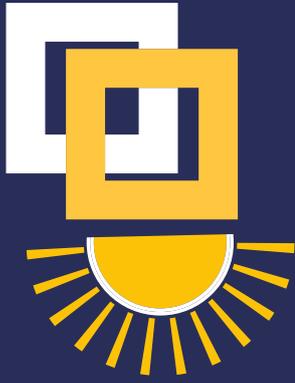




**HANDS-ON  
PHYSICS**

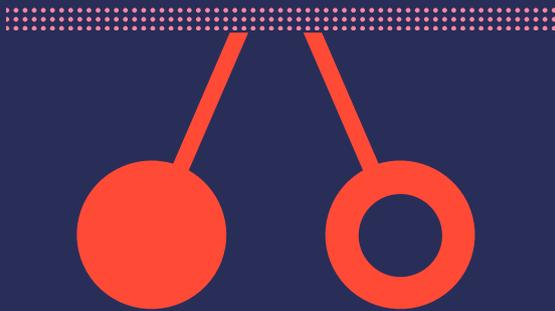


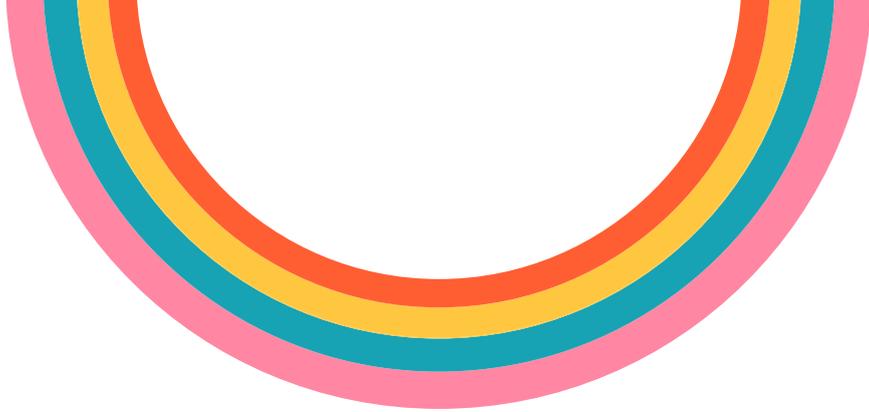


» ***Una cosa che mi piace della fisica, e della scienza in generale, è che ci si diverte molto.*** »



*Robert Hofstadter*





**HOP, Hands-on Physics, è un progetto promosso dal CERN (Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare), dall'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) e da Fondazione Agnelli. Il suo obiettivo è rafforzare l'insegnamento della fisica nella Scuola Secondaria di Primo Grado, utilizzando la pedagogia dell'apprendimento basato sull'indagine (Inquiry based learning). HOP, in particolare, fornisce agli insegnanti alcuni strumenti scientifici e didattici per svolgere attività hands-on in classe.**

## **APPROCCIO PEDAGOGICO**

---

Questa guida vi aiuterà a sfruttare al meglio le potenzialità del kit didattico che riceverete a scuola. Il kit è una scatola modulare che contiene tutto il materiale necessario a svolgere una serie di attività laboratoriali e piccoli esperimenti in classe relativi a quattro argomenti previsti dalle Indicazioni Nazionali: il metodo scientifico, la pressione, la luce e la carica elettrica.

Tutte le attività che afferiscono ai singoli argomenti costituiscono un'unità didattica. L'obiettivo di ogni unità è presentare agli studenti una serie di fenomeni fisici utilizzando tecniche di apprendimento basato sull'indagine (Inquiry based learning, IBL). In questo contesto, gli studenti e le studentesse non ricevono istruzioni precise e spiegazioni immediate, ma vengono guidati nell'investigare per tentativi ed errori i fenomeni che incontrano, facendo ipotesi, costruendo modelli e conducendo esperimenti per verificarli. Questo metodo di lavoro è un'applicazione diretta del metodo scientifico utilizzato dalle scienziate e dagli scienziati nel loro lavoro quotidiano.

Nei capitoli che seguono troverete le istruzioni per pianificare le lezioni e condurre in modo efficace le attività del kit. Nelle descrizioni delle attività troverete anche spiegazioni dettagliate dei fenomeni fisici rilevanti e numerosi collegamenti con la ricerca e la tecnologia utilizzata al CERN e nei laboratori dell'INFN. Dove possibile, sono presenti anche riferimenti ad altri campi della scienza o a fenomeni di cui si ha esperienza nella vita quotidiana e che contribuiscono ad alimentare la curiosità delle studentesse e degli studenti.

Quando si adottano tecniche di apprendimento basate sull'indagine, è importante seguire una struttura che aiuti la classe e chi la guida a non perdere di vista le domande iniziali e a non perdersi nell'approccio ricorsivo tipico del metodo scientifico. Questa guida è costruita seguendo il cosiddetto modello didattico delle "5 E": cinque tappe, ognuna identificata da un verbo che in inglese inizia per "E", che vi aiuteranno a coinvolgere la classe e guidarne il lavoro.



## 1. Engage (coinvolgere)

Nella prima tappa l'insegnante cerca il contatto con gli studenti e le studentesse invogliandoli a investigare un fenomeno attraverso l'osservazione di un effetto o la dimostrazione di un'attività. L'obiettivo è instillare nella classe la voglia di capire quello che si sta osservando e di valutare le conoscenze pregresse e i possibili preconcetti errati. In questa fase l'insegnante non deve spiegare, quanto piuttosto stimolare gli studenti e le studentesse e osservare come ragionano e sperimentano. In questa guida troverete idee su come interagire con la classe e quali domande porre.



## 2. Explore (esplorare)

Gli studenti e le studentesse iniziano a far domande sul fenomeno osservato, pianificano e svolgono esperimenti. Utilizzano la loro conoscenza pregressa e il loro intuito per seguire il metodo scientifico: formulare ipotesi, costruire modelli, fare esperimenti, analizzare i risultati, trarre conclusioni e comunicarle agli altri. Per condurre al meglio questa fase è importante tenere a mente che il metodo scientifico è ricorsivo, vale a dire che le ipotesi si possono via via modificare a seguito dei risultati degli esperimenti. È necessario che il lavoro sia condotto in modo sistematico avvalendosi di appunti, schemi e tabelle.



## 3. Explain (spiegare)

In questa fase si guida la classe nella comprensione profonda del fenomeno. Gli studenti e le studentesse condividono quel che hanno imparato, o meglio a quali conclusioni sono giunti nella fase

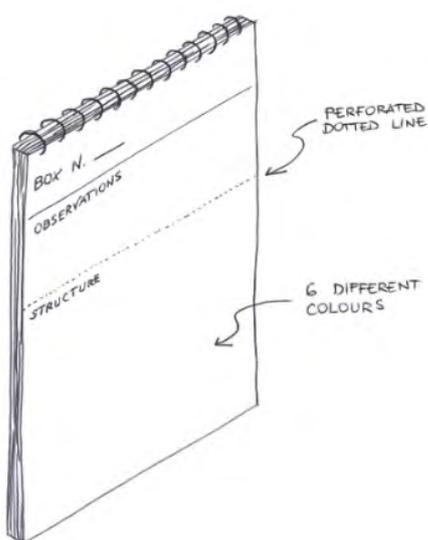


Figura 1: Esempio che illustra come gli studenti e le studentesse possono impostare un foglio di lavoro per condurre le attività proposte dal kit.

precedente, e gli insegnanti intervengono per correggere gli equivoci e per fornire una spiegazione dettagliata del fenomeno che completi il loro lavoro. Questa guida vi fornirà spiegazioni dettagliate dei fenomeni fisici coinvolti nelle attività.



## 4. Elaborate (elaborare)

Le studentesse e gli studenti cercano di applicare quanto appreso nelle fasi precedenti, fanno ulteriori esperimenti o discutono tra loro per consolidare le conoscenze. In questa parte gli insegnanti possono stimolare l'interesse della classe fornendo ulteriori spiegazioni, dando spunti per altre attività e sottolineando connessioni con applicazioni tecnologiche, ricerche scientifiche o altre discipline. Nella guida troverete alcune idee per partire dai fenomeni incontrati e allargare il campo, con collegamenti con la ricerca portata avanti al CERN o all'INFN e riferimenti ad altre discipline.



## 5. Evaluate (valutare)

In questa fase i ragazzi e le ragazze ripercorrono quanto hanno appreso e concludono il lavoro. Si possono svolgere attività specifiche per aiutare la classe ad auto-valutarsi e far emergere gli aspetti non chiari dei fenomeni incontrati. Parallelamente, gli insegnanti possono valutare il livello di comprensione dei ragazzi. Per ogni attività presentata, questa guida fornisce una lista di strumenti e domande utili a valutare quanto appreso dalla classe.

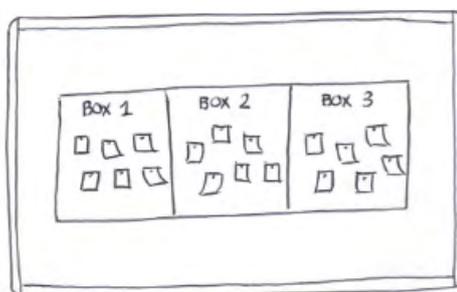


Figura 2: Nella fase di esplorazione gli studenti possono utilizzare dei post-it per registrare e visualizzare le loro idee e alimentare il dibattito.

## COME UTILIZZARE IL KIT

---

Ogni unità didattica inclusa nel kit contiene numerose attività, che nell'insieme presentano i concetti chiave necessari a capire un argomento. Il kit didattico e questa guida non sostituiscono un libro di testo, ma lo completano con attività sperimentali e collegamenti con la moderna ricerca in fisica.

La prima attività che troverete in un'unità didattica (UD) è uno spunto che potrete utilizzare per introdurre un argomento, rompere il ghiaccio, motivare, interessare e incuriosire la classe. Sugeriamo di presentare questa attività all'inizio di una UD, di procedere poi con le altre attività sulla stessa tematica, e di ritornarvi solo quando avrete concluso l'unità. Quando gli studenti e le studentesse incontrano questa attività per la prima volta, assicuratevi che si concentrino sull'osservazione del fenomeno fisico e che identifichino le domande essenziali per studiarlo. Quando ci tornano per la seconda volta, dovrebbero aver acquisito gli strumenti necessari per rispondere alle domande che si erano posti all'inizio, e aver capito il fenomeno.

I piani didattici associati a ogni attività sono modellati sul metodo delle 5 E, ma non sempre comprendono tutte le fasi. Per esempio, l'attività di apertura di una UD prevede solo le fasi di coinvolgimento ed esplorazione del fenomeno e dura circa 30 minuti. Le altre attività durano circa quanto una lezione a scuola (45-60 minuti).

Ogni attività può essere ampliata seguendo i suggerimenti che troverete in questa guida o utilizzando la vostra esperienza e competenza. Buon divertimento!



### Riferimenti bibliografici:

- Bybee, R. W., and Landes, N. M. 1990. "Science for Life & Living: An Elementary School Science Program from Biological Sciences Curriculum Study." *The American Biology Teacher* 52(2): 92-98.
- Bybee, R. W. 2009. *The BSCS 5E Instructional Model and 21st Century Skills*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Chitman-Booker, L., and Kopp, K. 2013. *The 5Es of Inquiry-Based Science*. Teacher Created Materials.
- Duran, L. B., and Duran, E. 2004. "The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching." *Science Education Review* 3(2): 49-58.

# 01

UNITÀ DIDATTICA 1  
**IL METODO SCIENTIFICO**  
**SCATOLA MISTERIOSA**

---

MYSTERY BOX



**HANDS-ON**  
**PHYSICS**

I modelli scientifici vengono creati per spiegare le osservazioni dei fenomeni. Nella maggior parte dei casi, non è possibile osservare un fenomeno nella sua interezza in modo diretto, a occhio nudo, ma è necessario costruire un modello e testarlo con gli esperimenti: un buon modello permette di spiegare i risultati degli esperimenti e di fare previsioni sul risultato di nuove osservazioni. Un modello che fallisce nel suo ruolo predittivo deve essere modificato e sostituito da un modello migliore. Inoltre, un modello scientifico deve essere condiviso dalla comunità scientifica, in modo che tutti lo possano utilizzare, testare e migliorare.

In questa unità didattica, la classe utilizzerà delle scatole misteriose come strumento didattico per esplorare diversi aspetti della natura della scienza e del metodo scientifico. Le scatole sono "misteriose" perché hanno un contenuto o una struttura interna che non è possibile vedere direttamente. Gli studenti e le studentesse condurranno esperimenti sistematici in piccoli gruppi per studiarle, esaminarle e dedurre il contenuto o la struttura.

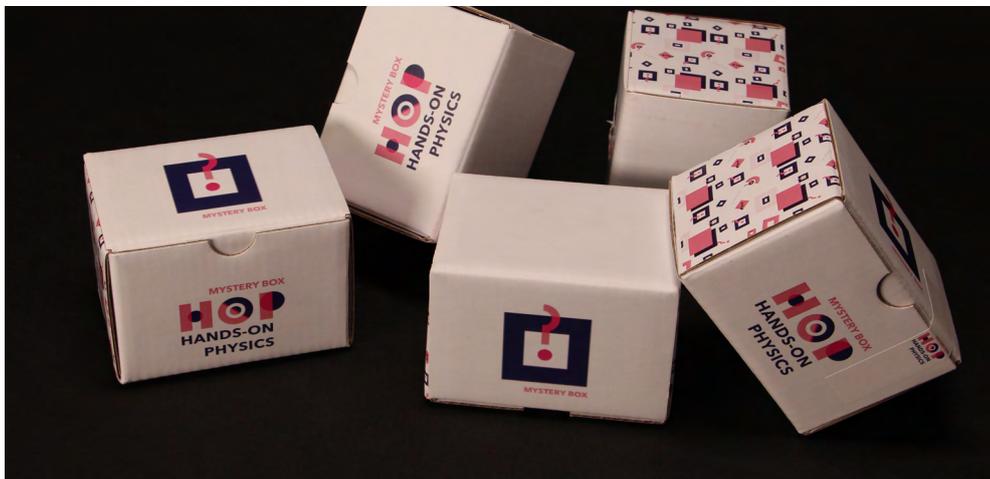
<b>Attività 1.1   Scatola misteriosa - contenuto nascosto</b> C'è qualcosa qui dentro, ma che cos'è? Sembra un cubetto... si sente un suono metallico... Possiamo aprire la scatola? No?! E perché?	<b>Messaggi chiave</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• La scienza è un processo empirico fatto di ipotesi e esperimenti.</li><li>• La scienza è un processo creativo.</li><li>• I modelli scientifici cambiano nel tempo.</li><li>• La scienza è uno sforzo collettivo.</li><li>• Il tempo della scienza. Ci vuole tempo per maturare il sapere</li></ul>
<b>Attività 1.2   Scatola misteriosa - struttura nascosta</b> Ok, qui dentro c'è una pallina che si muove. Ma si comporta in modo un po' strano. Che succede?	



## 1.1 SCATOLA MISTERIOSA

---

C'è qualcosa qui dentro, ma che cos'è? Sembra un cubetto...si sente un suono metallico...Possiamo aprire la scatola? No?! E perché?



### Introduzione

Gli studenti e le studentesse lavoreranno con scatole dal contenuto sconosciuto e inaccessibile. Devono fare ipotesi sul contenuto e provare piccoli esperimenti per testare le loro ipotesi. Presenteranno poi le loro teorie e conclusioni alla classe. Il kit contiene materiale sufficiente per svolgere questa attività in sei gruppi in parallelo. Si noti che ogni scatola contiene un solo oggetto e gli oggetti non sono necessariamente uguali.

**Tipo di attività:** lavoro di gruppo

**Durata:** 45-50 minuti

#### Materiali:

- 6 scatole contenenti un oggetto misterioso
- 1 bilancia da cucina
- Magneti
- Etichette adesive per sigillare le scatole

### PIANO DELL'ATTIVITÀ



#### Engage

Preparate le scatole assicurandovi che ognuna contenga un oggetto e che siano ben chiuse prima di distribuirle alla classe. Può essere utile numerarle per distinguerle. Consegnate una scatola a ogni gruppo, dite loro che sono misteriose per stuzzicare la loro curiosità e raccomandatevi di non aprirle per nessun motivo. Potrebbe essere utile fare una breve dimostrazione di come iniziare il lavoro, per esempio scuotendo la scatola e ascoltando il rumore che viene prodotto. Vi consigliamo di utilizzare le etichette che trovate nel kit per sigillare le scatole e assicurarvi che le studentesse e gli studenti non le aprano.



## Explore

A gruppi, gli studenti e le studentesse devono cercare di capire cosa contiene la scatola. Incoraggiateli a utilizzare tutti i sensi per le loro osservazioni, assicuratevi che facciano ipotesi, che progettino gli esperimenti adatti a testarle, e che raccolgano i risultati. Possono anche cercare di replicare il contenuto della scatola utilizzando oggetti comuni che si trovano a scuola o a casa. Assicuratevi che siano utilizzati gli strumenti che il kit mette a disposizione: la bilancia e i magneti. È importante che l'uso di questi strumenti sia parte del processo di verifica delle ipotesi. Inoltre, i gruppi possono richiedere e impiegare altri strumenti se presentano un "piano di ricerca" che spieghi come intendono usarli (come accade nel mondo reale, dove è necessario giustificare gli investimenti per ottenere un nuovo strumento, per esempio un magnete). Alla fine di questa fase, ogni gruppo preparerà un riassunto del proprio lavoro che presenterà agli altri. Molto probabilmente non saranno in grado di identificare con precisione l'oggetto, ma arriveranno a conclusioni come "si tratta di un oggetto rotondo magnetico", "è rigido", "è plastico", eccetera. Ricordate loro che, in ogni caso, la scatola non si può aprire e l'etichetta non si può rimuovere.



## Explain

Dopo aver ascoltato le conclusioni di ogni gruppo può essere necessario aiutare la classe ad arrivare a una comprensione più profonda di quanto fatto. Alcune domande tipiche: quali sono le caratteristiche dell'oggetto nella scatola? Qual è la forma, il materiale, la dimensione, la massa e il tipo di superficie? Quali erano le vostre ipotesi? Sono state supportate dagli esperimenti? Spiegate il concetto di osservazione indiretta che permette di inferire il contenuto della scatola a partire da ipotesi ragionevoli. Ricordate che spesso gli studenti e le studentesse fanno ipotesi che non possono essere verificate, e che dunque non permettono di portare a termine le fasi del metodo scientifico.



## Elaborate

Il lavoro scientifico deve essere verificato in modo indipendente da altri scienziati. Chiedete a ogni gruppo di scambiare la sua scatola con quella di un altro, e di analizzare il contenuto in modo indipendente. Diversi gruppi di ricerca hanno modi differenti di interpretare un esperimento, ed è utile una seconda opinione.



## Prendete Spunto

Questa attività può essere estesa chiedendo agli studenti e le studentesse di preparare una scatola misteriosa per la classe e continuare il lavoro. Stimolate la loro creatività e spingeteli a sfidare la classe. È anche possibile preparare scatole che contengano più di un oggetto.

Suggerimento: gli agrumi sono oggetti molto interessanti da chiudere in una scatola misteriosa perché si disidratano e perdono progressivamente massa. Un'altra idea è mettere oggetti che interagiscano con strumenti posti all'esterno, tipo un magnete o uno smartphone. Un esempio è una tessera che usi la tecnologia NFC (Near-field technology) come un badge o uno skipass. L'analisi delle scatole misteriose "fatte in casa" può proseguire a lungo, ma suggeriamo di mantenere il metodo di lavoro utilizzato nell'attività inclusa nel kit.

Celebrazioni per l'annuncio della scoperta del Bosone di Higgs al CERN, il 4 luglio 2012.  
© CERN.



### Per approfondire

Gli aspetti della natura della scienza che emergono da questa attività aiutano a capire come si lavora nella ricerca. Tutti gli esperimenti di fisica delle particelle condotti al CERN e all'INFN cercano di dedurre il comportamento delle particelle elementari facendo osservazioni indirette. Gli esperimenti si basano su ipotesi costruite a partire da teorie scientifiche, e le stesse teorie guidano l'interpretazione degli esperimenti. Gli scienziati e le scienziate devono

usare la creatività per costruire gli esperimenti e superare i numerosi problemi tecnici che incontrano. I risultati ottenuti sono poi utilizzati per confermare o modificare un modello. Vi suggeriamo di leggere questo articolo che racconta il metodo scientifico nel contesto della scoperta del Bosone di Higg.  
<https://www.scienceinschool.org/article/2022/mystery-box-challenge/>

Immagine dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. © INFN.

### Per approfondire

Uno dei fenomeni più misteriosi che gli scienziati stanno investigando è la materia oscura. La materia oscura è una forma di materia che non emette luce e non interagisce con essa; dunque, non può essere "vista"; ma ne deduciamo la presenza dai suoi effetti sulla struttura dell'universo. In realtà, siamo piuttosto sicuri di quello che la materia oscura non è, ma non sappiamo molto di quello che è. Per studiarla, gli scienziati e le scienziate devono essere creativi e costruire modelli che spieghino le osservazioni, facendo ipotesi su cosa la materia oscura possa essere e progettando esperimenti dedicati. Sappiamo così poco sulla materia oscura che la cerchiamo in molti modi diversi: utilizziamo potenti acceleratori di particelle nel tentativo di crearla in laboratorio, e ci serviamo di esperimenti nello spazio, o di laboratori sotterranei. I più grandi laboratori sotterranei al mondo sono i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, siti ad Assergi, vicino a L'Aquila, sotto 1400 m di montagna. Lì si studiano fenomeni fisici rari e misteriosi, come la materia oscura o il comportamento di particelle sfuggenti come i neutrini, al riparo da molti segnali ambientali che potrebbero interferire con gli esperimenti.



### Evaluate

È il momento di far riflettere gli studenti e le studentesse sul loro lavoro. È anche il momento dell'amara verità: il contenuto delle scatole non verrà mai svelato. Incoraggiatevi a ripercorrere il processo seguito per costruire i loro modelli scientifici e sottolineate il fatto che nella scienza non c'è una verità assoluta: ciò che più si avvicina alla "verità" è un modello in grado di spiegare i dati ottenuti dagli esperimenti e di fare previsioni.

## 1.2 SEGRETE STRUTTURE

---

Ok, qui dentro c'è una pallina che si muove. Ma il movimento è un po' strano. Che cosa succede?



### Introduzione

Una scatola con una struttura interna sconosciuta contiene una pallina di acciaio, il cui movimento è determinato dal percorso vincolato nascosto nella scatola. Muovendo la scatola, gli studenti e le studentesse cercano di capire quando la pallina si muove liberamente e quando incontra una parete. Devono costruire modelli e testarli per arrivare a descrivere la struttura interna della scatola.

**Tipo di attività:** lavoro di gruppo

**Durata:** 45-50 minuti

#### Materiali:

- 10 scatole contenenti una pallina (5 strutture diverse in totale)
- Magneti
- Etichette adesive per sigillare le scatole

### PIANO DELL'ATTIVITÀ



#### Engage

Mostrate alla classe una scatola e muovetela in tutte le direzioni. Descrivete l'oggetto, e spiegate che la scatola contiene una pallina il cui movimento è determinato dalla struttura interna del contenitore. Chiedete se hanno idee su come investigare questa struttura. Ricordate che la scatola non può essere aperta; suggeriamo di utilizzare un'etichetta adesiva per sigillarla.

Dividete la classe in gruppi (massimo 10), e consegnate a ogni gruppo una scatola: è il momento di iniziare!



#### Explore

Lasciate agli studenti e le studentesse il tempo di studiare la scatola misteriosa e chiedete loro di creare un modello, un'idea teorica, della sua struttura interna. Per aiutarli, potete mostrare l'immagine di una possibile struttura interna e guidarli nello

sviluppo della loro prima idea da testare. I ragazzi e le ragazze devono prestare molta attenzione al suono della pallina quando si muove nella scatola. Per esempio, se la struttura interna ha forma quadrata, dovrebbero sentire quattro urti quando fanno ruotare la scatola su se stessa. È utile che rappresentino con un disegno il loro modello su un foglio di carta per visualizzare meglio quello che potrebbe succedere. Una volta fatto il modello, devono testare le ipotesi e annotare le osservazioni. Se le osservazioni non sono in accordo con le ipotesi, devono migliorare il modello e disegnarne una nuova versione su carta.



### Explain

In questa fase ogni gruppo racconta agli altri le osservazioni e le conclusioni tratte. Molto probabilmente, nessuno sarà arrivato a una descrizione precisa della struttura interna della scatola. Chiedete loro di spiegare il perché, e che cosa vorrebbero migliorare nei loro esperimenti.

È il momento di introdurre l'utilizzo di uno strumento che permetta di fare misure più accurate: il magnete. Ogni gruppo riceve un piccolo magnete che attira la pallina in acciaio se lo si avvicina a sufficienza. Con l'aiuto dei magneti, gli studenti e le studentesse possono testare nuovamente i loro modelli: se la pallina non viene trascinata in una certa area della scatola, significa che una barriera ne impedisce il movimento. In questo modo saranno in grado di trarre delle conclusioni più solide. Assicuratevi che ogni passaggio del processo sia chiaro e che le conclusioni siano basate su modelli testati.



### Elaborate

In questa fase i gruppi si scambiano le scatole. Gli studenti e le studentesse lavoreranno con una struttura diversa e ripeteranno il processo. A questo punto dovrebbero avere acquisito familiarità con il metodo investigativo e procederanno più velocemente. Alla fine del lavoro, lasciate loro del tempo per discutere e confrontare le conclusioni tratte dai diversi gruppi sulla stessa scatola. Se le conclusioni sono diverse, possono ripetere l'esperimento e concordare una strategia comune.

### Per approfondire

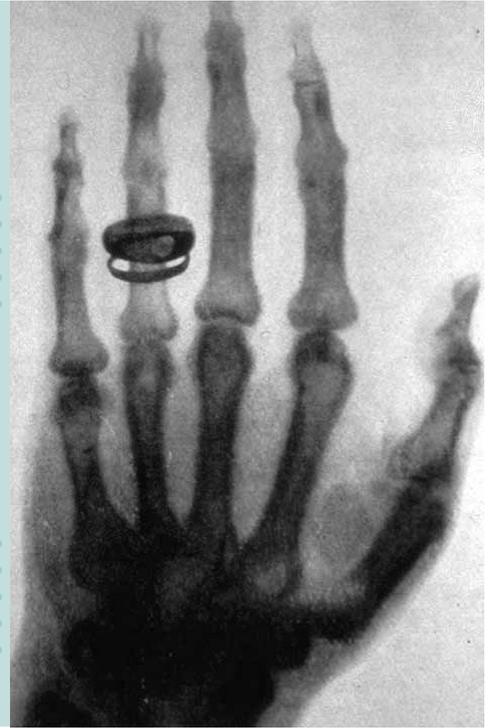
Potete collegare questa attività ai cosiddetti esperimenti di scattering, o diffusione, molto usati in fisica per studiare la struttura della materia. Il principio consiste sostanzialmente nel lanciare una particella contro un materiale per dedurne la struttura. La quantità che si osserva è la deviazione nel moto della particella-sonda che è determinata dalle proprietà del materiale e dal modo con cui esso interagisce con la particella.

Uno dei più famosi esperimenti di scattering fu eseguito tra il 1906 e il 1911 da Hans Geiger, Ernest Marsden ed Ernest Rutherford per studiare la struttura interna dell'atomo utilizzando come particelle-sonda dei nuclei di elio. Questo esperimento pose le basi per la comprensione della struttura atomica.





Utilizzando un principio molto simile, alcune particelle, in particolare i fotoni (le particelle di luce di cui si parlerà approfonditamente nell'unità didattica sulla luce), sono utilizzate per applicazioni nella diagnostica medica, fisica dell'ambiente e dei beni culturali, come la radiografia o la tomografia computerizzata (TAC). Grazie all'interazione tra i fotoni e i diversi tessuti del corpo umano si può dedurre la struttura dei tessuti stessi, per esempio delle ossa. La ricerca moderna in fisica applicata dà un notevole contributo al miglioramento di queste tecniche. CERN e INFN hanno progetti di ricerca interamente dedicati alle applicazioni mediche della fisica delle particelle o delle tecnologie impiegate negli esperimenti di fisica fondamentale.



### Evaluate

Questa attività è una variazione di quella precedente. In questa fase la classe può ripercorrere quanto fatto durante le due lezioni, analizzare le differenze tra le due attività e discutere delle difficoltà incontrate.

Gli aspetti che devono emergere sono:

- La scienza è un processo empirico fatto di ipotesi e esperimenti.
- La scienza è un processo creativo.
- I modelli scientifici cambiano nel tempo.
- La scienza è uno sforzo collettivo. Ci vuole tempo per arrivare alle scoperte scientifiche.

# 02

## UNITÀ DIDATTICA 2 **PRESSIONE**

---

**PRESSURE**



**HANDS-ON  
PHYSICS**

<p><b>Attività 2.1 Diavoleto di Cartesio</b> Un oggetto galleggia nell'acqua. Poi, improvvisamente, inizia ad affondare. E poi - che strano! - torna a galleggiare. Cosa sta succedendo?</p>	<p><b>Argomenti chiave:</b> Densità, galleggiamento, pressione nei liquidi e nei gas.</p>
<p><b>Attività 2.2 Restare a galla</b> Alcuni oggetti galleggiano, altri affondano. Perché? Una lezione coinvolgente sulla densità e il galleggiamento.</p>	<p><b>Messaggio chiave #1</b> La densità di un oggetto è definita come il rapporto tra la massa e il volume dell'oggetto considerato.</p> <p><b>Messaggio chiave #2</b> Quando un oggetto è immerso in un fluido sente una forza di galleggiamento.</p> <p><b>Messaggio chiave #3</b> Se la densità dell'oggetto è inferiore a quella del fluido, l'oggetto galleggia, altrimenti affonda.</p>
<p><b>Attività 2.3 Galleggia o affonda?</b> Righello, bilancia, carta e penna: misurate le proprietà di un oggetto e cercate di capire se resterà a galla o affonderà. Pronti?</p>	
<p><b>Attività 2.4 Tappetino atmosferico</b> Vi sfidiamo: posizionate un semplice tappetino di gomma su una superficie piana. Ora sollevatelo, se ci riuscite. Una lezione sulla pressione atmosferica e i suoi effetti.</p>	<p><b>Messaggio chiave #4</b> L'aria esercita una pressione su ogni oggetto.</p> <p><b>Messaggio chiave #5</b> La pressione dell'aria è la stessa in ogni direzione.</p>
<p><b>Attività 2.5 Fare il vuoto</b> Siete così abituati alla pressione atmosferica che rimarrete a bocca aperta: esplorate le conseguenze inaspettate, spettacolari e sorprendenti del vuoto!</p>	<p><b>Messaggio chiave #6</b> La pressione è legata alla quantità di particelle presenti nell'aria o, per esempio, all'interno di un recipiente. Meno particelle, pressione più bassa.</p> <p><b>Messaggio chiave #7</b> La variazione della pressione esterna influisce sulla materia. L'effetto più visibile è quello sui gas.</p>



## 2.1 DIAVOLETTO DI CARTESIO

---

Un oggetto galleggia nell'acqua. Poi, improvvisamente, inizia ad affondare. E poi - che strano! - torna a galleggiare. Cosa sta succedendo?

### Introduzione

Uno o più polipetti, i diavoletti di Cartesio di questo kit, sono immersi in un contenitore sigillato contenente acqua. Sono oggetti galleggianti, in parte riempiti di acqua e in parte di aria. Quando la pressione interna aumenta, per esempio premendo sul tappo o sulle pareti, iniziano ad affondare. Questo esperimento dimostra molto bene il legame tra densità, galleggiamento e pressione. Questi concetti saranno sviluppati nelle attività successive.

**Tipologia:** Dimostrazione (parte 1), lavoro di gruppo (parte 2)

**Durata:** 30 minuti (parte 1), la durata di una lezione (parte 2)

### Materiali:

- Tubo in plexiglass
- Copertura in gomma
- Acqua
- Polipetti
- Bottiglie in PET (non presenti nel kit ma necessarie per la Parte 2)



### PIANO DELL'ATTIVITÀ - PARTE 1 (INIZIO DELLA UD)



#### Engage

Preparate la dimostrazione per la classe. Riempite d'acqua il grande cilindro trasparente, metteteci dentro i tre polipetti e chiudete il contenitore con la membrana, l'elastico e la fascetta ben stretta. Premete sulla membrana del cilindro e mostrate alla classe cosa succede. I polipetti che inizialmente galleggiavano iniziano ad affondare!

Chiedete agli studenti di descrivere ciò che osservano e guidateli nella discussione. Fate attenzione al fatto che negli esperimenti sul galleggiamento spesso gli studenti e le studentesse confondono la descrizione dell'osservazione con la spiegazione, perché conoscono già l'effetto.



### Explore

Chiedete alla classe di provare a spingere il coperchio e proponete diverse sfide, come fermare il polipetto in una certa posizione o farlo rimbalzare. Chiedete loro di descrivere nuovamente il fenomeno. Cosa hanno aggiunto rispetto alla prima descrizione? Chiedete di formulare le domande di ricerca, cioè le domande a cui vorrebbero rispondere per comprendere il fenomeno osservato. Perché gli oggetti galleggianti affondano quando si spinge sul contenitore? Assicuratevi che scrivano le loro ipotesi e domande di ricerca. Saranno utili alla fine dell'UD quando riprenderete l'attività.

## ATTIVITÀ - PARTE 2 (FINE DELLA UD)

---



### Engage

Quando si riprende questa attività, gli studenti e le studentesse dovrebbero già conoscere i tre ingredienti necessari per interpretare il fenomeno osservato: galleggiamento, densità e pressione. Divideteli in gruppi e date a ciascun gruppo una bottiglia di PET e il materiale per costruire i diavoletti di Cartesio (pipetta e dado). Assicuratevi di pianificare questa attività in anticipo perché dovrete chiedere alla classe di portare le bottiglie di PET.



### Prendete spunto

Come si costruisce il diavoletto di Cartesio con il materiale contenuto nel kit? Troverete istruzioni dettagliate in questa pagina web: <https://buggyandbuddy.com/cool-science-kids-make-cartesian-diver/>.

Invitateli a provarlo e a utilizzare quanto appreso durante l'unità didattica per formulare ipotesi, testarle e giungere a una conclusione.



### Explore

Chiedete alla classe di costruire i loro diavoletti di Cartesio e di riprendere le domande di ricerca formulate all'inizio dell'UD. Saranno il punto di partenza per le loro indagini. Perché gli oggetti galleggiano? Perché affondano? Potrebbe essere utile riempire la pipetta d'acqua in un contenitore a parte e poi metterla nella bottiglia di PET. Durante i test, gli studenti possono provare a riempire le pipette con diverse quantità d'acqua: qual è l'effetto? Osservano una differenza tra le pipette fatte in casa e i polipetti utilizzati per la dimostrazione? Che cosa cambia quando si spinge sul coperchio? Che cosa succede se il contenitore non è sigillato? Perché?



### Explain

Lasciate che ogni gruppo racconti ciò che ha fatto e le conclusioni a cui è giunto. Partendo dalle loro spiegazioni, guidateli nella comprensione del fenomeno.

## Per capire

Il diavoleto di Cartesio deve il suo nome al filosofo René Descartes (in italiano Renato Cartesio), che erroneamente è considerato il suo inventore, quando al contrario è stato inventato nel 1648 da Raffaello Magiotti, allievo di Galileo. Si tratta di un oggetto riempito parzialmente d'acqua e parzialmente d'aria, che galleggia in acqua in un contenitore sigillato (in questo caso si tratta di un grosso cilindro o di bottiglie in PET). Quando si spinge sulla membrana o sulle pareti delle bottiglie, si sta applicando una forza che comprime il volume interno del contenitore e, di conseguenza, la pressione aumenta. Questo aumento di pressione provoca la diminuzione del volume occupato dall'aria nel diavoleto di Cartesio. Di conseguenza, il volume dell'acqua nel diavoleto aumenta, ed essendo la densità dell'acqua maggiore di quella dell'aria, questo fa sì che la densità del diavoleto aumenti e la forza di galleggiamento che lo teneva a galla diminuisca facendolo affondare. Si noti che la pressione applicata alla membrana del cilindro o alla sua parete della bottiglia si propaga al diavoleto di Cartesio attraverso il fluido, perché la pressione in acqua è la stessa in tutte le direzioni.



## Elaborate

Potete discutere con la classe di altri oggetti che potrebbero essere utilizzati come contenitori e diavoletti di Cartesio (per esempio: bottiglie di forme diverse, penne senza la cartuccia d'inchiostro, ecc.).

## Prendi spunto!

<https://www.youtube.com/watch?v=xFT-n6bdy8Q>



## Per approfondire

La maggior parte dei pesci si comporta in modo simile a un diavoleto di Cartesio, cioè controlla il proprio galleggiamento cambiando la quantità d'aria nel corpo grazie alla vescica natatoria. La vescica natatoria è un organo che i pesci ossei possiedono e utilizzano a questo scopo, gonfiandola o sgonfiandola per galleggiare meglio e spendere meno energia durante il nuoto.

In piscina avete mai provato a espirare tutta l'aria che avete nei polmoni mentre siete immersi nell'acqua? Dovreste andare a fondo piano piano?



## Evaluate

Riassumete con le studentesse e gli studenti la spiegazione dei fenomeni presenti in questo esperimento e negli altri esperimenti dell'unità didattica.

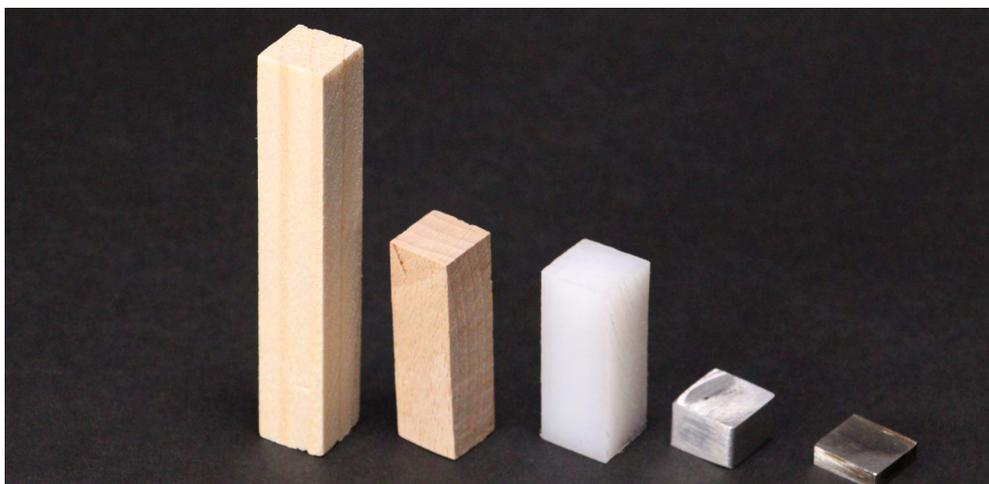
Concetti chiave che dovrebbero emergere:

- L'applicazione di una forza su una superficie di un contenitore ne aumenta la pressione interna
- La pressione si trasmette nel fluido (sia liquido sia gas).
- La forza di galleggiamento dipende dalla densità dell'oggetto rispetto a quella del fluido in cui è immerso (in questo caso l'acqua).
- La densità del diavoleto di Cartesio dipende dal rapporto tra il volume interno dell'acqua e quello dell'aria.

## 2.2 RESTARE A GALLA

---

Alcuni oggetti galleggiano, altri affondano. Perché? Una lezione coinvolgente su densità e galleggiamento



### Introduzione

La densità è una proprietà intrinseca della materia, che indica la quantità di materia contenuta in un volume definito. Come si può confrontare la densità di materiali diversi?

Quando si è immersi in un fluido, in che modo la densità di un materiale è legata alla forza di galleggiamento che agisce su di esso? In questa attività le studentesse e gli studenti potranno familiarizzare con il concetto di densità e impareranno come funziona il galleggiamento.

**Tipologia:** attività di gruppo hands-on

**Durata:** 45 - 60 minuti

#### Materiali:

- contenitore cilindrico
- acqua
- parallelepipedi di dimensioni diverse e di materiali diversi

- righello
- bilancia

#### Potete anche portare

- calcolatrice

### PIANO DELL'ATTIVITÀ



#### Engage

Dividete la classe in gruppi. Date a ogni gruppo un cilindro graduato e un righello. Riempite i cilindri d'acqua.

Chiedete agli studenti e alle studentesse di riprendere le osservazioni e le ipotesi fatte durante la dimostrazione dei diavoletti di Cartesio. Spiegate il legame tra le loro osservazioni e i fenomeni che verranno studiati qui: densità e galleggiamento.

Mostrate loro i dieci piccoli parallelepipedi diversi e chiedete se sanno rispondere alla seguente domanda: quale di questi oggetti galleggia in acqua e perché?



### Explore

Gli studenti possono osservare, toccare, pesare gli oggetti e verificare se galleggiano o meno. Dopo 10-15 minuti dovrebbero essere tutti in grado di dire quali oggetti galleggiano e quali no. Se necessario, suggerite loro di testare gli oggetti uno per uno e di annotare le loro osservazioni.



### Explain

Chiedete agli studenti di condividere le loro conclusioni con gli altri gruppi e di spiegare qual è secondo loro il motivo per cui i diversi oggetti si comportano in modo diverso. Dovrebbero essere d'accordo sulle proprietà di galleggiamento, ma potrebbero non essere in grado di dare una spiegazione completa del fenomeno. Guidateli nella comprensione del processo: il galleggiamento dipende dalle dimensioni dell'oggetto? Dipende dalla sua massa? Introducete allora il concetto di densità.

### Per capire

La densità è definita come il rapporto tra la massa e il volume di un materiale,  $d = m/V$ . Quando un oggetto è immerso in un fluido (in questo caso l'acqua), il suo volume sposta un volume equivalente di fluido (potete far osservare che il livello dell'acqua si alza quando un oggetto vi è immerso). Di conseguenza, l'oggetto sente una forza che lo spinge verso l'alto che contrasta il suo peso e che è equivalente al peso del volume di fluido spostato. Se la densità dell'oggetto è superiore a quella del fluido l'oggetto affonderà, poiché questa forza non è sufficiente a bilanciare il peso dell'oggetto. Se la densità dell'oggetto è inferiore a quella del fluido, l'oggetto può galleggiare. Questo effetto è noto come principio di Archimede e spiega il galleggiamento.



### Elaborate

Traete tutti insieme la conclusione: se un oggetto galleggia o affonda dipende dalla sua densità e da quella del fluido in cui è immerso. Invitate la classe a misurare le densità dei diversi parallelepipedi. Date due oggetti di materiale diverso per gruppo e chiedete di misurarne il volume, la massa e di calcolare la densità. Per la massa possono usare la bilancia, mentre per i volumi ci sono due metodi: possono usare un righello e misurare le tre dimensioni dei parallelepipedi oppure possono usare la scala graduata sul cilindro.

Se vogliono usare il secondo metodo, devono immergere l'oggetto nell'acqua e registrare la variazione del livello dell'acqua. Suggerimento: il volume sarà espresso in ml, dovranno convertirlo in  $m^3$  o  $cm^3$  (a seconda dell'unità di misura che si vuole utilizzare). Una volta che ogni gruppo ha ottenuto la densità dei due oggetti, può misurare anche la densità dell'acqua. Come si fa? Possono utilizzare il cilindro graduato per misurare il volume e la massa dell'acqua. Ricordate di pesare un cilindro vuoto prima di inserire l'acqua.

Create una tabella con le masse, i volumi e le densità di tutti gli oggetti. Che cosa si può concludere? Fate li discutere sulla differenza di dimensioni quando la massa è costante e sulla differenza di massa quando il volume è costante.

Le loro conclusioni sono in accordo con le osservazioni sperimentali?

Le misure effettuate dai diversi gruppi sono in accordo? Se no, perché? Si potrebbe introdurre il concetto di incertezza nella misura: quando si fa una misura c'è sempre un margine di errore casuale dovuto alle condizioni ambientali e alle capacità dello sperimentatore, e un'incertezza intrinseca dovuta agli strumenti che utilizziamo.



### Evaluate

La densità è definita come il rapporto tra la massa e il volume di un oggetto. Ora che abbiamo capito cos'è la densità e qual è il suo ruolo, la sfida è questa: possiamo prevedere se un oggetto galleggia o affonda? Alla prossima lezione!

## 2.3 GALLEGGIA O AFFONDA?

---

Righello, bilancia, carta e penna: misurate le proprietà di un oggetto e cercate di capire se resterà a galla o affonderà. Pronti?

### Introduzione

Questa attività deve essere svolta dopo la 2.2, perché gli studenti e le studentesse devono conoscere il concetto di densità e galleggiamento. L'obiettivo è ampliare ciò che è stato fatto in precedenza e investigare il comportamento di oggetti e fluidi diversi.

**Tipologia:** attività di gruppo hands-on

**Durata:** 45 - 60 minuti

### Materiali:

- contenitore cilindrico
- acqua
- righello
- bilancia

### Potete anche portare

- liquidi diversi (alcol, sciroppo, olio, acqua e sale, acqua e zucchero, ecc.)
- oggetti diversi da inserire nei cilindri graduati



### PIANO DELL'ATTIVITÀ

#### Engage

Questa attività sfrutta la creatività degli studenti e delle studentesse per ampliare quanto appreso sulla densità e sul galleggiamento. Ricordate di pianificare questa attività in anticipo, dividendoli in gruppi e dando loro il compito di portare a scuola una serie di oggetti di cui vorrebbero testare la galleggibilità e liquidi diversi (idealmente quattro o cinque).

Esempi: sughero, plastica, legno, polistirolo, gomma, arachidi, plastilina come materiali; acqua e sale, acqua e zucchero, sciroppo di frutta, detersivo per piatti, alcol, olio come liquidi.

Il compito è studiare la galleggibilità di diversi materiali e di diversi liquidi. Chiedete di pianificare l'attività di ricerca, decidere cosa misurare e come farlo. Dovranno tenere traccia di ciò che hanno fatto e preparare un riassunto da presentare alla classe.



## Explore

Lasciate che i gruppi lavorino in autonomia, guidandoli quando necessario. Per non perdere la cognizione di ciò che fanno e eseguire un lavoro sistematico, possono adottare due approcci: misurare la densità di ogni materiale, prevedere se galleggia o meno in un determinato liquido e poi fare la prova; oppure il contrario. Possono anche confrontare il modo in cui i liquidi galleggiano l'uno sull'altro. Versando delicatamente un liquido dopo l'altro nel cilindro graduato si ottiene una pila di liquidi ordinati in base alla loro densità, con il più denso in basso e il meno denso in alto. Riescono a prevedere la sequenza corretta prima di provare? L'ordine in cui vengono versati i liquidi è importante?



## Elaborate

Fate condividere alle studentesse e agli studenti quanto hanno osservato e confrontate insieme quanto trovato dai diversi gruppi. Potete a questo punto portare avanti un'altra riflessione: il galleggiamento riguarda solo i liquidi o anche i gas? Lasciate che ragionino eventualmente suggerendo loro di pensare ai palloncini.

## Per approfondire

Il galleggiamento non riguarda solo i liquidi ma anche i gas. Due gas sono spesso utilizzati nella fisica sperimentale: l'azoto e l'elio. Si usano in genere in fase liquida, perché sono ottimi refrigeranti. L'azoto è liquido a  $-195,8\text{ °C}$  e l'elio a  $-269\text{ °C}$ . Questi gas sono utilizzati in fase liquida, al CERN, per raffreddare l'acceleratore Large Hadron Collider (LHC) e all'INFN per raffreddare esperimenti e rivelatori di particelle che funzionano a basse temperature.

Se la temperatura di questi liquidi cambiasse improvvisamente, evaporerebbero all'istante e riempirebbero la stanza in cui si trovano. L'elio è meno denso e si accumula in alto, mentre l'azoto è più denso e si accumula in basso.

Se una grande quantità di questi gas viene rilasciata in una stanza chiusa, è bene uscirne il prima possibile. Se si tratta di elio, l'aria respirabile rimane sul fondo della stanza e il modo più sicuro per evacuare la stanza è camminare carponi. Se viene rilasciato azoto, l'aria respirabile viene spinta in cima, e si deve invece camminare a testa alta.



## Evaluate

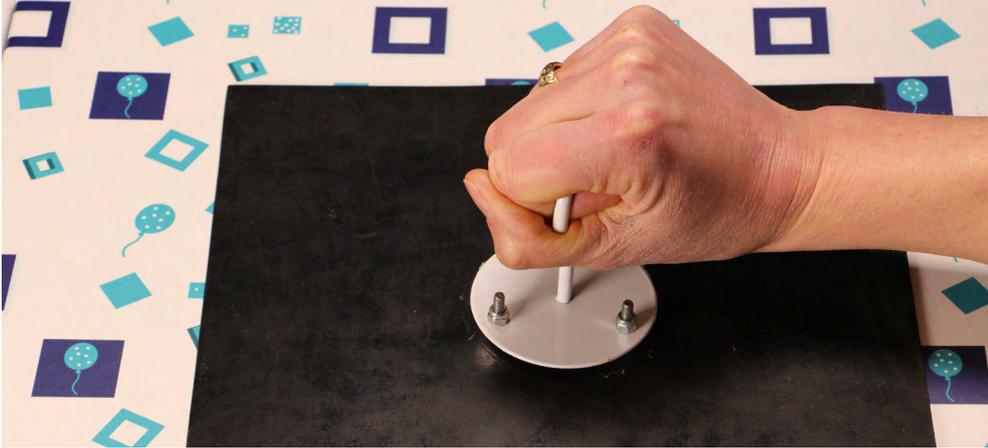
È giunto il momento di ricordare la nostra attività di apertura: perché il diavolelto di Cartesio galleggia? Perché affonda? Che cosa succede? Le studentesse e gli studenti dovrebbero essere in grado di collegare il comportamento del diavolelto di Cartesio con una variazione della sua densità rispetto a quella dell'acqua.



## 2.4 TAPPETINO ATMOSFERICO

---

Vi sfidiamo: posizionate un semplice tappetino di gomma su una superficie piana. Ora sollevatelo, se ci riuscite. Una lezione sulla pressione e sugli effetti della pressione atmosferica.



### Introduzione

La classe sperimenterà l'effetto della pressione atmosferica grazie a un tappetino di gomma, che sfrutta appunto la pressione dell'aria per aderire alle superfici piane.

**Tipologia:** attività hands-on

**Durata:** 30 minuti

### Materiali:

- Tappetino di gomma

### PIANO DELL'ATTIVITÀ



#### Engage

Posizionate il tappetino di gomma su una superficie piana, per esempio un tavolo, e chiedete a una studentessa o uno studente di provarlo a sollevarlo usando il gancio centrale. Chiedete a una seconda persona e poi a una terza. Tutti dovrebbero fare fatica. Perché? Ora chiedete loro di rimuoverlo senza il vincolo del gancio centrale. Funziona ora?



#### Explore

Coinvolgete la classe in una discussione sul fenomeno osservato. Possono riprovare a posizionarlo su superfici diverse e osservare quel che accade. Funziona sempre? Qual è la ragione di questo comportamento?

Si può provare a posizionarlo su una superficie verticale, come una lavagna. Se la gomma aderisce bene alla superficie e si cerca di tirarla dal gancio centrale, il tappetino non si muove.



#### Explain

Chiedete alle studentesse e agli studenti di condividere le loro conclusioni. Potrebbero trovare una somiglianza con la ventosa, un oggetto che probabilmente conoscono bene, e potrebbero osservare che il fenomeno ha a che fare con l'aria.



## Per capire

L'atmosfera è composta da molecole d'aria che esercitano una pressione sulle superfici con cui vengono a contatto. La pressione dell'aria è nota come pressione atmosferica (gli studenti ne hanno sicuramente sentito parlare nelle previsioni del tempo), e la pressione atmosferica è la stessa in ogni direzione perché siamo circondati da molecole d'aria (e sono anche nei nostri polmoni). Quando la gomma del tappetino atmosferico viene fatta aderire su una superficie piana, l'aria presente tra la gomma e la superficie fuoriesce. Pertanto, la pressione dell'aria presente tra il tappetino e la superficie è trascurabile

rispetto alla pressione esterna che l'atmosfera esercita sul tappetino di gomma spingendolo contro la superficie. Non appena l'aria rientra tra la gomma e la superficie rigida, per esempio quando solleviamo un lato della gomma, la pressione viene ripristinata e il tappetino può essere sollevato facilmente. Questo esperimento è molto utile per percepire l'intensità della pressione atmosferica in cui viviamo. Perché non siamo appiattiti al suolo dalla pressione atmosferica? Perché l'intensità della pressione è la stessa in tutte le direzioni. Si può dire che la pressione atmosferica è isotropa. La pressione è isotropa anche nei liquidi, ad esempio nell'acqua.



## Elaborate

Le studentesse e gli studenti saranno certamente sorpresi dall'intensità della pressione atmosferica.

Calcolate la pressione esercitata dall'aria sul tappetino. È possibile fare un esercizio quantitativo e valutare la forza peso di una colonna d'aria sul tappetino. La pressione è il rapporto tra la forza e la superficie su cui viene esercitata. Per misurare la pressione atmosferica si possono usare diverse unità di misura; nel Sistema Internazionale di Unità di Misura la pressione si misura in Pascal (Pa) e la pressione atmosferica è pari a 101325 Pa. Si può misurare l'area del tappeto e ottenere la forza peso della colonna d'aria sul tappetino moltiplicandola per la pressione. Suggerimento: il peso di una colonna d'aria è di circa 1 kg per cm<sup>2</sup> in base a questo calcolo, quanti elefanti equivalenti si trovano sulla nostra testa?

Confrontate il tappeto atmosferico con le ventose e discutete con gli studenti le loro applicazioni nella tecnologia. Le ventose sono spesso utilizzate nell'industria per spostare materiale e ottimizzare i processi.

## Prendi spunto

Un'estensione di questo effetto è il famoso esperimento del liquido nella cannuccia. Riempite una cannuccia con un liquido tappando il foro inferiore, bloccate il foro superiore con un dito e sollevate la cannuccia stappando il foro inferiore. Il liquido non cadrà dalla cannuccia grazie alla pressione dell'aria che agisce solo dal basso e mantiene il liquido nella cannuccia. Una versione avanzata di questo esperimento prevede una pallina da ping pong, una bottiglia e dell'acqua, potete trovarla in questo video:

[https://www.youtube.com/watch?v=sOli2Ony1\\_M&t=5s](https://www.youtube.com/watch?v=sOli2Ony1_M&t=5s)



## Evaluate

Rivedete con gli studenti il fenomeno, i messaggi chiave che dovrebbero emergere sono:

- L'aria esercita una pressione su ogni oggetto.
- La pressione dell'aria è la stessa in ogni direzione, si dice che è isotropa.
- L'hanno capito davvero? Ponete loro la seguente domanda: questo effetto funzionerebbe nel vuoto?

## Per approfondire

I tappetini atmosferici sono comunemente usati nei laboratori e nei centri di calcolo dell'INFN per alzare mattonelle e stendere cavi, altrimenti molto pesanti. Fatto storico: nel 1654 lo scienziato e sindaco di Magdeburgo Otto Von Guericke organizzò una dimostrazione pubblica per mostrare l'effetto della pressione atmosferica, seguendo gli studi di Evangelista Torricelli, pubblicati qualche anno prima. Mise a contatto due semisfere metalliche e utilizzò una pompa da vuoto per eliminare l'aria al loro interno. La pressione dell'aria tenne unite le semisfere in modo così forte che due tiri di cavalli non riuscirono a separarle. Il pubblico rimase impressionato da questo effetto.



Un famoso dipinto del 1657 di Gaspar Schott ritrae l'esperimento degli emisferi di Magdeburgo.

## 2.5 FARE IL VUOTO

---

Siete così abituati alla pressione atmosferica che rimarrete a bocca aperta: esplorate le conseguenze inaspettate, spettacolari e sorprendenti del vuoto!

### Introduzione

In un contenitore chiuso viene creata una depressione tramite una pompa da vuoto manuale. Le studentesse e gli studenti studiano diversi fenomeni, ad esempio il gonfiaggio di un palloncino sigillato, la formazione di schiuma, ecc.

**Tipologia:** attività di gruppo hands-on

**Durata:** 45 - 60 minuti

### Materiali:

- camera del vuoto
- pompa da vuoto manuale
- palloncini

### Potete anche portare

- marshmallow
- crema
- sapone
- fette di mela
- gomma



## PIANO DELL'ATTIVITÀ



### Engage

Per iniziare questa attività vi suggeriamo di fornire alla classe un po' di contesto. Se ci pensate, il nostro mondo è letteralmente pieno di aria: respiriamo aria, ci muoviamo nell'aria, viviamo le nostre vite sotto uno strato d'aria che chiamiamo atmosfera.

Cosa succederebbe se improvvisamente togliessimo l'aria?

Organizzate la classe in gruppi e date a ciascun gruppo una camera a vuoto. Spiegate brevemente il funzionamento della camera a vuoto e date loro un palloncino.

Mostrate chiaramente come fissare la pompa sul coperchio della camera, come estrarre l'aria e come riempirla nuovamente usando la membrana di gomma.

Ecco la sfida: come possono gonfiare il palloncino sigillato senza soffiarcì dentro?



### Explore

Lasciate che gli studenti e le studentesse provino a mettere all'interno della camera non solo i palloncini ma anche oggetti come marshmallow, sapone, panna, ecc.

Che cosa succede? Coinvolgete la classe in una discussione e cercate di scoprire insieme il motivo per cui alcuni oggetti all'interno della camera diventano sempre più grandi man mano che si fa il vuoto. Cosa succede se si fa il vuoto nella camera con dentro il palloncino (o altri oggetti)? E se poi si riempie la camera d'aria? Gli studenti e le studentesse possono anche provare ad aprire la camera e scoprire che non ci riescono se prima non la riempiono d'aria. È qualcosa di simile a ciò che è successo con il tappetino? Pensate che sia possibile sollevare il tappetino all'interno di una camera a vuoto?



### Explain

Lasciate che ogni gruppo riassume ciò che ha fatto e ciò che ha concluso. Partendo dalle loro spiegazioni, guidateli nella comprensione del fenomeno.

### Per capire

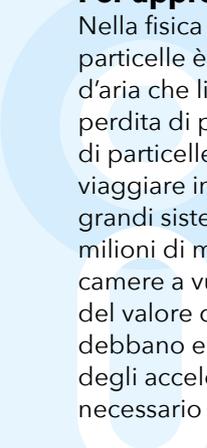


All'inizio dell'esperimento la camera contiene aria, e la pressione dell'aria è la stessa all'interno e all'esterno della camera. Facendo uscire l'aria, la pressione all'interno della camera diventa più bassa della pressione atmosferica. È possibile verificare questo fenomeno provando ad aprire la camera dopo aver fatto il vuoto: non ci si riesce, a causa della forza esercitata dalla pressione atmosferica sulla superficie della camera (come accadeva con il tappetino). Quando si colloca all'interno della camera un oggetto contenente aria, ad esempio un palloncino, dei marshmallow e della schiuma di sapone, e si aspira l'aria che circonda questi oggetti, si permette all'aria contenuta all'interno degli stessi di espandersi, poiché non si ha più un bilanciamento di pressione esterno e l'aria, essendo un gas, tende a occupare tutto il volume a disposizione. Pertanto, se la superficie dell'oggetto è elastica, si può vedere che diventa sempre più grande.

### Elaborate

Facilitate la discussione sugli effetti della pressione. Per esempio: avete mai notato che una bottiglia di plastica chiusa in alta montagna si accartocchia quando si arriva a valle? Pensate che la pressione dell'aria sia la stessa in montagna e a livello del mare? Quando si sale su una montagna, la pressione diminuisce perché la colonna d'aria sopra di noi diminuisce. Incoraggiate gli studenti e le studentesse a collegare ciò che accade alla bottiglia all'esperienza con gli oggetti nella camera a vuoto.

### Per approfondire



Nella fisica sperimentale il vuoto gioca un ruolo fondamentale. Negli acceleratori di particelle è molto importante evitare che i fasci di particelle collidano con le molecole d'aria che li circondano, perché ciò comporterebbe un rallentamento del fascio, la perdita di particelle e la perdita di energia. Pertanto, come in tutti gli acceleratori di particelle, nel Large Hadron Collider (LHC) del CERN i fasci di particelle devono viaggiare in un vuoto pari allo spazio interstellare. L'acceleratore è uno dei più grandi sistemi di vuoto al mondo, con 104 chilometri di tubi mantenuti a circa cento milioni di miliardesimi della pressione atmosferica! Per fare un confronto, nelle camere a vuoto utilizzate per questo esperimento si raggiunge solo circa la metà del valore della pressione atmosferica. Riuscite a immaginare quanto straordinarie debbano essere le tecnologie per creare tali condizioni? Naturalmente, le pareti degli acceleratori non devono accartocciarsi come una bottiglia di plastica, quindi è necessario utilizzare materiali e tecnologie adatti a sostenere pressioni così basse.

### Per capire



Analoghe condizioni di vuoto sono necessarie, per esempio, negli alloggiamenti degli specchi dell'interferometro per le onde gravitazionali Virgo, che è ospitato nella campagna pisana dal consorzio europeo EGO, di cui l'INFN è tra i fondatori. Senza il vuoto, gli specchi di Virgo non saprebbero distinguere con opportuna precisione i segnali di onde gravitazionali prodotti da eventi cosmici, come la fusione di buchi neri, da un semplice movimento d'aria. Queste condizioni estreme di vuoto (oltre che di freddo) hanno permesso a Virgo di rivelare, nell'agosto 2017, il segnale prodotto dalla fusione di due stelle di neutroni e, in seguito, moltissimi altri segnali di questo tipo.

Un'altra riflessione che potete stimolare riguarda ciò che accade se si porta sott'acqua un palloncino gonfio. Pensate che la pressione dell'acqua sia uguale a quella dell'aria?

Sott'acqua la pressione esercitata su un oggetto è maggiore, perché la pressione esercitata dalle molecole d'acqua è superiore a quella delle molecole d'aria. Una colonna d'acqua alta 10 metri esercita la stessa pressione di chilometri di aria sopra le nostre teste. Pertanto, più si scende in profondità, più la pressione è elevata e il palloncino si restringe.

Questo è un aspetto che i sub tengono in considerazione quando vanno sott'acqua. Il nostro corpo non è fatto per vivere a pressioni molto elevate. A cosa è dovuto il noto dolore alle orecchie quando ci si immerge in profondità? Al fatto che le orecchie sono particolarmente sensibili ai cambiamenti di pressione. In particolare, il timpano registra i suoni rilevando le variazioni di pressione dovute alla vibrazione dell'aria.

### Prendi spunto!

Con queste camere a vuoto si può anche aprire una discussione sulla conservazione degli alimenti: provate a mettere alcune fette di mela nella camera a vuoto e altre fette in una camera piena d'aria. Lasciate tutto chiuso per una settimana e osservate ogni giorno cosa succede alla mela. Perché l'aria accelera la degradazione della mela? Perché l'ossigeno presente nell'aria provoca l'ossidazione degli alimenti, alterandone le normali caratteristiche.

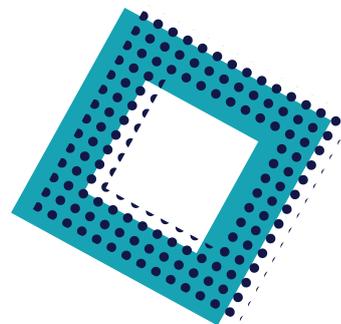


### Evaluate

Rivedete con le studentesse e gli studenti il lavoro e gli esperimenti svolti. I messaggi chiave che dovrebbero essere chiari per loro sono:

- la pressione è legata al movimento delle particelle
- se rimuoviamo le particelle, la pressione diminuisce
- la pressione influenza il comportamento dei materiali (un palloncino o un marshmallow si gonfiano se la pressione esterna diminuisce).

Domanda: si possono sentire i suoni nel vuoto?  
Li possiamo sentire nell'acqua?



# 03

## UNITÀ DIDATTICA 3 **LUCE**

---

LIGHT



**HANDS-ON  
PHYSICS**

Questa unità didattica introduce le principali proprietà della luce, la sua composizione e il suo comportamento. Gli studenti e le studentesse incontreranno concetti come i fotoni, le lenti, l'assorbimento e la riflessione.

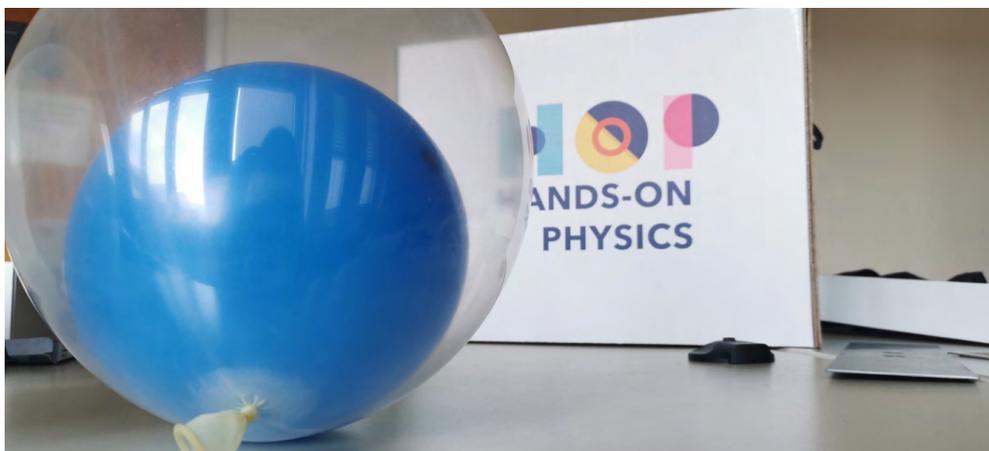
<p><b>Attività 3.1 Scoppia il palloncino</b> Un palloncino nero dentro un palloncino trasparente. a sfida è far scoppiare il palloncino interno senza far scoppiare quello esterno. Pazzesco, vero? Suggerimento: fuori è una bella giornata di sole...</p>	<p><b>Argomenti chiave</b> Fotoni, uso di lenti, trasparenza e assorbimento di energia.</p>
<p><b>Attività 3.2 Spettro delle mie brame</b> Una torcia. La si accende e si ottiene la luce. Niente di speciale, vero? Ma ora metteteci sopra quella piccola griglia lì. Cosa succede? È una specie di arcobaleno?</p>	<p><b>Messaggio chiave #1</b> La luce è fatta di fotoni. La luce bianca è composta da fotoni con energie diverse, corrispondenti a colori diversi. <b>Messaggio chiave #2</b> Oggetti speciali, come una griglia di diffrazione, possono dividere i componenti della luce. <b>Messaggio chiave #3</b> La composizione della luce dipende dalla sorgente luminosa. <b>Messaggio chiave #4</b> I nostri occhi non possono vedere tutte le energie dei fotoni.</p>
<p><b>Attività 3.3 Sotto la lente</b> Sapevate che si può piegare la luce? Occhiali, telescopi, lenti d'ingrandimento... Quante tecnologie interessanti!</p>	<p><b>Messaggio chiave #5</b> Materiali come il vetro o la plastica possono deviare un raggio di luce. Una lente convergente focalizza i raggi luminosi in un unico punto. Una lente divergente devia i raggi luminosi.</p>
<p><b>Attività 3.4 Raggi di luce</b> I raggi di luce incontrano un ostacolo. Dovrebbero fermarsi. No, aspetta, ora i raggi sembrano piegare da quella parte. Ma davvero? Ora convergono in un unico punto. Cosa sta succedendo?</p>	<p><b>Messaggio chiave #6</b> La luce può essere: assorbita, riflessa o rifratta, a seconda di ciò che incontra.</p>
<p><b>Attività 3.5 Colori</b> Che colore è quello? Ma è ovvio, è ne... no aspetta. Ora è rosso. No, aspetta. Forse è proprio nero? Che scherzi sono questi?</p>	<p><b>Messaggio chiave #7</b> Il colore di un oggetto dipende dalla luce che riflette. Un oggetto bianco riflette tutte le componenti visibili della luce, mentre gli oggetti neri le assorbono.</p>



## 3.1 SCOPPIA IL PALLONCINO

---

Fuori è una bella giornata di sole, voi indossate una maglietta nera e... che caldo! Chi invece indossa una maglietta bianca non sembra soffrire tanto. Perché? C'entra forse il colore? Scopriamolo!



### Introduzione

Un palloncino nero viene gonfiato all'interno di un palloncino trasparente. La luce del Sole viene focalizzata sui palloncini utilizzando una lente d'ingrandimento, e solo il palloncino nero interno scoppia senza danneggiare quello trasparente.

**Tipologia:** dimostrazione o attività di gruppo hands-on

**Durata:** 30 minuti sia per la parte 1 sia per la parte 2

### Materiali:

- palloncino scuro
- palloncino trasparente
- lente d'ingrandimento
- luce solare diretta
- pompa per gonfiare i palloncini

### PIANO DELL'ATTIVITÀ - PARTE 1 (INIZIO UD)



#### Engage and explore

Distribuite agli studenti e alle studentesse un palloncino nero e uno trasparente e chiedete loro di inserire quello nero all'interno di quello trasparente con l'aiuto di una matita o una penna. Gonfiate il palloncino nero e chiudetelo. Gonfiate il palloncino esterno trasparente e chiudetelo. Chiedete alla classe se è possibile far scoppiare il palloncino nero senza far scoppiare quello trasparente. Dopo la discussione, date loro la lente d'ingrandimento per focalizzare un raggio di luce solare verso i palloncini. Cosa succede?



### PIANO DELL'ATTIVITÀ - PARTE 2 (FINE UD)



#### Engage

Ripetete l'esperimento come all'inizio dell'UD. Perché il palloncino nero scoppia e quello trasparente no? Cosa fa la lente d'ingrandimento?



## Explain

Stimolate gli studenti e le studentesse a parlare di ciò che hanno scoperto durante l'unità didattica e a esporre le loro idee sul fenomeno. Discutendo questa attività alla fine dell'unità didattica, la classe dovrebbe avere gli strumenti per comprendere l'effetto. La lente d'ingrandimento viene usata per focalizzare la luce e aumentarne l'intensità incidente su un piccolo punto. Il palloncino trasparente lascia passare la luce mentre il palloncino scuro assorbe tutta la luce, cioè l'energia. L'energia della luce viene trasferita al materiale, che si riscalda e si rompe. L'esperimento funziona solo con la luce solare?

### Per capire

La luce è costituita da fotoni, affascinanti particelle prive di massa che trasportano una certa quantità di energia che dipende dal colore. La luce blu ha più energia della luce rossa. Inoltre, più la luce è intensa più sono i fotoni che la compongono. La lente d'ingrandimento è una lente convergente in grado di focalizzare il fascio di luce. In questo modo la quantità di energia dei fotoni si concentra in un unico punto e diventa molto elevata. Gli oggetti trasparenti, come il palloncino esterno, vengono attraversati dalla luce e dunque non assorbono l'energia del fascio luminoso: il palloncino trasparente non scoppia. Quello nero, invece, assorbe completamente la luce. L'energia assorbita dai fotoni diventa quindi energia termica e scioglie il lattice del palloncino, facendolo scoppiare.



## Elaborate

Le studentesse e gli studenti possono provare a ripetere l'esperimento con altre fonti di luce: riescono a far scoppiare i palloncini? Cosa cambia con le diverse sorgenti? Ogni sorgente emette uno spettro luminoso diverso, ovvero un insieme diverso di colori con diverse intensità. quindi il Sole, una lampada alogena o una lampada a LED hanno uno spettro diverso: la luce che grazie alla lente possiamo concentrare su un punto del palloncino in questi casi ha una diversa quantità di energia, che potrebbe non essere sufficiente a sciogliere il palloncino di lattice.

### Per approfondire

Lo spettro della luce solare contiene molti fotoni ultravioletti (UV), che hanno una grande quantità di energia. Sappiamo bene che la luce solare può essere dannosa per gli occhi e la pelle, ed è per questo che usiamo creme solari e occhiali che schermano la luce UV. Queste protezioni funzionano in due modi diversi: assorbono la luce UV o la riflettono, in modo che non possa raggiungere la nostra pelle o i nostri occhi. Di solito gli occhiali riflettono la luce UV (a volte anche la luce blu), mentre le creme solari di solito la assorbono (avete mai notato che vi sentite più caldi quando vi siete spalmati di crema solare?), ma ci sono anche creme solari che la riflettono.

Se alcuni studenti hanno occhiali che schermano il blu, potete mostrare che riflettono la luce blu illuminandoli.

Nella fisica delle particelle, gli strumenti sperimentali sono spesso esposti a fotoni ad alta energia e ad altre particelle che potrebbero danneggiarne il funzionamento. Pertanto, i componenti elettronici devono essere ottimizzati per resistere a tali radiazioni, oppure si devono installare sistemi di schermatura per proteggere le tecnologie. La scelta del materiale di schermatura dipende dal tipo di radiazione. La protezione dalle radiazioni è molto importante anche quando gli esperimenti e le persone si trovano nello spazio, perché lì non c'è l'atmosfera terrestre che scherma gran parte delle radiazioni; quindi, nello spazio l'esposizione alle particelle energetiche è molto più intensa rispetto a quanto lo sia sulla terra, dove siamo protetti dall'atmosfera.



## Evaluate

Rivedete con la classe ciò che è stato fatto in questa UD, i messaggi chiave sono i seguenti:

- La luce bianca è composta da fotoni con energie diverse.
- Fotoni con energie diverse corrispondono a colori diversi.
- Non possiamo vedere i fotoni con tutte le energie possibili: per esempio, non possiamo vedere la luce UV o la luce infrarossa.
- Quando un raggio di luce incontra una lente, il raggio viene deviato.
- La luce può essere: assorbita, riflessa o rifratta, a seconda di ciò che incontra.
- Il colore di un oggetto dipende dalla luce che riflette. Un oggetto bianco riflette tutte le componenti visibili della luce, mentre gli oggetti neri le assorbono tutte.

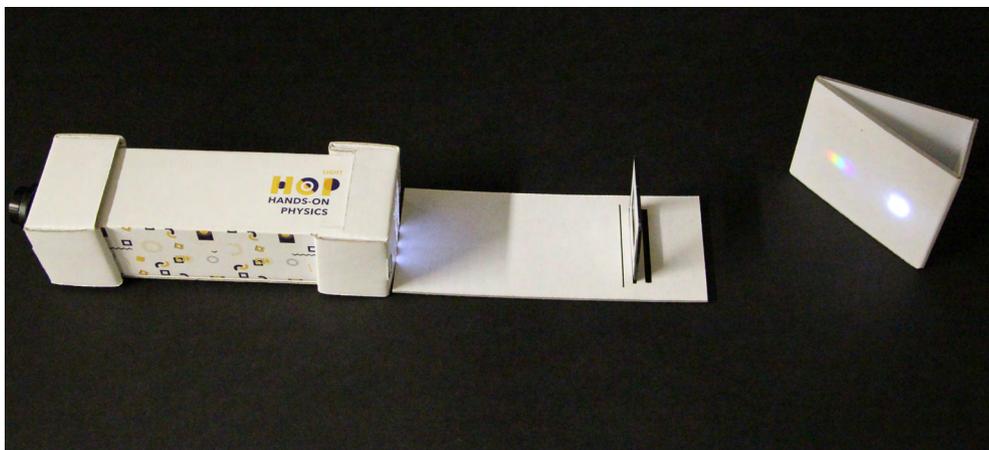
Alcune domande per stimolare gli studenti e le studentesse: Un palloncino verde scoppia se puntato da un laser verde? Cosa succede se mettete un palloncino rosso dentro quello verde e puntate un laser verde? Cosa succede se sui palloncini è disegnato un punto nero e si punta la luce proprio lì?



## 3.2 SPETTRO DELLE MIE BRAME

---

Una torcia. La si accende e ottiene la luce. Niente di speciale, vero? Ma ora metteteci sopra quella piccola griglia lì. Cosa succede? È una specie di arcobaleno?



### Introduzione

Un fascio collimato di luce bianca viene suddiviso nei suoi componenti utilizzando una griglia di diffrazione. Si nota allora che la luce non è più bianca, ma forma un arcobaleno. Perché?

**Tipologia:** dimostrazione e discussione

**Durata:** 45 - 60 minuti

#### Materiali:

- Torcia e supporto
- Lente di Fresnel
- Griglia di diffrazione
- Filtri colorati

#### Puoi portare anche

- Altre torce, ad esempio quella dello smartphone
- Telecomando a infrarossi

### PIANO DELL'ATTIVITÀ



#### Engage

Preparate la configurazione sperimentale come in figura secondo le indicazioni contenute nel libretto di istruzioni. Se possibile, utilizzate una lavagna magnetica bianca, altrimenti potete montare l'esperimento sulla cattedra. Cercate di creare le condizioni più buie possibili. Accendete la sorgente luminosa e osservate il raggio di luce bianca che colpisce lo schermo. Ora mettete la griglia di diffrazione e chiedete alla classe di osservare cosa succede: appare uno "spettro" di colori diversi! Avete mai visto qualcosa di simile? Avete mai visto un arcobaleno subito dopo la pioggia? Perché compare?



#### Explore

Spingete le studentesse e gli studenti a cambiare la posizione dello schermo e a osservare ciò che accade. Aiutateli a formulare una serie di domande: Cosa sono questi colori? In che ordine appaiono? Quanti sono? Confrontate i colori con quelli dell'arcobaleno: sono gli stessi? Lasciate che tocchino la griglia e la spostino in varie posizioni per esplorare il

fenomeno.

Le studentesse e gli studenti potrebbero collegare questo effetto alla formazione di un arcobaleno nel cielo. In quali condizioni si formano gli arcobaleni nel cielo? Le gocce d'acqua nell'aria umida dopo la pioggia si comportano come la griglia che separa i colori della luce.

Si può notare che il rosso e il blu/violetto sono gli estremi dello spettro. Chiedete loro se pensano che noi siamo in grado di vedere tutti i tipi di luce. Probabilmente hanno già sentito parlare dei raggi UV e dei raggi infrarossi. Oltre il rosso e il violetto dello spettro, c'è qualcosa che i nostri occhi non possono vedere.

### Per estendere l'attività

Se avete portato con voi un telecomando a infrarossi, chiedete alla classe di osservare quel che succede quando si preme un pulsante. Riuscite a vedere un fascio di luce? Ora provate a osservare il telecomando utilizzando la fotocamera dello smartphone. In questo caso, si riesce a vedere la luce perché la fotocamera è sensibile anche a queste frequenze. Si può anche osservare che alcuni animali percepiscono la luce infrarossa, come i serpenti, o gli UV, come le api o le farfalle.

Sulla vista degli animali, si può guardare in classe questo approfondimento del progetto INFN Kids:

<https://www.youtube.com/watch?v=9cH-nCP4-tg>



### Explain

Lasciate che le studentesse e gli studenti si confrontino sulle domande che hanno sollevato e sulle risposte che hanno dato. Cercate di promuovere una riflessione sulla natura della luce e sul ruolo della griglia.

### Per capire

La luce è costituita da particelle chiamate fotoni, che possono avere energie diverse. I fotoni con energie diverse corrispondono a colori diversi: per esempio, i fotoni blu hanno più energia di quelli rossi. Una miscela equilibrata di fotoni di diversi colori dà come risultato una luce bianca, come quella della lampada utilizzata nell'esperimento. Passando attraverso i materiali, la luce bianca interagisce con essi; se il materiale è completamente trasparente, come il vetro, la luce lo oltrepassa. In alcune condizioni, il raggio luminoso cambia direzione quando attraversa un oggetto trasparente. Ciò dipende dal materiale, dalla sua geometria e dall'energia dei fotoni. Infatti, fotoni con energie diverse si comportano in modo diverso quando

interagiscono con la materia; quindi attraversando il reticolo, i diversi colori vengono deviati in modo diverso.

Questo effetto spiega perché la griglia (o un prisma) può separare le componenti della luce, mostrandocela nei suoi colori.

Durante gli esperimenti, abbiamo usato solo la luce visibile. Ma si può spiegare che c'è molto altro nello spettro luminoso. Potete mostrare la figura con lo spettro completo della luce e far notare che anche le onde radio, le microonde o i raggi X sono composti da fotoni come la luce visibile, ma con energie tali da renderli invisibili ai nostri occhi.

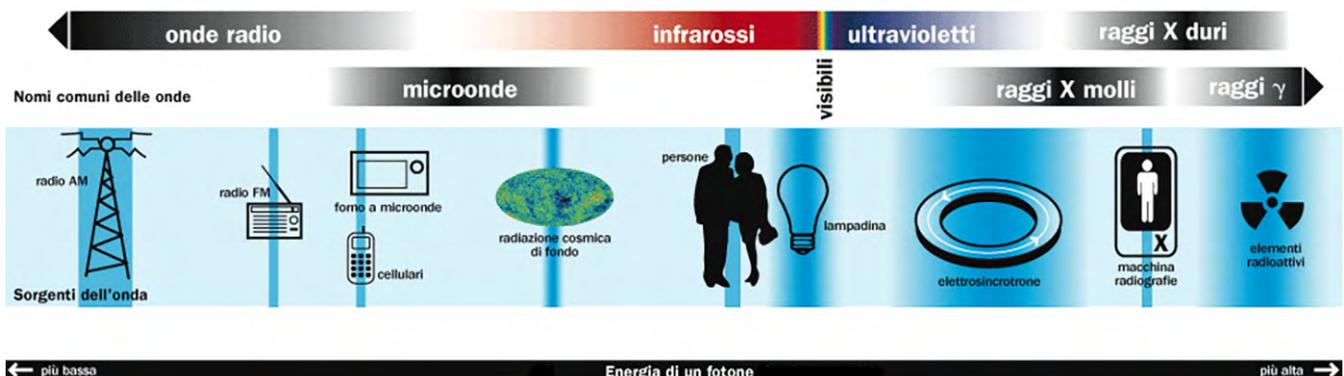


Immagine dello spettro elettromagnetico con esempi di applicazione della luce alle diverse energie.



## Elaborate

Incoraggiate gli studenti e le studentesse a provare lo stesso esperimento con fonti diverse, per esempio con torce di smartphone diversi o con torce rosse/blu. Osservate cosa succede e annotate le osservazioni. Perché fonti diverse producono una luce di colore diverso?

Considerando che la luce è una miscela di fotoni di colori diversi, quale potrebbe essere il motivo per cui a volte una luce è più rossa o gialla (luce calda), o più blu (luce fredda)? Dipende dal tipo di fotoni emessi da una sorgente: una luce "più calda" ha più fotoni rossi che blu. Viceversa, una luce "fredda" contiene più fotoni blu che rossi. Si può studiare la composizione delle diverse sorgenti utilizzando i filtri colorati inclusi nel kit per cambiare il colore della luce bianca.

## Per approfondire

L'analisi della luce prodotta da una sorgente può dire molto sulla sorgente stessa. La prima sorgente luminosa a cui tutti pensiamo è il Sole; i fisici se ne interessano da molto tempo, fu Isaac Newton a utilizzare un semplice prisma scoprendone la scomposizione in colori. Più tardi, nell'Ottocento, Joseph von Fraunhofer, un vetraio, con un prisma molto più puro di quello di Newton scoprì che nella luce solare non sono presenti proprio tutti i colori (cioè i fotoni di tutte le energie), ma ne mancano alcuni. Perché? Questo accade anche con altre stelle, e dipende dagli elementi chimici che compongono la loro atmosfera. Infatti, i gas dell'atmosfera del Sole assorbono i fotoni con determinate energie, e questo si traduce nella comparsa di linee nere nello spettro della luce solare; la stessa cosa accade con le altre stelle, e la presenza delle righe ci permette di scoprire la composizione della loro atmosfera. Inoltre, osservando l'intensità della luce emessa dalle sorgenti (il numero di fotoni prodotti per ogni energia), è possibile scoprire quale sia la temperatura della sorgente; per esempio, la temperatura superficiale del Sole è di circa 5500 °C. Studiando la luce degli oggetti stellari possiamo scoprire la loro temperatura e la composizione chimica

della loro atmosfera, nonché le loro dimensioni e la velocità con cui si muovono e in quale direzione. Questa disciplina è detta spettroscopia astronomica, e non analizza solo la luce visibile, ma anche i raggi X e le onde radio, che forniscono informazioni fondamentali sull'Universo in cui viviamo.

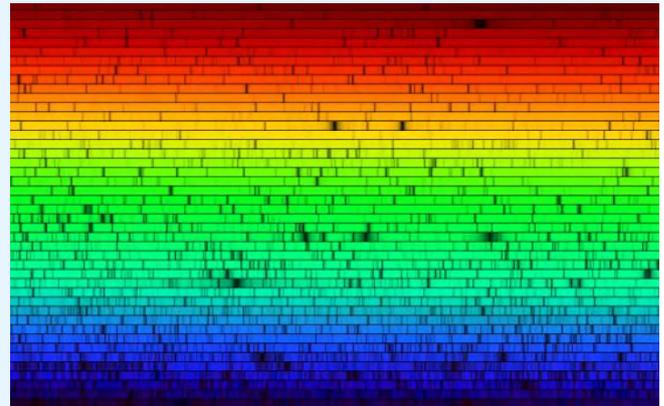


Immagine della componente visibile dello spettro elettromagnetico del sole. Ph USA National Optical Astronomy Laboratory.



## Evaluate

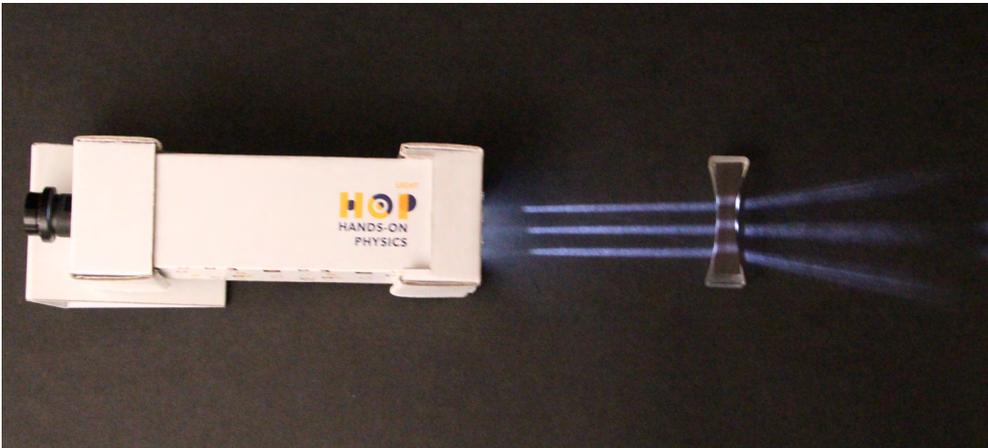
Riassumete ciò che è stato fatto in questa attività. I messaggi chiave sono i seguenti:

- La luce è fatta di fotoni.
- La luce bianca è composta da fotoni con energie diverse che corrispondono a colori diversi.
- La composizione della luce dipende dalla sorgente luminosa.
- I nostri occhi non possono vedere i fotoni di tutte le energie.

## 3.3 SOTTO LALENTE

---

Sapevate che si può piegare la luce? Occhiali, telescopi, lenti d'ingrandimento...  
Quante tecnologie interessanti!



### Introduzione

Tre raggi paralleli di luce bianca passano attraverso delle lenti. L'interazione con le lenti devia i raggi e la loro direzione dipende dalla geometria della lente.

**Tipologia:** dimostrazione e attività mind-on

**Durata:** 30 minuti

#### Materiali:

- Torcia e supporto
- Lente di Fresnel
- Lenti

### Piano dell'attività



#### Engage

Occhiali, lenti d'ingrandimento, macchine fotografiche, telescopi. L'elemento che accomuna questi oggetti? L'utilizzo di lenti. Come funzionano?

Preparate l'apparato sperimentale seguendo le indicazioni nel libretto di istruzioni. Se possibile montatelo su una lavagna magnetica. Mostrate agli studenti e alle studentesse i raggi luminosi paralleli e chiedete loro se sanno il motivo per cui i raggi sono deviati. Mostrate loro l'effetto delle diverse lenti presenti nella scatola (convergenti e divergenti).



#### Explore

Provate diverse configurazioni: cambiate gli angoli, provate entrambi gli obiettivi, cambiate posizione. Da dove deriva il diverso comportamento? Discutetene con la classe.



#### Explain

Raccogliete le opinioni degli studenti e delle studentesse guidandoli nella comprensione del fenomeno.

### Per capire

Le lenti deviano la traiettoria di un raggio perché rifrangono la luce, cioè cambiano l'angolo di entrata e di uscita del raggio luminoso. Una lente convergente fa convergere i raggi, che arrivano paralleli al suo asse principale, verso un punto chiamato "punto focale". Una lente divergente li fa invece divergere, ovvero li separa. Il comportamento di una lente è dovuto alla sua forma. Una lente convergente è convessa e una lente divergente è concava.

### Elaborate

Stimolate le studentesse e gli studenti a pensare ai diversi strumenti ottici e a quali lenti utilizzano. Le lenti d'ingrandimento, per esempio, sono convergenti e per questo motivo focalizzano i raggi luminosi in un unico punto. Gli studenti e le studentesse potrebbero collegare questo fatto con il fenomeno presentato nella prima attività dell'UD.

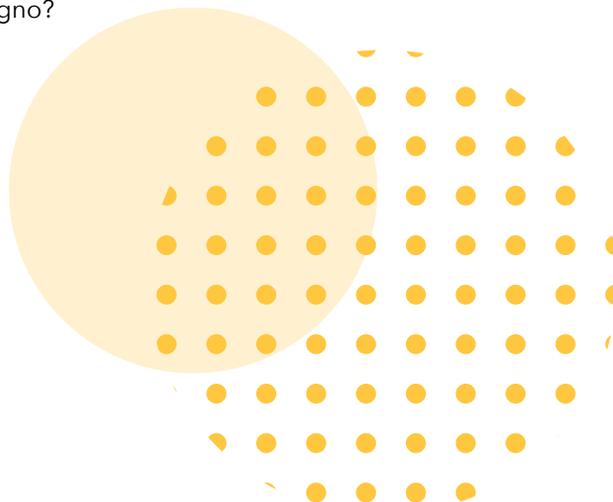
### Per approfondire

Questa attività si può collegare all'anatomia e fisiologia dell'occhio. I nostri occhi contengono due lenti, la cornea e il cristallino. La cornea è una lente a forma di cupola che copre la parte esterna dell'occhio e aiuta a mettere a fuoco la luce. La luce attraversa la cornea e poi passa attraverso la pupilla, un foro le cui dimensioni sono modulate in base all'intensità della luce. Raggiunge a questo punto il cristallino, la lente che completa la messa a fuoco della luce creando l'immagine sulla retina. La retina è una sorta di schermo dove le cellule fotoricettrici acquisiscono il segnale della luce e lo inviano al cervello. Se il punto focale del cristallino non raggiunge la retina, l'individuo non vede bene, e allora sono necessarie lenti aggiuntive: gli occhiali, che portano il punto focale nella giusta posizione.

### Evaluate

Rivedete insieme alla classe i messaggi chiave di questa attività:

- Materiali come il vetro o la plastica possono deviare un raggio di luce.
- Una lente convergente focalizza i raggi luminosi in un unico punto.
- Una lente divergente devia i raggi luminosi.
- Sicuramente in classe ci sono studenti che portano gli occhiali. Sanno spiegare perché ne hanno bisogno?



## 3.4 GIOCHI DI LUCE

---

I raggi di luce incontrano un ostacolo. Non esce nulla. No, aspetta, ora i raggi piegati vanno da quella parte. Cosa? Ora convergono in un unico punto. Cosa sta succedendo?



### Introduzione

Fasci di luce paralleli interagiscono con un ostacolo nascosto dietro una copertura. Gli studenti e le studentesse, osservando solo l'effetto che ha sui raggi, devono capire il tipo di ostacolo (che proviene dalle due attività precedenti, cioè lenti, specchi o prismi/griglie).

**Tipologia:** dimostrazione e attività mind-on

**Durata:** 30 minuti - questa attività può essere fatta immediatamente dopo l'attività 3.3

### Materiali:

- torcia e supporto
- lente di Fresnel
- lente convergente
- lente divergente
- scatola
- specchio
- lente di diffrazione

### PIANO DELL'ATTIVITÀ



#### Engage

Montate l'apparato seguendo le indicazioni nel libretto di istruzioni. Presentate questa attività come una sfida; le studentesse e gli studenti devono capire quale ostacolo si nasconde dietro la scatola. Si può chiedere a una persona di preparare l'apparato e di scegliere un ostacolo, e agli altri di indovinarlo.



#### Explore

Avviate una discussione con la classe. Provate diverse configurazioni: spostate la torcia, cambiate l'orientamento della luce, spostate lo schermo, ma non rivelate l'ostacolo.

Sarà utile provare tutti gli ostacoli per discutere in cosa differiscano ed evidenziare l'origine fisica del comportamento.



## Explain

Se questa attività viene presentata dopo le 3.2 e 3.1, gli studenti e le studentesse dovrebbero essere in grado di identificare la maggior parte degli ostacoli. Sono in grado di distinguere tra uno specchio e un ostacolo opaco? E tra una lente divergente e una convergente?

### Per capire

**Specchio:** riflette completamente la luce. Se i raggi incidenti sono perfettamente perpendicolari allo specchio, l'effetto è difficile da vedere. Se si inclina lo specchio, i raggi incidenti e riflessi non si sovrappongono più e l'effetto è più visibile.

**Oggetto opaco:** un oggetto opaco assorbe tutta la luce. Pertanto, i raggi incidenti non sono visibili dietro l'oggetto e non vengono nemmeno riflessi. L'energia del fotone viene trasferita totalmente all'oggetto che la dissipa sotto forma di calore.

**Lenti:** Le lenti sono oggetti trasparenti, lasciano passare la luce ma possono cambiare la direzione dei raggi grazie all'effetto di rifrazione. Maggiori spiegazioni si trovano nell'attività precedente (3.3).

**Reticolo di diffrazione:** è un elemento trasparente lavorato con numerosi incisioni che disperde la luce incidente nelle sue componenti.



## Elaborate

Discutete con gli studenti degli effetti ottici che conoscono e delle loro cause. Come si forma un arcobaleno? Che tipo di ostacoli incontra la luce del Sole? Quali lenti sono adatte a un microscopio?

### Per approfondire

Gli esperimenti di ottica sono molto utilizzati in ambito scientifico. Per esempio, studiando come la luce interagisce con la materia si possono rivelare le proprietà intrinseche dei materiali. Prima di iniziare gli esperimenti, gli scienziati non sanno come si comporta il materiale, ma lo deducono osservando l'effetto che ha sulla luce - proprio come è stato fatto in questo esperimento. Per esempio, facendo incidere un fascio di raggi X su un cristallo è possibile investigarne la struttura interna. L'ottica è estremamente utile anche in astrofisica. Per scoprire il comportamento di un oggetto troppo lontano per poterlo misurare direttamente, per esempio una stella in un'altra galassia o un buco nero, gli scienziati devono affidarsi a osservazioni indirette delle particelle e della luce da lui emessa. Più informazioni raccolgono, più dettagliata sarà la comprensione del fenomeno che stanno studiando. Per questo motivo, è fondamentale esaminare diversi segnali con strumenti dedicati e mettere insieme le informazioni come pezzi di un puzzle. Questo processo è noto come astronomia multi-messaggera e mette insieme: segnali luminosi (infrarossi, ultravioletti, fotoni gamma, ecc.), onde gravitazionali, che forniscono informazioni sulla massa di questi oggetti, e neutrini, una categoria di particelle che interagiscono molto debolmente con la materia e possono viaggiare attraverso le galassie. La ricerca dell'INFN sui neutrini e sulle onde gravitazionali è rivolta all'astronomia multi-messaggera.

Questa nuova frontiera della fisica è iniziata nell'agosto 2017, quando, per la prima volta nella storia, abbiamo assistito alla collisione di due stelle di neutroni utilizzando sia la rivelazione di onde gravitazionali, da parte della collaborazione sperimentale LIGO-VIRGO, con gli esperimenti LIGO negli Stati Uniti e VIRGO in Europa a Cascina (Pisa), sia i segnali luminosi rilevati da più di 70 osservatori in tutto il mondo e nello spazio.

Per scoprire di più sull'astronomia multi-messaggera potete leggere questo articolo dell'INFN: <https://home.inf.n.it/comunicati-stampa/comunicati-stampa-2018/3250-la-nuova-astronomia-e-multimessaggera>



## Evaluate

Grazie alle attività 3.3 e 3.4, gli studenti dovrebbero aver capito che l'interazione tra luce e materia dipende sia dall'energia della luce sia dal tipo di materiale. Domanda: uno specchio che riflette la luce visibile riflette necessariamente anche la luce non visibile, ad esempio i raggi X?

## 3.5 COLORI

---

Che colore è quello? Ma è ovvio, è ne... no aspetta. Ora è rosso. No, aspetta. Forse è proprio nero? Che scherzi sono questi?



### Introduzione

La maggior parte degli oggetti non emette luce visibile, dunque da dove viene il loro colore? Osservando un oggetto illuminato da luci diverse, le studentesse e gli studenti capiscono che il suo colore dipende dall'energia dei fotoni che riflette. Quando un oggetto assorbe tutte le componenti della luce visibile appare nero.

**Tipologia:** attività hands-on

**Durata:** 30 minuti

#### Materiali:

- Sorgente luminosa
- Scatola nera
- Oggetti colorati (dadi)

#### Potete portare anche

- Penna a inchiostro UV
- Torcia UV
- Oggetti colorati

### PIANO DELL'ATTIVITÀ



#### Engage

Preparate la scatola mettendo al suo interno i dadi colorati. Se possibile, fissate la scatola a una lavagna magnetica. Assicuratevi di preparare la scatola senza che la classe veda i dadi. Spiegate il problema: all'interno della scatola ci sono alcuni oggetti di colore diverso; sapreste indovinare i loro colori illuminandoli con luci filtrate? La classe può lavorare insieme o in gruppi separati.



#### Explore

Incoraggiate gli studenti e le studentesse a provare diversi filtri, osservare le differenze e annotarle sul quaderno. Dopo aver elaborato le loro ipotesi sui colori, spiegano agli altri gruppi le loro osservazioni. Mostrate poi gli oggetti illuminati dalla luce bianca. Qual era la soluzione giusta?



### Explain

Stimolate le studentesse e gli studenti a discutere della soluzione e a capire il motivo delle osservazioni. Perché illuminando un oggetto rosso con una luce rossa lo si vede rosso? Perché illuminandolo con una luce blu lo si vede come se fosse nero? Cosa succede ai dadi blu? Ricordate alla classe quanto è stato appreso nelle attività precedenti.



### Elaborate

Chiedete alla classe di fare ipotesi su ciò che è successo con il dado verde. Con la luce rossa è apparso nero e con la luce verde è apparso verde, ma quando è stato illuminato da una luce blu è apparso blu. Come è possibile? Nonostante questo dado appaia verde, non assorbe tutti i colori tranne il verde; sicuramente il blu non viene assorbito. Questo dipende da com'è stato colorato il dado e da come noi percepiamo i colori. Gli studenti e le studentesse possono ripetere gli esperimenti con altri oggetti, come penne, piccoli giocattoli, ecc.

### Per estendere l'attività

Se avete portato la penna a inchiostro UV, potete mostrare agli studenti cosa succede quando si scrive un messaggio su carta e lo si illumina con la torcia normale e con la torcia UV. Fateli riflettere sul perché riescono a leggere il messaggio solo con la torcia UV. Qual è il "colore" di questo inchiostro? Questo inchiostro assorbe i fotoni UV e li trasforma in fotoni visibili. Una torcia normale non ha molti fotoni UV, quindi la scritta resta invisibile se illuminata con questo tipo di luce, mentre la torcia UV ha una grande componente UV che l'inchiostro può assorbire e trasformare in modo da permettere di leggere il testo scritto.



### Evaluate

I messaggi chiave di questa attività sono i seguenti:

- Il colore di un oggetto dipende dalla luce che riflette.
- Un oggetto bianco riflette tutte le componenti visibili della luce, mentre gli oggetti neri le assorbono.

Per valutare quanto gli studenti e le studentesse hanno compreso, potete chiedere: riusciamo a distinguere i colori al buio? Perché?

### Per capire

Nelle attività precedenti, le studentesse e gli studenti hanno scoperto che la luce, attraversando un oggetto, può essere riflessa (come in uno specchio), assorbita (come in un oggetto opaco) o rifratta (oggetti trasparenti, come le lenti). Uno specchio riflette tutti i colori della luce. Infatti, quando lo si illumina con il raggio bianco della torcia, si vede un raggio di luce riflesso sullo schermo e, guardando lo specchio, si vede il punto bianco in cui la luce lo colpisce. Un oggetto opaco assorbe la luce. Se tutta la luce viene assorbita, l'oggetto appare nero. Il dado rosso appare nero se illuminato con luce blu: questo perché assorbe completamente la luce blu. Quando invece lo si illumina con luce rossa, appare rosso, il che significa che non assorbe la luce rossa. A questo punto le studentesse e gli studenti dovrebbero essere in grado di concludere che il colore di un oggetto è dovuto ai fotoni che riflette.

### Per approfondire

La luce è incredibilmente utile per molti esperimenti e studi. Per esempio, i fotoni sono utilizzati nei raggi X e nelle TAC per vedere l'interno del corpo umano e diagnosticare fratture o malattie, ma questa non è l'unica applicazione tra quelle nate proprio grazie alle ricerche svolte dai fisici al CERN, all'INFN e in altri laboratori. Un'altra incredibile applicazione è l'uso della luce per analizzare la composizione e lo stato di salute delle opere d'arte: a Firenze, c'è un laboratorio dell'INFN chiamato LABEC dove le tecniche ottiche vengono applicate alla conservazione del patrimonio culturale. Puoi conoscere meglio il LABEC a questo link: <https://web.infn.it/labec/home/beni-culturali/>



Scienziati al lavoro per analizzare lo stato di conservazione di un dipinto. © INFN.

# 04

## UNITÀ DIDATTICA 4 **CARICA ELETTRICA**

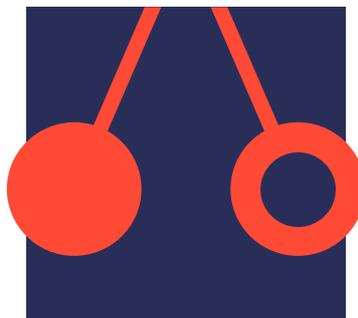
---

ELECTRIC CHARGE



**HANDS-ON  
PHYSICS**

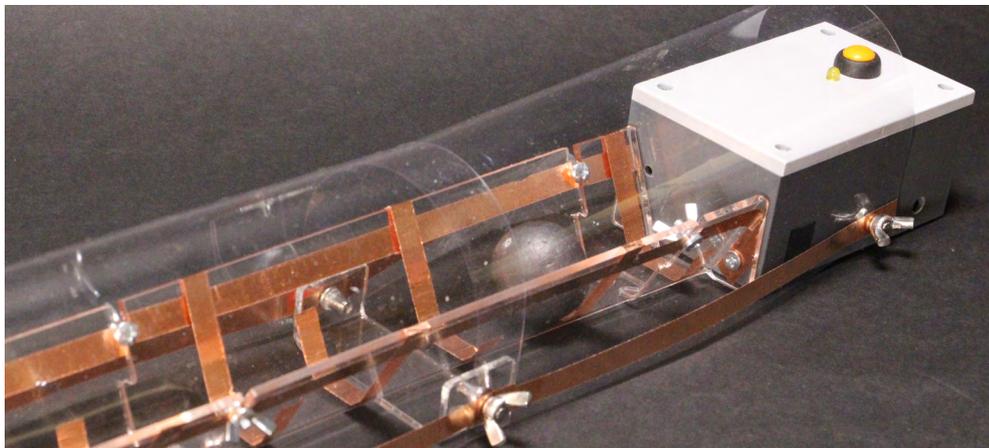
<p><b>Lesson 4.1 Acceleratore di palline</b> Ehi, che cos'è, un tunnel per criceti? Guarda, c'è anche una palla giocattolo! Aspetta... che succede? Ora la palla si sta muovendo da sola! Dov'è il trucco?</p>	<p><b>Messaggi chiave</b> La carica elettrica è una proprietà intrinseca della materia, materiali carichi si attraggono o respingono a seconda della loro carica. Un materiale può caricarsi per strofinio, per induzione (nel caso di un conduttore) o per contatto.</p>
<p><b>Lesson 4.2 Repulsione tra palloncini</b> Sì, lo so come si gonfia un palloncino... Ok, due palloncini appesi: niente di speciale. Cosa devo fare? Strofinare un palloncino? Sì, va bene, ma davvero non vedo cos... Ma che succede?</p>	<p><b>Messaggio chiave #1</b> La materia è fatta di atomi e gli atomi sono costituiti da particelle con cariche diverse. <b>Messaggio chiave #2</b> Due cariche dello stesso tipo si respingono, mentre due cariche diverse si attraggono. <b>Messaggio chiave #3</b> Strofinando tra loro due materiali diversi si facilita il passaggio di carica tra i due ed essi si caricano elettricamente.</p>
<p><b>Lesson 4.3 Coriandoli</b> Ok, ecco una sfida per te: vedi tutti quei coriandoli di carta? Riesci ad afferrarli... senza usare le mani?</p>	<p><b>Messaggio chiave #4</b> Oggetti carichi elettricamente possono attrarre oggetti neutri. Ciò è dovuto al movimento delle cariche all'interno del materiale. <b>Messaggio chiave #5</b> Un isolante è un materiale in cui la carica può muoversi solo localmente. Un conduttore è un materiale in cui la carica può muoversi facilmente ovunque.</p>



## 4.1 ACCELERATORE DI PALLINE - PARTE 1

---

Ehi, che cos'è, un tunnel per criceti? Guarda, c'è anche una palla giocattolo! Aspetta... che succede? Ora la palla si sta muovendo da sola! Dov'è il trucco?



### Introduzione

Una sfera conduttrice si muove su un binario. Viene accelerata grazie a una serie di strisce metalliche, incollate sul binario, e caricate positivamente o negativamente. Le cariche vengono prodotte utilizzando un generatore elettrostatico collegato alle strisce.

**Tipologia:** dimostrazione

**Durata:** 15 minuti la prima parte e 1 ora la seconda

### Materiali:

- Binari
- Alimentatore
- Connettori
- Coperture del tunnel
- Palla conduttiva

### ATTIVITÀ - PARTE 1 (INIZIO DELL'UNITÀ DIDATTICA)



#### Engage

Dopo aver assemblato l'acceleratore, mostrate la pallina alla classe: possono prenderla in mano e notare che non ha nulla di strano. Dite loro che siete in grado di muoverla senza toccarla. Com'è possibile? Avviate l'alimentatore e chiedete agli studenti e alle studentesse di osservare il comportamento della pallina. Perché si muove? Forse a causa di proprietà magnetiche? Un circuito elettrico? Quando l'alimentatore è spento la pallina non si muove, se è acceso si muove. Come mai?

### ATTIVITÀ - PARTE 2 (FINE DELL'UNITÀ DIDATTICA)



#### Engage

Ripetete l'attività come all'inizio dell'unità didattica: questa volta gli studenti e le studentesse dovrebbero avere tutte le informazioni per capire cosa succede. Si tratta di proprietà elettriche o magnetiche? La pallina è conduttrice o isolante? Che cosa succede quando tocca le strisce metalliche? Qual è il ruolo dell'alimentatore?



## Explore

Raccogliete le prime ipotesi sul motivo per cui la pallina si muove e guidate la classe nella fase sperimentale. Possono lavorare in gruppo.

Invitate i ragazzi e le ragazze a provare diverse configurazioni: scollegare i connettori, dividere le sezioni del binario. Qual è il ruolo delle strisce metalliche? Sono collegate all'alimentatore? Come? L'obiettivo è cercare di identificare le possibili cause del movimento della pallina.

Provate ad accendere l'acceleratore con la pallina in diverse posizioni, funziona sempre? Perché?

Le studentesse e gli studenti possono servirsi di altro materiale incluso nel kit per testare le loro ipotesi, per esempio i magneti, i tubi in PVC o i palloncini. Potrebbero ipotizzare un effetto magnetico e provare a verificare se la pallina viene attratta da un magnete. Per capire se la pallina è di materiale isolante o conduttore, potrebbero provare a muoverla utilizzando un tubo in PVC caricato oppure un palloncino.

Assicuratevi che utilizzino i concetti appresi nelle altre attività di questa unità didattica per costruire le loro ipotesi e testarle.



## Explain

Chiedete agli studenti e alle studentesse di condividere le loro conclusioni: sono sulla strada giusta per comprendere il fenomeno? Aiutateli a identificare gli elementi chiave.

### Per capire

L'alimentatore è un dispositivo che ha due poli e che accumula le cariche negative in uno di questi, detto polo negativo, rendendo carico positivamente l'altro polo, chiamato quindi polo positivo; questo permette di generare una corrente elettrica nel circuito a cui è collegato. Questo effetto è molto simile a quello che succede strofinando il panno di lana sul palloncino o sul tubo in PVC (attività 4.2). L'alimentatore è molto più efficiente del lavoro meccanico di una persona che sfrega un palloncino.

I poli positivo e negativo dell'alimentatore e sono collegati ai lati della pista mediante le due strisce metalliche lungo il tubo, i pezzi più piccoli di nastro conduttore sono collegati alternativamente alle due piste principali, caricandosi positivamente e negativamente. Di conseguenza, strisce con carica positiva e negativa vengono posizionate alternativamente sulla rastrelliera dove la pallina è libera di muoversi.

Se l'alimentatore è spento, tutte le strisce sono neutre e la pallina non si muove. Se è acceso, le strisce si caricano e la pallina inizia a muoversi. L'inizio del movimento è dovuto all'induzione di carica sulla pallina, lo stesso effetto che fa muovere la lattina quando un tubo in PVC carico le si avvicina (riferimento all'attività 4.3). Una volta che la pallina tocca la striscia, acquista la sua carica, viene spinta via - perché la stessa carica si respinge - ed è attratta dalla striscia successiva di carica opposta. L'effetto si ripete tra la coppia di strisce seguente, e la palla diventa sempre più veloce.



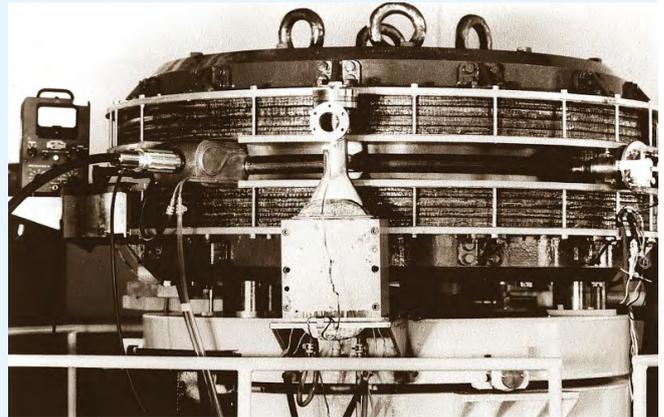
## Elaborate

Invitate la classe a costruire una seconda pista di accelerazione. Dovranno utilizzare ciò che hanno appreso per posizionare le strisce conduttrici nelle giuste posizioni sui pezzi di binario che trovano nella scatola. Possono lavorare in gruppo, e ogni gruppo può preparare un pezzo di binario diverso; alla fine i pezzi devono essere assemblati per verificare se l'acceleratore funziona.

## Per approfondire

Questo macchinario riproduce in modo molto semplificato il principio di funzionamento dei grandi acceleratori utilizzati negli esperimenti di fisica delle alte energie, che non accelerano palline ma particelle cariche. Le cariche immerse nella macchina passano attraverso una serie di elettrodi (simili alle strisce di questa attività) che le respingono o le attraggono aumentando la loro velocità. Tenete presente che la carica delle particelle è fissa, quindi gli elettrodi devono cambiare la loro polarità per assicurarsi che le particelle siano sempre accelerate. Questa è una delle tante differenze tra un vero acceleratore di particelle e il nostro modello a pallina.

I primi acceleratori di particelle avevano una geometria lineare abbastanza simile a quella della nostra macchina a pallina. Questi modelli sono ancora ampiamente utilizzati oggi, anche nelle applicazioni mediche e negli ospedali. Per raggiungere energie sempre più elevate sono stati successivamente inventati gli acceleratori circolari e, infine, i collider: acceleratori in cui due fasci di particelle vengono accelerati e fatti scontrare l'uno contro l'altro. L'antesignano dei più moderni collider è italiano ed è stato costruito nel 1961 dall'INFN presso i Laboratori Nazionali di Frascati: si chiamava ADA, e sul suo modello è stato costruito il più grande collider del mondo, l'LHC al CERN.



Una foto di ADA - Anello di Accumulazione - costruito nel 1961 da un gruppo di scienziati italiani nei Laboratori Nazionali di Frascati.

© INFN.



Un'immagine di una porzione del Large Hadron Collider (LHC) del CERN di Ginevra. Le particelle viaggiano all'interno del tubo blu. © CERN.



## Evaluate

Capire come funziona l'acceleratore di palline è piuttosto complesso, rivedete i messaggi chiave:

- L'alimentatore accumula cariche positive e negative sui suoi due poli;
- Due strisce conduttrici permettono di propagare la carica lungo il binario;
- Una volta acceso il generatore, la pallina conduttrice si carica per induzione e viene attirata verso la striscia carica ad essa più vicina.
- Successivamente, la pallina si carica alternativamente in positivo o negativo toccando le strisce, viene respinta da quella su cui si trova e attirata a quella successiva.

Domanda: funzionerebbe con una sfera isolante? Prova!

## 4.2 REPULSIONE TRA PALLONCINI

---

Sì, lo so come si gonfia un palloncino... Ok, due palloncini appesi: niente di speciale. Cosa devo fare? Strofinare un palloncino? Sì, va bene, ma davvero non vedo cos... Ma che succede?



### Introduzione

Due palloncini strofinati da un pezzo di lana si respingono perché entrambi sono carichi negativamente. Gli studenti comprendono che la carica elettrica è una proprietà intrinseca della materia e che i materiali sono in genere neutri. Quando due materiali con proprietà elettriche diverse si toccano, alcune cariche possono spostarsi dall'uno all'altro, caricandoli.

**Tipologia:** attività hands-on

**Durata:** 45 - 60 minuti

### Materiali:

- Palloncini
- Tessuto di lana
- Filo

### ATTIVITÀ



#### Engage

Gonfiate due palloncini e appendeteli con due pezzi di filo in modo che restino a contatto. Chiedete a due volontari di mostrare che i palloncini si toccano senza problemi, proprio come ci aspetteremmo. Ora fate strofinare uno dei palloncini con il panno di lana e ripetete l'esperimento. Cosa succede?



#### Explore

Chiedete alle studentesse e agli studenti di toccare, avvicinare, allontanare e strofinare i palloncini. Esplorate diverse configurazioni e osservate che cosa succede.



## Explain

Stimolate gli studenti e le studentesse a esporre le loro osservazioni e discuterne insieme. Cosa succede quando si strofinano i due palloncini? E cosa cambia quando se ne strofina solo uno? Perché? Cosa accade ai palloncini quando vengono strofinati?

### Per capire

La materia è composta da atomi con particelle neutre (neutroni) e particelle con carica elettrica positiva (protoni) e negativa (elettroni). La materia è globalmente neutra perché il numero di protoni ed elettroni si bilancia negli atomi. Le cariche elettriche interagiscono tra loro. Le cariche opposte vengono attratte, mentre le cariche dello stesso tipo si respingono. Quindi un oggetto con carica elettrica attrae materiali con carica elettrica opposta e respinge quelli con carica elettrica uguale.

Ora, cosa succede ai palloncini?

Quando due materiali si toccano, i loro atomi entrano in contatto e alcuni elettroni (le particelle negative) si spostano dall'uno all'altro, perché alcuni atomi (quindi alcuni materiali) tendono ad attrarre elettroni e altri tendono a donarli. Nel nostro caso il lattice del palloncino tende ad attrarre gli elettroni del panno di lana; strofinando il palloncino con la lana si aumenta questo effetto e il trasferimento di elettroni. Il risultato è che dopo averli strofinati con la lana i palloncini non sono più neutri, ma si caricano negativamente. Perciò si respingono a vicenda.



## Elaborate

Proponete agli studenti e alle studentesse di strofinare il palloncino con materiali diversi, per esempio capi di vestiario, capelli, palloncini stessi, ecc. Chiedete loro di annotare i diversi effetti e di riflettere sul comportamento osservato nei vari materiali. Il trasferimento di elettroni avviene più di frequente quando una coppia di materiali è molto diversa: non funziona se entrambi i materiali tendono ad attrarre o a donare elettroni.

Chiedete alle studentesse e agli studenti se riescono a immaginare qualche tipica conseguenza di questo effetto nella vita di tutti i giorni. Hanno mai sentito una piccola scossa scendendo dall'auto? O togliendosi un maglione? Anche noi, come i palloncini, raccogliamo delle cariche quando siamo a contatto con un maglione di lana; infatti, a volte, nel momento in cui lo togliamo, sfregandolo, si accumulano insieme molte cariche che si scaricano a terra attraverso il nostro corpo, provocando una piccola scossa. Lo stesso fenomeno avviene quando si esce dall'auto e si tocca il metallo della carrozzeria. Le studentesse e gli studenti potrebbero notare che questi effetti di solito si verificano quando la giornata è asciutta; quindi, le condizioni ambientali influenzano il trasferimento di carica. Un'altra osservazione possibile è che indossare scarpe con soles di gomma spesse impedisce di prendere scosse, purché non si stia toccando un'altra persona o per esempio un materiale metallico, come la carrozzeria. Alcuni materiali, infatti, conducono elettricità e altri no; noi, contenendo acqua, conduciamo elettricità e le cariche ci attraversano per scaricarsi nel terreno, mentre la gomma è un materiale isolante, che impedisce il movimento delle cariche.



### Per approfondire

Gli atomi sono le unità fondamentali degli elementi chimici, come l'ossigeno, l'idrogeno, l'elio, il ferro, ecc. Gli atomi si combinano in molecole per formare materia più complessa: l'acqua, per esempio, è una molecola formata da due atomi di idrogeno legati a uno di ossigeno. La struttura dell'atomo è stata svelata grazie a una serie di esperimenti compiuti tra il XIX e il XX secolo. Verso l'inizio del XX secolo Ernest Rutherford concluse che la carica positiva (i protoni) doveva essere concentrata in una piccolissima parte dell'atomo posta al suo centro, chiamata nucleo, mentre la carica negativa (gli elettroni) doveva circondarlo. Rutherford ipotizzò che gli elettroni ruotassero attorno al nucleo come i pianeti attorno al Sole. Non era ancora la soluzione giusta, ma ci si stava avvicinando... Oggi sappiamo che gli elettroni non seguono traiettorie fisse come i pianeti, ma che esistono zone in cui gli elettroni si possono trovare con una certa probabilità, ed è impossibile sapere con esattezza dove si trova uno specifico elettrone in relazione al nucleo. La scoperta della struttura dell'atomo rappresenta una rivoluzione della fisica: la meccanica quantistica. La meccanica quantistica ci permette di descrivere i fenomeni fisici su scala atomica e subatomica e di capire come i fenomeni macroscopici derivino da quelli microscopici. È la base per la fisica degli atomi e delle particelle, e quindi rappresenta il punto di partenza di tutte le teorie verificate negli esperimenti di fisica delle particelle. Inoltre, è fondamentale nella progettazione degli strumenti tecnologici necessari per la ricerca in fisica delle particelle, come quella che si fa all'INFN e al CERN.

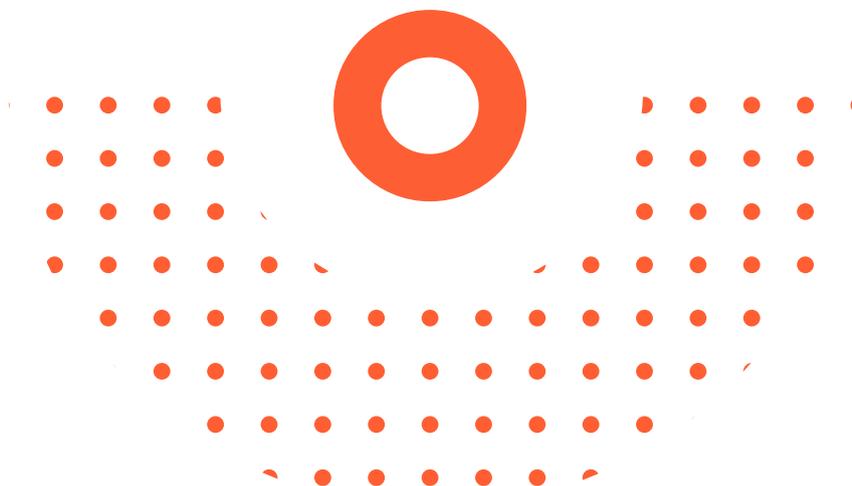
Fatto storico: il nome "elettricità" deriva dalla parola greca *électron*, che significa "ambra", perché già gli antichi greci avevano osservato che strofinando l'ambra con un panno questa assumeva la proprietà di attirare piccoli pezzi di paglia.



### Evaluate

Riassumete questa idea chiave: la materia è fatta di atomi e gli atomi sono costituiti da particelle con cariche diverse. Due cariche dello stesso tipo si respingono, mentre due cariche diverse si attraggono.

Domanda: Perché gli elettroni e i protoni nei nuclei si legano insieme per formare un atomo?



## 4.3 CORIANDOLI

---

Ok, ecco una sfida per te: vedi tutti quei coriandoli di carta? Riesci ad afferrarli... senza usare le mani?



### Introduzione

Un tubo di PVC strofinato da un panno di lana viene elettrizzato, come i palloncini dell'esperimento precedente. Un materiale carico elettricamente può attrarre oggetti leggeri, come pezzetti di carta o una lattina.

**Tipologia:** attività di gruppo

**Durata:** 45 - 60 minuti

#### Materiali:

- Tubi in PVC
- Panni di lana
- Piccoli pezzi di carta
- Lattina

#### Puoi anche portare

- Zucchero
- Sale
- Sabbia
- Carta stagnola
- Palloncini

### ATTIVITÀ



#### Engage

Dividete la classe in gruppi e consegnate a ciascuno carta, tubo in PVC e panno di lana. Chiedete ai gruppi di preparare un mucchietto di piccoli pezzi di carta sul banco. Ecco la sfida: devono raccogliere la carta senza toccarla. Come si fa?



#### Explore

Lasciate che gli studenti e le studentesse sperimentino diverse strategie e testino le loro idee: discutete insieme a loro perché un'idea potrebbe o non potrebbe funzionare. Ora chiedete cosa succede se strofinano il tubo in PVC con il panno di lana e ricordate cosa è successo ai palloncini durante l'attività 4.2.

Riusciranno ad attirare i pezzi di carta. Perché?

Chiedete di esplorare il fenomeno utilizzando materiali diversi: per esempio provando ad attirare la carta usando una lattina strofinata con la lana. Ci riescono? Perché no? Cosa succede invece se cercano di attirare pezzi di carta stagnola con il tubo in PVC strofinato? È lo stesso effetto che hanno visto con la carta? Qual è la differenza?



## Explain

Stimolate la discussione su due questioni fondamentali: perché il PVC strofinato attira i pezzi di carta o quelli di carta stagnola? Qual è la differenza tra gli oggetti in latta e quelli in carta e PVC?

### Per capire

Come i palloncini dell'attività precedente, il tubo in PVC viene caricato elettricamente strofinandolo con il panno di lana. I pezzi di carta sono neutri. Quando si avvicina il tubo di PVC carico alla carta, le sue molecole sentono le cariche negative del PVC elettrificato e si deformano. Le cariche positive (che sono attratte dagli elettroni in eccesso della bacchetta) si avvicinano al tubo, mentre le cariche negative (respinte dagli elettroni del PVC) si allontanano. Quando i pezzi di carta toccano il tubo in PVC, vi rimangono comunque attaccati a causa di questo fenomeno.

Quando si tenta di attirare i pezzi di carta stagnola con il tubo in PVC elettricamente carico, all'inizio si nota lo stesso effetto, ma poi, quando la stagnola tocca il PVC, cade subito. Qual è il motivo del diverso comportamento tra carta e stagnola? Materiali diversi hanno diverse proprietà elettriche, in particolare alcuni materiali sono isolanti e altri sono conduttori. In un materiale conduttore la carica elettrica è in grado di muoversi, in un isolante no. La carta è un isolante, quindi quando tocca il PVC non c'è alcun trasferimento di carica tra i due materiali e la deformazione delle molecole della carta le permette di rimanere attaccata al PVC. Invece la stagnola è un conduttore; quindi, le sue cariche si muovono liberamente sulla superficie e passano in un altro materiale. Pertanto, quando il tubo e la stagnola vengono a contatto, cariche opposte a quelle del PVC elettrificato passano dalla stagnola al PVC, perché attratte dalla sua carica. Il risultato è che, dopo essersi toccati, PVC e stagnola si caricano allo stesso modo e si respingono provocando la caduta di pezzi di stagnola. L'accumulo di carica che avviene su un conduttore messo in prossimità di un materiale carico elettricamente è detto "carica per induzione".

La differenza tra isolanti e conduttori spiega anche perché riusciamo a caricare il tubo in PVC strofinandolo con il panno di lana mentre non possiamo caricare allo stesso modo la lattina, che dunque non attrae i pezzi di carta. Infatti, strofinando la lattina le cariche elettriche donate dalla lana alla lattina si perdono subito perché passano attraverso la lattina e poi attraverso il nostro corpo, anch'esso conduttore, scaricandosi nel terreno. Se indossi spessi guanti di gomma (isolanti) o se non tocchi la lattina appendendola a un cordino, vedrai che si caricherà e potrà attrarre i pezzi di carta!



## Elaborate

Incoraggiate gli studenti e le studentesse ad approfondire la comprensione del fenomeno.

Per esempio, possono verificare che il tubo in PVC è un isolante strofinandolo a una sola estremità e provando ad attrarre i pezzi di carta da tutte e due le parti: riescono ad attrarre la carta in entrambi i casi? No, perché la carica ottenuta dal PVC strofinandolo rimane nella parte strofinata del tubo e non può spostarsi all'altra estremità.

Possono anche provare ad attirare la lattina con il tubo in PVC: posizionando la lattina sulla scrivania lungo l'asse orizzontale, noteranno che l'interazione con il tubo in PVC la fa rotolare attirandolo. Se la lattina tocca il PVC l'effetto non si verifica più. Come si spiega?

Il lattice dei palloncini è un materiale isolante o conduttore? Se i ragazzi non sono ancora sicuri della risposta, possono strofinarlo usando il panno di lana e poi provare ad attirare i pezzi di carta o accettare un'altra sfida: provare ad attaccare il palloncino al muro senza trattenerlo. Il palloncino è isolante o conduttore? E il muro?

## Per approfondire

Questi effetti elettrici sono alla base di uno strumento fondamentale antesignano degli esperimenti con gli acceleratori di particelle: il generatore di Van de Graaff. Questa macchina combina le proprietà degli isolanti e dei conduttori per caricare una sfera metallica; la quantità di cariche accumulate dipende dalla geometria del sistema, cioè dalla dimensione della sfera metallica. Questa carica può essere utilizzata per accelerare le particelle. Per saperne di più sul generatore Van de Graaff si può guardare questo video divulgativo dell'Institute Of Physics:

<https://www.youtube.com/watch?v=thWKjzc5Vsw>



## Evaluate

Riassumi i messaggi chiave:

- Gli oggetti carichi possono attrarre oggetti neutri. Ciò è dovuto al movimento delle cariche all'interno del materiale.
- Un isolante è un materiale in cui la carica può muoversi solo localmente. Un conduttore è un materiale in cui la carica può muoversi facilmente ovunque.

Cosa succede se provano a farlo con il tubo in PVC elettrificato e una bottiglia di plastica? Qual è la differenza tra la lattina e la bottiglia di plastica?



*L'acceleratore CN dei Laboratori Nazionali di Legnaro, il primo a essere installato nei laboratori, è un esempio di acceleratore che sfrutta il generatore di Van de Graaf per generare l'alta tensione che accelera le cariche. © Andrea Alessio*