

ESPERIMENTI SEMPLICI PER CAPIRE UNA TERRA COMPLESSA



IL CLIMA APPESO A UN FILO



Testo: Susana A. Alaniz Alvarez, Ángel F. Nieto Samaniego
e Miguel de Icaza Herrera

Illustrazione: Luis David Morán

Traduzione a cura di: Gabriela Sadurní D'Acri e Michelangelo Martini

Universidad Nacional Autónoma de México

Enrique Luis Graue Wiechers
Rettore

Leonardo Lomelí Vanegas
Segretario Generale

Jorge Volpi Escalante
Coordinatore di Diffusione Generale

William Henry Lee Alardín
Coordinatore della Ricerca Scientifica

Socorro Venegas Pérez
Direttore Generale delle Pubblicazioni e Promozione Editoriale

Lucia Capra Pedol
Direttrice del Centro per le Geoscienze

Susana A. Alaniz Álvarez
Yadira A. Hernández Pérez
Ángel F. Nieto Samaniego
Editori

Elisa López Alaniz
Design

Juan Carlos Mesino Hernández
Formazione

Traduzione a cura di **Gabriela Sadurní D'Acri** e **Michelangelo Martini**

Revisione tecnica: **Manuel Lozano Leyva** e **Michelangelo Martini**

Prima edizione in spagnolo: 2008
Prima edizione in italiano: Agosto 2019

D.R. Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, México.

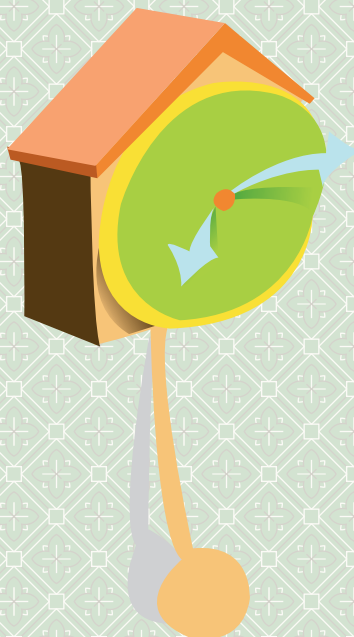
Centro per le Geoscienze
Universidad Nacional Autónoma de México
Boulevard Juriquilla número 3001, Juriquilla, Querétaro,
C.P. 76230, México.

ISBN (Opera completa): 978-607-02-9178-4
ISBN: 978-607-30-2102-9

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

4. Il Clima appeso a un filo

Susana A. Alaniz Álvarez, Ángel F. Nieto Samaniego

Illustrazione: Luis David Morán

Traduzione a cura di:

Gabriela Sadurní D'Acri e Michelangelo Martini

Indice



Introduzione 3

Jean Bernard León Foucault 4

Parte I: Il clima appeso a un filo

Susana A. Alaniz Álvarez e Ángel F. Nieto Samaniego

Esperimento 1 5

“Per misurare il tempo sono sufficienti un filo e una vite”

Misura del tempo con un pendolo

Esperimento 2 7

Facciamo un’ellisse

Esperimento 3 9

“...eppur si muove”

Esperimento 4 11

“Preferisco il paradiso per il clima, l’inferno per la compagnia”.

Tempo di esposizione al sole

Esperimento 5 14

“Inseguendo la tua ombra”

Inclinazione dei raggi solari

Esperimento 6 16

Calore specifico. Quanta energia è necessaria per cambiare la tua temperatura?

Esperimento 7 18

La densità come motore dell’acqua

Esperimento 8 20

La densità come motore del vento

Esperimento 9 22

L’effetto di Coriolis

Parte II: Conversazione sul pendolo di Foucault

Miguel de Icaza Herrera

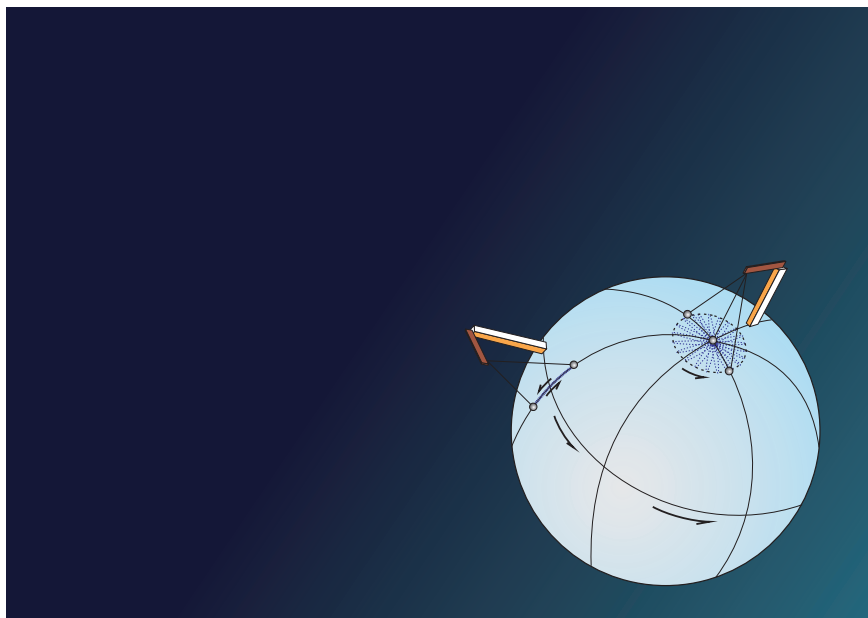
Ringraziamenti 30

Informazioni sugli autori 31

Introduzione

Questo è il quarto contributo della serie “Esperimenti semplici per capire una Terra complessa”. Qui troverai altri esperimenti che puoi fare a casa con materiali semplici e facili da acquistare; in questa occasione abbiamo scelto esperimenti che sono legati al clima. Ti invitiamo a realizzarli con cura e ad osservare quello che succede, come fa anche Madre Natura.

Sui giornali dicono che lo stato del tempo è determinato da diversi fattori: temperatura, umidità, velocità del vento e pressione atmosferica. Con queste informazioni, gli studiosi ci diranno se durante la giornata ci sarà sole, pioggia o tempeste. Il tempo cambia ogni giorno e lo studio dei fattori locali è usato per fare le previsioni. Il clima, invece, è l'insieme delle condizioni atmosferiche prevalenti durante tutto l'anno in una regione. Esempi di clima sono quello tropicale, subtropicale, temperato, desertico e polare. Il clima è controllato principalmente dal sole e dalle forze di gravità, rotazione e traslazione della Terra. Anche se il clima è un fenomeno molto complesso, con questi semplici esperimenti potrai comprendere alcuni dei principi fondamentali che lo governano. Il personaggio d'onore di questo libro è Jean Bernard León Foucault; lo abbiamo scelto perché ha trovato un modo ingegnoso per dimostrare la rotazione della Terra, senza dover guardare le stelle e, come vedremo, la rotazione gioca un ruolo fondamentale sul clima di una regione.



Jean Bernard León Foucault (1819-1868) è nato a Parigi, in Francia. Approfittò della popolarità che la scienza aveva assunto nella Francia dell'ottocento per mostrare il suo genio sperimentale: introdusse la fotografia in Astronomia nel 1845, misurò la velocità della luce usando un sistema di specchi rotanti nel 1850, dimostrò sperimentalmente che la luce viaggia più lentamente nell'acqua che nell'aria (1850), concepì il moderno telescopio nel 1851 e nel 1852 inventò il giroscopio (un disco circolare che ruota su un asse, qualcosa come una trottola o una ruota di bicicletta) per dimostrare la rotazione della Terra. Ascese alla fama internazionale grazie alla Fiera Mondiale di Parigi nel 1851, quando mostrò al mondo il pendolo che oggi porta il suo nome. Un pendolo è un corpo appeso ad un filo che può descrivere movimenti oscillanti sempre nella stessa direzione. Il pendolo di Foucault aveva poco più di 65 metri di lunghezza e il corpo sospeso era una palla di cannone. Lo costruì nel famoso Panthéon della capitale francese e con esso dimostrò sperimentalmente la rotazione della Terra, mostrando che il piano di oscillazione del pendolo ruota lentamente col passare del tempo. Poiché l'oscillazione del pendolo è mantenuta costante nella stessa direzione, l'esperimento indica che quello che gira lentamente è il terreno! Così, Foucault ha concepito l'idea che un pendolo può dimostrare la rotazione della Terra senza aver bisogno di osservare le stelle: la traccia che lascia il pendolo ai poli della Terra farebbe un giro completo in un giorno, mentre all'equatore rimarrebbe sempre nella stessa posizione.

“Per misurare il tempo sono sufficienti un filo e una vite”

Esperimento 1

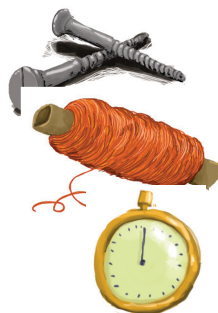
Misurazione del tempo con un pendolo

Materiali

Viti o qualsiasi oggetto pesante che puoi tenere con un filo.

Fili di varie dimensioni: 10 cm, 30 cm, 100 cm, 250 cm.

Orologio o cronometro.



Svolgimento

Costruisci diversi pendoli tenendo un oggetto con un certo peso all'estremità di ogni filo.

Appendi i fili ad una barra orizzontale (ad esempio un corrimano).

Aziona un pendolo alla volta e conta il tempo necessario per andare e venire; scrivi il risultato su un quaderno. Adesso ripeti l'esercizio però sollevando la vite in modo che abbia più raggio di movimento. Quindi fai lo stesso con i pendoli di diverse lunghezze di filo.



Osserva

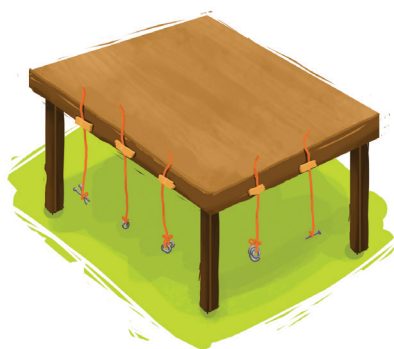
Per ogni pendolo, il tempo impiegato per percorrere un'oscillazione completa è lo stesso indipendentemente dal fatto che la distanza percorsa dalla vite sia più lunga o più corta. Con una lunghezza di 50 cm, il pendolo compie ogni oscillazione in un secondo e mezzo circa. Noterai anche che con il passare del tempo il pendolo si ferma; questo è dovuto alla resistenza dell'aria che rallenta il movimento del pendolo poco a poco.

L'esperimento riuscirà meglio quanto più lungo e leggero è il filo, più pesante è la vite e minore è l'ampiezza delle oscillazioni.

Varianti

Puoi anche appendere oggetti con pesi diversi e noterai che se la lunghezza del pendolo è la stessa, il tempo di percorrenza non cambierà.

Quando il filo è molto largo noterai che la traiettoria del pendolo non è esattamente una linea retta, è piuttosto un'ellisse, vale a dire, simile a un cerchio schiacciato.



Applicazioni nella vita quotidiana

Un pendolo è molto utile per misurare il tempo e indubbiamente la sua utilità principale è nella costruzione di orologi. Nota che la massa del pendolo nei vecchi orologi ha una forma appiattita per ridurre la resistenza dell'aria. Il pendolo più divertente è l'altalena. Un pendolo senza movimento è un filo a piombo e serve per indicare la verticale.

Esperimento 2

Facciamo un'ellisse

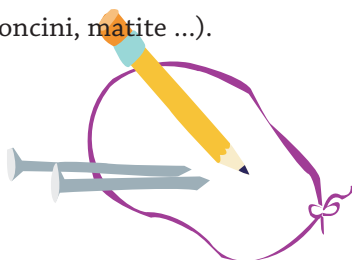
Materiali

2 chiodi (si possono usare anche rami, bastoncini, matite ...).

1 filo

terra o sabbia

una matita



Svolgimento

Pianta i due chiodi per terra separati l'uno dall'altro.

Lega insieme i due estremi del filo.

Posiziona la matita all'interno del filo e forma un triangolo tra la matita e i chiodi. Cercando di rendere la corda tesa, gira la matita e disegna l'ellisse.

Osserva

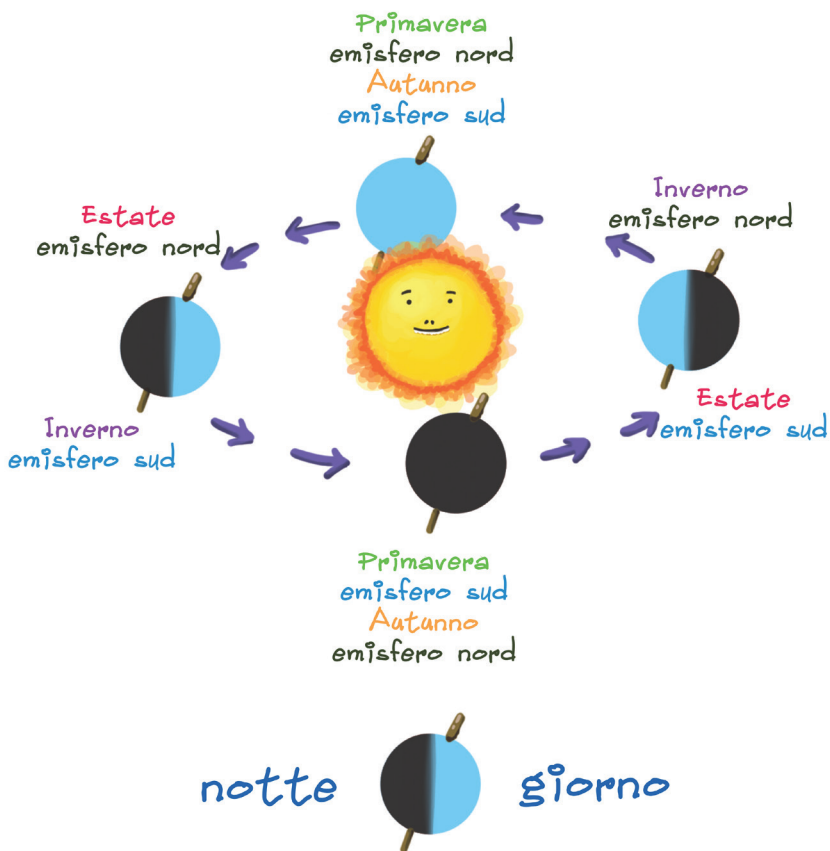
Se la distanza tra i chiodi è molto grande, l'ellisse sarà molto allungata, raggiungendo nel caso estremo la forma di una linea retta. D'altra parte, se la distanza tra i chiodi è molto piccola, l'ellisse assomiglierà ad un cerchio.

Un modo per caratterizzare l'ellisse è la relazione tra la sua lunghezza e la sua larghezza. Se queste due distanze sono simili l'ellisse sarà più simile a un cerchio; se sono molto diverse, sarà più simile a una linea.



Trovalo in Natura

La traiettoria che la Terra segue attorno al sole è un'ellisse che, però, è molto simile a un cerchio. Ecco perché questa traiettoria non è la causa della variazione del clima nelle stagioni. Se ci fai caso, la Terra è più lontana dal sole durante l'estate e l'inverno ed è più vicina in primavera e autunno (vedi anche che quando nell'emisfero nord è estate, in quello sud è inverno).



Esperimento 3

“... eppur si muove”

Materiali

Nastro adesivo
una finestra
una notte stellata.



Svolgimento

In una notte stellata, guarda fuori dalla finestra della tua stanza e segna sul vetro, con un pezzo di nastro adesivo, la posizione di almeno tre stelle. Circa ogni mezz'ora (ad esempio nelle pause pubblicitarie di qualche programma televisivo), esattamente nello stesso punto della finestra, segna nuovamente la posizione delle stesse stelle. Fallo almeno quattro volte per completare due ore.



Osserva

Le stelle sembrano muoversi e ciò che fai è segnare la loro traiettoria. Nota che alcune percorrono distanze più larghe di altre. Se la notte successiva, alla stessa ora e nello stesso punto della finestra, torni a controllare i segni che hai lasciato, vedrai che le traiettorie delle stelle sono le stesse della notte precedente. Ciò è dovuto al fatto che la Terra impiega 23 ore e 56 minuti per compiere un giro completo sul proprio asse di rotazione.



Spiegalo

Ciò che si muove sei tu, o meglio la Terra sotto i tuoi piedi, a causa della rotazione della Terra. Le stelle più lontane si muovono più lentamente dei pianeti e della Luna che sono più vicini a noi; ma in questo esperimento le diverse distanze segnate sulla finestra non dipendono dalla distanza dalle stelle, ma dalla loro posizione rispetto al Nord. Se segni la stella polare sulla finestra, vedrai che questa non si muoverà.

Osservalo nella tua vita quotidiana

Quando ti sposti in auto o con il pullman, gli alberi vicini passano veloci e quelli più lontani meno velocemente.



Traiettoria delle stelle attorno alla stella polare in un cielo visto dall'emisfero nord.

“Preferisco il paradiso per il clima, l’inferno per la compagnia”

- Mark Twain

Esperimento 4

Tempo di esposizione al sole

Materiali

Una giornata di sole

Magliette di colori diversi tra cui una nera e una bianca.

Svolgimento

Indossa una maglietta nera ed esci al sole per cinque minuti, poi indossa una maglietta bianca e vai al sole per altri cinque minuti. Prova magliette di vari colori e materiali.

Osserva

Con la maglietta nera si sente più caldo che con quella bianca.



Spiegalo

Il calore viene trasmesso per radiazione, conduzione e convezione. Nella conduzione, il calore viene trasmesso attraverso il contatto (ad esempio toccando una pentola calda), nella convezione viene trasmesso attraverso un fluido in movimento (il vapore che esce dalla pentola con dell'acqua bollente) e nella radiazione attraverso il movimento di onde senza l'intervento di un fluido in movimento (più ci si avvicina a una qualsiasi sorgente di energia più si sente il calore). In questo esperimento intervengono i tre meccanismi: i raggi solari emettono luce e calore, il calore viaggia per radiazione attraverso lo strato d'aria dell'atmosfera. Quando i raggi toccano la superficie del terreno la riscaldano e l'aria che tocca la superficie calda viene riscaldata per conduzione. Quando l'aria si riscalda, si espande e si alza per convezione.

I raggi del sole entrano in contatto con la maglietta nera, e siccome il colore nero assorbe quasi tutta la radiazione solare, allora la maglietta si riscalda, mentre la maglietta bianca riflette quasi tutti i raggi e quindi rimane fresca.

Applicalo alla tua vita

Le auto nere si riscaldano di più delle auto a colori chiari. Più rimane un'auto esposta al sole, più si riscalderà l'aria al suo interno.

Nella stagione di calore estremo puoi migliorare il clima della tua auto lasciando la finestra un po' aperta. Tieni la camera da letto fresca evitando che il sole entri, in modo che l'aria non si riscaldi; puoi farlo mantenendo chiuse le tapparelle.



Trovalo in Natura

Il tempo che fa in una certa regione dipende, tra le altre cose, dal tempo di esposizione alla luce solare durante il giorno. In estate le giornate sono più lunghe che in inverno; più dura la giornata, più il sole splenderà e più l'aria si riscalderà.

Come abbiamo visto con i diversi materiali colorati, ci sono colori che intrappolano più radiazioni di altri, quelli scuri più di quelli chiari. La percentuale di radiazione riflessa dai materiali, cioè quella che i materiali non assorbono, si chiama albedo (vedi Tabella). Se consideriamo che l'aria

si scalda quando è a contatto con il terreno, e visto che le nuvole riflettono gran parte dei raggi solari, allora capiamo perché nei giorni nuvolosi fa molto meno caldo che nelle giornate limpide. I poli, coperti di neve, quasi non si riscaldano perché quasi tutti i raggi sono riflessi, oltre ad arrivare molto inclinati. Negli ultimi anni, una parte significativa della calotta polare nordica si è sciolta e gli scienziati sono preoccupati perché questo indica che la temperatura globale della Terra sta aumentando. La Terra può assorbire più calore quando la neve si scioglie, perché l'albedo dell'acqua è minore di quello della neve.

	Albedo
Neve recente	86 %
Nuvole molto luminose	78 %
Nuvole (media)	50 %
Deserti terrestri	21 %
Terreno senza vegetazione	13 %
Foreste (media)	8 %
Cenere vulcanica	7 %
Oceani	Dal 5 % a 10%



Esperimento 5

Inclinazione dei raggi solari

Materiali

Una lampadina da 60 o 100 watt.
un portalampadina con prolunga.
un foglio di carta e nastro adesivo.
un termometro ambientale
un segnalino o un gessetto che rappresenti un segnalino.



Nota: fai attenzione alla corrente elettrica e alla lampadina calda.

Svolgimento

Arrotola il foglio di carta e chiudilo per fare un cilindro, posizionalo sulla lampadina per concentrare la sua luce. In primo luogo posiziona il cilindro perpendicolare al tavolo, in modo che il raggio (l'insieme dei raggi di luce) formi un cerchio. Cerca di illuminare sia il termometro

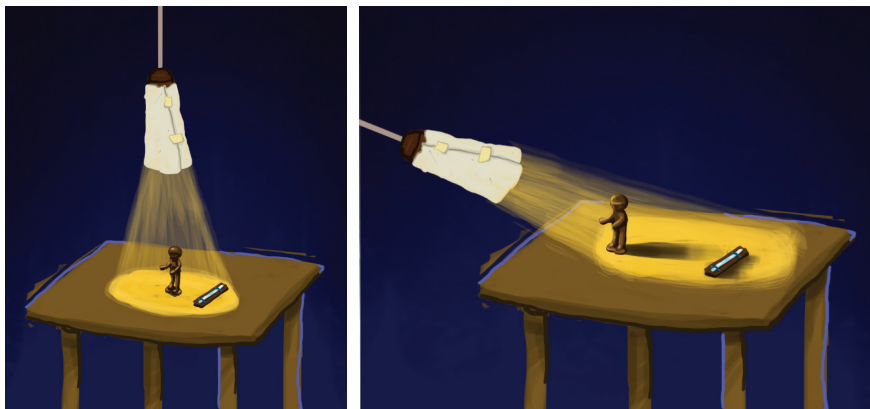


che il segnalino. Dopo 3 minuti misura la temperatura che segna il termometro. Ti renderai conto che il segnalino non ha quasi ombra. Ora inclina il cilindro per far incidere il fascio di luce in diagonale sul tavolo. Assicurati che la lampadina sia alla stessa distanza dal segnalino e dal termometro della volta precedente. Vedrai che ora l'area illuminata forma un'ellisse. Misura la temperatura dopo 3 minuti. Noterai che il segnalino ora ha un'ombra.

Osserva

Quando il raggio di luce è circolare, la temperatura del tavolo è maggiore di quando il raggio ha forma ellittica.

Più orizzontale incide la luce e più l'ombra del segnalino sarà allungata.

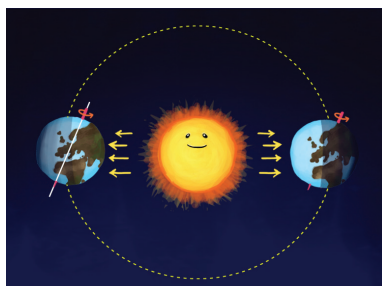


Spiegalo

La radiazione emessa dalla lampadina, come quella del sole, si presenta sotto forma di luce e calore. Il cilindro di carta fa sì che la luce si concentri e, quando occupa meno spazio, concentra il calore, riscaldando maggiormente l'area illuminata. Quando viene dispersa la stessa quantità di luce, l'area illuminata si scalda meno.

Trovalo in Natura

La Terra ruota attorno a un asse inclinato di $23,5^\circ$ rispetto al piano su cui ruota attorno al sole. Quando i raggi del sole colpiscono perpendicolarmente sulla nostra testa, la nostra ombra è quasi nulla, più i raggi sono inclinati, più l'ombra sarà allungata. Durante il giorno la nostra ombra cambia, e anche durante le stagioni. A mezzogiorno i raggi cadono più perpendicolarmente su di noi. Durante l'inverno noterai che la Terra è molto più inclinata sul suo asse osservando che la tua ombra diventa più lunga. Più lontano sei dall'equatore, più inclinati arriveranno i raggi del sole durante l'inverno. Più i raggi sono inclinati, meno riscaldano e più lunghe saranno le ombre. Quindi, è l'inclinazione dell'asse di rotazione della Terra la vera causa dell'esistenza delle stagioni.



Esperimento 6

Calore specifico. Quanta energia è necessaria per cambiare la temperatura?

Materiali

Tre bicchieri di plastica
acqua, terra, aria
termometro



Svolgimento

Riempi un bicchiere d'acqua. Metti un po' di terra in un altro bicchiere (nota che qui terra è scritta con una t minuscola perché ci stiamo riferendo al terreno e non al pianeta). Il terzo bicchiere lascialo vuoto (cioè pieno d'aria). Metti i tre bicchieri nel frigorifero, togliili dopo dieci minuti e toccali con la fronte. Confrontali per scoprire quale è il più freddo. Dopo metti quello con acqua e terra al sole per 15 minuti e con un termometro misura la temperatura dell'acqua e della terra.

Osserva

Quando togli i bicchieri dal frigorifero noterai che quelli contenenti aria e terra sono più freddi di quello con l'acqua. Quando misuri la temperatura della terra e dell'acqua, dopo averle lasciate 15 minuti sotto al sole, vedrai che la terra è più calda dell'acqua.



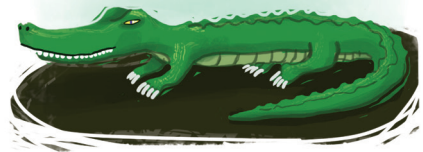
Spiegalo

Acqua, aria e terra hanno diversi valori di calore specifico, essendo questa la misura della quantità di energia necessaria per modificare la temperatura di un materiale. L'acqua richiede un'energia quattro volte superiore all'aria e alla terra, per questo il bicchiere con l'acqua si raffredda più lentamente. Lo stesso accade quando metti i bicchieri sotto il sole, l'energia che viene dal sole, che è la stessa per tutti, riscalda la terra più velocemente dell'acqua.

Applicalo alla tua vita

È noto che tutti gli oggetti tendono ad avere la stessa temperatura. Questo significa che, se gli oggetti rimangono al riparo da una qualsiasi fonte di calore per un tempo prolungato, questi tenderanno ad avere tutti la temperatura ambiente. Il tempo necessario per acquisire questa temperatura dipende dal loro calore specifico e dalla quantità di materiale. L'uomo, come i mammiferi e gli uccelli, è capace di regolare la sua temperatura corporea. Gli animali a sangue caldo utilizzano la maggior parte dell'energia che consumano per mantenersi a una temperatura costante (circa $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), mentre la temperatura ambientale è quasi sempre molto più bassa. I rettili, a sangue freddo, dipendono dal calore ambientale per aumentare la loro temperatura, quindi, quando il giorno è soleggiato, si spostano rapidamente mentre di notte, quando la temperatura ambientale è più bassa, rimangono immobili.

Il corpo umano, come la Terra, ha un'alta percentuale di acqua e quindi può regolare facilmente la sua temperatura grazie al suo alto calore specifico.



In che modo influisce sul clima?

Sebbene l'oceano assorba quasi tutto il calore del sole (ha un albedo basso), la sua temperatura è quasi invariata a causa del suo alto calore specifico. Se il pianeta non fosse coperto da acqua per il 75%, le notti sarebbero molto fredde. I luoghi vicino a un lago o all'oceano hanno un clima molto più gradevole dei deserti, dove i cambiamenti di temperatura sono molto estremi tra giorno e notte.

Esperimento 7

La densità come motore dell'acqua

Materiali

Colorante vegetale per alimenti
acqua calda
ghiaccio
un barattolo piccolo di vetro
una vite
un contenitore grande e trasparente



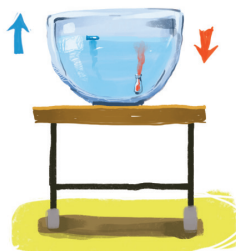
Svolgimento

Fai dei cubetti di ghiaccio blu aggiungendo del colorante vegetale all'acqua prima di metterla nel congelatore. Poi scaldi dell'acqua con qualche goccia di colore rosso. Metti l'acqua calda e una vite nella barattolino di vetro. Immergi il barattolino, senza tapparlo, nel contenitore trasparente contenente dell'acqua. Metti anche il ghiaccio blu nel contenitore trasparente.



Osserva

L'acqua calda all'interno del barattolo si alza mentre l'acqua fredda blu del ghiaccio sciolto scende.



Spiegalo

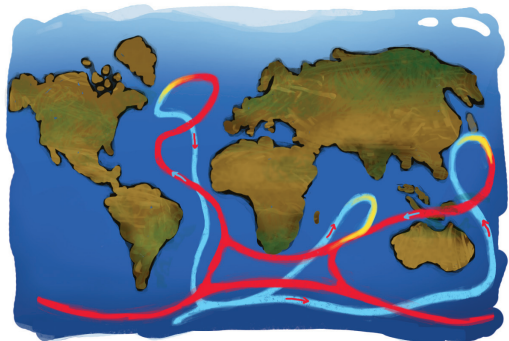
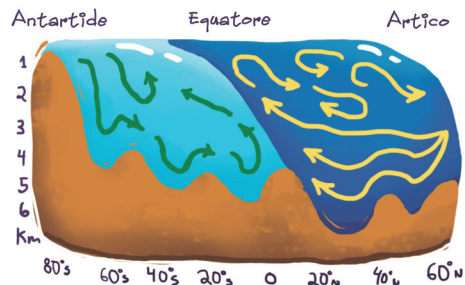
Quando viene riscaldata, l'acqua si espande e quindi, diventa più leggera e sale. È interessante notare che il ghiaccio galleggia nell'acqua per lo stesso motivo, perché quando si congela si espande e diventa meno denso dell'acqua stessa. Quando il ghiaccio si scioglie, l'acqua è ancora fredda ed è più densa dell'acqua che la circonda, quindi scende.

L'acqua ha la sua densità più alta a 4 °C. Quando aumenta o diminuisce la sua temperatura l'acqua si espande ed è meno densa.

Trovalo in Natura

Ogni volta che entrano in contatto due fluidi (gas o liquidi) con temperature diverse, e quindi con densità diverse, si produce del movimento. Il ruolo giocato dalla convezione (quando il calore viene trasmesso dal movimento di un fluido) sul clima è molto importante. La convezione genera i venti e le correnti oceaniche. Il movimento delle acque oceaniche a livello globale si verifica, in parte, con l'ascenso dell'acqua calda e la discesa dell'acqua fredda, trasferendo così grandi quantità di calore. Il Grande Nastro Trasportatore Oceanico è la principale corrente oceanica della Terra; osserva nella

figura che le acque calde (in rosso) che arrivano dall'equatore e dai tropici viaggiano verso il Nord Atlantico, permettendo la formazione di una corrente oceanica calda che costeggia l'Europa occidentale. Questo spiega perché paesi che si trovano alla stessa latitudine hanno climi diversi; quindi l'Inghilterra è meno fredda del Canada orientale e la Russia è più fredda della Scozia.



Esperimento 8

La densità come motore del vento

Materiali

Una lampada

talco, farina, polvere o qualsiasi altro tipo di materiale fine.



Svolgimento

Accendi la lampada di notte. Disperdi del talco (o qualsiasi altro materiale sottile che galleggia nell'aria) sopra la lampadina.

Osserva

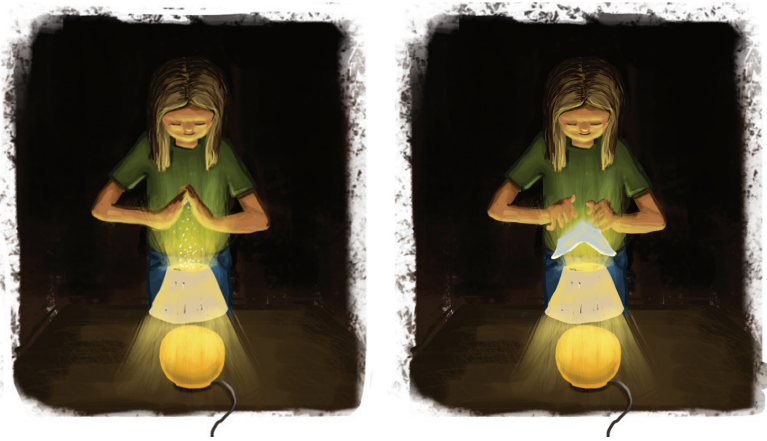
Il talco ascende insieme all'aria che esce dalla lampada.

Spiegalo

L'aria si espande con l'aumento della temperatura diminuendo la sua densità. L'aria meno densa galleggia nell'aria più fredda ed ascende. Nell'esperimento, l'aria che ascende porta con sé le particelle di talco. I gas aumentano il loro volume con l'aumento della temperatura e la diminuzione della pressione.

Applicalo alla tua vita

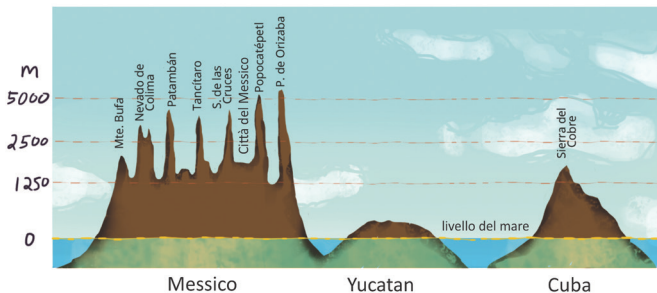
Puoi ritrovare in natura questo esperimento più volte durante il giorno. Quando qualcuno fuma una sigaretta, in un incendio o quando fai bollire l'acqua in cucina.



In che modo la densità influisce sul clima?

L'effetto del riscaldamento dal sole comincia quando i suoi raggi toccano la superficie della Terra, riscaldando alcuni parti più di altre (a causa dell'effetto albedo e dell'inclinazione dei raggi del sole). L'aria è più calda a livello del mare e quindi sale. Mentre sale, la pressione atmosferica diminuisce e le molecole dell'aria possono allontanarsi sempre di più favorendo il raffreddamento dell'aria.

Nell'atmosfera terrestre, la temperatura diminuisce verticalmente di circa $6,5^{\circ}\text{C}$ ogni mille metri. Ecco perché i vulcani e le montagne più alte hanno la neve sulla cima, anche se si trovano a delle latitudini prossime all'equatore (ad esempio il vulcano Cotopaxi in Ecuador) oppure nella fascia tropicale (ad esempio il Pico de Orizaba ed il Nevado de Colima in Messico). Questo spiega anche perché a Città del Messico c'è quasi sempre una temperatura confortevole di circa 22°C , mentre il Popocatepetl, che è un vulcano vicino a Città del Messico, ha la cima innevata.



Profilo del Nord America, da ovest a est, a 20° di latitudine.

Esperimento 9

L'effetto di Coriolis

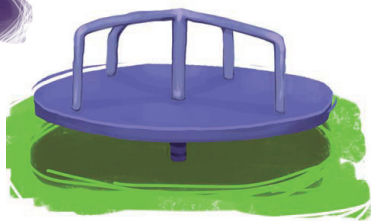
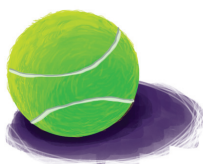
Probabilmente avete sentito che quando l'acqua viene scaricata in un lavandino nell'emisfero settentrionale, l'acqua gira in senso orario, mentre nell'emisfero australe la rotazione è in senso contrario. Si dice che ciò sia dovuto all'effetto di Coriolis. Prima di tutto c'è da chiarire che è falso, perché la rotazione non può influenzare masse d'acqua così piccole, ma questo mito ha permesso la divulgazione dell'effetto di Coriolis.

L'effetto di Coriolis spiega la deviazione della traiettoria di un corpo che si muove su una superficie che ruota. Poiché la Terra ha aria ed acqua sulla sua superficie, la traiettoria del movimento di questi fluidi viene alterata dalla rotazione della Terra e questo effetto è stato usato per spiegare le direzioni dei venti e delle correnti marine. Per capire come funziona l'effetto di Coriolis, provalo prima.

Materiali

Un disco rotante, può essere un girello o un foglio di carta che puoi girare a mano.

Una palla o una matita.



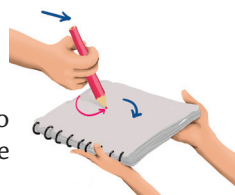
Svolgimento

Fai rotolare la pallina sul girello mentre questo sta ruotando. Prima dal centro del girello verso l'esterno e poi dall'esterno verso il centro. Ruota il girello in senso antiorario.

Un altro modo per fare questo esperimento è prendere un pezzo di carta e chiedere a qualcuno di disegnare una linea retta nello stesso momento in cui tu fai ruotare la carta. Prova prima a disegnare la linea dal esterno verso il centro e poi dal centro verso l'esterno.

Osserva

Se lanciamo la palla (o tracciamo la linea) dall'esterno verso il centro, o dal centro verso l'esterno, le traiettorie saranno curve in senso orario.

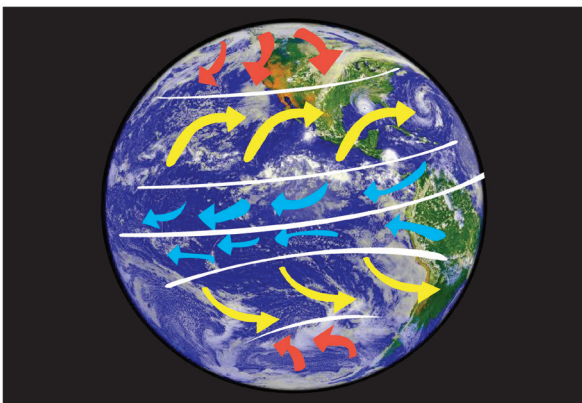




Variazioni: Se ruotiamo in senso orario, le traiettorie saranno nella direzione opposta.

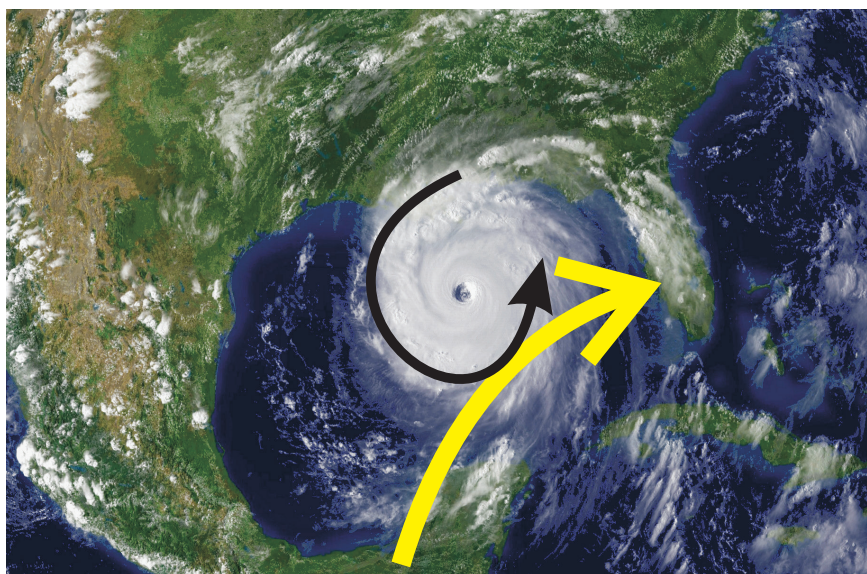
Come funziona l'effetto di Coriolis sulla Terra?

Noi ruotiamo insieme alla Terra quando siamo in piedi, ma i fluidi (aria e acqua) si muovono con velocità diversa rispetto alla Terra solida. All'equatore, i venti e le correnti marine si spostano verso ovest. Nell'emisfero settentrionale, i venti predominanti che viaggiano verso nord hanno una deviazione verso nordest, mentre quelli che viaggiano verso sud deviano verso sudovest. Quindi, a causa della rotazione della Terra, le correnti oceaniche e i venti si muovono in senso orario nell'emisfero settentrionale e, al contrario, nell'emisfero meridionale.



Se guardi un'immagine satellitare della Terra

vedrai che i cicloni nell'emisfero nord ruotano in senso antiorario. Un modo per spiegare questo è che il ciclone, essendo una zona di bassa pressione, tende ad attrarre l'aria circostante che, grazie all'effetto di Coriolis, si muoverà in senso orario nell'emisfero settentrionale. Ciò produce che la parte centrale, vale a dire l'occhio del ciclone, gira in senso contrario come si vede nella figura. Lo stesso accade quando colpisci un disco rotante con un movimento della mano verso destra e il disco si muove nella direzione opposta.



Conversazione sul pendolo di Foucault

Miguel de Icaza Herrera

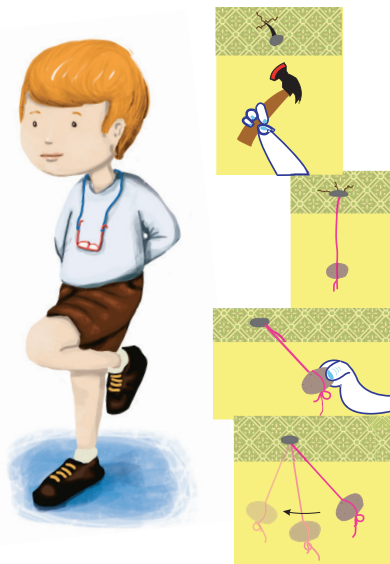
La seguente conversazione tra i bambini Giulia, Giuseppe e Giovanni si svolge nelle strutture del Centro Educativo e Culturale Manuel Gómez Morín nello Stato di Querétaro. Vi è installato il più bel pendolo di Foucault che c'è in tutto il Messico. I bambini fanno riferimento allo stand del progetto Sophie del Centro di fisica applicata e tecnologia avanzata della UNAM che si occupa di divulgare la scienza ai bambini. Tutti i bambini sono benvenuti, specialmente in estate.

Giovanni. Non ho capito. Sì, la palla è molto bella. Penso di poterla osservare a lungo senza annoiarmi, ma non ho capito la spiegazione che ci ha dato Marco.

Giuseppe. Prima ha spiegato come fare un filo a piombo. Ci ha detto che dovevamo solo legare un filo ad un ciottolo e appendere il filo a un chiodo.

Giovanni. Questo lo capiscono tutti?. Poi però Marco ha detto che era necessario aspettare finché non smetterse di muoversi. Non capisco come fa a muoversi da solo. È un sasso! Non è vivo!

Giuseppe. Sì, ha spiegato che non appena il filo a piombo è appeso, questo comincia a muoversi, ma che ogni volta si muove di meno. Se aspettiamo che smetta di muoversi, il filo mostra la direzione al centro della Terra.



Giovanni. E cosa c'entra questo con i muratori?

Giuseppe. Beh, cosa stavi facendo? Ha spiegato che questo strumento è usato per fare in modo che le case siano diritte e non storte.

Giulia. A me è sembrato più interessante quello che ha detto sulla rotazione della Terra. E, davvero, ho iniziato a vedere il pendolo di Querétaro, così grande, e vedendolo girare lentamente ho avuto anche l'impressione di sentire che la Terra girava.



Giovanni. Non sapevo davvero di cosa stesse parlando.

Giuseppe. La colpa è tua: ho visto che tiravi fuori dei cioccolatini e per non farti vedere che mangiavi non facevi attenzione. Ehi, Giulia, tu sì hai capito? Sembrava addirittura che stesse parlando dei pianeti!

Giulia. Quali pianeti? Tu sarai andato a vedere Star Wars!

Giuseppe. Sì, ricordati che parlava dell'orbita della massa.

Giovanni. Cos'è questa cosa della massa?

Giuseppe. Così viene chiamato il corpo appeso al filo in un pendolo.

Giulia. Marco ha chiamato orbita il percorso che segue la massa, che in ogni momento è sostenuto dal filo.

Giovanni. A proposito di questo. Quale percorso? Ho visto solo la massa felice andare da un posto all'altro.

Giuseppe. Beh, davvero non so come spiegarti. Un asino credo abbia le idee più chiare.

Giulia. Guarda, hai visto alcuni

aerei che lasciano le scie di fumo nel cielo? Questi sono i segni che lasciano mentre stanno andando e mostrano la strada che fa l'aereo.

Giovanni. Bene, ma non ho visto il fumo lasciato dalla lenticchia.

Giuseppe. (Quasi perdendo il controllo) Con o senza fumo, la strada è semplicemente dove passa la massa.

Giulia. Ricorda che Marco ci ha mostrato come la massa può muoversi su traiettorie ellittiche.

Giovanni. Su cosa?

Giulia. Sì, sono come cerchi schiacciati. Ricorda che la settimana scorsa stavamo giocando con la geometria.

Giuseppe. Sono quelli che costruiamo con un filo e due chiodi? (vedi Figura 1).

Giulia. Esatto, proprio quelli! Ricorda che abbiamo passato tutto il pomeriggio disegnando cerchi schiacciati!

Giuseppe. E' stato divertente! Tutto quello che dovevamo fare era piantare due chiodi e legarci il filo, e poi disegnare con una matita, facendo attenzione che il filo fosse teso.

Giulia. E la parte importante era: usare sempre lo stesso filo ma con i chiodi posti a distanze diverse tra loro. E quando i chiodi erano molto vicini ottenevamo qualcosa che sembrava un cerchio, mentre quando erano molto distanti facevamo una lunga figura che chiamavano un'ellisse, e questa

figura poteva diventare sempre più schiacciata mettendo i chiodi sempre più separati, così che alla fine la figura sembrava quasi una linea.

Giuseppe. Io questo non l'avevo notato. Sei sicura?

Giulia. Marco ci ha detto che la massa del pendolo si muoveva normalmente in modo che la sua orbita fosse un'ellisse, e che questa orbita poteva, facendo attenzione, diventare un tracciato rettilineo.

Giovanni. retti. . . Retti cosa?

Giuseppe. Si dice 'rettilineo' quando vuoi dire 'in linea retta'

Giovanni. Ah ... a tutto questo dico: quanto è bello il pallone!

Giulia. È molto più bella la sua sensibilità al tenue, molto tenue movimento di rotazione della Terra. Così debole che non lo sentiamo.

Giuseppe. Mi ricordo che Marco ci ha disegnato la Terra, che ci ha



Figura 1. Come disegnare un'ellisse con due chiodi, un filo e una matita.

mostrato qual'è l'equatore e qual'è l'asse della Terra. E poi ha scelto un punto sul perimetro di quel cerchio e ci ha detto che quel punto rappresentava Querétaro. Tuttavia, la regola non ricordo quale sia (vedi figura 2).

Giulia. Pensa bene. Ricorda che abbiamo disegnato un triangolo.

Giuseppe Hai ragione! Sì, abbiamo collegato con una striscia il centro della Terra con il punto che rappresenta Querétaro! E poi? Ho dimenticato! Qual è il prossimo passo?

Giulia. Ti ricordo che quella striscia si chiama raggio.

Giovanni. Questo me lo ricordo, perché è stato quando Marco è scivolato. Ha preso il righello e ha tracciato una linea verticale attraverso il punto che rappresenta Querétaro, fino a quando ha tagliato l'equatore e ha scritto la lettera *h*.

Giulia. Bravo, hai ragione, ma quello che ha fatto è stato disegnare una linea parallela all'asse di rotazione della Terra, ed estenderla fino al punto in cui taglia l'equatore.

Giovanni. E tutti questi triangoli, per cosa?

Giulia. Guarda Giovanni, come mai tutti questi triangoli? Ce n'è solo uno!

Giovanni. OK, va bene, e questo triangolo, a cosa serve?

Giuseppe. Sì, non l'ho capito neanche io.

Giulia. In quel triangolo c'è il

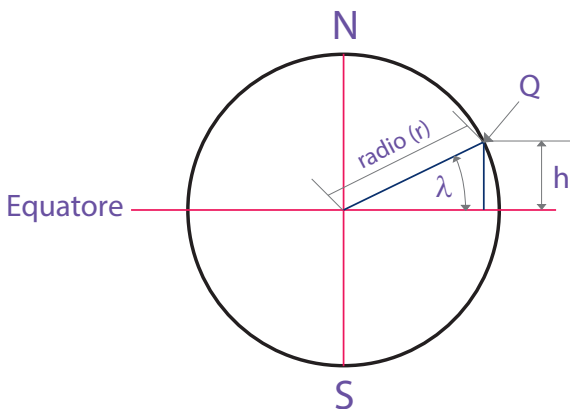


Figura 2: Posizione di Querétaro sulla circonferenza della Terra. L'angolo λ è ciò che è noto come latitudine. Questa figura è disegnata in scala: il lettore può usarla per misurare il raggio r e la distanza h e controllare il risultato da se.

segreto. Tutto ciò che dobbiamo fare è misurare il..., la striscia, come le chiama Giovanni, quella che unisce Querétaro con il centro della Terra. Cioè, il raggio del cerchio che possiamo rappresentare con la lettera r , e quello del parallelo di Querétaro che abbiamo indicato con h , che non è altro che la distanza di Querétaro dall'equatore.

Giovanni. Posso immaginare quanto costa il metro per effettuare tali misurazioni. Mio padre ha dovuto comprarne uno speciale di 25 metri per misurare la casa ed è molto costoso!

Giulia. No! Non hai bisogno di un metro lungo 6300 km! Puoi usare un disegno in scala!, perché ciò che ci interessa è il rapporto tra il raggio r e la distanza h , cioè r/h . Mi ricordo che la divisione l'abbiamo fatta insieme e ha dato...

Giovanni. Sì, ha dato 2.8. E con ciò?

Giulia. Bene, questa formula serve per calcolare il tempo impiegato

dal pendolo per compiere un giro completo. Non ricordi quando è valida questa formula?

Giuseppe. Sì, ricordo che Marco lo ha detto, ma non quello che ha detto.

Giulia. È molto semplice: la regola è valida nel caso in cui la massa del pendolo non si muove lungo un'ellisse molto molto schiacciata, così schiacciata da sembrare una retta.

Giuseppe. Ah... è questo che intendevi prima quando hai menzionato il movimento rettilineo, giusto?

Giulia. Bene, sappiamo che la linea lungo la quale si muove la massa cioè l'orbita, non è fissa, ma ruota, molto lentamente in senso orario.

Giuseppe. Quindi, la massa non continua ad andare avanti e indietro lungo lo stesso percorso, ma la sua strada cambia?

Giulia. Esattamente! E il tempo necessario per percorrere un giro completo è due virgola otto.

Giovanni. Due virgola otto cosa?

Giulia. Due virgola otto giorni, cioè quasi tre giorni. Poiché un giorno ha 24 ore, ricorda che abbiamo moltiplicato 24 ore \times 2,8 e ottenuto 67,2 ore.

Giuseppe. Significa che la massa fa quel giro in risposta alla rotazione della Terra, in poco più di 67 ore?

Giulia. Giusto! Sinceramente, non capisco perché non fai queste domande a Marco invece di chiedere a me. Ricorda che impariamo solo quando facciamo domande!

Giuseppe. Mi ricordo. Poi Marco ci ha detto che lo stesso risultato è presentato in modo diverso nei libri. Ha spiegato che gli adulti preferiscono parlare della velocità di rotazione della Terra e della velocità di rotazione dell'orbita.

Giovanni. Ora sembra che stiamo ascoltando non più Marco ma il Professore Pazzo.

Giulia. Perché la pensi così?

Giovanni. Perché Giuseppe usa parole strane. Non ha detto la velocità di rotazione della Terra?

Giulia. Beh, sì, ma come vuoi che la chiami? La regola che ci ha insegnato Marco collega due velocità, una è quella della rotazione della Terra, e l'altra è la velocità di rotazione dell'orbita della massa del pendolo.

Giovanni. Ad ogni modo, non so quale sia la velocità di rotazione della Terra, e nemmeno quell'altra.

Giuseppe. Falso! Lo sai e lo sanno tutti.

Giovanni. Come tutti?

Giuseppe. Beh, tutti lo potrebbero sapere però se ci ragionassero un momento. Forse è questa la tua difficoltà.

Giovanni. Cosa vuoi dire? Ti sbagli! Non conosco la velocità della Terra!

Giuseppe. Te lo dico più chiaramente, e tu mi dici se lo sai o no. La velocità della Terra è di un giro al giorno. Tutto lì!

Giovanni. Sì, francamente devo ammettere che lo sapevo.

Giulia. In altre parole, la velocità di rotazione è il numero uno, e dal momento che dobbiamo moltiplicarla per la distanza h e dividerla per il raggio r , allora la velocità di rotazione dell'orbita della massa vale semplicemente il quoziente di h / r .

Giuseppe. Marco ha spiegato che l'angolo tra l'equatore e la linea che collega il centro della Terra con Queretaro porta il nome di latitudine, λ nella figura 2. Ci ha detto che ci avrebbe insegnato a trovare la stella Polare e a misurare la latitudine di Querétaro.

Giovanni. Sì, e ci ha anche detto che la prossima settimana avremmo giocato con la trigonometria e che dopo avremmo capito perché la velocità di rotazione dell'orbita della massa del pendolo si dice che è uguale al seno della latitudine in cui è stato installato il pendolo.

Giulia. Guarda, sono arrivati i miei genitori. Ci vediamo!

Ringraziamenti

Gli autori vogliono ringraziare le seguenti persone: il Fisico José Ramón Hernández e i Dottori Manuel Lozano Leyva, Fernando García, Teresa Orozco e Gilles Levresse per la revisione degli aspetti tecnici del manoscritto. Juan Carlos Mesino ci ha aiutato nell'edizione del sito web.

GLI AUTORI

SUSANA A. ALANIZ ÁLVAREZ. Ricercatrice presso il Centro di Geoscienze dell'Università Nazionale Autonoma del Messico (UNAM). Ha conseguito il dottorato in Scienze della Terra nel 1996. Appartiene all'Accademia delle Scienze del Messico ed è accademica di numero dell'Accademia di Ingegneria. Ha scritto più di 77 articoli scientifici sulla deformazione della crosta superiore e sulla sua relazione con il vulcanismo. Appartiene al Sistema Nazionale di Ricercatori, livello III. Tiene il corso di Geologia Strutturale nel programma di specializzazione UNAM in Scienze della Terra ed è caporedattore del giornale messicano di scienze geologiche. Nel 2004 ha ricevuto il premio Juana Ramírez de Asbaje assegnato dall'UNAM.

ANGEL F. NIETO SAMANIEGO. Dottore in Geofisica presso l'Università Autonoma del Messico. È professore di postlaurea universitaria e membro dell'Accademia delle Scienze del Messico. È stato presidente della Società Geologica Messicana; editore del volume commemorativo del centenario di detta società e appartiene a comitati di diverse riviste nazionali e straniere. Ha pubblicato numerosi articoli sulla teoria della formazione delle faglie e sulla deformazione cenozoica del Messico. Oggigiorno è ricercatore del Centro di Geoscienze dell'UNAM a Juriquilla, Querétaro.

MIGUEL DE ICAZA HERRERA. Ha studiato presso la Facoltà di Scienze Fisiche dell'Università Nazionale Autonoma del Messico (1970-1973) ed ha frequentato corsi di postlaurea presso l'Università di Poitiers (1973-1976) in Francia ottenendo la menzione "Très honorable" nella sua tesi di dottorato. Dal 1980 al 1990 ha progettato, sviluppato e sfruttato il gran cannone del laboratorio di alte pressioni dinamiche dell'Istituto di Fisica della UNAM, che è ancora in funzione. Dal 1991 è responsabile del laboratorio di ultrasuoni, trasferito al Campus Juriquilla dal 1997. È membro del Centro di Fisica Applicata e Tecnologia Avanzata dell'UNAM.

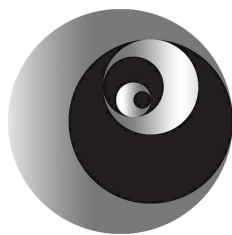
A PROPOSITO DEI TRADUTTORI

GABRIELA SADURNÍ D'ACRI. È laureata in Giornalismo e Comunicazine Colettiva Scuola Nazionale de Studi Professionali Acatlán dell' Università Nazionale Autonoma del Messico (UNAM). Ha fatto studi di Master in Linguistica Ispanica alla Facoltà di Filosofia e Lettere dell'UNAM. È Professoressa di Ruolo dell'area di Italiano nel Centro di Insegnamento delle Lingue della FES Acatlán, UNAM. È stata Segretaria Accademica e Segretaria di' Organizzazione dell' Associazione Messicana di Italianisti. Il suo lavoro accademico si è svolto nell'area di Comprensione dei testi scritti ed ha pubblicato presso la FES Acatlán, i manuali Io Capisco, e la serie di tre mauali Orizzonti di Lettura, per i corsi di Lettura in Italiano di questa Facoltà, ed articoli sull'insegnamento della lettura in lingua straniera e sulla linguistica contrastiva italiano-spagnolo in libri ed antologie.

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 de Geociencias dell'Universidad Nacional Autónoma de México (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.



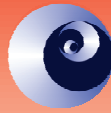
Questo fascicolo beneficia del sostegno concesso da DGAPA-UNAM ai progetti: PE106919, responsabile per il quale è la dott.ssa Susana A. Alaniz Álvarez e PE400216 “Lingue straniera nella divulgazione delle scienze biologiche e della salute”, responsabile per il quale è Dr. Yadira Alma Hadassa Hernández Pérez. Lo scopo comune è sostenere l'insegnamento e l'apprendimento dei contenuti scientifici nelle lingue straniere.



La stampa di questo fascicolo è stata finanziata dalla

Coordinazione della Ricerca Scientifica
dell'Università Nazionale Autonoma del Messico.

PAPIME PE106919



La serie de “Experimentos sencillos para comprender una Tierra compleja” es basada en el listado de los experimentos más bonitos de la historia, publicada por la revista *Physics World* en el septiembre del 2002. Son escogidos para su sencillez, elegancia y para la transformación que han provocado en el pensamiento científico de su época.

Cada folleto de esta serie es dedicado a uno de estos experimentos. Nuestro objetivo es de ayudarte a comprender, a través de la experimentación, fenómenos que suceden tanto en nuestra vida cotidiana como en nuestro planeta.

Este folleto es dedicado al experimento del péndulo de Foucault.

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.**

Puedes descargar la serie completa en el sitio web:

<http://www.geociencias.unam.mx>

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

Preparado para la Escuela Nacional Preparatoria
UNAM