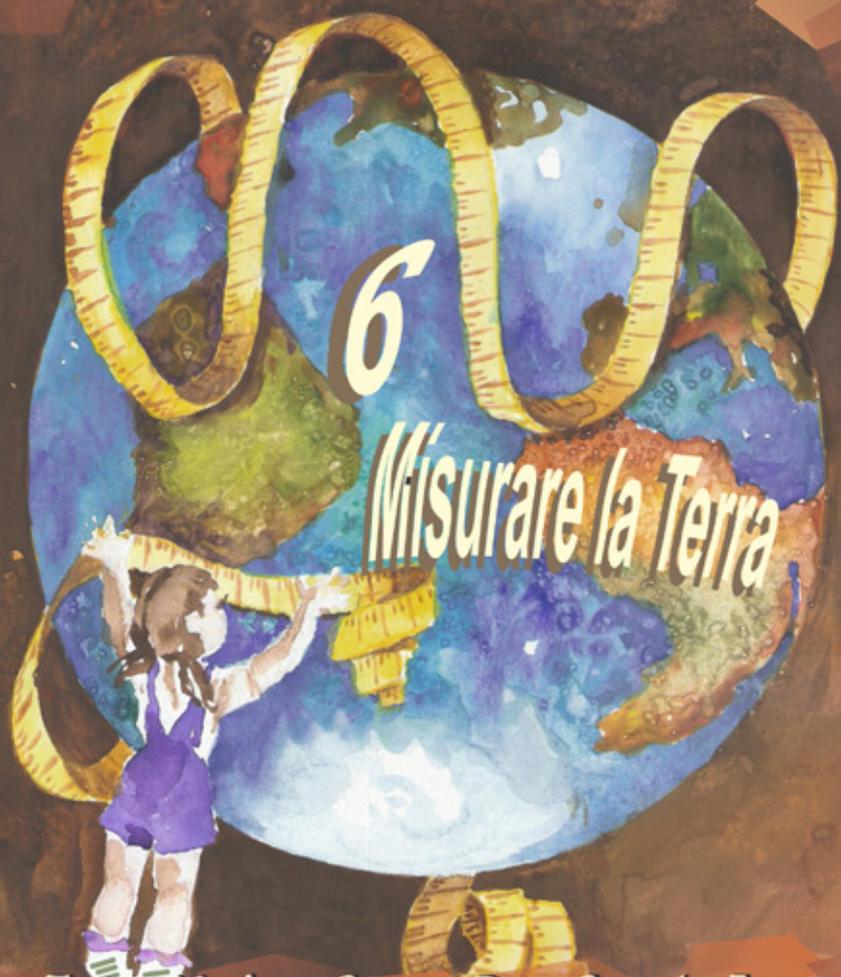


# ESPERIMENTI SEMPLICI PER CAPIRE UNA TERRA COMPLESSA



Testo: Mariano Cerca e Dora Carreón-Freyre  
Illustrazioni: Claudia Cuadra

Traduzione a cura di: Michelangelo Martini,  
Ana Diana Esparza Herrera e Eomir Roel Antonio Solis

# Università Nazionale Autonoma del Messico

Universidad Nacional Autónoma de México

**Enrique Luis Graue Wiechers**

Rettore

**Leonardo Lomelí Vanegas**

Segretario Generale

**William Henry Lee Alardín**

Coordinatore della Ricerca Scientifica

**Rosa María Beltrán**

Coordinatrice della Diffusione Culturale

**Socorro Venegas Pérez**

Direttrice Generale delle Pubblicazioni e Sviluppo Editoriale

**Lucia Capra Pedol**

Direttrice del Centro per le Geoscienze

**Susana A. Alaniz Álvarez**

**Ángel F. Nieto Samaniego**

**Yadira H. Hernández Pérez**

Coordinatori della Serie

**Claudia Cuadra**

Desing e Illustrazioni

**Juan Carlos Mesino Hernández**

Impaginazione

Traduzione a cura di

**Michelangelo Martini**

**Ana Diana Esparza Herrera**

**Eomir Roel Antonio Solis**

Prima edizione, maggio 2022

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, México D.F.

Centro de Geociencias

Universidad Nacional Autónoma de México

Boulevard Juriquilla núm. 3001, Juriquilla, Querétaro

C.P. 76230, México

ISBN (Colletion intégrale) 978-607-02-9178-4

ISBN 978-607-30-6084-4

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.



**ESPERIMENTI SEMPLICI PER CAPIRE  
UNA TERRA COMPLESSA**

**6. Misurare la Terra**

**Testo: Mariano Cerca e Dora Carreón-Freyre**

**Illustrazioni: Claudia Cuadra**



# INDICE

## **Introduzione**

Pag.1

## **Le prime misurazioni**

Pag.4

**Esperimento 1:** Misurare la circonferenza della Terra

Pag. 8

**Esperimento 2:** Raggi paralleli e divergenti

Pag. 11

**Esperimento 3:** Esplorare per creare una mappa

Pag. 12

**Esperimento 4:** Misurare all'interno della Terra

Pag. 15

**Esperimento 5:** Misurare la distanza con le onde

Pag. 16

**Esperimento 6:** Misurare il contenuto d'acqua nel suolo

Pag. 20

**Esperimento 7:** Misurare la consistenza del suolo

Pag. 22

**Esperimento 8:** Misurare la consistenza dei materiali  
geologici

Pag. 25

## **Ringraziamenti**

Pag. 29

## **Sugli autori**

Pag. 30

## **A proposito dei traduttori**

Pag. 31



# INTRODUZIONE

Fin dalle origini, l'uomo ha cercato di comprendere la Terra, di capire qual è la sua composizione, la sua forma e studiare come si muove. Lo sviluppo di metodi e procedimenti per misurare è stato fondamentale per soddisfare queste inquietudini e, in alcuni casi, questi metodi di misurazione sono stati concepiti in maniera originale e creativa. Misurare consiste nell'incontrare la proporzione esistente tra un oggetto ed una unità di misura prestabilita. Per esempio, utilizziamo un righello o un metro per misurare la lunghezza. In alcuni casi, però, non è possibile usare questi strumenti, soprattutto quando ci troviamo a che fare con lunghezze molto grandi. In queste occasioni, possiamo comunque misurare altre distanze, che ci porteranno ad ottenere in modo indiretto la misura che cerchiamo.

Ti immagini come sarebbe difficile misurare la distanza tra la tua casa e la scuola con un righello? O la distanza tra la Terra e la Luna, l'altezza di un edificio di molti piani o di una montagna? Vogliamo approfittare di questa occasione per raccontarti uno degli esperimenti più ingegnosi che sono stati realizzati per misurare in modo indiretto la circonferenza della Terra. Inoltre, ti mostreremo come si misurano alcuni tra i parametri fisici più interessanti del nostro pianeta, i quali sono l'oggetto di studio di discipline come la Geografia, la Geologia, la Geofisica e la Meccanica del Suolo.

## ERATOSTENE DA CIRENE

Eratostene fu un antico greco molto saggio. Egli era il responsabile della Biblioteca di Alessandria verso la metà del III secolo avanti Cristo; più precisamente 2249 anni fa. Oltre ad essere un esperto di Astronomia, Eratostene era anche uno studioso della Geografia, Filosofia e Poesia. Si dice che era molto intelligente ed era sempre il secondo più bravo in tutto quello che faceva; per questo, i suoi contemporanei lo chiamavano Beta,  $\beta$ , la seconda lettera dell'alfabeto greco.



Ad Eratostene si attribuisce l'invenzione della sfera armillare: uno strumento formato da anelli metallici che girano con velocità diverse attorno ad uno stesso centro. Ai tempi di Eratostene, si pensava che la Terra fosse al centro di un sistema di sfere, tra le quali si trovavano il Sole, la Luna, i pianeti e le stelle. La sfera armillare permetteva di calcolare con buona precisione il movimento degli astri osservato dalla Terra.



Si attribuisce ad Eratostene anche l'invenzione di una tavola numerica che, in modo molto semplice, permette di ottenere la sequenza dei numeri primi. Questa tavola può essere riprodotta facilmente in classe o a casa in questo modo: si disegna sulla lavagna, o su un foglio, una tavola che contiene i numeri in ordine crescente, cominciando dal 2, e si cancellano poco a poco tutti i loro multipli. I numeri che rimangono nella tavola sono i numeri primi.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

“Sulla misurazione della Terra” è il titolo dell’opera in cui Eratostene spiega come, in modo molto creativo, sia riuscito a misurare il pianeta. Questo libro ha in parte gettato le basi del metodo scientifico e della Geografia. Purtroppo, quest’opera non è arrivata fino ai giorni nostri. Noi però la conosciamo molto bene grazie alle numerose citazioni nei testi di altri autori classici.

È doveroso menzionare che Eratostene non fu l'unico a chiedersi quanto misura la circonferenza della Terra. Infatti, un altro esperimento con uno svolgimento molto simile a quello di Eratostene fu realizzato 1300 anni fa da Yi Xing, uno studioso un pò meno conosciuto. Yi Xing inviò 13 gruppi differenti di persone a diverse parti del territorio cinese, con l'obiettivo di fargli misurare l'ombra prodotta da un'asta di bambù, sia in estate che in inverno. Con i dati ottenuti, Yi Xing poté calcolare con gran precisione la lunghezza di un segmento del meridiano terrestre.

Attualmente, la misurazione diretta e indiretta dei vari parametri fisici della Terra è compito di discipline come la Geodesia, la Geografia, la Geologia e la Geofisica.



Nelle pagine seguenti, ti presentiamo l'Esperimento 1, grazie al quale torneremo indietro nel tempo fino all'antico Egitto, e vedremo quali sono stati i problemi che ha affrontato Eratostene per misurare l'angolo solare di un punto sulla superficie terrestre e la distanza tra due città. Per fare ciò utilizzeremo due piccoli obelischi verticali, che potrai ritagliare da questo libretto ed incollare su una superficie orizzontale. Nell'Esperimento 2, invece, vedremo come è possibile misurare il meridiano terrestre. Questo esperimento consiste semplicemente nel misurare l'ombra che produce ognuno dei due obelischi e giocare un pò con la geometria.

Nell'Esperimento 3 faremo una mappa, e ripasseremo quali sono le sue caratteristiche principali. Con l'Esperimento 4, ripasseremo come si formano alcune delle montagne che ci sono sul nostro pianeta. L'Esperimento 5 ci insegnerà come misurare le distanze grazie alla propagazione di un'onda. Gli Esperimenti 6 e 7 ci faranno capire come misurare certe proprietà dei suoli. Infine, con l'Esperimento 8, scopriremo come misurare la resistenza di un suolo e di una roccia.

## LE PRIME MISURAZIONI



Quando Eratostene progettò e realizzò il suo esperimento, più di 2200 anni fa, non esistevano strumenti di precisione per misurare la distanza tra le città. È per questo che la precisione del risultato ottenuto da Eratostene è davvero sorprendente. Eratostene approfittò di essere il responsabile della Biblioteca di Alessandria, la più importante del suo tempo, per consultare le mappe del mondo conosciuto a quell'epoca, e le carte di ripartizione dei terreni agricoli d'Egitto. Grazie allo studio di queste mappe, si rese conto che la superficie della sfera terrestre può essere suddivisa da una rete di linee ortogonali che si susseguono a distanze regolari.

Il risultato principale dell'esperimento di Eratostene fu quello di ottenere la lunghezza del meridiano terrestre. Però, cos'è un meridiano? È la circonferenza della Terra che passa per i poli terrestri. Un parallelo, invece, è la circonferenza definita dall'intersezione tra la superficie della Terra ed un piano perpendicolare al suo asse di rotazione. La vera importanza di questo esperimento sta nella maniera in cui è stata calcolata la circonferenza della Terra, cioè attraverso la misurazione dei diversi angoli di incidenza dei raggi solari sulla superficie terrestre. Con questo metodo, è possibile misurare la distanza tra città e, addirittura, tra la Terra ed altri corpi celesti, come il Sole e la Luna.

Il documento seguente è una trascrizione un po' romanzata di quella che fu la lettera originale scritta da Eratostene. Questa lettera ci fa capire molto chiaramente quali furono i problemi reali che affrontò Eratostene nel III secolo avanti Cristo per realizzare la misurazione della circonferenza della Terra. Sappiamo bene che Eratostene scriveva frequentemente delle lettere a Tolomeo Evergete, raccontandogli i suoi interessi scientifici, e in cui manifestando una grande curiosità per i fenomeni naturali.



Siene (attualmente Assuan, Egitto), Giugno 21

Mio stimato amico Tolomeo Evergete:

Ti scrivo dalla mia casa di Siene, dalla finestra della quale osservo le fronde delle palme fluttuare lentamente nel vento, un pò di calma dopo tanti mesi di viaggio. Gli uomini che hai mandato per misurare la distanza tra la nostra cara Alessandria e questa città sono stati davvero di grande aiuto. Abbiamo calcolato una distanza di 5000 stadi\* tra le due città. Attendo con impazienza il prossimo solstizio poter tornare ad Alessandria e misurare col mio nuovo gnomone\*\* la differenza tra gli angoli solari. Infatti, se esiste una differenza tra gli angoli, questa si può spiegare solo ammettendo che la Terra abbia una forma sferica, ed il Sole si trovi così lontano che i suoi raggi incidono sulla superficie terrestre con una orientazione costante.

Il tuo amico  
Eratostene

\*Uno stadio è un'unità di misura egiziana che equivale a circa 160 metri.

\*\*Uno gnomone è un oggetto allungato, generalmente di forma triangolare, che serve per proiettare l'ombra di un oggetto e vedere come questa si muove nel tempo.

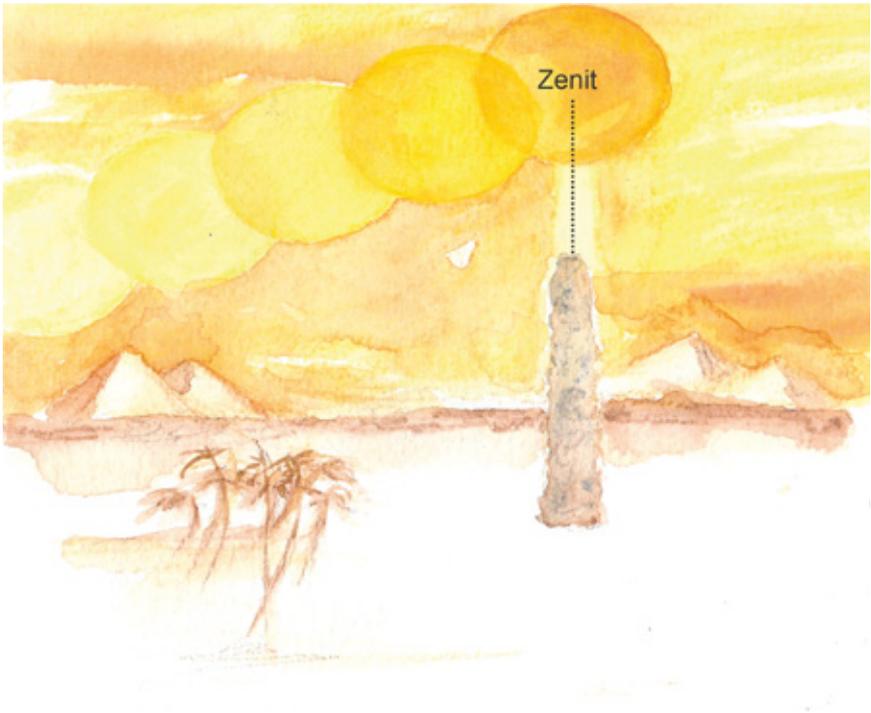


Mapa dei paralleli e meridiani ai tempi di Eratostene. Per calcolare la circonferenza della Terra, Eratostene aveva inferito che Alessandria ed Assuan si trovassero sullo stesso meridiano. Oggi, invece, sappiamo che Alessandria si trova 3° ad ovest di Assuan.

Fin dai tempi di Parmenide, nel V secolo avanti Cristo, i greci sapevano che la forma della Terra è simile a quella di una sfera, e che il Sole si trova a una distanza così grande che i suoi raggi incidono sulla superficie del nostro pianeta con una orientazione costante.

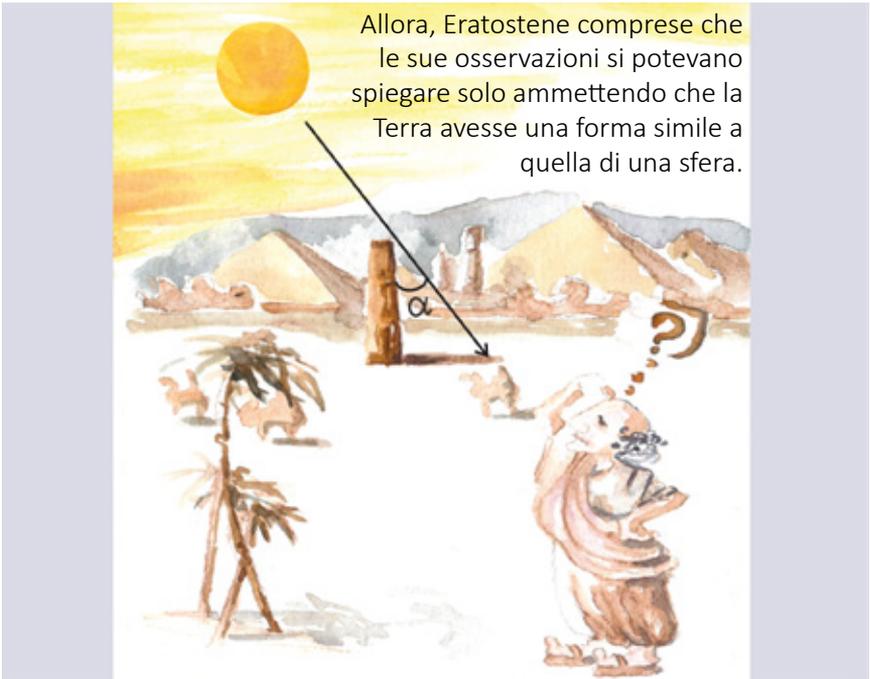
I greci avevano scoperto anche che esiste un angolo tra la traiettoria del Sole e l'equatore terrestre. Tutti i giorni, a mezzogiorno, esiste un punto sulla Terra in cui gli oggetti non proiettano ombra; questo succede perché il Sole si trova allo zenit (cioè perpendicolare alla superficie terrestre). Dato che l'asse della Terra è inclinato, all'unire tutti i punti sulla Terra dove si verifica questo fenomeno si ottiene una figura geometrica chiamata

Eclittica, la quale descrive il percorso apparente che il Sole compie in un anno rispetto allo sfondo della sfera celeste. L'Eclittica intersecca l'equatore in due punti. I due giorni in cui occorre questa intersezione si chiamano equinozi. Durante gli equinozi, il giorno e la notte hanno più o meno la stessa durata (12 ore). Il giorno che coincide col punto dell'Eclittica più a settentrione, nell'emisfero nord, è il solstizio d'estate, mentre il giorno che coincide con il punto più a meridione, nell'emisfero sud, è il solstizio d'inverno.



Ma cos'ha ha a che vedere Eratostene con tutto questo? Beh, fu proprio lui colui che calcolò l'angolo che forma l'Eclittica con l'equatore, ed ottenne un valore di  $24^\circ$ . Eratostene sapeva che Assuan si trovava alla latitudine del tropico del Cancro, e che la sua posizione coincideva con il punto del solstizio d'estate dell'Eclittica. È proprio per questo che ad Assuan gli oggetti non proiettano ombra a mezzogiorno.

Di ritorno ad Alessandria, a mezzogiorno, durante il solstizio d'estate, Eratostene misurò con grande precisione l'ombra di un obelisco di altezza conosciuta, ottenendo un angolo  $\alpha$  di  $7.2^\circ$ .



Eratostene usò lo “stadio” egiziano come unità di misura per la lunghezza. Uno stadio corrisponde a circa 160 metri. Attualmente, usiamo unità di misura fondamentali definite con gran precisione dal Sistema Internazionale delle Unità di Misura (SI). Più precisamente, sono state definite sette unità di misura fondamentali.

Qui solo useremo le prime tre unità della tabella, le quali hanno a che vedere con gli esperimenti che realizzeremo.

Quantità fisica	Unità di misura	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Peso	chilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Temperatura	Kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd
Intensità della corrente elettrica	Ampere	A

# ESPERIMENTO 1

## Misurare la circonferenza della Terra

Per spiegare come si sia riusciti a misurare la Terra, riprodurremo l'esperimento che Eratostene eseguì duemila anni fa; però lo faremo in miniatura.

### Materiali

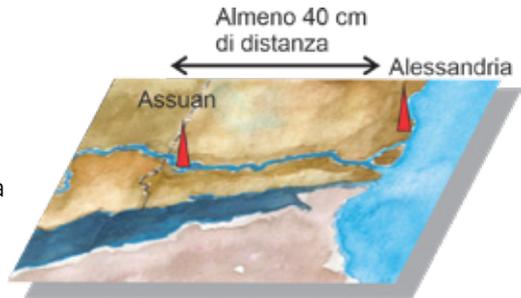
2 oggetti di forma allungata e di lunghezza conosciuta (puoi ritagliare e costruire gli obelischi con il materiale che ti forniamo alla fine del libretto).

1 cartoncino

1 righello

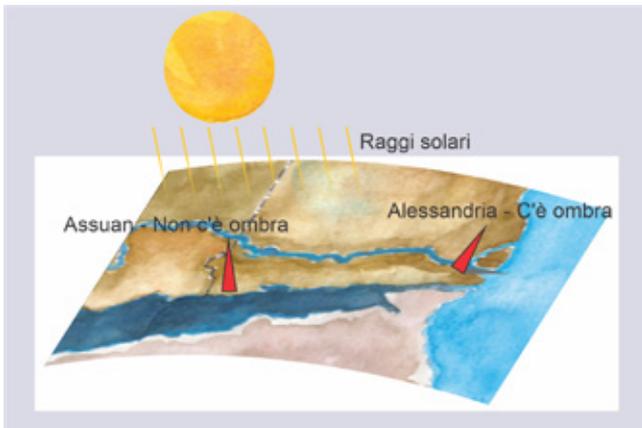
Colla o scotch biadesivo

È importante realizzare l'esperimento in una giornata di sole, verso mezzogiorno.



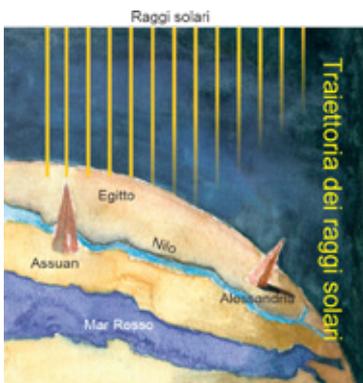
### Procedimento

Prima di tutto dobbiamo costruire gli obelischi e incollarli ad una distanza di 40 cm tra di loro sul cartoncino. Per rendere l'esperimento più reale, è possibile fotocopiare una mappa dell'Egitto e incollarla sul cartoncino prima di applicare gli obelischi. In questo modo, è possibile posizionare gli obelischi esattamente nei punti che corrispondono alle città di Assuan ed Alessandria. Assicurati che gli obelischi si mantengano fissi ed in posizione verticale sul cartoncino.



Adesso che abbiamo costruito la nostra parte di Terra in miniatura, usciamo al sole. Metti il cartoncino su una superficie piana e osserva le ombre che si formano. Inclina il cartoncino in modo che gli obelischi non formino ombra. Ora pieghiamo leggermente il cartoncino per simulare la curvatura della Terra, ed incontrare l'angolo esatto per fare in modo che non si formi ombra ad Assuan mentre ad Alessandria si.

La lunghezza dell'ombra che si forma ad Alessandria dipende dalla curvatura della Terra. Per verificare quest'ipotesi, cerca di variare la curvatura del cartoncino, mantenendo fissa la posizione di Assuan rispetto ai raggi solari, ma in modo che l'ombra prodotta dall'obelisco di Alessandria si allunghi e si accorci.

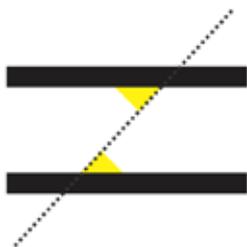


L'ombra dipende anche dalla distanza tra le due città. Per verificare quest'altra ipotesi, chiedi aiuto ad un amico o un'amica, e chiedigli di sostenere il cartoncino senza che venga modificata la sua curvatura, stando sempre attenti a fare in modo che non si producano ombre in Assuan. Ora cerca di scollare l'obelisco di Alessandria e incollalo più vicino o lontano da Assuan.

## Spiegazione

Il disegno della pagina seguente permette di spiegare e comprendere il calcolo che Eratostene realizzò per ottenere la circonferenza della Terra. Ad Assuan, i raggi solari incidono perpendicolarmente alla superficie terrestre; per questo non formano nessuna ombra. Ad Alessandria, invece, i raggi colpiscono obliquamente la superficie della Terra, ed è per questo che generano un'ombra.

Se ad Alessandria si traccia una linea perpendicolare alla superficie, in modo che questa intercetti la traiettoria dei raggi solari, l'angolo di  $7.2^\circ$  che si ottiene è lo stesso che definisce la differenza di latitudine tra Alessandria ed Assuan (controllalo su un atlante dove sono disegnati i paralleli e i meridiani). La circonferenza della Terra si divide in  $360^\circ$ , e, dato che la distanza tra le due città è di 5000 stadi, il problema si risolve semplicemente dividendo  $360^\circ$  per  $7.2^\circ$  e moltiplicando il risultato per 5000. Il risultato finale è di 250000 stadi, ovvero 40000 km. Proprio niente male per il suo tempo!



Gli angoli segnati in giallo sono equivalenti.

La circonferenza della Terra si divide in  $360^\circ$ .

L'angolo  $\alpha = 7.2^\circ$  sta 50 volte dentro di una circonferenza completa.

La distanza tra le due città è di 5000 stadi.

La lunghezza della circonferenza della Terra è di  $50 \times 5000 = 250000$  stadi.

1 stadio = 160 m, quindi la circonferenza della Terra è di 40000 km.



Alessandria:  
l'obelisco forma un'ombra

Raggi solari paralleli

Assuan:  
l'obelisco non genera ombra

Centro della Terra

## Due sfide per i più grandicelli

### Sfida 1. Applica il metodo di Eratostene per misurare un pallone

1. Prendi un pallone ed incollaci sopra gli obelischi ad una distanza che tu possa misurare.
2. Esci verso mezzogiorno, e orienta il pallone in modo che uno degli obelischi non produca nessuna ombra.
3. Misura la lunghezza dell'ombra del secondo obelisco e calcola la circonferenza del pallone.

### Sfida 2. Verifica il metodo di Eratostene

Prova a riprodurre l'esperimento di Eratostene il giorno che il sole passi per lo zenit nella tua città. In altre parole, devi realizzare l'esperimento un giorno in cui uno gnomone (o orologio solare) non generi ombra a mezzogiorno. A Queretaro, in Messico, dove si trova il Centro per le Geoscienze dell'Università Nazionale Autonoma del Messico ( $20.7^\circ$  di latitudine), questo succede i giorni intorno al 25 di maggio e 18 luglio.

Allo stesso tempo, bisogna misurare l'ombra prodotta da un oggetto simile a quello che hai usato, però in un'altra città che si trovi più o meno lungo lo stesso meridiano. Se sei a Queretaro, per esempio, potrebbe essere Nuovo Laredo, nello stato di Tamaulipas (Messico), che si trova a  $28.2^\circ$  di latitudine ad una distanza angolare simile a quella che esiste tra Alessandria e Assuan.



## ESPERIMENTO 2

### Raggi paralleli e raggi divergenti

Oggi sappiamo che la Terra non è piatta, e che il Sole è così lontano da noi che i suoi raggi incidono sul nostro pianeta con una orientazione costante (sono tutti paralleli tra loro). Gli antichi greci riuscirono già ai loro tempi a capire che la Terra aveva una forma sferica, grazie all'attenta osservazione dell'ombra che questa proietta sulla luna durante un'eclissi, e ai cambiamenti della volta celeste con la latitudine. In base ai suoi calcoli, Eratostene stimò che la distanza tra il Sole e la Terra fosse di 140 milioni di chilometri; una distanza sufficientemente grande affinché i raggi del Sole colpiscano la Terra con la stessa orientazione. Per poter capire più a fondo quest'idea, possiamo realizzare un esperimento, grazie al quale analizzeremo il comportamento di raggi paralleli e raggi divergenti.

### Materiali

1 torcia

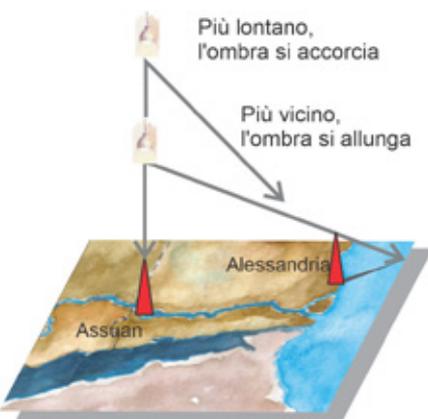
Il cartoncino con gli obelischi che hai costruito per l'esperimento 1



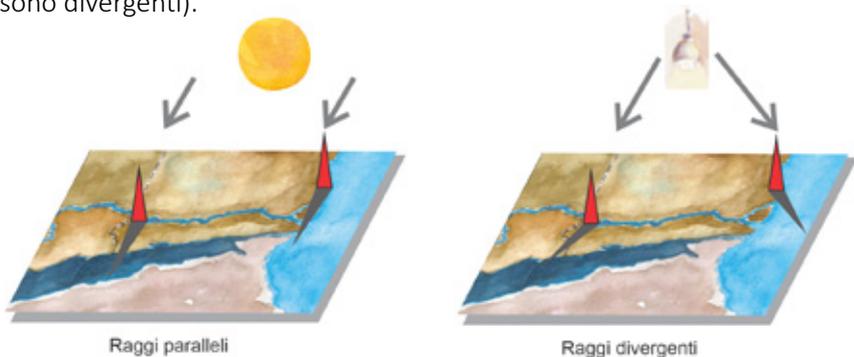
### Procedimento

Metti la torcia in posizione verticale, proprio sopra l'obelisco di Assuan, in modo che questo non generi ombra. Visto che il cartoncino ha una certa curvatura, l'obelisco di Alessandria produrrà invece un'ombra di una certa lunghezza. Misura la lunghezza dell'ombra dell'obelisco di Alessandria.

Ora allontana e avvicina la torcia. Potrai osservare come aumenta e diminuisce la lunghezza dell'ombra ad Alessandria. Riesci ad allontanare la torcia ad una distanza sufficientemente grande per fare in modo che l'ombra ad Alessandria sparisca?



Adesso esci al sole, e osserva come sono orientate le ombre dei due obelischi quando metti il cartoncino in una posizione come quella indicata nella figura qui sotto. Ora, cambia la fonte della luce e avvicina la torcia al cartoncino, senza che questo cambi di posizione. Avvicina e allontana la torcia e guarda cosa succede. Questo esperimento ci aiuta a confermare che il Sole è molto lontano dalla Terra, e, per questo, i suoi raggi incidono tutti con una stessa orientazione sulla superficie del nostro pianeta (le ombre prodotte quando incide la luce del Sole sono parallele). Invece, se usiamo una sorgente di luce più vicina, i raggi di questa incidono con direzioni divergenti (le ombre prodotte quando incide la luce della torcia sono divergenti).



## ESPERIMENTO 3

### Esplorare per creare una mappa

Eratostene è considerato il padre della Geografia; infatti, fu proprio lui colui chi formalizzò la metodologia di studio per questa disciplina. Uno dei suoi risultati più importanti fu elaborare una mappa del mondo conosciuto a quel tempo. Una mappa è una rappresentazione in scala della Terra, o di una porzione di essa, dove si possono disegnare le caratteristiche principali del territorio e inserire simboli che descrivono certi attributi e proprietà. Una delle virtù principali di una mappa è che su di essa si possono misurare lunghezze ed angoli con una buona precisione. In questo esperimento, costruiremo una mappa e impareremo a conoscere alcune delle sue caratteristiche più importanti.

### Materiali

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1 fettuccia metrica                      | 1 tappo di sughero e 1 ago |
| 1 bicchiere con dell'acqua fino al bordo | 1 calamita e dello scotch  |
| 1 foglio a quadretti (20 cm x 20 cm)     | Matite colorate            |

## Procedimento

La mappa seguente rappresenta una porzione del territorio messicano. Nella mappa si mostrano: 1) la localizzazione generale della regione; 2) la rosa dei venti che indica la direzione dei quattro punti cardinali; 3) la scala.

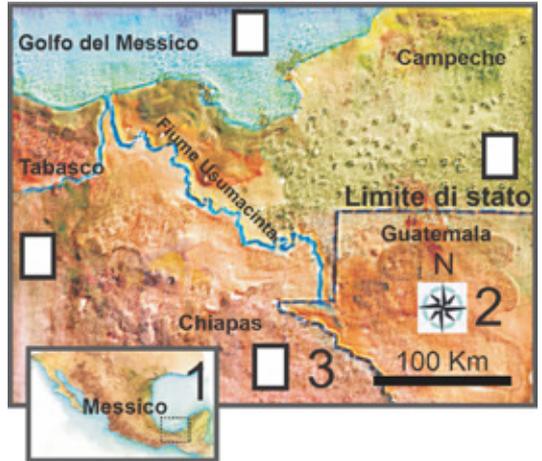
Riempi le caselle vuote sulla mappa inserendo i quattro punti cardinali: Nord (N), Sud (S), Est (E) e Ovest (O).

Osserva gli elementi geografici rappresentati nella mappa (fiumi e limiti di stato), e misura che angolo formano rispetto al Nord.

Ora, iniziamo a progettare la costruzione della nostra mappa; se sei d'accordo, faremo la mappa del parco più vicino a casa tua. Disegna un quadrato di 20 cm x 20 cm su un

foglio e dividilo in linee orizzontali e verticali, a intervalli di 2 cm. Scegli una scala, facendo in modo che 2 cm sul tuo quaderno corrispondano ad 1 m nel parco. Scegli una parte del parco che tu possa esplorare senza ostacoli, e che copra un'area di 10 m x 10 m. Quando sei pronto per iniziare a costruire la mappa, scegli un punto dentro l'area selezionata. Questo punto rappresenta la tua posizione d'inizio, il punto (0,0).

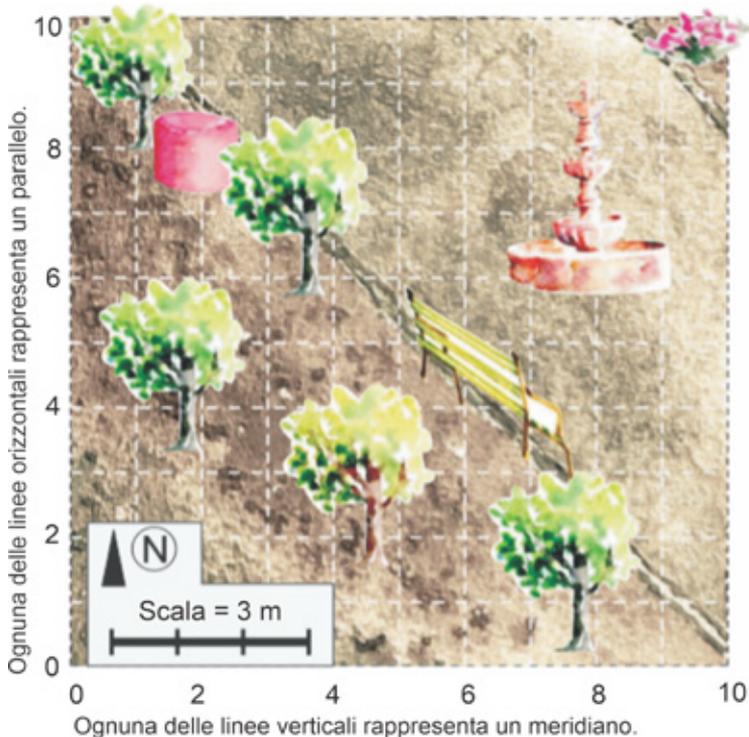
Per orientare la tua mappa rispetto al Nord, hai bisogno di una bussola. Se non ce l'hai, la puoi costruire facilmente sfregando ripetutamente, e sempre sulla stessa parte, un ago con una calamita. Poi, inserisci l'ago nel tappo di sughero, e metti il tappo con l'ago in un bicchiere pieno d'acqua. L'ago, magnetizzato con la calamita, inizierà a girare lentamente fino a che non si fermerà quando raggiunga il Nord. A questo punto, puoi disegnare sulla mappa una freccia che indichi la direzione del Nord.



Adesso puoi cominciare a delimitare l'area. Puoi assumere, se vuoi semplificare, che ognuno dei tuoi passi sia di circa mezzo metro. A partire dal punto che hai scelto come punto d'inizio, inizia a camminare per 10 m (20 passi) verso Nord. Ad ogni metro (2 passi), fai un segno per terra con un gessetto. Torna al punto di origine, e orienta il tuo corpo con il Nord di fronte a te. Alza il braccio destro e cammina 10 m in quella direzione, facendo anche in questo caso dei segni per terra ogni metro. Questa direzione perpendicolare al Nord si chiama Est. Inizia a identificare gli elementi principali (alberi, fontane, giochi etc...) che si trovano nell'area che hai delimitato, e rappresentali con un simbolo sulla mappa, stando sempre attento a mettere ogni simbolo nella posizione corretta. Per finire, riporta sulla mappa qual'è la scala che hai usato; in questo caso abbiamo fatto in modo che  $2 \text{ cm} = 1 \text{ m}$ .



Fatto. Hai completato la tua prima mappa! Se vuoi, puoi invitare i tuoi amici e le tue amiche ad una caccia al tesoro, fornendogli le coordinate dei posti in cui devono cercare. Buon divertimento!



## ESPERIMENTO 4

### Misurare all'interno della Terra

In Geologia, viene chiamata sezione una superficie che taglia la Terra verticalmente, e ci permette di vedere la struttura e la composizione delle rocce che si trovano all'interno del nostro pianeta. In altre parole, è come se con le sezioni potessimo fare la Terra a fette per vedere come è fatta dentro. Generalmente, una sezione si disegna a partire di una mappa geologica. In alcune occasioni, però, alcune montagne ci permettono di osservare direttamente la loro composizione e la loro struttura. Questo succede perché l'erosione e le faglie fanno affiorare in superficie le rocce di cui la montagna è composta. Nella figura seguente, si mostra la sezione di una montagna, e possiamo osservare che la sua struttura interna è piuttosto complicata. In questo esperimento, riprodurremo una montagna in miniatura e faremo delle sezioni per sapere qual'è la sua struttura interna.

### Materiali

Plastilina di differenti colori

1 mattarello

2 righelli di plastica o di legno

1 trincetto o 1 spatola



### Procedimento

Metti i vari pezzi di plastilina su una superficie piana, e usa il mattarello per creare degli strati di diverso colore e spessore. Fai in modo che lo spessore di ogni strato non sia maggiore a 1 cm. Per esempio, puoi preparare due strati di mezzo centimetro e altri 2 di uno. Non è necessario che lo spessore degli strati sia preciso. Ora, ritaglia da questi strati colorati 4 o 5 pezzi di forma rettangolare; fai in modo che questi pezzi abbiano tutti le stesse dimensioni di 7 cm x 5 cm. Metti i rettangoli uno sull'altro, facendo in modo che non si ripeta mai lo stesso colore. Adesso, metti i righelli in

posizione verticale ed applicali ai lati esterni della pila di strati plastilina. Inizia a spingere un righello verso l'altro e vedrai come la pila di strati inizia a deformarsi, come si osserva nella figura. Con il trincetto o la spatola, taglia delle fette della pila di strati in una direzione perpendicolare ai righelli; stai ottenendo delle sezioni geologiche della montagna in miniatura che hai creato.

Se vuoi, puoi ripetere l'esperimento diverse volte e cercare di deformare la pila di strati in modi diversi. Per esempio, puoi fare più forza su di un lato rispetto all'altro, o puoi spingere i due righelli facendo in modo che alla fine formino un certo angolo tra di loro. Confronta le diverse sezioni che ottieni.



## ESPERIMENTO 5

### Misurare la distanza con le onde

Se ti sei chiesto qualche volta come sia possibile localizzare un oggetto sotto terra e conoscere la sua profondità, questo esperimento è proprio quello che cercavi. La Geofisica è la disciplina che identifica e misura la struttura interna della Terra. Questa disciplina fa uso di vari metodi per localizzare oggetti nel sottosuolo e determinare le loro proprietà. Il principio generale di questi metodi è quello di inviare delle onde nel sottosuolo. Probabilmente hai già letto il libretto n° 5 di questa collezione, intitolato "La Terra e le sue onde". Per questo, non entreremo nei dettagli; ripasseremo solo rapidamente come si fa ad osservare le onde e come si possono usare.

Uno dei principi basilici nello studio della propagazione delle onde è che l'energia, di qualunque tipo essa sia, si può riflettere o rifrangere, dipendendo dal tipo di materiale che incontra. Nel caso della riflessione,

se vuoi conoscere la distanza a cui si trova l'oggetto riflettente, devi semplicemente misurare il tempo che l'energia impiega a raggiungere l'oggetto e tornare indietro fino alla sua fonte. Ovviamente, devi conoscere la velocità a cui viaggia la forma di energia che stai usando. Ricordati che le onde viaggiano a velocità diverse nei diversi materiali.

Qui sotto, ti indichiamo la velocità delle onde in alcuni dei materiali e sostanze naturali più comuni sulla Terra:

nell'aria = 331 m/s

nell'acqua di mare = 1435 m/s

nell'acqua dolce = 1493 m/s

nel cemento = 4000 m/s

### **Materiali**

1 corda, preferibilmente lunga 3 m

1 albero o 1 lampione

### **Procedimento**

Per capire il concetto di propagazione di un'onda meccanica, puoi fare un esperimento molto semplice. Prendi la corda e lega uno dei suoi estremi ad un albero o un lampione. Prendi l'altro estremo in mano e inizia a muovere il braccio con forza su e giù. Potrai osservare come si generano le onde a partire dal movimento del tuo braccio, e come queste si propagano lungo la corda.

### **Spiegazione**

L'ampiezza di un'onda è la distanza tra la sua cresta (punto più alto) e il suo ventre (punto più basso). L'ampiezza dipende dall'intensità dell'energia, in questo caso la forza con cui muovi il braccio. La distanza tra due creste o due ventri consecutivi si chiama lunghezza d'onda. La frequenza, invece, è data dal numero di volte che una cresta passa per uno stesso punto in un determinato intervallo di tempo. L'inverso della frequenza è il periodo, il quale ci indica quanto tempo ci vuole perché due creste successive passino per lo stesso punto. Se muovi il braccio molto rapidamente, produrrà molte onde che viaggiano ad una distanza molto ravvicinata; stai generando un sistema di onde ad alta frequenza. Se, invece, muovi il braccio più lentamente, produrrà delle onde molto ampie e di grande lunghezza; in questo caso, stai generando un sistema a bassa frequenza. Se misuri con un cronometro il tempo che impiega un'onda a viaggiare da un estremo all'altro della corda, potrai calcolare la sua velocità di propagazione.



## Variante

Come puoi vedere, se conosci l'ampiezza, la frequenza e la velocità delle onde, puoi capire alcune caratteristiche importanti del materiale in cui queste si stanno propagando e, incluso, la distanza a cui si trova un certo oggetto. Per vedere come si propagano le onde, devi solo far cadere un oggetto in un contenitore d'acqua o uno stagno. Quando l'oggetto tocca l'acqua, puoi vedere che le onde che si generano vicino al punto d'impatto hanno un'ampiezza ed una frequenza maggiore rispetto a quelle che ormai si sono allontanate. Questo succede perché, mentre si propaga, l'onda perde intensità poco a poco, fino a scomparire. Se il contenitore è sufficientemente grande, potrai osservare anche che le onde che hanno percorso più distanza dal punto d'impatto hanno una lunghezza maggiore ed una frequenza minore. Questo ci insegna che le onde ad alta lunghezza e bassa frequenza ricorrono distanze più grandi rispetto alle onde di bassa lunghezza e alta frequenza.

### Spiegazione

I due esperimenti ti permettono apprendere uno dei principi basilari della propagazione delle onde. Se ti interessa localizzare un oggetto che si trova a grande profondità, dovrai usare delle onde a bassa frequenza. Se, invece, vuoi localizzare un oggetto che si trova a poca profondità, ti raccomandiamo usare onde ad alta frequenza. Una delle cose di cui si occupa la Geofisica è proprio quella di studiare quali sono le frequenze migliori per individuare gli "oggetti" o corpi rocciosi che si trovano nel sottosuolo, ovvero per ricostruire come è fatta la Terra al suo interno.

### Applicalo alla vita di tutti i giorni

Un'applicazione di ciò che hai imparato sulle onde alla tua vita giornaliera è la seguente. Se un giorno decidessi di fare un viaggio in barca, e volessi sapere qual'è la profondità del mare in quella zona, potresti usare uno strumento che emette onde acustiche o meccaniche, come per esempio una campana, e potresti calcolare il tempo che impiegano le onde a viaggiare attraverso l'acqua fino al fondo, riflettersi e tornare in superficie. Per fare questo, è necessario avere uno strumento di precisione, e che sia disegnato appositamente per emettere e ricevere le onde.





Conoscendo la velocità di propagazione dell'onda (sai che  $V=d/t$ , ovvero che la velocità si ottiene dividendo lo spazio per il tempo), puoi calcolare la distanza tra la barca ed il fondo del mare usando la semplice formula  $d=Vt$ .



### **Misurazione delle proprietà dei materiali che compongono la Terra**

La Terra è composta da diversi materiali geologici come rocce, sedimenti, suoli, magma (roccia allo stato fuso) e acqua. In questa parte, ti spiegheremo alcune differenze importanti tra le proprietà di alcuni di questi materiali, in particolare dei suoli e delle rocce. Principalmente, ci occuperemo di capire le differenze nel loro comportamento meccanico, ovvero nella loro consistenza, quanto possono deformarsi e quanto peso possono sopportare senza rompersi.

## Concetti generali

Il concetto di suolo può variare nelle diverse discipline. Per te, probabilmente, il suolo è il pavimento dove stai appoggiando i piedi in questo momento. Per un agricoltore, invece, il suolo è il materiale dove crescono e si nutrono le piante che sta coltivando. Un geologo fa distinzione tra un suolo, il quale è composto da particelle che non hanno sperimentato nessuna forma di movimento in superficie, ed i sedimenti, i quali sono composti da particelle che sono state trasportate, a volte anche per molti chilometri, dalle correnti d'acqua e d'aria dalla forza di gravità. Per un ingegnere civile, il suolo è un materiale naturale poco consolidato, cioè che non è così duro e resistente come una roccia. Dal tipo di suolo presente in una zona, dipenderà il progetto che l'ingegnere dovrà mettere a punto per costruire una casa o qualsiasi altra opera civile. La disciplina che studia il comportamento meccanico dei materiali per fini costruttivi si chiama Geotecnica. La branca della Geotecnica che studia specificatamente il suolo si chiama Meccanica del Suolo, mentre quella che studia le rocce si chiama Meccanica delle Rocce. Nelle prossime pagine, impareremo alcuni concetti fondamentali della Meccanica del Suolo e delle Rocce.

D'accordo con il Sistema Unificato di Classificazione del Suolo, i suoli si possono classificare in base alla dimensione delle particelle che li compongono. Le ghiaie hanno particelle di dimensione compresa tra 4.78 mm e 2 mm; le sabbie hanno particelle di 2 mm fino a 0.075 mm; nel limo, le particelle variano da 0.075 mm a 0.0002 mm; le argille sono i suoli più fini, con inferiori a 2 micron. È importante dire che, generalmente, in natura, i suoli sono composti in realtà da un mix di particelle con diverse grandezze.



## ESPERIMENTO 6

### Misurare il contenuto d'acqua nel suolo

La maggior parte delle proprietà meccaniche del suolo dipendono dalla quantità d'acqua o di umidità che contengono. In questo esperimento, ti mostreremo come si può misurare il contenuto d'acqua in un suolo, e ti spiegheremo a cosa serve farlo.

## Materiali

1 campione di suolo (puoi raccogliere qualsiasi materiale che trovi in un giardino, in un bosco o sulle sponde di un fiume)

1 bicchiere o qualsiasi recipiente che si possa mettere nel forno (va bene anche il forno a microonde)

1 bilancia

1 forno classico da cucina o a microonde



## Procedimento

Pesa il bicchiere vuoto ( $P_v$ ) e poi riempilo fino al bordo con il campione di suolo. Pesalo nuovamente; questo sarà il peso del campione umido ( $P_{cu}$ ). Ora metti il bicchiere con il suolo in forno per 6 ore a  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  se è un forno classico da cucina; per soli 5 minuti al massimo della potenza se si tratta di un microonde.

Successivamente, quando il bicchiere si è raffreddato, pesalo di nuovo; quello che ottieni è il peso del campione secco ( $P_{cs}$ ), il quale include il contenitore in cui si trova il campione. Il peso dell'acqua che era presente nel campione di suolo ( $P_a$ ) è dato dalla semplice sottrazione  $P_{cu} - P_{cs}$ . Per ottenere il peso del suolo secco senza il contenitore ( $P_s$ ), semplicemente usa la sottrazione  $P_s - P_v$ .

La seguente operazione finale ti permetterà calcolare la percentuale di acqua o umidità presente nel suolo che hai studiato:  $U\% = (P_a - P_s) \times 100$



## ESPERIMENTO 7

### Misurare la consistenza del suolo

La quantità di acqua in un suolo è fondamentale per capirne il comportamento. Infatti, è proprio dalla quantità d'acqua che dipende se il suolo si comporta come un solido o un fluido. Albert Atterberg, all'inizio del secolo XX, definì i cosiddetti Limiti di consistenza, ovvero i valori della massima quantità d'acqua che i diversi suoli possono contenere senza assumere un comportamento fluido.

#### Materiali

1 campione di suolo

1 bicchiere di vetro

Dell'acqua



#### Procedimento

Raccogli un campione di suolo, preferibilmente secco e senza grumi. L'esperimento riuscirà meglio se prendi un suolo composto da un mix di sabbia, limo e argilla. Metti il suolo nel bicchiere e capovolgilo sul tavolo. Come vedrai, il materiale che compone il suolo forma sul tavolo un cono di particelle solide, esattamente come quando un camion di ghiaia scarica il materiale a terra.

Adesso, aggrega un pò d'acqua al campione di suolo, fino a che il materiale non assume la consistenza della plastilina. Metti il campione nel bicchiere e capovolgilo di nuovo sul tavolo. Quando toglierai il bicchiere, noterai che il suolo ha esattamente la forma del suo contenitore: il suolo ha assunto un comportamento plastico.



Infine, aggrega adesso ancora più acqua al campione di suolo, fino a che non si inizia a formare un mix molto liquido d'acqua e particelle solide. Quando capovolgerai il bicchiere, osserverai che il suolo ha assunto ora un comportamento fluido.

## Spiegazione

Questo esperimento ti aiuta a capire che uno stesso suolo può assumere un comportamento differente, solido, plastico o fluido, dipendendo dalla quantità d'acqua che contiene. Negli studi di Meccanica del Suolo, è fondamentale misurare la quantità d'acqua nei diversi materiali, ed ottenere i limiti di consistenza. Questo serve a sapere come, e secondo quali condizioni, può cambiare il comportamento del suolo su cui si sta costruendo una casa, un palazzo o qualsiasi altra opera civile.

## Variante

Un'altra proprietà importante del suolo è la sua espandibilità, la quale è associata all'assorbimento dell'acqua. Alcuni suoli, all'assorbire l'acqua, possono aumentare il proprio volume, e, quando si seccano, il volume diminuisce, cioè si contraggono. I suoli che hanno questa possibilità di espandersi e contrarsi sono composti generalmente da un mix di limo ed argilla, e sono facili da riconoscere perché hanno sempre un comportamento plastico. Le sabbie, invece, non presentano questa proprietà. Nell'esperimento seguente, ti aiuteremo a capire come puoi fare a sapere se il suolo del tuo giardino, o del parco dove vai a giocare, è espandibile o no.

## Materiali

- 1 campione di suolo
- 1 bicchiere di plastica trasparente
- 1 pennarello indelebile
- Dell'acqua

## Procedimento

Riempi circa alla metà il bicchiere con un campione di suolo, e fai un segno col pennarello fin dove arriva il materiale dentro il bicchiere. Ora, aggiungi un po' d'acqua e fai riposare il tutto per una notte. Se il giorno dopo osservi che l'acqua si è integrata col suolo, e che questo ha aumentato il suo volume, puoi avere la certezza che si tratta di un suolo argilloso espandibile. Se metti il bicchiere a seccare al sole, vedrai come il suolo, poco a poco, si contrae e torna al suo volume iniziale.



## Applicalo alla vita di tutti i giorni

Nella figura seguente, puoi capire l'importanza del fenomeno di espansione e contrazione del suolo. Molto probabilmente ti è già capitato di osservarlo, così come a questi simpatici topolini. Durante l'estate, quando piove poco, i suoli argillosi sono secchi, e presentano spesso crepe e fratture. Quando in autunno inizia a piovare, il suolo assorbe l'acqua e aumenta il suo volume, così che i due poveri topolini avranno dei seri problemi a poter entrare nella loro casetta. Quando in una zona il suolo è argilloso, è molto importante misurare la sua capacità di espansione e contrazione, perché questi cambiamenti di volume, se si ripetono ritmicamente durante il tempo, possono causare danni ingenti a case, strade e tutte le altre opere civili.



## ESPERIMENTO 8

### Misurare la consistenza dei materiali geologici

Anche se la differenza tra un suolo ed una roccia può sembrare ovvia, a volte non è così facile distinguere l'uno dall'altra. Se il suolo è molto argilloso e poco consolidato, e la roccia è, invece, molto dura, non possiamo cadere in errore. I problemi iniziano quando il suolo è indurito e la roccia è molto alterata dai processi meteorici, che fanno in modo che questa si disgreghi con molta facilità semplicemente toccandola. D'accordo con la definizione formale, una roccia è un aggregato di minerali. Il problema è che anche un suolo lo è. Un modo semplice per distinguere l'uno dall'altra è misurare la capacità che questi hanno di deformarsi quando gli si applica una forza, ovvero misurare la loro resistenza. Il concetto di resistenza è facile da capire se pensi ad un bambino che cerca di camminare su un tronco che, però, non resiste al suo peso e si deforma rompendosi. In apparenza, alcuni materiali possono sembrare molto resistenti. Però, è solo sommettendoli a una forza che si può capire veramente quanto lo sono, ed è possibile misurare con precisione la loro resistenza.



Quando si applica una forza (nel nostro esempio è il peso del bambino misurato in chilogrammi-forza “kgf”, o semplicemente chilogrammi) su di una superficie, quello che generiamo è uno sforzo, il quale viene misurato in  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ . Se la forza si distribuisce su di una superficie molto grande, la resistenza del materiale aumenta. Se, invece, la stessa forza viene applicata su un punto specifico di un materiale, la sua resistenza diminuisce. Il rompimento di un materiale indica che si è raggiunto il suo valore massimo di resistenza. Ora che hai imparato tutto questo, potrai distinguere più facilmente un suolo da una roccia. Infatti, questi materiali

hanno diversi valori di resistenza. Se il materiale che stai analizzando viene sottoposto ad uno sforzo di compressione, e questo si rompe con uno sforzo minore a  $14 \text{ kgf/cm}^2$ , allora si tratta di un suolo; altrimenti, è una roccia.

### Materiali

3 sacchetti di plastica di dimensioni diverse

Zucchero o sabbia

4 libri

1 matita

1 spaghetti



### Procedimento

Riempi i sacchetti di plastica mettendo 0.5 kgf di sabbia o di zucchero in quello più piccolo, 1 kgf in quello intermedio e 2 kgf in quello grande. Organizza i libri sul tavolo, costruendo due pile poste una in fronte all'altra, come nella figura. Ora metti uno spaghetti sui libri, in modo che faccia da ponte tra una pila e l'altra. Colloca il sacchetto piccolo (da 0.5 kgf) sullo spaghetti e vedrai che questo si romperà. Questo ti dice che la resistenza dello spaghetti è minore dello sforzo causato dal peso del sacchetto. I suoli sono, in un certo senso, come lo spaghetti: hanno una bassa resistenza ed hanno un comportamento fragile. Se al posto dello spaghetti provi ad usare una matita, potrai osservare che questa sopporterà molto bene il peso del sacchetto da 0.5 kgf e 1 kgf, però, forse si romperà con il sacchetto da 2 kgf. Il comportamento delle rocce è più simile a quello della matita: hanno una resistenza più alta, anche se arriva sempre un punto in cui la roccia alla fine si rompe.



## Variante

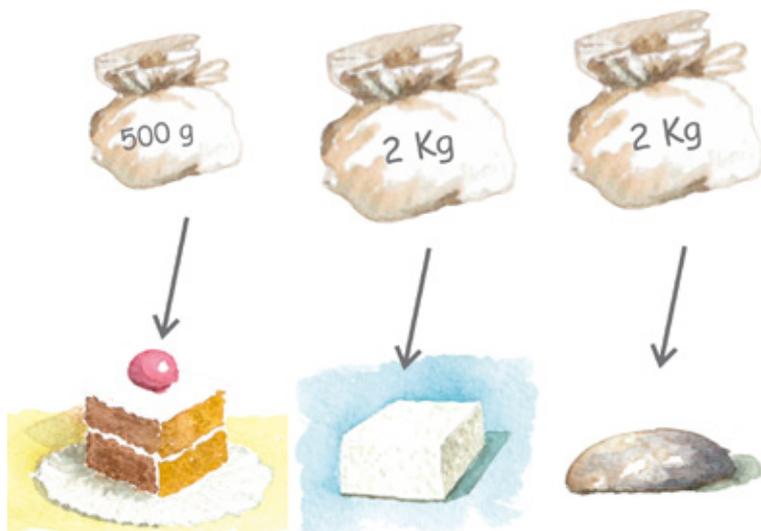
### Materiali

- 1 fetta di torta      1 cubetto di formaggio  
1 roccia              I soliti 3 sacchetti di plastica pieni di sabbia o zucchero

### Procedimento

Nell'esperimento precedente, abbiamo verificato la resistenza che hanno uno spaghetti e una matita in una condizione di flessione; adesso, lo faremo sommettendo diversi materiali ad una compressione. Taglia una fetta di torta di dimensione 5 cm x 5 cm, cioè con una superficie di 25 cm<sup>2</sup>. Adesso, mettilci sopra il sacchetto da 0.5 kgf. Vedrai che la torta non resisterà al peso del sacchetto; questo vuol dire che la sua resistenza alla compressione è minore a  $0.5/25 = 0.02$  kgf/cm<sup>2</sup>. Questo valore di resistenza è molto simile a quello di un suolo limoso o argilloso in condizioni umide.

Esegui la stessa operazione con un cubetto di formaggio della stessa dimensione. Vedrai che non gli succederà niente. Se, però, gli metti sopra il sacchetto da 2 kgf, vedrai che il formaggio inizierà a comprimersi. Questo significa che la sua resistenza alla compressione è inferiore a 0.08 kgf/cm<sup>2</sup>. Infine, se esegui la stessa operazione usando una roccia, vedrai che questa non si deforma neppure sotto il peso del sacchetto da 2 kgf, perché la sua resistenza è più alta.



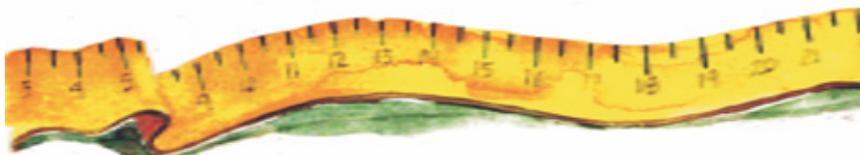


Certi tipi di rocce sono molto usati per la costruzione di edifici proprio per la loro gran resistenza. Per esempio, il granito è molto resistente al logoramento fisico prodotto dall'acqua, dal vento e dall'attività umana; per questo è una roccia molto usata fin dall'antichità per la costruzione di edifici importanti come chiese e palazzi. Il marmo ha una resistenza minore, ed è un ottimo materiale per scolpire e generare grandi opere d'arte. La prossima volta che uscirai, guardati intorno e identifica che tipo di rocce sono state usate per la costruzione degli edifici e i monumenti della tua città.





L'essere umano ha sempre cercato di misurare la natura, e lo fa per conoscere il posto in cui vive. Dal momento in cui Eratostene eseguì il suo esperimento ad oggi, l'uomo ha misurato un'infinità di lunghezze, ed è riuscito a decifrare molti fenomeni e processi naturali. Esistono, però, moltissime cose che non sono state ancora misurate, e un gran numero di esperimenti che ancora devono essere progettati ed eseguiti. Magari potresti essere proprio tu il grande autore del prossimo esperimento!



## **RINGRAZIAMENTI**

Le bozze sono state riviste dai Dottori Rafael Méndez Sánchez, Miguel de Icaza Herrera, la Dottoressa Susana A. Alaniz Álvarez, l'Ingegnere Juan José Martínez Vázquez, i Maestri Adriana Meyers e Antonio Márquez Sarmiento, la Professoressa Alicia Serrano García, le Dottoresse Teresa Soledad Medina e Carolina Muñoz, il Sig. Ricardo Carrizosa.



## **Sugli autori:**

### **Dora Carreón Freyre**

È una ricercatrice del Centro per le Geoscienze dell'Università Nazionale Autonoma del Messico (UNAM). Ha ottenuto il dottorato in Ingegneria Geologica presso la Scuola Mineraria di Parigi. Studia il fratturamento dei materiali geologici in zone urbane, realizza esperimenti di Geomeccanica nel Laboratorio di Meccanica Multiscalare di Geosistemi (LAMMG), realizza campagne di monitoraggio e interpreta i dati. Appartiene al Sistema Nazionale dei Ricercatori ed al gruppo di ricerca Subsidenza del Terreno dell'UNESCO.

### **Mariano Cerca**

È un ricercatore e responsabile del Laboratorio LAMMG del Centro per le Geoscienze, dove realizza esperimenti in scala con materiali naturali per capire i processi geologici e meccanici della Terra. È uno specialista in Geologia Strutturale e Tettonica e appartiene al Sistema Nazionale dei Ricercatori.

## **A PROPOSITO DEI TRADUTTORI**

### **Michelangelo Martini**

Si è laureato in geologia presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa nel 2004. Ha fatto il dottorato presso il Centro di Geoscienze della UNAM e, attualmente, svolge attività di ricerca presso l'Istituto di Geologia della UNAM. La sua area di ricerca è l'evoluzione dei bacini sedimentari del Mesozoico associati alla rottura della Pangea.

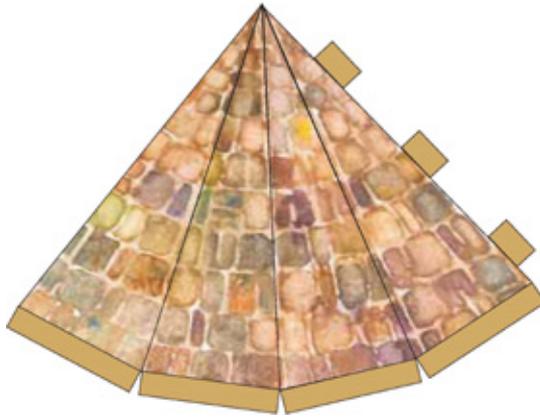
### **Ana Diana Esparza Herrera**

È laureata in Lingua e Letteratura Italiana, Lettere italiane, presso la Facoltà di Filosofia e Lettere dell'UNAM con specializzazione in traduzione. Nel 2005 ha frequentato il corso di Lingua Italiana e Cultura Ligure presso l'Università di Genova, sede estiva. Attualmente lavora come insegnante di italiano presso la Scuola Nazionale Preparatoria della UNAM.

### **Eomir Roel Antonio Solis**

È professore di lingua italiana dal 2011 presso varie istituzioni, tra cui il CELEX del Politecnico Nazionale e la UNAM. Nel 2008 ha frequentato il corso di Lingua e Cultura Italiana presso l'Università del Salento, Lecce, Italia. Attualmente lavora come docente della materia "A" della lingua italiana presso la Scuola Nazionale Preparatoria dal 2015.





Questo numero è stato prodotto con il supporto della Coordinación de la Investigación Científica della UNAM.



La serie “Experimentos sencillos para comprender una Tierra compleja” se basa en la lista de los experimentos más bellos de la historia publicada por la revista *Physics World* en septiembre de 2002. Los experimentos fueron seleccionados por su sencillez, elegancia e impacto que han provocado en el mundo científico. Cada fascículo de esta serie está dedicado a uno de estos experimentos. Nuestro propósito es ayudarte a comprender, a través del proceso de experimentación, los fenómenos que se verifican en nuestra vida cotidiana, así como en nuestro planeta.

Este fascículo está dedicado al experimento “Medir la Tierra” de Eratóstenes.

Libros de esta serie:

1. La presión atmosférica y la caída de los cuerpos.
2. La luz y los colores.
3. ¡Eureka! Los continentes y los océanos flotan.
4. El clima colgado de un hilo.
5. La Tierra y sus ondas.
- 6. Medir la Tierra**
7. La edad de la Tierra

La serie completa puede ser descargada en la página

<https://tellus.geociencias.unam.mx/index.php/lenaguasciencia/>

<https://sites.google.com/site/recursos4miradas/8>