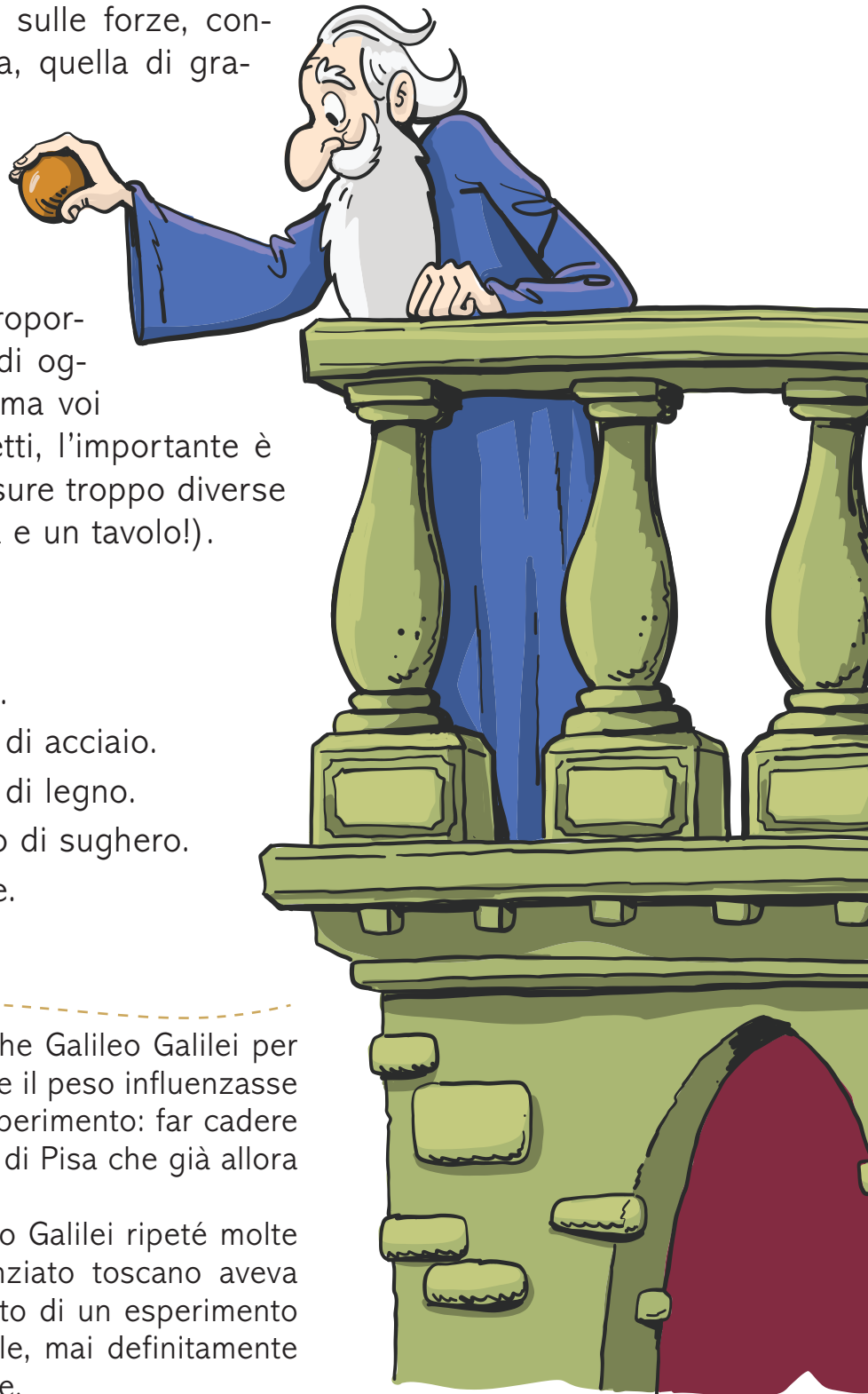
Lo sport è il regno incontrastato delle parabole. Fai una lista di tutte le discipline sportive dove gli spettatori si trovano a osservare parabole tracciate da diversi oggetti.





## CONCENTRIAMOCI SULLA FORZA DI GRAVITÀ

**D**opo questi primi esperimenti sulle forze, concentriamoci su una sola forza, quella di gravità, e vediamo se riusciamo a scoprire alcune delle cose che il Pisano (così chiamavano **Galileo Galilei**) ha scoperto attraverso una serie di esperimenti geniali. Per fare l'esperimento che sto per proporvi vi serve una raccolta di vari tipi di oggetti: vi faccio una lista provvisoria ma voi potete provare anche con altri oggetti, l'importante è che non siano troppo grandi o di misure troppo diverse (come ad esempio un foglio di carta e un tavolo!).



### MATERIALI NECESSARI

- Palle di gomma.
- Dadi di bulloni.
- Fogli di carta.
- Palline da ping pong.
- Barattolini di plastica.
- Biglie.
- Sfere di acciaio.
- Sfere di legno.
- Tappo di sughero.
- Piume.

### FOCUS

- Si dice, ma forse è una leggenda, che Galileo Galilei per studiare la forza di gravità e capire se il peso influenzasse la velocità di caduta, fece questo esperimento: far cadere oggetti diversi dalla cima della torre di Pisa che già allora pendeva da un lato. Per essere certo del risultato, Galileo Galilei ripeté molte volte l'esperimento. Il grande scienziato toscano aveva capito, infatti, che, affinché il risultato di un esperimento potesse essere considerato probabile, mai definitamente certo, bisognava ripeterlo molte volte.

## Cade più velocemente una biglia o un foglio di carta?

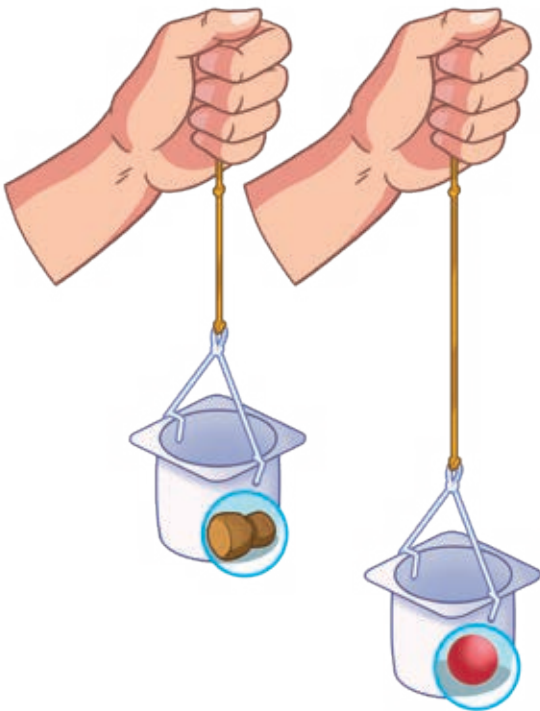
Come buona parte degli esperimenti che vi proponiamo anche questo richiede una coppia di sperimentatori, uno che fa l'esperimento e l'altro che lo osserva.

### PRIMA PARTE

Prendete due oggetti di peso molto diverso (ad esempio una biglia e un tappo di sughero) e misurate i loro pesi adoperando la bilancia a elastico costruita in precedenza (vedi pagine 14-15).

Fatto questo, tenendoli per mano, salite su una sedia. Sollevate i due oggetti alla stessa altezza e fateli cadere contemporaneamente, aprendo le mani nello stesso momento.

PESIAMO UN TAPPO DI SUGHERO E UNA BIGLIA



LASCIAMO CADERE CONTEMPORANEAMENTE I DUE OGGETTI



Non sempre questo esperimento riesce al primo tentativo; infatti per essere sicuri, o almeno quasi sicuri, del risultato dell'esperimento, bisogna provarlo diverse volte. Osservate se uno dei due oggetti arriva a terra prima o se vi giungono nello stesso momento.

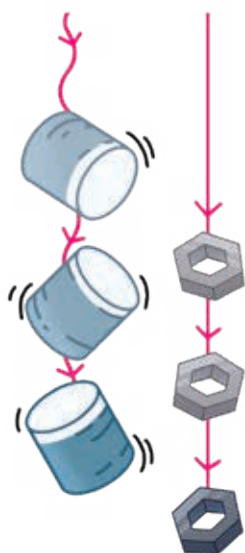
Non datevi la risposta al primo tentativo, ma provate a fare lo stesso esperimento facendo cadere diverse volte gli stessi oggetti e poi facendo cadere oggetti di diverso tipo: una biglia e una pallina da ping pong, una sfera di acciaio e una sfera di legno.

Cercate di capire se il peso influenza la velocità di caduta e come avviene il tutto.

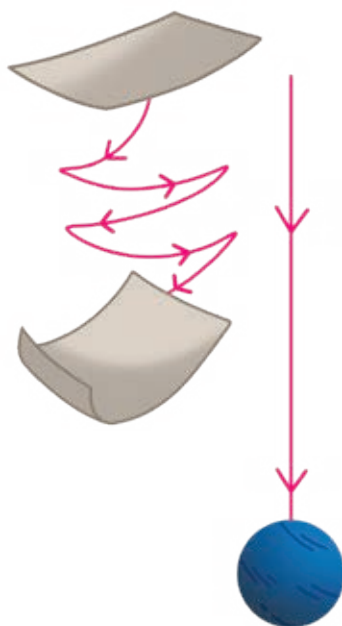
SECONDA PARTE

La seconda parte dell'esperimento consiste nel far cadere oggetti di forma molto diversa, un barattolo di plastica e un dado da bullone, un foglio di carta aperto e una palla di gomma. Il foglio di carta potete farlo cadere una volta di taglio e una volta di piatto e vedere che cosa succede.

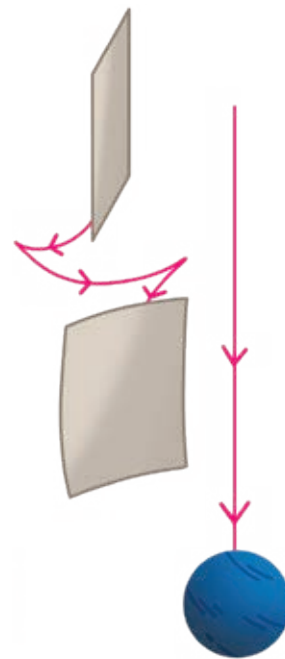
BARATTOLO  
E BULLONE



FOGLIO DI CARTA DI PIATTO  
E PALLA DI GOMMA

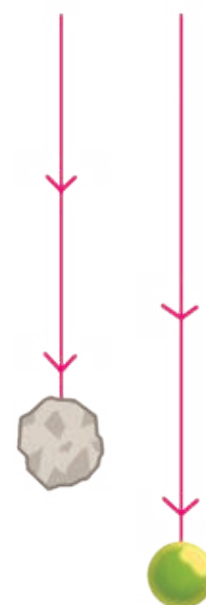


FOGLIO DI CARTA DI TAGLIO  
E PALLA DI GOMMA



Un esperimento che vi consiglio di provare comunque è di far cadere una biglia e un foglio di carta aperto e di piatto; poi provate a far cadere la biglia e il foglio una seconda volta, però accartocciando il foglio fino a ridurlo a una pallina. Confrontate i due esperimenti (foglio aperto, foglio accartocciato): qualcosa di molto particolare e interessante è accaduto.

FOGLIO DI CARTA  
ACCARTOCCIATO E BIGLIA



PROVA E RIPROVA...

Che cosa è successo? Perché succede?  
Prendete nota di tutto quello che vedete e provate a rispondere a queste due domande:  
La velocità di caduta dipende o non dipende dal peso?  
Dipende o non dipende dalla forma?  
Ci sono altre cose che influenzano la caduta? (Pensate agli esperimenti con il foglio di carta). E perché?



## QUANDO UN OGGETTO CADE VA SEMPRE ALLA STESSA VELOCITÀ?

Questo esperimento non è stato inventato da Galileo Galilei, ma da un gruppo di ragazzi di una scuola di Napoli chiamata *Dalla parte dei bambini*.

Un nostro amico fisico e scienziato di Milano, Giberto Chirico, ci ha detto che secondo lui se lo avessimo potuto mostrare a Galileo Galilei, lui ci avrebbe fatto i complimenti. «Non lo ha inventato Galilei ma dentro questo esperimento c'è lo spirito di Galilei» ci ha detto Giberto e noi eravamo contentissimi!

### Un esperimento che sarebbe piaciuto a Galileo

La domanda alla quale cerchiamo di rispondere questa volta è se le cose che cadono attratte dalla forza di gravità:

1. cadono mantenendo sempre la stessa velocità;
2. raggiungono una velocità massima e poi finiscono per mantenerla fino alla caduta, come diceva il grande filosofo Aristotele più di 2000 anni fa;
3. si comportano in un altro modo ancora.



**MATERIALI NECESSARI**

- Una palla rimbalzante di quelle che si trovano nelle macchinette distributrici dei bar.
- Un metro pieghevole da muratore della lunghezza di almeno due metri.
- Una sedia.

**COME PROCEDERE**

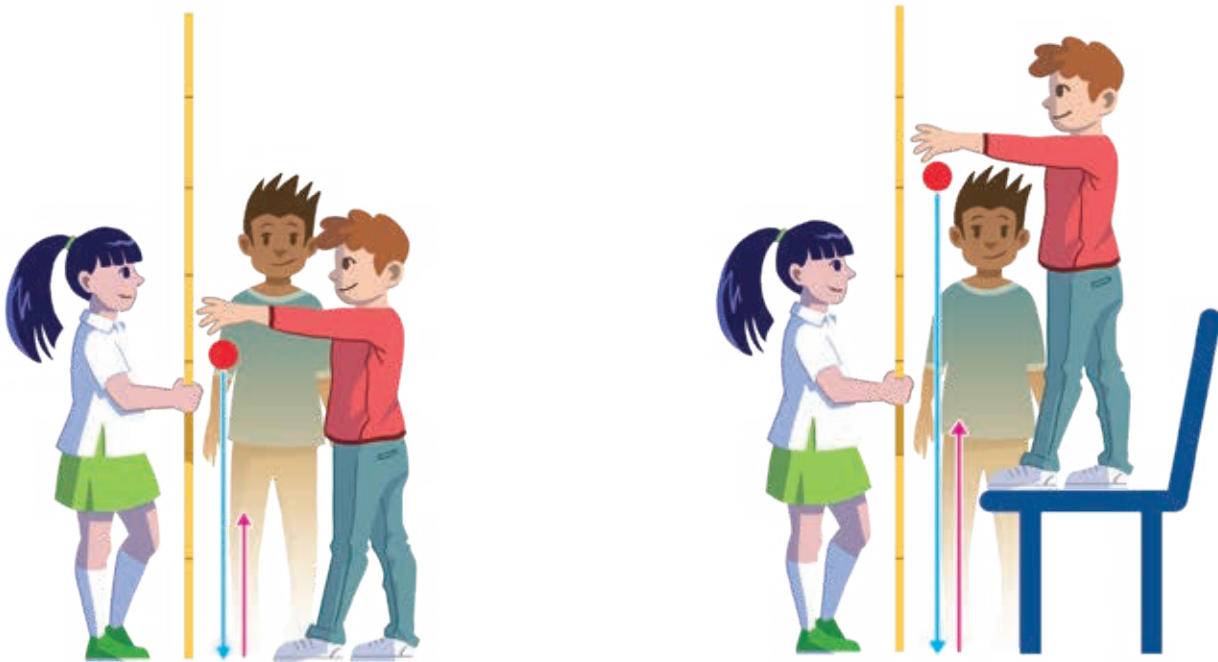
Per svolgere questo esperimento c'è bisogno della collaborazione di tre persone.

Il metro va aperto alla sua massima altezza.

Una delle tre persone terrà il metro ben dritto, con lo zero poggiato a terra; la seconda persona farà cadere la palla da diverse altezze, vicino al metro in modo che siano misurabili.

La terza persona osserverà a quale altezza giungerà la palla al primo rimbalzo, gli altri rimbalzi non ci interessano.

Vi consiglio di annotare ogni coppia di misure (altezza di caduta - altezza di rimbalzo), in modo da potere rileggere i risultati dopo l'esperimento.

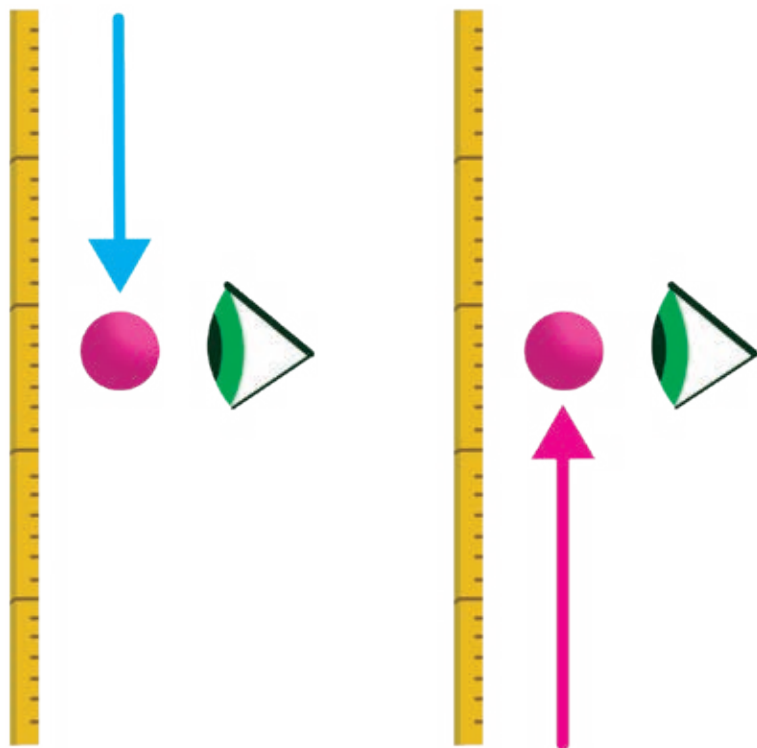


Dovete fare questo esperimento in modo tale che la palla rimbalzi più vicina e più parallela possibile al metro affinché l'osservatore possa misurare l'altezza del rimbalzo.

La misurazione va ripetuta almeno cinque volte per essere sicuri che l'altezza del rimbalzo sia veramente quella misurata.

## Ancora oggetti che cadono

Una volta che avete compreso il funzionamento dell'esperimento, fate cadere la palla da altezze diverse. Iniziando da quelle più basse fino a giungere a due metri di altezza (motivo per il quale tra i materiali utili c'è anche la sedia, sopra la quale bisogna salire, con la supervisione di un adulto, per far cadere la palla dall'alto). Riportate sul quaderno degli appunti le misure delle altezze di caduta vicino a quelle di rimbalzo.



### PROVA E RIPROVA...

Che cosa succede? Che andamento hanno queste misure? E perché hanno questo andamento? Che informazione ci danno sulla velocità di caduta di un oggetto attratto dalla forza di gravità?

Per cercare di capirci un po' di più, ripetete l'esperimento anche con palle di misura diversa oppure procurandovi un metro più grande e cercando di far cadere la palla matta da altezze ancora maggiori. I risultati di questo esperimento, se li leggete bene e con cura, vi dicono qualcosa di molto importante sulle leggi che Galilei scoprì sui corpi in caduta.

### FOCUS

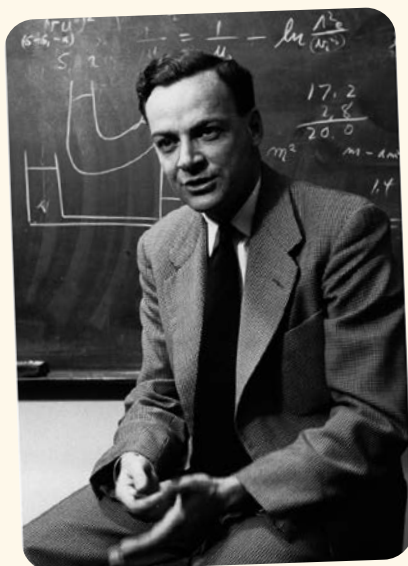
- Ai tempi di Galileo non esistevano né i bar né i distributori di palle matte, né tanto meno le palle matte. La gomma è un'invenzione recente. Per cercare di capire qualcosa sulla velocità di caduta, Galilei faceva cadere delle sfere di legno o di metallo in un recipiente riempito con la sabbia o con la creta, misurando la profondità del buco che producevano venendo giù da altezze diverse.





# Il metodo scientifico

Ora voglio parlarvi del metodo scientifico e dirvi in che cosa consiste secondo uno dei più grandi scienziati del secolo scorso: **Richard Feynman**.



Richard Feynman

«**O**ra vediamo come si fa a scoprire una nuova legge. In generale il procedimento per scoprire una nuova legge è questo: per prima cosa tiriamo a indovinare. Non ridete! È proprio così che facciamo. Poi cerchiamo di prevedere tutte le cose che possono succedere se l'ipotesi che abbiamo immaginato è giusta. Infine confrontiamo i risultati dei nostri calcoli con la natura, con gli esperimenti, con l'esperienza, con i dati dell'osservazione, per vedere se funziona. Se non è d'accordo con gli esperimenti è SBAGLIATA. Se invece è d'accordo con gli esperimenti FORSE è giusta. Ma di questo non possiamo mai essere sicuri, perché può sempre arrivare un altro scienziato che facendo altri studi e scoperte dimostrerà che è sbagliata».

## FOCUS

- *“Non so che cosa non vada nella gente, non imparano usando l'intelligenza ma imparano solo meccanicamente o giù di lì, il loro sapere è così fragile”.*

Queste parole le ha scritte Richard Feynman, uno dei più grandi scienziati del XX secolo, ma anche una persona che aveva a cuore la libertà di pensiero degli altri, e che credeva che ogni forma di conoscenza si potesse raggiungere solo attraverso lo scambio di idee e la collaborazione. Era uno studioso che cercava di far capire a tutti la scienza e che pensava che ogni conquista e scoperta fatta da qualcuno, per quanto grande e importante, doveva essere di tutti. Infine cercava di insegnare a tutti, ai suoi allievi, alle persone che incontrava, che il dubbio è importante, che chi è sicuro di se stesso e delle proprie idee è destinato a non scoprire nulla. Amava la musica, la letteratura, la poesia, l'arte e pensava che tutte le cose create dall'uomo fossero collegate tra di loro e che questa era una delle cose più belle che si potessero immaginare.



Feynman con la moglie Gweneith Howarth

# TERZA GIORNATA



## IL PENDOLO

L'esperimento che sto per proporvi è uno dei più importanti della storia della scienza. È stato Galileo Galilei a idearlo per primo. Ci parla della **forza di gravità**, ma anche di tante altre cose che riguardano le forze e i diversi modi in cui esse si presentano.



### Costruiamo e osserviamo un pendolo

#### MATERIALI NECESSARI

- Un bastone di scopa.
- Due sedie della stessa altezza.
- Un rotolo di scotch-carta.
- Del filo (noi usiamo di solito il filo da arrosti bianco che si compra al supermercato e non è costoso).
- Oggetti di diversi pesi, forme e dimensioni (dadi, sfere, pietre, pesetti da pescatore e tutto quello che vi capita sott'occhio; provate anche con sfere di polistirolo).

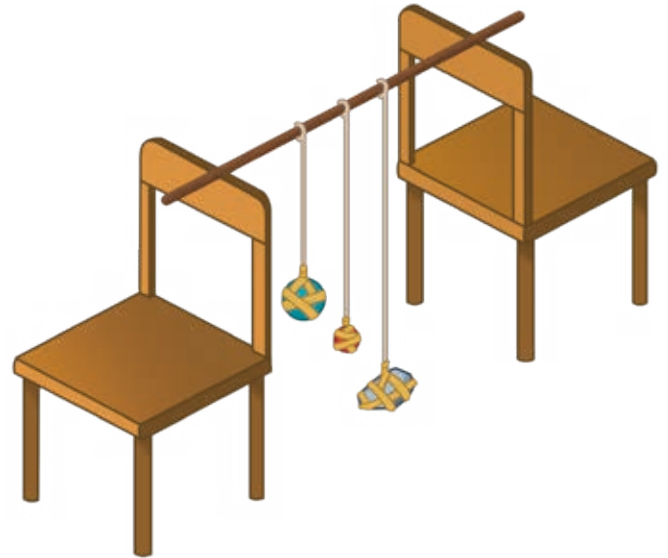


## COME PROCEDERE

Si fissa tra gli schienali delle sedie, alla massima altezza possibile, il bastone di scopa adoperando lo scotch-cartta. Il bastone di scopa deve essere il più stabile possibile e più alte sono le sedie meglio è.

Cominciate ad appendere, adoperando la cordicella, gli oggetti al bastone, oggetti di diverso peso, ad altezze diverse, anche molto diverse. Per fissare alle cordicelle gli oggetti adoperate anche lo scotch-cartta. Fate in modo tale che la distanza tra un oggetto e un altro non ostacoli l'oscillare dei vari pendoli.

Fate oscillare i pendoli costruiti. Osservate molto attentamente ciò che vedete.



## PROVA E RIPROVA...

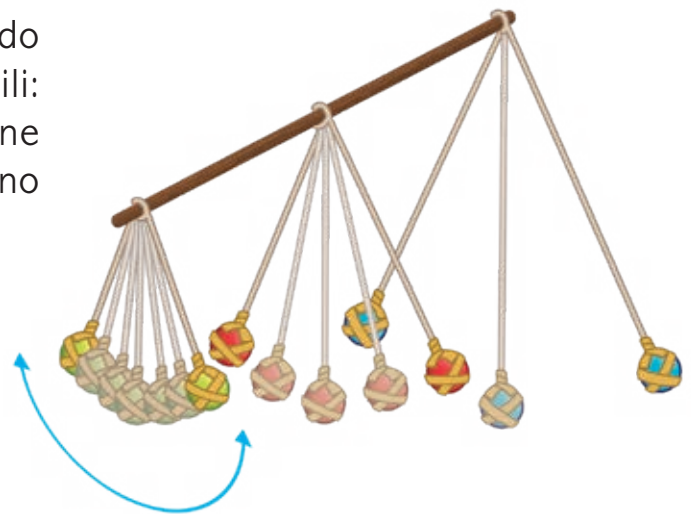
Quali sono i pendoli che oscillano più velocemente e quali quelli che oscillano più lentamente? Quali sono i pendoli che oscillano per più tempo e quali per minor tempo?

Per cercare di comprendere e andare più a fondo vi consiglio di modificare più variabili possibili: peso, lunghezza, forma e tutto ciò che vi viene in mente. Annotate quali modifiche influenzano e in che modo il funzionamento dei pendoli.

## UN ESPERIMENTO DA FARE

Provate a montare con pesi e cordicelle due pendoli che oscillano allo stesso ritmo e alla stessa velocità. Se ci riuscite sicuramente finirete per scoprire qualcosa di importante su quella che viene chiamata la legge del pendolo, formulata da Galileo Galilei.

Scrivete tutto quello di cui vi accorgete e non lasciate sfuggirvi niente.



## FOCUS

- Per potere eseguire delle misure e degli esperimenti nella maniera più precisa possibile Galileo Galilei inventò diversi modi di misurare intervalli brevi di tempo. Nel 1600 non esistevano cronometri e misuratori di secondi. Lui ne immaginò uno che faceva uso dell'acqua.

## Piccola parentesi sul pendolo

Vi sarete accorti che ogni pendolo oscilla con un ritmo che è sempre lo stesso, anche se ogni pendolo lo fa a una velocità differente. Adesso però è arrivato il momento di porsi alcune domande.

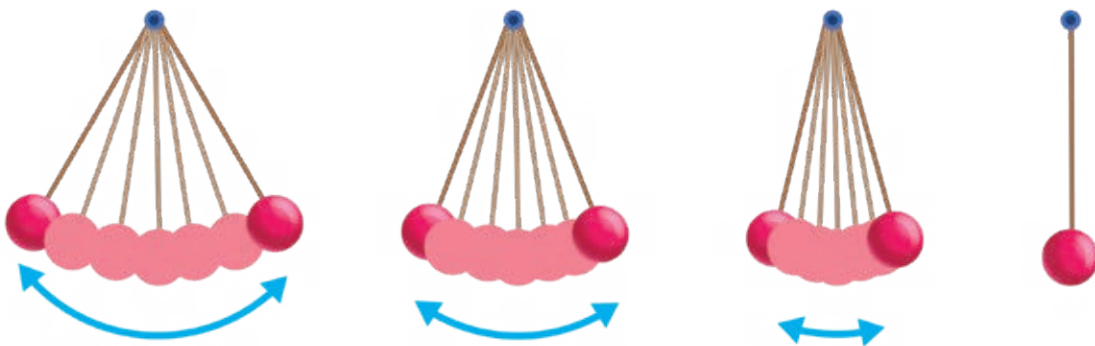
Ci sono tre osservazioni sul pendolo che dovrete conoscere e che sono utili per capire altri esperimenti che vi proporrò nel corso del libro.

### PRIMA OSSERVAZIONE: pendolo che si ferma

Vi sarete sicuramente accorti che quando fate oscillare un pendolo prima o poi si ferma.

#### PROVA E RIPROVA...

Ecco: vi invito a ragionare osservando, provando e riprovando, su quali sono le ragioni possibili del perché prima o poi il pendolo si ferma.



### SECONDA OSSERVAZIONE: pendolo più pesante che oscilla più a lungo

Un'altra cosa della quale penso vi siate accorti e accorte è che i pendoli più pesanti sono quelli che si fermano più tardi. Provate questo esperimento: prendete un pendolo molto leggero e uno molto pesante e fateli oscillare insieme.

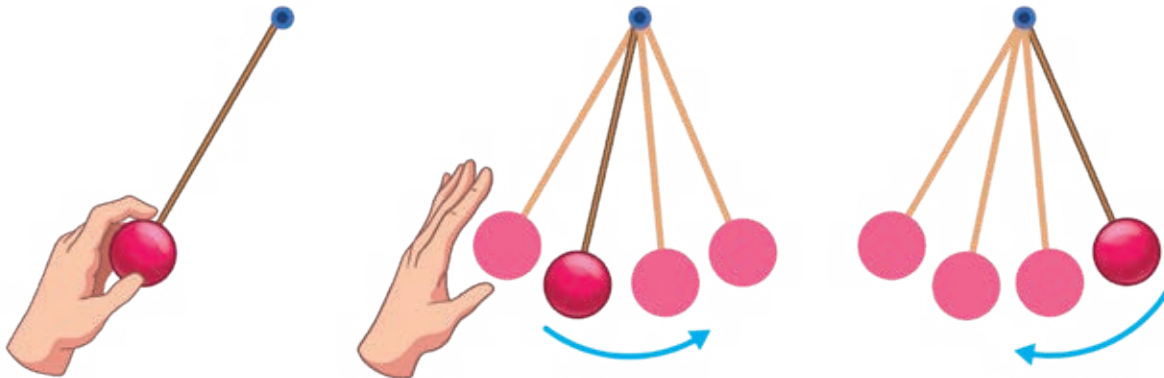
#### PROVA E RIPROVA...

Quale dei due si fermerà dopo? E perché?



**TERZA OSSERVAZIONE: pendolo che risale**

Quando si tiene il pendolo fermo lievemente sollevato, la nostra forza lo trattiene, ma quando lasciamo il pendolo quale forza lo fa scendere giù? E fino a qui trovare la risposta può essere semplice, anzi, per rendere più semplice il problema ve lo dico io, anche se penso che lo abbiate capito da soli: a far andare giù il pendolo è ovviamente la forza di gravità.



Il problema è che il pendolo quando arriva alla parte più bassa del suo percorso mica si ferma, lo avrete notato, ma continua a salire.

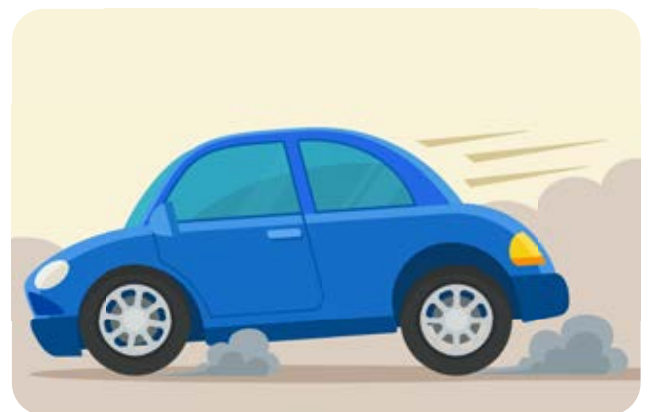
**PROVA E RIPROVA...**

Quale forza, che si oppone alla forza di gravità, lo fa salire? Perché il pendolo non si ferma quando è arrivato in basso? Perché continua a salire e poi ritorna indietro risalendo di nuovo? Qual è e da dove viene la forza che gli permette di risalire in alto sfidando la forza di gravità?

Tenete nota di queste tre cose (pendolo che si ferma, pendolo più pesante che oscilla più a lungo, pendolo che risale), vi torneranno utili quando farete altri esperimenti.

**FOCUS**

- Quando siete all'interno di un'auto in movimento, se l'auto frena voi che siete dentro venite proiettati in avanti; è come se voleste continuare a camminare anche se la macchina si è fermata. Provate ad andare in bicicletta e a frenare in modo energico, sentirete una forza che vi fa andare avanti come per farvi staccare dalla bicicletta. La tendenza di un corpo a mantenere il proprio stato (di quiete o di moto) si chiama inerzia. Riguarda tutti i corpi.





## LA MISURA DEL TEMPO

Per comprendere bene il senso delle cose che andava scoprendo, Galileo Galilei capì che era importante misurare: misurare la lunghezza di un pendolo, l'altezza di caduta di un oggetto, il peso degli oggetti adoperati per i suoi esperimenti e misurare il tempo. Misurare il tempo con una certa precisione nel XVII secolo non era cosa da poco. I cronometri non esistevano, e le clessidre non davano risultati molto precisi, considerando soprattutto il fatto che spesso gli intervalli di tempo da misurare erano brevissimi.

- 1 Quanto tempo impiega una sfera a rotolare lungo una discesa?
- 2 Quanto tempo impiega un pendolo a completare un'oscillazione (cioè ad andare avanti e indietro)?
- 3 Quanto tempo impiega un suono a percorrere una distanza di sei iarde?



### IMPARA A IMPARARE

- Fai una ricerca sul web e scopri che unità di misura è la iarda e a quanti metri corrisponde.

### GIOCHIAMO INSIEME

- Scrivi sotto ogni immagine il nome degli strumenti di misura del tempo rappresentati scegliendo fra quelli suggeriti di seguito.

gnomone ● orologio a pendolo ● orologio digitale ● cronometro ● clessidra



.....

.....

.....

.....

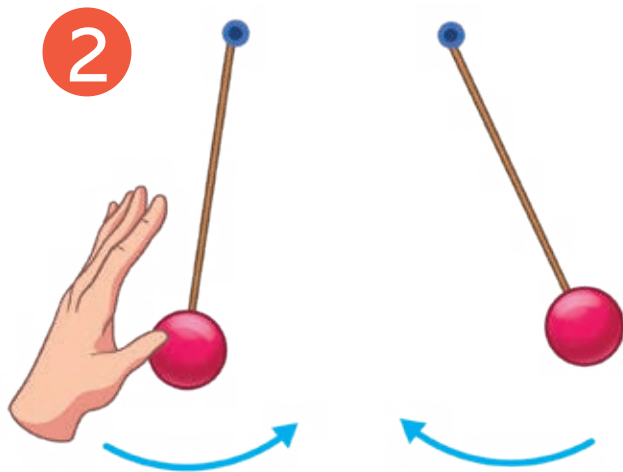
.....

.....

.....

Galileo Galilei sperimentò numerosi modi per misurare il tempo e uno dei primi suoi tentativi fu quello di usare la musica.

Galilei era un bravissimo musicista e poiché per fare i suoi esperimenti aveva bisogno di misurare non solo i pesi e le lunghezze dei suoi pendoli, ma anche i tempi di oscillazione o la discesa di un oggetto lungo un piano inclinato, per effettuare queste misure adoperò la musica.



Per misurare, per esempio, il tempo che impiegava un pendolo per completare dieci oscillazioni, canticchiava un canto sempre mantenendo lo stesso ritmo, contava le battute musicali, e quel numero di battute lo usava come misura. Più tardi inventò altri nuovi modi di misurare il tempo, tra i quali un orologio a pendolo.

### GIOCHIAMO INSIEME

- Immaginate di essere in un periodo storico dove non esistono orologi né cronometri e provate a inventare, progettare e realizzare un oggetto o un meccanismo che vi permetta di misurare, in modo più preciso, un breve intervallo di tempo.



Un orologio a pendolo del XIX secolo.  
(Museo Galileo)

# Un piccolo racconto della mia infanzia



Albert Einstein insieme alla sorella Maja.

**I**o, Albert Einstein, da piccolo non ero esattamente un tipo molto sveglio, pensate che a quattro anni parlavo a stento, non riuscivo ad articolare i suoni. Quando avevo la vostra età non è che le cose andassero molto meglio. I compagni mi ascoltavano ma non capivano quello che dicevo. Non riuscivo a mettere le parole bene una dietro l'altra. I miei pensieri erano più veloci delle parole e alcuni pensavano di me che ero proprio uno stupido. Però in compenso sapevo suonare benissimo il violino, sapevo costruire delle cose complicatissime con le costruzioni di legno (ai miei tempi i LEGO ancora non esistevano) e facevo degli esperimenti con l'elettricità che mi appassionavano moltissimo. Quando sono diventato un po' più grande, dodicenne, figuratevi che un mio professore un giorno mi disse: «Albert nella vita tu non combinerai mai niente!». Sbagliavo tante cose, ma ne indovinavo tante altre, e grazie alla forza di volontà e al desiderio di conoscenza che non mi hanno mai abbandonato e che mi spingevano a osservare e studiare meglio le cose che amavo, alla fine ho fatto tutte le scoperte di cui avete sentito parlare.



Albert Einstein mentre suona il violino.

## PAROLE CHIAVE

- Spesso la parola scienziato viene associata alla parola pazzo. È un problema che hanno molte persone quando hanno idee particolari e non molto comuni, che, essendo diverse da quelle della maggioranza, risultano incomprensibili e quindi automaticamente "folli". Basta un piccolo esempio per capire che questo modo di giudicare ciò che non capiamo è sbagliato. Ai tempi di Galileo la maggior parte della gente pensava che il Sole girasse intorno alla Terra. Solo poche persone la pensavano diversamente ed erano considerate folli fin quando non si è scoperto che avevano ragione loro.



# Sulle spalle dei giganti

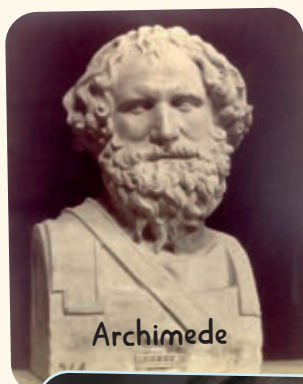
**È** arrivato il momento di affrontare problemi ancora più difficili di quelli che abbiamo affrontato nelle prime tre giornate. State cominciando a comprendere che le forze non sono cose così semplici come possono sembrare. Per dirvene una: io, Albert Einstein, ho scoperto una cosa che ha lasciato a bocca aperta tutti gli scienziati del mondo e cioè che lo spazio e il tempo sono una cosa sola e che se si va molto ma molto veloci, diciamo a una velocità vicina a quella della luce, il tempo passa più lentamente e che più vicino ti trovi a un pianeta dotato di forza di gravità più velocemente scorre il tempo.

Ma queste sono cose sulle quali è difficilissimo fare degli esperimenti, quindi adesso ci occuperemo di scoperte che scienziati eccezionali come Galilei e Newton hanno fatto prima di me e che sono molto più semplici da osservare e provare.

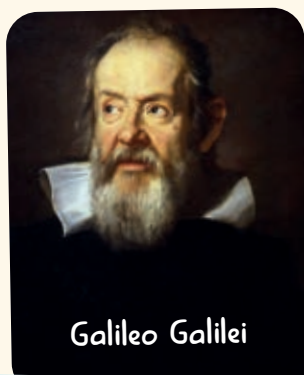
Posso dirvi una cosa però: se loro non avessero fatto queste scoperte prima della mia nascita, probabilmente non sarei riuscito a capire quello che ho capito quando avevo poco più di vent'anni.



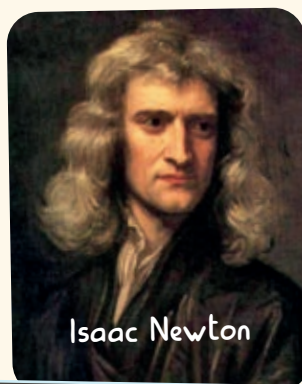
Il Sistema Solare



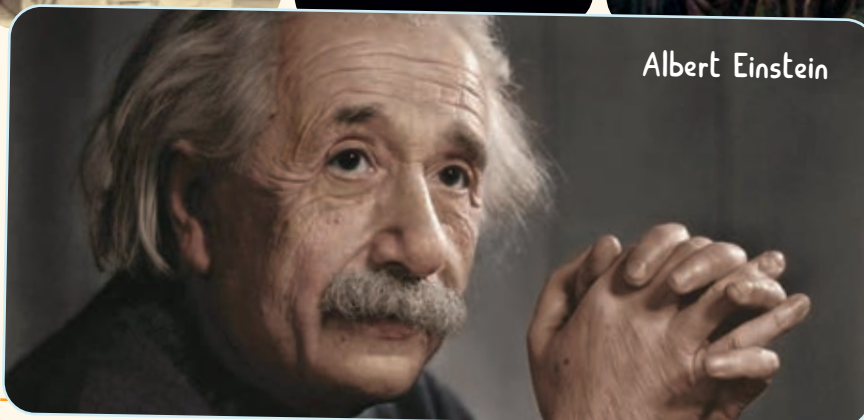
Archimede



Galileo Galilei



Isaac Newton



Albert Einstein

Per noi scienziati funziona così: per poter vedere più lontano dobbiamo “salire sulle spalle” di quelli che sono venuti prima di noi e vi garantisco che a salire sulle spalle di Galilei e di Newton si vede molto ma molto lontano e si scoprono cose che è difficile immaginare. Voi, insieme a me, state iniziando a provare alcuni degli esperimenti più importanti della storia della scienza.



## IL PIANO INCLINATO

**A**desso proviamo, adoperando quello che abbiamo in casa, a realizzare uno degli esperimenti più importanti della storia della scienza. Lo ha ideato Galileo Galilei che, dopo aver scoperto che un oggetto in caduta aumenta continuamente la sua velocità, voleva provare a misurare il modo in cui questa velocità aumentava. Ma gli oggetti, mentre cadevano, erano così veloci che non era possibile nessuna misura; decise allora di provare a rallentare la discesa di un oggetto, e invece di fare cadere una sfera dall'alto la fece rotolare lungo un piano inclinato, cioè lungo una lieve discesa. Grazie a questa semplice ma geniale idea scoprì alcune cose che ora proveremo a riscoprire insieme.



Giuseppe Bezzuoli, *Galileo dimostra l'esperienza della caduta dei gravi a Don Giovanni de' Medici*, 1839

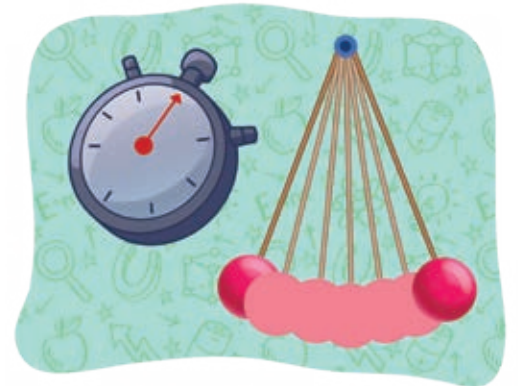
### RIFLETTIAMO INSIEME

- Prima di continuare a leggere, prova a immaginare uno o più modi per cercare di risolvere il problema di Galilei. Come far scendere una sfera in discesa, misurando il suo percorso e il tempo che ci impiega per percorrerlo. Quali materiali utilizzeresti? Quali strumenti? E come monteresti e useresti il tutto? Realizza un progetto personale di piano inclinato prima di andare avanti nella lettura.

## Come costruire un piano inclinato

### MATERIALI NECESSARI

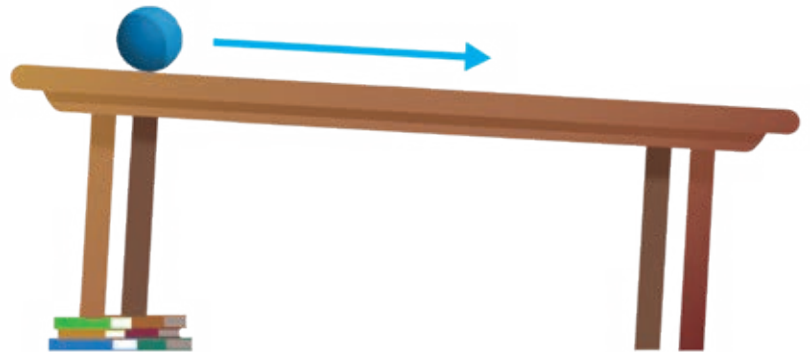
- Biglie di vetro grandi (si trovano presso i giocattolai, spesso nei sacchetti di biglie ce ne sono due o tre più grandi insieme a quelle più piccole).
- Un pendolo o un cronometro per misurare il tempo. Il pendolo ormai sapete costruirlo, ne basta uno con la cordicella lunga circa 20 centimetri.



### ISTRUZIONI PER LA COSTRUZIONE

Il piano inclinato può essere costruito in diversi modi:

- Un tavolo normale inclinato leggermente mettendo sotto i piedi da un lato dei libri o dei quaderni per sollevarlo in modo che la biglia possa rotolare.



- Un piano inclinato può anche essere costruito con due bastoni di scopa uniti agli estremi con dello scotch-carta. I due bastoni creano una pista quasi perfetta per le biglie. Basta sollevare un poco uno dei due lati mettendoci sotto dei libri o dei quaderni e diventa un ottimo piano inclinato. Più lunghi sono i bastoni meglio è.

- Un altro piano inclinato lo ha costruito quel maestro di cui vi parlavo, adoperando una sbarra per fissare gli armadi a muro e gli appendi abiti. È davvero un ottimo piano inclinato (vedi l'immagine a fianco).



## Il piano inclinato: prima parte

Per poter fare questo esperimento bisogna essere almeno in tre:

- il **responsabile della biglia** che lascia rotolare la biglia dalla parte più alta del piano inclinato e dà il via quando la biglia comincia a scendere lungo il piano inclinato;
- l'**osservatore** che dice stop quando la biglia è giunta alla fine del suo percorso;
- il **misuratore** che comincia a misurare il tempo quando il responsabile della biglia dice via e termina la misura quando l'osservatore dice stop.

Ovviamente dovete segnare con molta chiarezza, usando un pennarello indelebile scuro, l'inizio e la fine del percorso per poter misurare nel modo più preciso possibile quanto tempo impiega la biglia a percorrerlo.

Se state usando il tavolo, non scrivete sul tavolo: attaccate dello scotch carta e scrivete sopra lo scotch. Ho fatto arrabbiare molte volte mia madre facendo pasticci del genere mentre cercavo di fare esperimenti in casa!



Bambini impegnati in alcuni esperimenti con il piano inclinato.

## RIFLETTIAMO INSIEME

- Ricorda, pensa e immagina tutte le volte che accade che un oggetto viene messo in movimento nella natura e nel mondo intorno a te perché si trova su un piano inclinato. Il mondo è pieno di piani inclinati. Cercali, annotali, disegnalili sul quaderno.

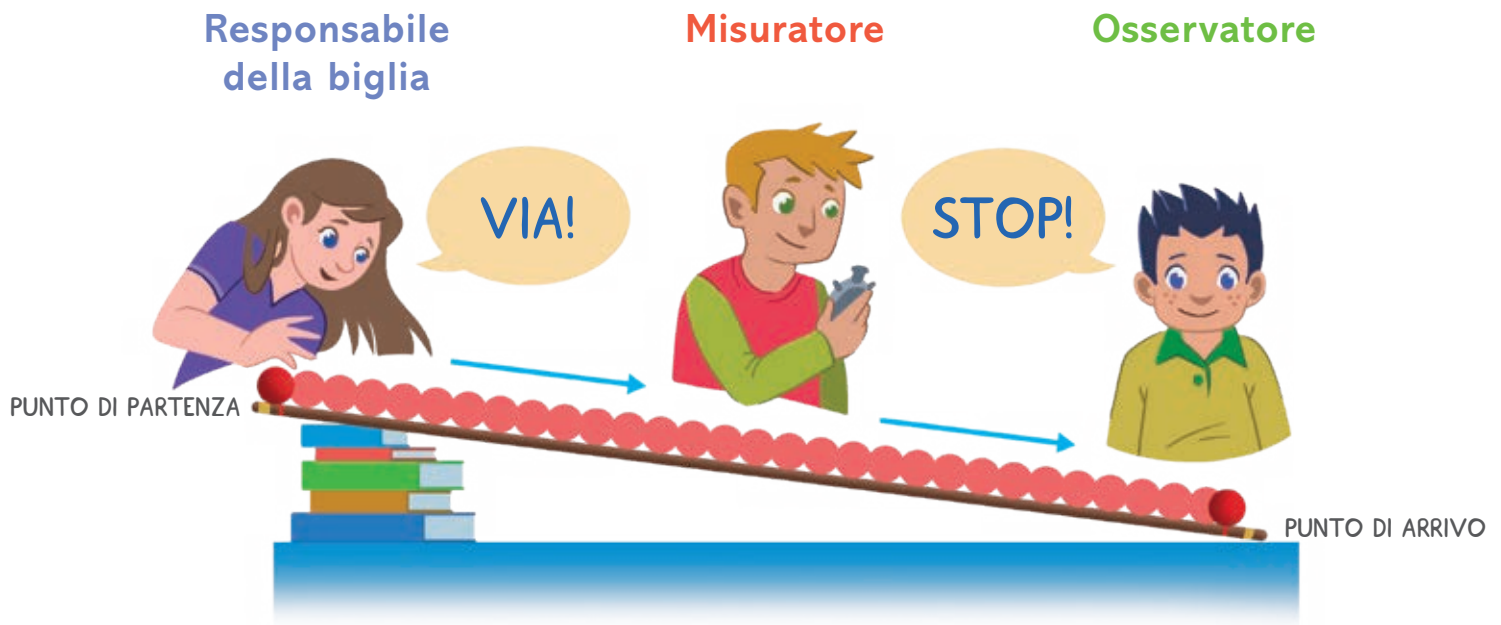
COME PROCEDERE

L'esperimento va fatto in questo modo: il responsabile della biglia sistema la biglia all'inizio del percorso, nella parte più alta, sul punto in cui è segnato il punto di partenza. Non appena lascia la presa sulla biglia dice VIA.

Il misuratore, appena sente dire via, comincia a misurare il tempo o contando le oscillazioni del pendolo o usando il cronometro. Quando sente dire stop, il misuratore smette di contare le oscillazioni del pendolo o ferma il cronometro.

L'osservatore, guardando da una certa distanza il piano inclinato, dice STOP quando la biglia giunge al punto di arrivo segnato sul percorso con il pennarello.

Il misuratore scrive quanto tempo ci ha impiegato, in oscillazioni o in secondi e centesimi di secondo.



Per essere sicuri di fare una misura più precisa possibile provate almeno cinque volte: se la misura si ripete più o meno uguale allora avete raggiunto un buon risultato.

Fatto questo misurate quanto tempo ci impiega la biglia a percorrere tutto il piano inclinato. Provate a vedere che cosa succede inclinandola all'inizio un poco, mettendoci un libro solo, poi via via aggiungendo libri, fino a far diventare la discesa sempre più ripida.

PROVA E RIPROVA...

Che cosa succede? Qual è la forza che fa scendere la biglia? Vi sembra che mantenga sempre la stessa velocità?

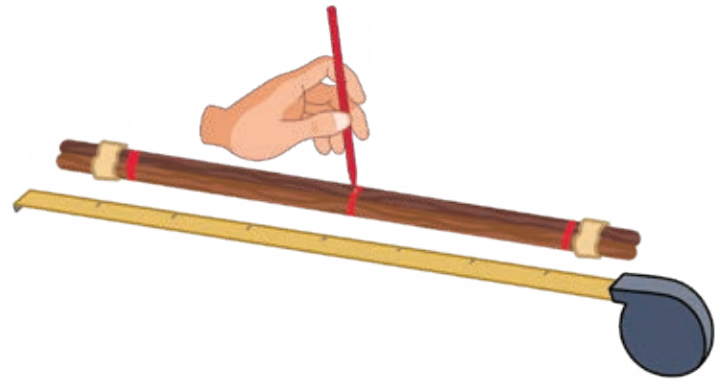
## Il piano inclinato: seconda parte

Ora che vi siete abbastanza allenati provate a dividere in due parti uguali il percorso del piano inclinato tracciando un segno a metà strada con il pennarello. Per fare questo con maggiore precisione possibile misurate la distanza tra il segno di partenza e quello di arrivo e dividete per due.

Adesso il lavoro di misura si fa più difficile.

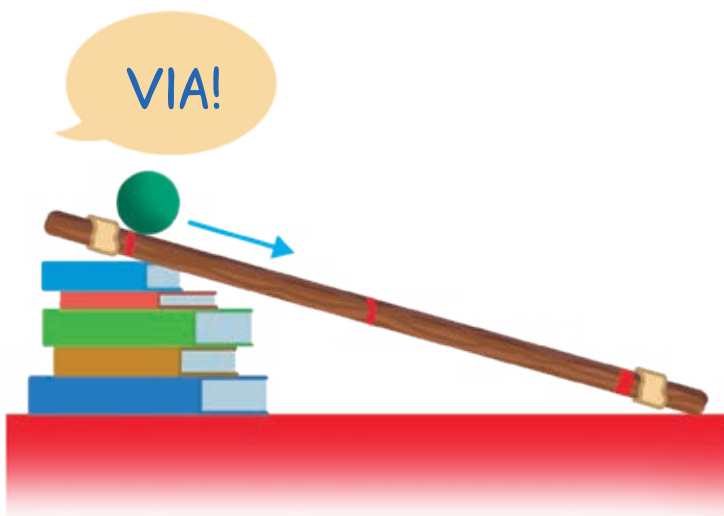
Scegliete un'inclinazione non eccessiva in modo che la palla non sia troppo veloce ma nemmeno lentissima.

Poi procedete nello stesso modo di prima, solo che questa volta, le misure da eseguire sono di due tipi.



### PRIMA MISURA

Il responsabile della biglia fa partire la sfera dal punto di partenza dando il via per dare inizio alla misura del tempo; l'osservatore però, questa volta dice stop quando la biglia arriva a metà del percorso; il misuratore annota il tempo su un foglio, anche in questo caso vi consiglio di eseguire la misura più volte per essere più precisi possibili.

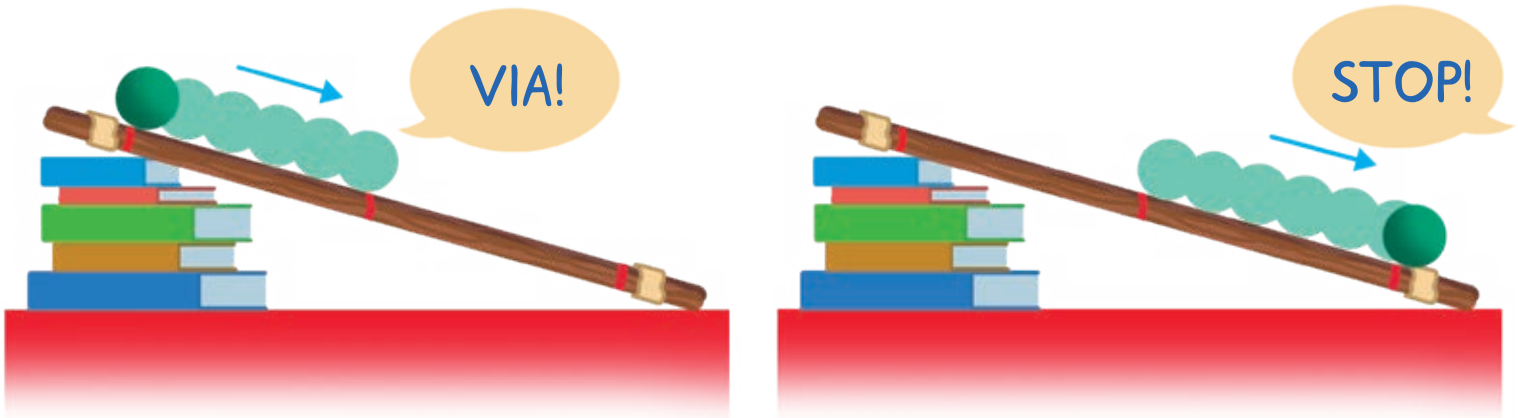


“Via” è il punto da cui si comincia a cronometrare.

“Stop” è il punto in cui bisogna fermare il cronometro.

SECONDA MISURA

Il responsabile della biglia lascia rotolare la biglia dall'inizio del percorso, ma questa volta il via per dare inizio alla misura del tempo lo dà l'osservatore quando la biglia arriva a metà del percorso e infine, come prima, dà lo stop quando la biglia arriva alla fine. In questo modo si è misurato quanto tempo la biglia ha impiegato a percorrere la seconda parte del piano inclinato. Anche in questo caso vi consiglio di ripetere le misure più volte.



“Via” è il punto da cui si comincia a cronometrare.

“Stop” è il punto in cui bisogna fermare il cronometro.

PROVA E RIPROVA...

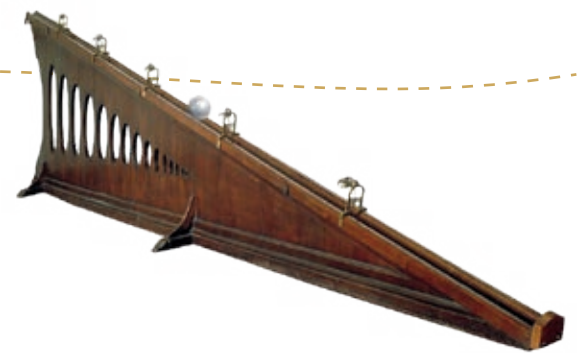
Fatto questo confrontate quanto tempo la biglia ci ha impiegato a percorrere la prima parte del piano inclinato e quanto tempo ci ha impiegato a percorrere la seconda parte. C'è una differenza?

Impiega più tempo nella prima parte del percorso, o nella seconda? E perché?

Se diventate degli abili sperimentatori e misuratori potete provare a dividere il piano inclinato in tre parti uguali, e provare a misurare il tempo impiegato a percorrere ogni frazione del piano inclinato. Se avete un piano inclinato molto lungo potete anche provare a dividerlo in quattro o cinque parti come ha fatto Galilei.

FOCUS

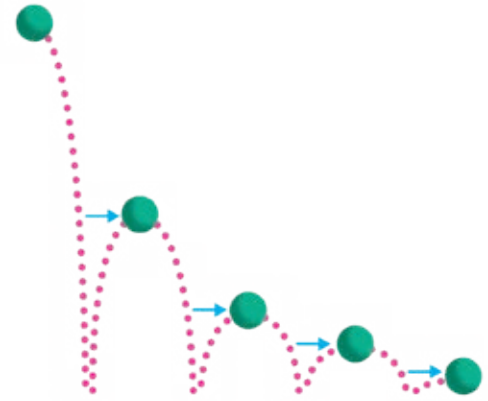
- Galileo Galilei, così come Isaac Newton e per quel che si sa anche Archimede, se riuscì a svolgere i suoi fondamentali esperimenti fu sicuramente perché sapeva usare le mani per inventare e costruire oggetti e macchine per realizzarli nel modo migliore possibile. Galilei frequentava con grande piacere gli artigiani: pensava che di fisica ne sapessero di più della maggior parte dei professori universitari!



Questo piano inclinato risale ai primi anni del XIX secolo. (Museo Galileo)

## Alcune proposte di osservazione

Vi ricordate quando avete fatto l'esperimento nel quale misuravate l'altezza dei rimbalzi delle palle matte? Che cosa avete misurato e di che cosa vi siete accorti? I risultati dell'esperimento sulle palle matte vanno d'accordo con quelli del piano inclinato?



E poi ancora: provate a osservare con molta attenzione un pendolo che oscilla, il più lungo possibile. Una volta il maestro di cui vi ho raccontato, in una classe ha fissato una corda al soffitto e ci ha appeso un pendolo. Poi ha lasciato oscillare il pendolo e lo ha osservato insieme a un gruppo di bambini. I bambini si sono accorti che il pendolo anche se oscillava sempre allo stesso ritmo come un grande e lentissimo orologio, durante l'oscillazione, non andava sempre alla stessa velocità. Provate a fare questo esperimento costruendo un pendolo il più lungo possibile e vedete che cosa scoprite.

## RIFLETTO



**A**lla fine del libro troverete la spiegazione di tutti gli esperimenti.

I miei maestri non mi

facevano fare queste cose, mi facevano solo studiare le cose scritte sui libri. Per fortuna io gli esperimenti li facevo a casa da solo. Questo mi ha aiutato a fare molte scoperte.

Noi scienziati abbiamo capito una cosa importante: per conoscere il mondo non basta leggere i libri ma bisogna anche fare, imparare a costruire macchine e oggetti, fare esperimenti, cercare nella natura, frugare, provare e riprovare. Lo sapeva Archimede, lo sapevano Galilei, Newton e Darwin e ne sono convinto anch'io.

