

## **Laboratori *Scienza per gioco*: tracce per l'operatore**

## LA VASCA DI ARCHIMEDE

(traccia per l'operatore)

- Target:** Scuola Primaria (III-IV-V)
- Obiettivi** Portare i bambini a confrontarsi con il fenomeno del galleggiamento e per acquistare consapevolezza dei seguenti fatti:
- un oggetto immerso sposta l'acqua che di conseguenza tende a tornare al suo posto
  - peso, dimensioni (forma), e liquido usato concorrono tutti a determinare il galleggiamento o l'affondamento di un oggetto
- Durata** 2 ore effettive, con pausa di 10-15 minuti
- Metodologia** Esplorativa e sperimentale. Interazione aperta, formulazione di ipotesi e con fase di brainstorming seguita da domande mirate; osservazione del fenomeno, verifica di ipotesi e di previsioni. Formulazione di affermazioni qualitative che descrivono il fenomeno.  
*[Fra parentesi quadre le indicazioni metodologiche]*
- Materiali**
- etichette + pennarelli
  - acqua + carta per asciugare
  - oggetti che galleggiano e affondano
  - 6 vaschette trasparenti (acquario)
  - 6 tavolette di polistirolo con stuzzicadenti infilzati
  - dadi (ogni gruppo deve averne a sufficienza per affondare la tavoletta di polistirolo)
  - fogli di carta, righello, penne (1 per gruppo almeno)
  - vasca trasparente (acquario) abbastanza grande (in comune con "L'immersione... fa la Forza")
  - sacchetti da freezer (in cui mettere le braccia per immergerle)
  - giochini con liquidi non miscibili
  - 6 gruppi di 3 cubetti di volume diverso e uguale peso e colore
  - 6 dinamometri da 100g (in comune con "L'immersione... fa la Forza")
  - 6 gruppi di 3 parallelepipedi di peso diverso e uguale volume e colore
  - bilancia elettronica senza blocco del peso
  - 1 dinamometro da 4 Kg
  - un secchio
  - bottiglia con sabbia (peso circa 2 Kg)
  - webcam, pc e proiettore
  - 6 parallelepipedi di faggio
  - provetta grande o "schizzerotto"
  - 2 "barchette" o pezzi di legno, uno che affonda e l'altro no, pietra pomice...

## Blocchi tematici

- 1) Galleggiare ed affondare (osserviamo il fenomeno)
- 2) Peso e forma/dimensioni (cerchiamo di capire cosa influenza questo fenomeno)
- 3) Tiriamo le fila (ragioniamo su quanto visto e diamo una spiegazione quantomeno qualitativa)

## Svolgimento/Conduzione

### 1) Galleggiare ed affondare

- Introduzione (10 min)

Materiale:

- etichette
- pennarelli

*[Questo momento iniziale è fondamentale per "rompere il ghiaccio" con i bambini e avere il polso della situazione. Chiedere se sanno cosa sono venuti a fare, non è scontato: molte volte non ne hanno idea... È importante spiegare loro come si svolgerà il laboratorio, che saranno loro a fare gli esperimenti, creare ipotesi e verificarle, ecc. Ovviamente questo non significa scoprire le proprie carte fin dall'inizio, snocciolando un menù delle attività che verranno..!]*

- Immersione! (15 min)

Materiale:

- vasca trasparente piena d'acqua (cattedra)
- giocini con liquidi non miscibili
- alcuni oggetti che galleggiano e altre che affondano in acqua

- Chiedere ai bambini cosa significa secondo loro "galleggiare" [*Importante arrivare a capire, anche con le azioni successive menzionate, che un oggetto che galleggia, "RITORNA SU" dopo che lo si è spinto sotto*] e – di contro – "affondare". Perché succede l'una o l'altra cosa? [*di solito le risposte sono abbastanza univoche, benché confuse: si possono riassumere nell'idea di galleggiare = "stare su nell'acqua", affondare = "andare giù in acqua"*].
- Durante la discussione, passare ai bambini i giocini con i liquidi non miscibili: qualcosa galleggia e/o affonda lì dentro? Perché? [*molti diranno che il liquido "bianco" è acqua: buona occasione per sottolineare come non bastino le impressioni per dare un giudizio scientifico*].
- Con l'aiuto dei bambini, provare a immergere nella vasca sulla cattedra oggetti galleggianti e non, provando anche a spingere i primi verso il basso [*L'impressione è che in qualche modo l'acqua tende a tornare al suo posto e riesce a spostare gli oggetti che quindi tornano in su*].
- È l'oggetto che spinge, o è lui che è spinto? Da cosa? C'entra il fatto che l'acqua vuole tornare al suo posto? [*In questa fase iniziale è meglio non approfondire troppo, ma limitarsi a raccogliere le idee dei bambini: gli esperimenti successivi chiariranno le idee e si diventerà più rigorosi e precisi. Diciamo che in qualche modo l'oggetto "spinge" in giù (sanno che il peso/forza di gravità vanno "verso il basso") e che l'acqua tende a voler tornare al suo posto. Molto grossolanamente, si può dire che "se vince l'oggetto, questo affonda, se invece vince l'acqua, riesce a scacciarlo e l'oggetto galleggia"*].

Visto il titolo del laboratorio, è necessario in questa fase raccontare la storia di Archimede lasciando in sospeso il "come" ha risolto il problema della corona.

*Siamo nel III secolo a.C., Gerone - tiranno di Siracusa - decide di farsi un regalo: vuole per sé una nuova corona, molto più bella e preziosa della precedente. A tal proposito consegna l'oro necessario per realizzarla ad un orefice del posto. Come tutti i tiranni, è anche molto furbo e, prima di consegnare l'oro all'artigiano, lo pesa accuratamente. Passano alcuni giorni e l'orefice si presenta a corte con una splendida corona... Gerone rimane incantato dalla bellezza del gioiello, ma durante la notte mille sospetti popolano la sua*

*fantasia: sospettoso, come tutti i tiranni, ha paura che l'orefice lo abbia imbrogliato e si sia tenuto parte dell'oro che gli era stato consegnato. Che fare?*

*Chiamato un servo, gli ordina di pesare la corona ("se manca dell'oro, me ne accorgerò", pensava), ma... il peso della corona corrisponde al peso dell'oro consegnato. Che sia stato onesto l'orefice? Gerone, da buon tiranno, ancora non si fida (pensa "se fossi stato al posto dell'orefice, probabilmente avrei sostituito parte dell'oro con un uguale peso d'argento, li avrei fusi bene insieme in modo da non distinguerli e... ci avrei guadagnato qualcosa!!").*

*Confida queste sue ipotesi ad uno scienziato, Archimede, che rimane affascinato - non tanto dalla diffidenza di Gerone - quanto dal problema posto: si chiede "c'è modo di scoprire quanto argento e quanto oro sono stati usati in un "miscuglio"? Per schiarirmi le idee vado prima a farmi un bel bagno caldo..." e "Eureka!" (che in greco significa "ho trovato!"), quando un corpo viene immerso in acqua ...*

- Affonda o galleggia?! (15 min)

Materiale:

- vasca trasparente piena d'acqua (cattedra)
  - alcuni oggetti che galleggiano e altri che affondano in acqua
  - 6 vaschette trasparenti con acqua
  - 6 tavolette di polistirolo
  - provetta grande oppure siringa
- Distribuire un numero determinato di dadi ad ogni gruppo: devono far galleggiare la "zattera" di polistirolo nella propria vaschetta e poi a turno ognuno sceglie un peso fra quelli consegnati e lo deposita sopra: la zattera sprofonda sempre più, finché un ultimo peso la fa affondare (e il bambino "ha perso")... Fare alcune prove cambiando l'ordine degli oggetti, la posizione, ecc... *[Perché più pesa, più sprofonda? E come mai ad un certo punto affonda? E secondariamente: dove mettere il peso? Quale scegliere? Anche qui i bambini daranno le risposte più varie: bisogna arrivare alla necessità di analizzare meglio l'oggetto e il liquido in cui esso galleggia o affonda].* Provare anche dalla cattedra con una grossa provetta o siringa per sottolineare ancora di più la variazione della linea di galleggiamento.

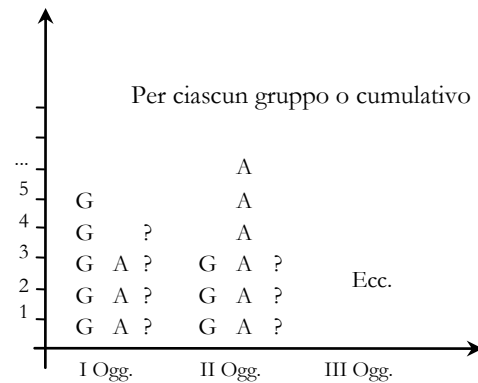
## 2) Peso e Dimensioni

- Peso diverso e dimensioni uguali (20 min)

Materiale:

- 3 parallelepipedi di dimensioni e colore identici e peso diverso (A, B, C) per gruppo
  - 6 vaschette trasparenti con acqua
  - 6 dinamometri
  - carta, penna e righello (almeno uno per gruppo)
  - un oggetto "incognito" (parallelepipedo di faggio) per gruppo
- Si consegnano i 3 parallelepipedi di forma/dimensioni [*a quest'età non hanno ancora il concetto di volume*] e colore identici, ma peso diverso (A, B, C), 6 vaschette con acqua e 6 dinamometri. A ciascun gruppo si chiede di fare una previsione sul galleggiamento e di motivarla. *[Sulla lavagna si segnano tutti i responsi in una tabella, invitando almeno uno per gruppo a copiarla. Vedi fac-simile (incompleto) qui sotto. È bene avere un oggetto che galleggia, uno che affonda e il terzo che galleggi appena].*

	Cubetto A	Cubetto B	Cubetto C
Gruppo 1	Affonda		
Gruppo 2	Galleggia		
Gruppo 3	Affonda		
Gruppo 4	Galleggia	ecc.	
Gruppo 5	Non so		
...	...		
Ipotesi	2 Affonda 2 Galleggia 1 Non so		



- Si verificano le ipotesi immergendo gli oggetti in acqua e si riportano i risultati in tabella [nell'istogramma, basta circondare la colonna corrispondente all'esito, nella tabella, invece, evidenziare la risposta corretta nell'ultima riga] e si comincia a discutere sul perché di questi diversi comportamenti: il discorso va indirizzato sul peso dei diversi oggetti [che i bambini vengono invitati a misurare e i cui valori si riportano i vanno riportati in tabella vicino al "nome" dei cubetti. Ottima occasione per accennare anche alle imprecisioni nella misura]. Quello che dovrebbe emergere è che a parità di forma/dimensioni (e colore..!), quello che conta è il **PESO** dell'oggetto che immergiamo in acqua. A questo usare il quarto peso "sconosciuto" per far ragionare i bambini su cosa si può dedurre sul suo peso da come si posiziona in acqua. [La conclusione a cui si può giungere è che un oggetto (a parità di "dimensioni"), più pesa e più affonda... Ma allora come fanno le navi a galleggiare? Ci dev'essere qualcos'altro: proviamo a rovesciare le carte in tavola.]

**PAUSA (10-15 min)**

- Peso uguale e dimensioni diversa (20 min)

Materiale:

- o 3 cubetti di peso e colore identici e forma/dimensioni diversa (D, E, F) per gruppo
- o 6 vaschette trasparenti con acqua
- o 6 dinamometri
- o carta, penna e righello (almeno uno per gruppo)

- Si consegnano i 3 cubetti di peso e colore identici e forma/dimensioni diverse [a quest'età non hanno ancora il concetto di volume] (D, E, F), 6 vaschette con acqua e 6 dinamometri. A ciascun gruppo si chiede di fare una previsione sul galleggiamento e di motivarla. [Sulla lavagna si segnano tutti i responsi in una tabella, invitando almeno uno per gruppo a copiarla. Vedi fac-simile (incompleto) come sopra. È bene averne uno che galleggia, uno che affonda e il terzo che galleggi appena].
- Si verificano le ipotesi immergendo gli oggetti in acqua e si riportano i risultati in tabella [nell'istogramma, basta circondare la colonna corrispondente all'esito, nella tabella, invece, evidenziare la risposta corretta nell'ultima riga] e si comincia a discutere sul perché di questi diversi comportamenti: il discorso va indirizzato sul peso dei diversi oggetti [che i bambini vengono invitati a misurare e i cui valori si riportano i vanno riportati in tabella vicino al "nome" dei cubetti. Ottima occasione anche per accennare anche agli errori di misura]. Quello che dovrebbe emergere è che a parità di peso (e colore..!), quello che conta sono le **DIMENSIONI** dell'oggetto che immergiamo in acqua. [La conclusione a cui si può giungere è che un oggetto (a parità di peso), più è grande e più galleggia...]

Quindi il **peso** e la **grandezza** (volume) sono fondamentali per determinare l'affondamento o il galleggiamento di un oggetto.

### 3) TIRIAMO LE FILA

Finora abbiamo capito che peso e volume entrano in gioco: è tempo di capire meglio come...

- Il sacchetto "alleggerito" (10 min)

Materiale:

- bilancia pesapersone senza blocco del peso
  - secchio con acqua
  - bottiglia con sabbia (2 Kg)
  - dinamometri (da 4 Kg)
  - webcam, pc e proiettore
- Prendiamo una bilancia e segniamo sulla lavagna il peso di un volontario (ottenuto con una bilancia pesapersone) e quello del sacchetto (ottenuto col dinamometro da 4 Kg)
  - Chiediamo al ragazzo sulla bilancia di sostenere con la mano parte del peso della bottiglia: la bilancia segnerà un aumento di peso pari alla diminuzione di peso della bottiglia stessa. [*i bambini intuiscono facilmente la spiegazione del fenomeno: il loro compagno si è "caricato" di parte del peso della bottiglia. Riprendere tutte le misurazioni con la webcam e proiettarle in modo che tutti possano vedere i valori ottenuti.*]
  - Ripetiamo sostituendo allo studente un secchio pieno d'acqua [*ovviamente si pesa anche la plastica ma è un ragionamento comunque lecito, visto il quantitativo d'acqua. Attenzione a non far toccare le pareti del secchio al sacchetto semi-immerso. Anche in questo caso sfruttare la webcam per mostrare i risultati.*].

Quindi l'acqua è in grado di sostenere – almeno in parte – il peso della bottiglia come faceva il volontario.

- La prova del nove (10 min)

Materiale:

- 6 vaschette trasparenti con acqua
  - 6 dinamometri
  - 6 cubetti che affondano in acqua
- Consegniamo ad ogni gruppo un cubetto che affonda in acqua e un dinamometro e chiediamo ai bambini cosa osservano [*immergendo sempre più nell'acqua l'oggetto, questo "cala" di peso.*].

È quindi spostando una certa quantità di acqua che l'oggetto riceve una spinta verso l'alto, e la quantità d'acqua spostata dipende dalla grandezza dell'oggetto stesso.

- Le mani in acqua (20 min)

- vasca grande piena d'acqua (cattedra)
  - coperchio per la vasca di cui sopra con buchi in cui i bambini inseriscano le braccia
  - sacchetti in cui avvolgere il braccio
- Ma allora cosa succede a un oggetto immerso in acqua? [*Arriveranno idee di ogni sorta*] Facciamo un esperimento e proviamo a capire: i bambini immergono in acqua il braccio nel guanto/sacchetto e quindi nella vasca grande: cosa sentono? [*Acqua che schiaccia, preme contro il braccio*]

- Cosa sta succedendo? [*Il braccio sposta l'acqua occupandone il posto mentre l'acqua spinge, preme per tornare al suo posto. Normalmente questo effetto non si sente molto, perché è coperta dalla sensazione di bagnato; il sacchetto che si schiaccia, invece, lo fa percepire in modo netto. Sottolineare come ci sia anche una spinta dal basso verso l'alto che, benché non facilmente percettibile, è poi quella che interessa.*]

A questo punto, concludere la storia di Archimede raccontando come, con l'osservazione di questi fenomeni, sia riuscito a capire l'inganno dell'orefice.

## L'IMMERSIONE... FA LA FORZA!

(traccia per l'operatore)

**Target:** Scuola Secondaria di Primo Grado

**Obiettivi** Affrontare e risolvere il problema di Archimede: distinguere una corona autentica da una "contraffatta", per approdare all'enunciato e alla comprensione del Principio di Archimede (la forza verso l'alto è pari al peso del liquido spostato).

**Durata** 2 ore effettive, con pausa di 10-15 minuti

**Metodologia** Esplorativa e sperimentale. Interazione aperta, formulazione di ipotesi e con fase di brainstorming seguita da domande mirate; osservazione del fenomeno, verifica di ipotesi e di previsioni. Formulazione di affermazioni qualitative che descrivono il fenomeno.

*[Fra parentesi quadre le indicazioni metodologiche]*

### Materiali

- acqua
- bilancia da cucina (sensibilità dell'ordine di 1 grammo);
- bilancia a bracci uguali (sensibilità dell'ordine di 1 grammo);
- 2 acquari trasparenti (in comune con "La vasca di Archimede");
- 2 corone diverse, ma dello stesso peso: una 100% inox, l'altra contraffatta con alluminio (densità relative: inox 7.80, Al 2.70);
- 2 Blocchetti 100% inox dello stesso peso delle corone;
- 6 Dinamometri (in comune con "La vasca di Archimede");
- 6 becher
- 6 cubetti Alluminio;
- 6 cubetti Ertalon;
- 6 cubetti PVC;
- Diavoletti di Cartesio vari (anche che salgono <-- bottiglie shampoo a sezione ovale)
- 2 cilindri graduati.



## Blocchi tematici

- 4) Il problema di Archimede (e dimostrazione di grande effetto con la bilancia)
- 5) Esplicitiamo il principio di Archimede (pesiamo i cubetti dentro e fuori l'acqua)
- 6) Cambiamo le carte in tavola (cambiamo liquido e ripetiamo gli esperimenti)

## Svolgimento/Conduzione

### 1) IL PROBLEMA DI ARCHIMEDE

- Introduzione (10 min)

Materiale:

- etichette
- pennarelli

*[Questo momento iniziale è fondamentale per "rompere il ghiaccio" con i ragazzi e avere il polso della situazione. Chiedere se sanno cosa sono venuti a fare, non è scontato: molte volte non ne hanno idea... È importante spiegare loro come si svolgerà il laboratorio, che saranno loro a fare gli esperimenti, creare ipotesi e verificarle, ecc. Ovviamente questo non significa scoprire le proprie carte fin dall'inizio, snocciolando un menù delle attività che verranno..!]*

- Le due corone (20 min)

Materiale:

- bilancia da cucina
- bilancia a bracci uguali
- 2 acquari
- 2 corone ("autentica" e "contraffatta")
- 2 blocchetti inox
- webcam, pc e proiettore

Si comincia con il raccontare la storia della corona di Gerone:

*Siamo nel III secolo a.C., Gerone - tiranno di Siracusa - decide di farsi un regalo: vuole per sé una nuova corona, molto più bella e preziosa della precedente. A tal proposito consegna l'oro necessario per realizzarla ad un orefice del posto. Come tutti i tiranni, è anche molto furbo e, prima di consegnare l'oro all'artigiano, lo pesa accuratamente. Passano alcuni giorni e l'orefice si presenta a corte con una splendida corona... Gerone rimane incantato dalla bellezza del gioiello, ma durante la notte mille sospetti popolano la sua fantasia: sospettoso, come tutti i tiranni, ha paura che l'orefice lo abbia imbrogliato e si sia tenuto parte dell'oro che gli era stato consegnato. Che fare?*

*Chiamato un servo, gli ordina di pesare la corona ("se manca dell'oro, me ne accorgerò", pensava), ma... il peso della corona corrisponde al peso dell'oro consegnato. Che sia stato onesto l'orefice? Gerone, da buon tiranno, ancora non si fida (pensa "se fossi stato al posto dell'orefice, probabilmente avrei sostituito parte dell'oro con un uguale peso d'argento, li avrei fusi bene insieme in modo da non distinguerli e... ci avrei guadagnato qualcosa!!").*

*Confida queste sue ipotesi ad uno scienziato, Archimede, che rimane affascinato - non tanto dalla diffidenza di Gerone - quanto dal problema posto: si chiede "c'è modo di scoprire quanto argento e quanto oro sono stati usati in un "miscuglio"? "Per schiarirmi le idee vado prima a farmi un bel bagno caldo..." e... "Eureka!" (in greco significa "ho trovato!")*

Nel nostro caso le corone sono di inox e il problema è distinguere la corona "autentica" (100% inox) da quella "contraffatta" con alluminio. Si invitano i ragazzi a proporre qualche possibile soluzione: raccogliere eventuali idee e sottoporle a verifica per confermarle o scartarle [*è giusto lasciare eseguire le prove ideate dai ragazzi, anche se non efficaci, ma selezionare le più utili, discutendo a parole le altre...*]. Discutere, sulla base dei risultati delle prove precedenti, eventuali nuove proposte ed ipotesi.

Si può supporre che vengano proposte le seguenti operazioni, con le successive "correzioni di rotta" e aggiustamenti:

- a. Escludere modalità invasive: graffi, rotture, prove di forza, distacco di pezzi ecc., perché la corona non può essere rovinata. Ovviamente, visto il periodo storico, vanno anche escluse analisi sofisticate alla "C.S.I."
- b. Visto che Gerone aveva pesato l'oro prima di consegnarlo all'orafo, se quest'ultimo ne avesse sottratto un po', la corona sarebbe stata più leggera. Si prepara una bilancia a bracci uguali alla cattedra, contrapponendo a turno le due corone col blocchetto di inox (il blocchetto di inox rappresenta la quantità esatta di acciaio di cui è fatta la corona). In aria, entrambe le corone saranno in equilibrio col blocchetto, (il loro **peso** - in aria - è lo stesso). Chiedere ai ragazzi se questo può bastare per avere la certezza dell'autenticità della corona. Purtroppo no, perché l'orafo potrebbe aver sostituito l'interno della corona con del materiale meno prezioso – per esempio argento – ottenendo lo stesso peso totale. Chiedere ai ragazzi se hanno nuove idee. [*Eventualmente pesare le corone anche con una bilancia elettronica per convincere che il peso delle due corone è effettivamente uguale e/confrontare le stesse con la bilancia a bracci. Per mostrare a tutti le cifre della bilancia elettronica, usare la webcam e proiettare l'immagine*].
- c. Si ripete la pesata, ma questa volta si tengono corona e blocchetto immersi in vasche d'acqua (attenzione ad eventuali bolle che si possono formare sulle corone...). Con la corona autentica, l'equilibrio verrà mantenuto, con quella contraffatta, si perderà! Chiedere ai ragazzi una spiegazione e condurli a ragionare su quanto successo, sul ruolo del **volume di liquido** spostato e sul concetto di "densità" dei materiali.

## 2) ESPLICITIAMO IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

- Peso in aria, peso in acqua (30 min)

Materiali:

- 6 cubetti di Alluminio
- 6 cubetti di Ertalon
- 6 cubetti di PVC
- 6 dinamometri
- carta e penna
- 6 becher

Approfondiamo ancora!

- a. Consegnare ai gruppi un becher con dell'acqua, un cubetto per tipo e chiedere loro di pesarli "in aria" usando i dinamometri: alla lavagna costruire uno schema simile a quello sottostante. [*Almeno uno per gruppo dovrebbe ricopiare questo schema. Inoltre in questo frangente vi sarà un abuso dei termini "massa" e "peso" che per ragioni di semplicità non vengono distinti, ma usati come sinonimi.*

	Peso PVC (in aria)	Peso PVC (in acqua)	Diff.	Peso Ertalon (in aria)	Peso Ertalon (in acqua)	Diff.	Peso Al (in aria)	Peso Al (in acqua)	Diff.
Gruppo 1	40 g			31 g			75 g		
Gruppo 2									
Gruppo 3									
Gruppo 4	ecc.			ecc.			ecc.		
Gruppo 5									
Gruppo 6									
Media	40 g			31 g			75 g		

- b. Misurare di nuovo il peso dei cubetti ma stavolta "in acqua". [*Immergere completamente i cubetti facendo attenzione a non toccare i bordi*]. Aggiornare lo schema e completare contemporaneamente le terze colonne con le differenze, ma senza dare un "titolo" alla colonna. Quando i ragazzi ne hanno intuito il significato, scriverlo ed inserire infine nell'ultima riga una media dei diversi valori. [*Far notare la presenza di un'incertezza sul valore preciso*].

	Peso PVC (in aria)	Peso PVC (in acqua)	Diff.	Peso Ertalon (in aria)	Peso Ertalon (in acqua)	Diff.	Peso Al (in aria)	Peso Al (in acqua)	Diff.
Gruppo 1	40 g	13 g	27 g	31 g	5 g	26 g	74 g	46 g	28 g
Gruppo 2									
Gruppo 3									
Gruppo 4		ecc.			ecc.			ecc.	
Gruppo 5									
Gruppo 6									
Media	40 g	13 g	27 g	31 g	5 g	26 g	74 g	46 g	28 g

- c. Far ragionare i ragazzi sul fatto che la diminuzione di peso è costante in tutti i tre casi: circa 27 grammi. Da cosa dipende? **L'unica cosa che hanno in comune i tre cubetti è il loro volume: 27 cm<sup>3</sup>.** Questa coincidenza numerica dovrebbe spingere i ragazzi ad analizzare il legame fra volume dell'oggetto immerso e spinta ricevuta, avvicinandosi così alla risposta.

• La bottiglia "alleggerita" (10 min)

Materiale:

- bilancia pesapersona senza blocco del visore, ma che legga in tempo reale sempre
- secchio con acqua
- bottiglia con sabbia (2 Kg)
- dinamometri (da 4 Kg)
- webcam, pc e proiettore
- 

Cerchiamo di capire meglio l'effetto dell'acqua!

- a. Segniamo sulla lavagna il peso di un volontario (ottenuto con la bilancia pesapersona) e quello del sacchetto (ottenuto col dinamometro da 4 Kg).
- b. Chiediamo al ragazzo sulla bilancia di sostenere con la mano parte del peso della bottiglia: la bilancia segnerà un aumento di peso pari a quanto diminuisce quello della bottiglia. [*I ragazzi intuiscono facilmente la spiegazione del fenomeno: il loro compagno si è "caricato" di parte del peso*]

*della bottiglia. Riprendere tutte le misurazioni con la webcam e proiettarle in modo che tutti possano vederne i valori.]*

- c. Ripetiamo sostituendo allo studente sulla bilancia un secchio pieno d'acqua, in cui immergiamo la bottiglia facendo attenzione che questa non tocchi i bordi né il fondo. Di nuovo si osservano una diminuzione del peso sul dinamometro e un corrispondente aumento sulla bilancia. [*Anche in questo caso sfruttare la webcam per mostrare i risultati.*]
- d. Questa volta è l'acqua a sostenere l'oggetto e caricarsi di parte del suo peso. Con l'aiuto dei ragazzi, spiegare fenomeni come il galleggiamento degli iceberg oppure – mostrando un cubetto di legno galleggiante nell'acqua ma che affonda in alcool – ragionare sul volume emerso (e calcolarlo!).
- e. Guidare i ragazzi nel ragionamento per far notare loro come più si immerge la bottiglia, meno essa pesa sul dinamometro: **la diminuzione di peso è collegata al peso dell'acqua spostata.**

### PAUSA (10-15 min)

- Quanto pesa il liquido spostato? (20 min)

Materiali:

- 6 cubetti di Alluminio
  - 6 cubetti di Ertalon
  - 6 cubetti di PVC
  - 12 becher
  - 6 bilance da cucina (sensibili al grammo)
  - 6 pennarelli
  - 6 siringhe senz'ago
  - 6 dinamometri
- a. Consegnarne a ciascun gruppo un becher pieno ed uno vuoto, segnare il livello dell'acqua con un pennarello e immergere uno dei tre cubetti [*facendo attenzione che il cubetto sia immerso completamente*], segnando il nuovo livello raggiunto dall'acqua. A questo punto, si tara la bilancia con sopra il becher vuoto, si preleva l'acqua compresa fra i due segni (quindi quella spostata dall'immersione del cubetto) e la si pesa : il risultato dovrebbe aggirarsi intorno ai 27 grammi..!
  - b. Ripetere l'operazione per ogni cubetto: il risultato non varia. Quindi anche questo esperimento conferma che la diminuzione di peso è collegata al peso (del volume) di acqua spostata.
  - c. A questo punto si può cominciare ad introdurre velatamente il concetto di **densità** [*assicurarsi che gli studenti abbiano ben chiara la differenza fra viscosità e densità, visto che nel linguaggio comunque i due concetti tendono a confondersi*], facendo notare la corrispondenza fra  $27 \text{ cm}^3$  di acqua (il volume) e la differenza di peso in grammi (la massa)... Coincidenza?! [*Far ragionare i ragazzi perché l'identità 27-27 può originare fraintendimenti.*]
  - d. Si può già dare una versione del principio di Archimede, valida per l'acqua. Per generalizzarla ad altri liquidi (o a fluidi qualsiasi), si procede come sotto.

### 3) CAMBIAMO LE CARTE IN TAVOLA

- E se il liquido cambia...? (40 min)

- a. Cosa succede se cambiamo liquido? Cambia qualcosa nei nostri esperimenti oppure no? Se sì: cosa? Ascoltare come sempre le ipotesi dei ragazzi che verranno poi messe alla prova dagli esperimenti.

- b. Ripetere il confronto fra peso in aria e in liquido, questa volta aggiungendo sale all'acqua (dividere il lavoro: due gruppi l'alluminio, altri due l'ertalon e gli ultimi due il PVC). Cosa succederà? Ci sarà ancora differenza fra i due pesi? Se sì, uguale a prima? Ancora uguale fra i diversi materiali? In realtà la differenza di peso dentro e fuori dal becher non sarà più 27 g ma maggiore (circa 30 g). È quindi necessario analizzare **il ruolo del liquido**. [*Con concentrazioni di sale diverse, i risultati dei diversi gruppi saranno sì diversi, ma comunque coerenti fra loro*].
- c. Verificare anche il peso dell'acqua salata spostata, prelevandola con la siringa analogamente a prima: stavolta il peso del liquido spostato è 30 g, non più i 27 g di prima: e, ancora, esattamente come la differenza di peso misurata sul dinamometro!
- d. Quindi il ruolo del liquido è fondamentale: da quanto se ne sposta, e quindi dal suo peso, dipende la **spinta** che il corpo immerso riceve!
- e. Enunciare il **Principio di Archimede** completo, e sottolineare come esso valga per tutti i **fluidi**, non solo per l'acqua. Quindi anche l'aria spinge! Ma il peso di 27 cm<sup>3</sup> di aria è molto piccolo e quindi ci vorrebbe un volume molto grande per ottenere un risultato apprezzabile (vedi mongolfiere, dirigibili, ecc.), oppure si dovrebbe lavorare con oggetti davvero leggeri come il polistirolo espanso (che comunque ne risente solo per il 2-3% del suo peso).
- f. Di nuovo ci si trova a fare i conti con la densità: quanta aria dovremmo spostare per ottenere una spinta di 27 grammi? Se ogni cm<sup>3</sup> di aria pesa circa 0.0012 g, dobbiamo calcolare quante volte 0.0012 sta in 27, e cioè fare 27:0.0012. Il risultato è poco più di 22.000 cm<sup>3</sup>, ovvero 22 dm<sup>3</sup>, cioè 22 scatole di lato 10 cm! Un po' ingombrante..! Ecco perché mongolfiere e dirigibili sono così grandi!
- g. Per chiarire il concetto di **densità** [*Assicurarsi che gli studenti abbiano ben chiara la differenza fra viscosità e densità, visto che nel linguaggio comunque i due concetti tendono a confondersi*], si può recuperare un esperimento di "Liquidi a galla, liquidi a fondo": riempire due cilindri con 100ml rispettivamente di olio e acqua, pesarli e – eliminata la relativa tara – calcolare la densità di entrambi. Uguale volume ma pesi (masse) diversi.
- h. La densità per l'acqua è 1g/cm<sup>3</sup>, quindi 27 cm<sup>3</sup> di acqua pesano come la differenza di peso fra dentro e fuori l'acqua.... Coincidenza?! [*Far ragionare i ragazzi perché l'identità 27-27 può originare fraintendimenti.*]  
A questo punto si può chiedere come determinare la percentuale di alluminio inserito nelle due corone usate (o la percentuale di oro sottratto, nel caso di Archimede). Ciò richiede l'uso di formule e definizioni quantitative, e può essere lasciata come un eventuale sviluppo successivo in classe.

Concludere la storia di Archimede:

*Avevamo lasciato Archimede nel bel mezzo di un bagno: entrando in vasca si accorge che il livello dell'acqua si alza e uscendone invece si abbassa. Inoltre si accorge anche che più entra dentro la vasca, meno pesa... All'improvviso capisce che questi due fenomeni sono proprio ciò gli che serve per risolvere il problema della corona di Gerone!*

*Se la corona infatti fosse davvero tutta d'oro, dovrebbe spostare tanta acqua quanto un blocchetto d'oro di pari peso (e volume uguali, anche se distribuiti in modo diverso); se invece avesse al suo interno delle parti di un altro metallo – per esempio l'argento – allora sposterebbe una quantità diversa di acqua... "EUREKA!"*

## LIQUIDI A GALLA, LIQUIDI A FONDO

(traccia per l'operatore)

- Target:** Scuola Secondaria di Primo Grado
- Obiettivi** Studiare il fenomeno della stratificazione di liquidi per definire il concetto di densità; collegare galleggiamento/affondamento dei corpi ai rispettivi valori di densità.
- Durata** 2 ore effettive, con pausa di 10-15 minuti
- Metodologia** Esplorativa e sperimentale. Interazione aperta, formulazione di ipotesi e con fase di brainstorming seguita da domande mirate; osservazione del fenomeno, verifica di ipotesi e di previsioni. Formulazione di affermazioni qualitative che descrivono il fenomeno.  
*[Fra parentesi quadre le indicazioni metodologiche]*
- Materiali**
- acqua fredda e calda
  - olio, alcool
  - sale
  - giochini vari a due liquidi non miscibili (cubi, clessidre, barchetta con moto ondoso)
  - 10 cilindri graduati da 100 ml, con tacche da 1ml
  - bicchieri, becher
  - 2 vasetti
  - bacinella
  - colorante alimentare
  - 4 cubetti di PVC bianchi (densità  $1.37 \text{ gr/cm}^3$ );
  - 4 cubetti di ertalon (densità  $1.14 \text{ gr/cm}^3$ )
  - diavoletti di Cartesio vari (anche che salgono <-- bottiglie shampoo "Natura dolce Garnier");
  - termometro di Galileo

## Blocchi tematici

- 7) Stratificazione di liquidi
- 8) La densità
- 9) Variare la densità

## Svolgimento/Conduzione

### 1) STRATIFICAZIONE DI LIQUIDI

- Introduzione (10 min)

Materiale:

- etichette
- pennarelli

*[Questo momento iniziale è fondamentale per "rompere il ghiaccio" con i ragazzi e avere il polso della situazione. Chiedere se sanno cosa sono venuti a fare, non è scontato: molte volte non ne hanno idea... È importante spiegare loro come si svolgerà il laboratorio, che saranno loro a fare gli esperimenti, creare ipotesi e verificarle, ecc. Ovviamente questo non significa scoprire le proprie carte fin dall'inizio, snocciolando un menù delle attività che verranno..!]*

- Contenitori e clessidre con liquidi non miscibili (10 min)

Distribuisci ai ragazzi i vari giochi a due liquidi (cubi, clessidre, barchetta), e invitali ad osservarli con attenzione e a descriverli. Aiutali con delle domande mirate, ad esempio:

- come si presentano i liquidi?
- come si dispongono nel contenitore?
- perché sono stratificati in questo modo? (Perché, ad esempio, il liquido blu sta sotto?)
- si possono mescolare?
- quali sono i liquidi che conoscete che si comportano come questi?
- perché le barchette stanno in mezzo?

*[Non bisogna dare subito le risposte giuste, l'importante è che i ragazzi osservino i fenomeni e cerchino di dare un'interpretazione. In seguito saranno più attenti alla spiegazione. Generalmente usano termini come "più pesante" o "più leggero": sono termini corretti? Prova a discuterne con loro...]*

### 2) LA DENSITÀ

In questa sezione si osserva la stratificazione di liquidi diversi *[attenzione a tenere distinti i concetti di densità e di miscibilità: quest'ultima aiuta solo la separazione netta fra gli strati]*. Gli esperimenti permetteranno ai ragazzi di comprendere e spiegare il funzionamento degli oggetti a due liquidi visti precedentemente (clessidre, cubi ecc.).

*[SUGGERIMENTO: Nel corso di questa parte, è utile schematizzare alla lavagna i risultati delle stratificazioni sperimentate. È ad esempio possibile ordinare le sostanze da quella di densità minore (in alto), a quella di densità maggiore (in basso).]*

- Stratificazione (35 min + 25 min)

#### Materiale per ogni gruppo:

- 3 bicchieri (rispettivamente olio, acqua e vuoto: l'alcool è meglio distribuirlo all'ultimo momento);
- cilindri graduati.

#### Nota.

Conviene dividere l'esperienza della stratificazione acqua/olio, in 3 sotto-esperienze.

I motivi sono essenzialmente due: da un lato "guadagnare tempo", dall'altro fare in modo che i ragazzi possano comunicare agli altri gruppi i propri risultati per giungere, discutendo, alle opportune conclusioni. L'efficacia del metodo proposto è determinata dall'effetto "sorpresa". Conviene quindi

- **dividere la classe in almeno 4 gruppi**
- **fingere che l'esperimento 1) sia unico per tutti, quindi spiegarlo a voce alta**
- **suggerire (a voce bassa, prendendoli in disparte) diverse varianti ai diversi gruppi e aspettare che i ragazzi eseguano gli esperimenti**
- **lasciare che confrontino i risultati ottenuti**

### 1. Acqua e olio

Inizia ponendo alcune domande del tipo:

- come si comporta l'olio in acqua?
- avete mai avuto modo di osservarlo?

Per prima cosa, invita i ragazzi a versare un po' d'acqua e un po' d'olio in uno dei cilindri: ogni gruppo avrà una consegna diversa, che gli altri non devono sentire (chi più olio, chi più acqua, chi dovrà versare prima uno o l'altra, ecc.) [*Chiedere ai ragazzi di rispettare esattamente le quantità... È facile? Accennare ai problemi dell'incertezza sperimentale (lettura della scala, menisco nel cilindro, errori di parallasse, ecc.)*].

Chiedi ai ragazzi

- come si sono disposti l'olio e l'acqua?
- perché l'olio si stratifica sopra l'acqua?

Le risposte spesso (ma non sempre) sono:

**a)** "Perché abbiamo versato prima l'acqua e poi l'olio".

**b)** "Perché l'olio è di meno rispetto all'acqua".

Gli esperimenti fatti dai diversi gruppi smentiranno via via le varie ipotesi, quindi accompagnare i ragazzi a dedurre che la stratificazione **non dipende dalla quantità**, ma dal tipo di liquido usato: la grandezza che caratterizza le sostanze è la **densità**. Puoi eventualmente far osservare che se l'olio galleggia sopra l'acqua, cioè ha densità minore, non è detto che l'olio pesi meno dell'acqua in assoluto (ad es. una goccia d'acqua pesa meno di un litro d'olio, eppure va a fondo), il fatto è che l'olio pesa meno dell'acqua SOLO A PARITÀ DI VOLUME.

- **Dimostrare che un certo volume di olio pesa meno di uno stesso volume di acqua** (da cattedra)
  - Azzerata la bilancia con sopra un cilindro graduato vuoto, fai pesare ad un volontario pesare 100 ml d'olio e fai scrivere il risultato alla lavagna;
  - ripeti la procedura per 100 ml d'acqua (usare un cilindro pulito);
  - Confronta i pesi (le masse) e fai eventualmente discutere la classe, riprendendo i casi delle barchette tra due liquidi, ecc.(Se qualche studente dubita che potrebbe essere un caso, si possono confrontare quantità diverse (es. 50 ml, 150 ml) e verificare che la differenza è sistematica [*con classi più grandi si potrebbe costruire un grafico e osservare l'andamento proporzionale, anche se magari non lo si cita.*])

### PAUSA (10-15 min)

### 2. Olio e alcool

Ora fai provare ai ragazzi la stratificazione di olio e alcool:

- versare un po' di alcool (10 cc) in un cilindro contenente dell'olio [L'alcool rimane sopra l'olio].

Si può dedurre che la densità dell'alcool è minore di quella dell'olio (eventualmente prova a pesare 100 cc d'alcool).

### 3. Acqua e alcool

Prima di procedere chiedi ai ragazzi cosa si aspettano accada:

- Dato che l'olio galleggia sopra l'acqua e l'alcool galleggia sopra l'olio, secondo voi cosa farà l'alcool con l'acqua?
- Attenzione: sarà facile sperimentarlo?

L'alcool e l'acqua sono miscibili:

- vi viene in mente qualcosa che "è un miscuglio" d'acqua e alcool? (Pensiamo ad esempio al vino)



- come possiamo fare? (lascia che i ragazzi ti diano dei suggerimenti).

Bisogna fare attenzione a versare l'alcool nell'acqua e non viceversa (altrimenti, venendo a galla, l'alcool si mescola con l'acqua), inoltre è opportuno versare l'alcool molto lentamente, facendolo scorrere lungo le pareti del cilindro, eventualmente usando una siringa: l'alcool galleggerà sull'acqua.

Oppure/inoltre spingere violentemente dell'alcool in uno dei cilindri in modo che sfondi la parete d'olio e arrivi a toccare l'acqua: si otterrà dell'acqua rosata [*lo chiameremo "vino"*] che andrà a stratificarsi sopra all'acqua trasparente e sotto all'olio; abbiamo a che fare con una **densità media**.

4. Puoi provare a far stratificare i **tre liquidi insieme**

Da quanto visto si può riassumere dicendo:

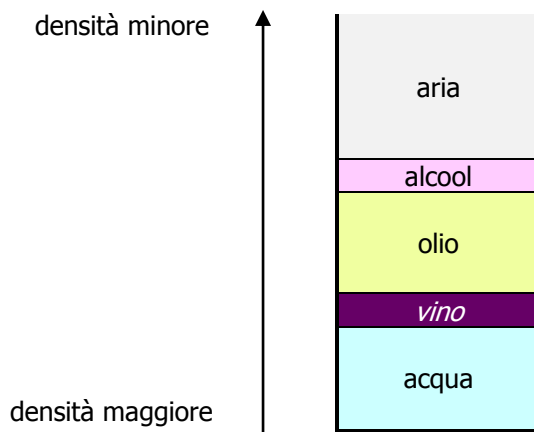
$$\text{densità acqua} > \text{densità olio} > \text{densità alcool}$$

5. I ragazzi possono divertirsi a stratificare **più liquidi**: acqua, olio, alcool, vino, soluzioni acqua e vino, ecc.

- Dove si stratificherà il vino?

Riassumiamo quanto scoperto con uno schema:

In figura riportiamo lo schema delle densità dei diversi "materiali" presi in esame:



Alla luce di quanto è stato sperimentato e dei nuovi concetti introdotti, mostra di nuovi i **giochini** osservati all'inizio dell'incontro e chiedi ai ragazzi di spiegare come funzionano: dovrebbero avere i concetti e i termini adatti a spiegarli.

- **Diavoletto di Cartesio**

Perché il diavoletto affonda?

Perché il diavoletto affonda solo quando premo la bottiglia?

Cosa succede nella capsula "corpo" del diavoletto?

Se c'è tempo, spiegare loro come costruirne uno in casa, con un pezzo di cannuccia e del pongo che ne tappi un'estremità da una parte e faccia da zavorra intorno all'apertura dall'altra.

### 3) VARIARE LA DENSITÀ

Qui utilizziamo due metodi diversi:

- 1- variare la temperatura
- 2- sciogliere sale nell' acqua

- La densità cambia al variare della **temperatura** (25 min)

chiedi ai ragazzi come si stratificheranno, secondo loro, acqua calda e acqua fredda; chiedi se lo hanno mai sperimentato e hanno qualche idea su come farlo.

**Materiale:**

- 2 vasetti;
- 1 bacinella;
- acqua fredda;
- acqua calda;
- colorante alimentare.

- Riempi d'acqua fredda fino all'orlo uno dei due vasetti, riempi d'acqua calda l'altro e chiedi ai ragazzi come puoi fare per distinguerle.

Per facilitarne la distinzione colora l'acqua calda con una goccia di colorante alimentare (poi l'esperimento verrà ripetuto colorando l'acqua fredda per eliminare eventuali dubbi sul ruolo del colorante).

Sistema un foglietto di carta da lucido sul vasetto contenente acqua calda, capovolgilo velocemente e appoggialo sull'altro...

Ora sfilare il foglietto: i ragazzi potranno notare che è ben visibile la linea di separazione dei due liquidi, il che significa che acqua calda e acqua fredda non si mescolano e quindi l'acqua calda ha una densità minore di quella fredda.

Perché succede (non succede niente)? Lascia spazio ai ragazzi perché portino altri esempi...

- Scambiare i ruoli colorando l'acqua fredda e mettendola sopra: l'esito sarà completamente diverso, per cui l'acqua calda e quella fredda si mescoleranno velocemente.

Poni un'ulteriore domanda:

se lasciamo il becher contenente l'acqua fredda e l'acqua calda sul tavolo per alcuni minuti, che cosa succederà?

A questo punto, mostrare il termometro di Galileo e chiedere alla classe se lo conoscono e se riescono a immaginarne il funzionamento.

- **Termometro di galileo**

- Qual è la temperatura indicata?
- Come si legge la temperatura?
- Come funziona secondo voi?

Spiegare cosa accade con l'aiuto dei ragazzi [*il liquido trasparente varia la sua densità in base alla temperatura a cui si trova per effetto dell'ambiente circostante. Le boccette, invece, che sono rigide e sigillate, non subiscono quasi modifiche; inoltre sono tarate per avere una precisa densità, ognuna un po' più grande della precedente, così da affondare o galleggiare in corrispondenza dei possibili valori di densità del liquido che le contiene.*]

- La densità cambia anche in dipendenza dei **sali disciolti** (15 min)

**Materiale per ogni gruppo:**

- un becher pulito pieno d'acqua;
- un bicchiere di plastica contenente sale da cucina;
- un cucchiaino;
- un cubetto di PVC;
- un cubetto di ertalon.

Fai immergere i cubetti nell'acqua:

- cosa fanno i cubetti? Perché?

I cubetti vanno a fondo perché hanno densità maggiore dell'acqua (non occorre dare i valori di densità ai ragazzi).

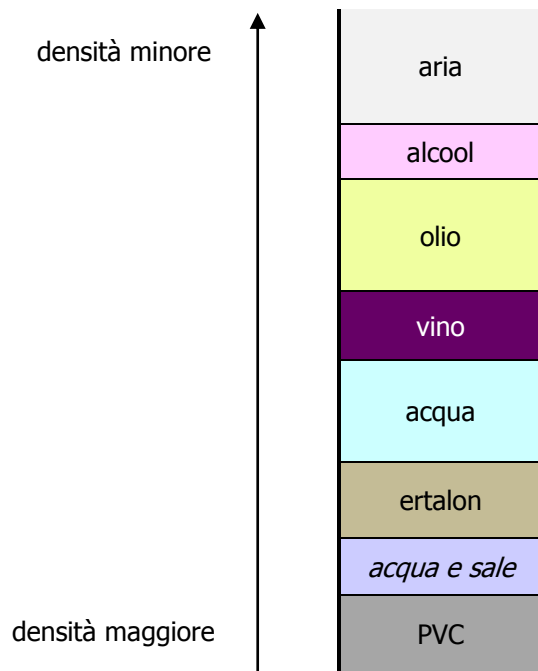
Dai ai ragazzi del sale da cucina e un cucchiaino e di loro aggiungere il sale all'acqua mescolando, finché il sale non si scioglie più<sup>1</sup> (vale a dire finché la soluzione è satura).

I ragazzi si accorgeranno che a un certo punto il cubetto nero incomincia a galleggiare nell'acqua: chiedi loro cosa significa (la densità della soluzione di acqua e sale è aumentata fino a diventare maggiore di quella dell'ertalon). L'acqua salata è più densa di quella dolce: ecco perché nel mare si galleggia meglio che al lago!

In figura è riportato lo schema riassuntivo delle densità dei diversi "materiali" presi in esame:

---

<sup>1</sup> Nel caso del cloruro di sodio, la solubilità cambia poco al variare della temperatura, al contrario di altri sali come il solfato di rame. Scaldare l'acqua per sciogliere il sale serve solo, eventualmente, ad accelerare il processo.



## PERCORSI DI LUCE

(traccia per l'operatore)

- Target:** Scuola Secondaria di Primo Grado
- Obiettivi** Capire i meccanismi della visione e porre l'attenzione sulle principali proprietà ottiche della luce: propagazione rettilinea (e a velocità finita). Familiarizzare con l'interazione luce-materia: riflessione sugli specchi, sia piatti che curvi; rifrazione in acqua e quindi deviazione della luce come punto di partenza per comprendere il funzionamento di una lente d'ingrandimento. Osservazione del fenomeno della "riflessione totale".
- Durata** 2 ore effettive, con pausa di 10-15 minuti
- Metodologia** Esplorativa e sperimentale. Interazione aperta, formulazione di ipotesi e con fase di brainstorming, seguita da domande mirate; osservazione del fenomeno, verifica di ipotesi e di previsioni. Formulazione di affermazioni qualitative che descrivono il fenomeno.  
*[Fra parentesi quadre le indicazioni metodologiche]*
- Materiali**
- ambiente oscurabile all'occorrenza
  - effetto ottico "Mirage" (miraggio del maialino)
  - laser rosso
  - nebulizzatore (per il percorso in aria)
  - vasca trasparente (tipo acquario) con acqua
  - guida d'onda in plastica (o mazzetto di fibre ottiche)
  - lampada a fibre ottiche
  - asta legno (o plastica opaca) circa cm 100 x 3 x 1
  - the solubile per colorare l'acqua
  - polvere di gesso
  - 6 specchi Piani
  - 6 torce LED
  - 6 pannelli fosforescenti + lampada
  - 6 goniometri
  - 6 torce + blocchetti in legno per fare fessura
  - 6 vasetti yogurt con moneta
  - 6 bicchieri in plastica con matita lunga
  - 6 Lenti convesse
  - 3 filtri polarizzatori rettangolari per gruppo
  - nastro telato largo + stecche di legno larghe 2 cm, alte 6 cm + nastro adesivo riflettente
  - Applet Java sulle lenti - con lavagna multimediale
- <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=48>  
(altre simili: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava> e <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=1395.0>)

## Blocchi tematici

- 10) Il processo di visione, la propagazione della luce, ombre
- 11) Deviare il cammino I (riflessione), specchi
- 12) Deviare il cammino II (rifrazione), funzionamento delle lenti convergenti

## Svolgimento/Conduzione

- Introduzione (10 min)

Materiale:

- etichette
- pennarelli

*[Questo momento iniziale è fondamentale per "rompere il ghiaccio" con i ragazzi e avere il polso della situazione. Chiedere se sanno cosa sono venuti a fare, non è scontato: molte volte non ne hanno idea... È importante spiegare loro come si svolgerà il laboratorio, che saranno loro a fare gli esperimenti, creare ipotesi e verificarle, ecc. Ovviamente questo non significa scoprire le proprie carte fin dall'inizio, snocciolando un menù delle attività che verranno..!]*

### 1 - IL PROCESSO DI VISIONE

- Brainstorming (10 min)

Per poter comprendere il livello dei ragazzi e la loro preparazione in materia, è molto efficiente stimolarli con delle domande puntuali che, più che essere volte a dare delle risposte esatte, vogliono tracciare l'ossatura dell'esperienza utilizzando, all'occasione, le risposte ricevute come spunto per l'attività e creare un clima di confronto e collaborazione tra i ragazzi. In questa fase porre ai ragazzi domande del tipo:

Dove c'è luce? Chi la produce? Come arriva fino a noi? Come viaggia/si trasmette/si propaga? Attraverso cosa può viaggiare? *[Per il momento evitiamo, se non viene richiesto esplicitamente, di addentrarci nella questione di "Che cos'è la luce?". L'ultima domanda vuole far emergere la differenza con il suono: la luce può viaggiare anche nel vuoto (v. Sole-Terra), mentre il suono ha bisogno di un mezzo materiale.]*

Per incentivare i ragazzi a rispondere mostrare loro alcune sorgenti di luce, come lampade ad incandescenza, led e chiedere loro se conoscono il funzionamento di alcune di queste sorgenti.

*[È bene segnare ogni osservazione dei ragazzi alla lavagna, escluse quelle palesemente fuori tema. Nel corso del laboratorio, infatti, se verranno confermate alcune ipotesi, o smentite, è bene ricordarlo e sottolineare loro questo aspetto. Se in questa fase i ragazzi mostrassero molta confusione dell'argomento, è meglio non prolungarsi troppo nel proporre domande per non creare ulteriore confusione, ma iniziare gli esperimenti.]*

- Propagazione in aria, ombre e visualizzazione del percorso (20 min)

Materiali:

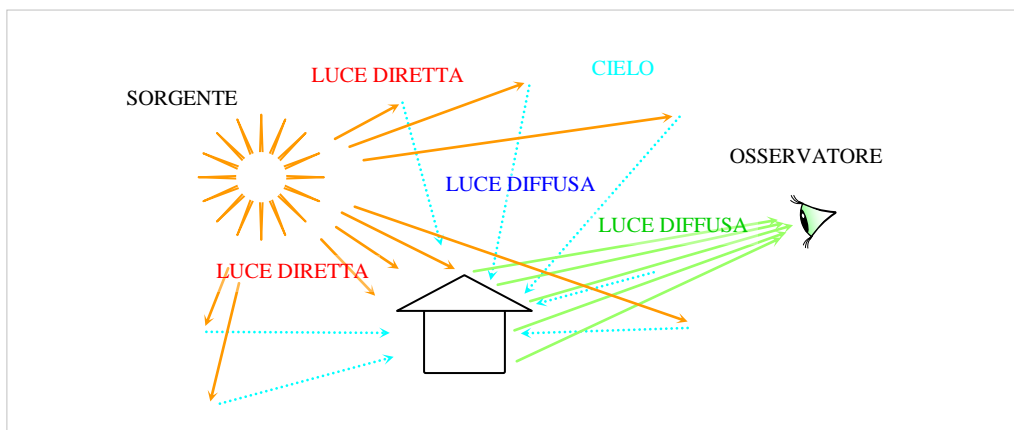
- Laser/torcia/faretto
- Polvere di gesso
- Nebulizzatore
- Vasca + acqua
- Pannello fosforescente
- Torcia potente

Una delle domande che potrebbe mettere più in crisi i ragazzi è la più banale: *perché vediamo?*

Dietro a questa domanda, si può celare spesso un'importante misconcezione dei ragazzi, i quali spesso credono che l'occhio giochi un ruolo attivo nel processo di visione e non semplicemente quello di "rivelatore di luce". Assicurarsi, in questa fase iniziale, che tutti i ragazzi abbiano ben chiaro che noi possiamo vedere un oggetto in quanto la luce, proveniente dalla sorgente, viene riflessa dall'oggetto stesso in tutte le direzioni e parte di questa luce riflessa viene rilevata dal nostro occhio. Può essere utile aiutarsi con uno schema alla lavagna:

Ancora: come avviene che noi "vediamo" un oggetto?

Dietro a queste domande, però, si può celare spesso un'importante misconcezione dei ragazzi, i quali spesso credono che l'occhio giochi un ruolo attivo nel processo di visione e non semplicemente quello di "rivelatore di luce". Assicurarsi, in questa fase iniziale, che tutti i ragazzi abbiano ben chiaro che noi possiamo vedere un oggetto in quanto la luce, proveniente dalla sorgente (può essere spesso il sole, ma anche lampade ecc ecc), viene riflessa dall'oggetto stesso in tutte le direzioni e parte di questa luce riflessa viene rilevata dal nostro occhio. Può essere utile aiutarsi con uno schema alla lavagna:



Di giorno vediamo gli oggetti perché sono colpiti dalla luce DA TUTTE LE DIREZIONI e una parte della luce che loro diffondono arriva al nostro occhio. La luce arriva dal sole, cioè da una direzione precisa, ma la sua luce ci arriva anche dalle altre direzioni a causa della diffusione dell'atmosfera: tutto il cielo è luminoso! E ogni oggetto riceve luce anche se non colpito direttamente dal sole (sulla Luna, invece no: una cosa in ombra è completamente nera..!)

Un'ulteriore osservazione che vuole permettere ai ragazzi di ragionare su aspetti forse banali, ma che spesso si tendono a sottovalutare, è il fatto che la luce emessa dal sole viaggia attraverso lo spazio fino a giungere a noi e ci permette di vedere, ma noi riusciamo a vedere la luce? [*Aiutarsi con il laser puntato sul muro*]

Noi non vediamo la luce che si propaga, finché essa non entra nel nostro occhio; perché l'occhio percepisca luce, essa deve colpirlo. Per questo motivo accendendo un laser si vede solo il punto rosso sull'oggetto colpito e non tutto il raggio di luce.

- Polvere di gesso, nebbia e the:

il punto seguente da indagare con i ragazzi, interrogandoli con domande puntuali, è quale sia la traiettoria in cui si propaga la luce. Seguendo uno spirito scientifico/critico, anche se i ragazzi proponessero subito che la luce si muove in un tragitto rettilineo, è bene chiedere loro di portare alcune prove o evidenze sperimentali che possano rendere evidenti a tutti la loro ipotesi. Buone osservazioni sono: i raggi di sole che penetrano in una stanza, resi visibili dalla polvere.

Spargendo polvere di gesso si può osservare la luce prodotta da una torcia. Utilizzando il nebulizzatore per l'aria sopra l'acquario e il the per colorare l'acqua, si riesce a vedere molto bene il tragitto di un raggio laser. Il cammino della luce è una linea retta, non fa curve! [*Ma è sempre così?*]

N.B. Oltre alla propagazione rettilinea è possibile far notare, che la luce in uscita dalla nebbia è meno intensa: il fascio luminoso, infatti, viene impoverito proprio della luce che, diffusa in tutte le direzioni, ci permette di vederlo.

- Vi rubo l'ombra!

Un'altra buona osservazione che permette di dedurre il percorso rettilineo della luce è l'ombra. Per mostrare chiaramente questo fatto si possono utilizzare le torce e i pannelli fosforescenti.

Consegnare ai ragazzi uno o più pannelli fosforescenti; al buio, illuminare il pannello fosforescente con la torcia interponendo una mano, una penna o qualsiasi oggetto (mantenendo la posizione per una decina di secondi); spenta la torcia e tolto l'oggetto, apparirà sul pannello luminoso l'ombra degli oggetti utilizzati (il fenomeno è complementare a quello usuale dell'ombra proiettata dal sole).

Dalla posizione relativa dell'ombra e dell'oggetto, si può dedurre che la luce – normalmente - si propaga in linea retta. [*Avendo già discusso con i ragazzi far sì che siano loro a descrivere per bene quanto è successo.*]

[N.B. A luce accesa tenere ben coperti i vari pannelli prima dell'esperimento, sono molto sensibili.]

[*Il fatto che la luce si muova sempre in linea retta, è ben presente al nostro cervello, il quale interpreta il percorso della luce sempre come fosse rettilineo, anche quando non lo è! Una prova di questo sono i miraggi..!*]

Anche il fatto di potersi nascondere dietro ad un oggetto, prova che la luce non segue cammini curvi [a meno di venire deviata per riflessioni o variazioni delle proprietà ottiche del mezzo di propagazione].

Ma com'è possiamo fare per vedere degli oggetti nascosti da spigoli? Per esempio ad un incrocio cieco..?

## 2 – DEVIAZIONE per RIFLESSIONE

- Riflessione con specchi piani (20 min)

Materiali:

- Specchi piani
- Torce
- 2 blocchetti di legno per gruppo
- Fogli di carta e penna
- Bersaglio
- Goniometro
- Specchi "ripiegabili"
- Maialino
- Fogli con parabola tracciata
- Righello

Per iniziare questa parte di attività, provare a chiedere ai ragazzi se, pur avendo visto che la luce si propaga in linea retta, conoscono modi per far deviare la luce dal suo percorso rettilineo (forse potrebbe venire in mente la polvere di prima!). Uno strumento che permette di deviare la luce e che sicuramente hanno già osservato è lo specchio.

Chiedere ad un ragazzo di tenere uno specchio e di cercare di far deviare il raggio della torcia tenuta da un altro ragazzo verso il bersaglio prescelto. Chiamando alla cattedra un altro ragazzo provare a utilizzare due specchi. Far poi con due specchi, in modo da fare più riflessioni. Esiste, secondo voi, una legge che ci permette di capire come avvenga la riflessione sugli specchi?

Ora vogliamo ricavare la relazione che lega luce incidente e luce riflessa:

- distribuire ad ogni gruppo uno specchio piano, una torcia a led e due blocchetti di legno;
- far stendere un foglio bianco sul tavolo e sistemare lo specchio in piedi sopra di esso; con il lato riflettente rivolto verso di sé;
- far convogliare il raggio di luce attraverso la fenditura creata dai due legnetti accostati, puntando verso lo specchio;

- con la penna segnare la posizione dello specchio e il percorso fatto dalla luce, sia quella incidente che quella riflessa;
- dovendo lavorare al buio, può essere efficiente chiedere ai ragazzi di segnare solo il punto di partenza, il punto in cui la luce incide sullo specchio e un punto del raggio riflesso;
- una volta riaccesa la luce, unire i punti con la riga [*ormai sappiamo che la luce si muove lungo linee rette!*].

Far osservare ai ragazzi il percorso fatto dalla luce e far misurare loro gli angoli che la luce incidente e riflessa crea con la superficie dello specchio con il goniometro. Se qualche ragazzo non sapesse come usarlo è un'occasione per introdurlo e spiegarne il funzionamento.

I ragazzi scopriranno che l'angolo incidente e l'angolo riflesso sono uguali. Chiedere ai ragazzi di riprovare a fare questa misura cambiando angolo, in modo da controllare che questa relazione sia corretta per più di un singolo caso. [*Se non ci fosse il tempo di fare provare per 3 angoli ad ogni gruppo, provare a confrontare i raggi di più gruppi, visto che tra loro dovrebbero essere differenti.*]

Per testare se hanno capito, è possibile proporre ai ragazzi di trovare quale sia la posizione del raggio per il quale il percorso di andata e di ritorno della luce coincidono (raggio a  $90^\circ$  rispetto allo specchio), o chiedere loro cosa deve succedere se la luce colpisce in modo radente lo specchio.

### PAUSA (10-15 min)

- La particolarità degli specchi curvi (20 min)

Per introdurre all'utilizzo di specchi curvi e lenti, possiamo stupire i ragazzi mostrando loro il miraggio del maialino. Spiegare che questo miraggio è possibile solo utilizzando specchi curvi e ora cercheremo di capire come funzionano gli specchi non piani. (2 possibili percorsi, uno alternativo all'altro)

#### **Percorso 1**

- Distribuiamo ad ogni gruppo lo "specchio ripiegabile"; il caso in cui tutti e 5 i pezzi di specchio sono allineati è già stato studiato, provare quindi a chiedere ai ragazzi cosa si aspettano quando lo specchio non è più piatto;

- fare penombra nella stanza (in modo da poter ancora vedere, ma avere abbastanza scuro) e chiedere ai ragazzi di usare il fascetto di luce per vedere cosa succede; [*raccogliere le osservazioni a voce*]

Dopo questa prima analisi qualitativa, passiamo ad una più dettagliata (specchio concavo):

- distribuire un foglio di carta e delle matite e chiedere loro di segnare un bel punto grande al centro del foglio;

- chiedere poi ai ragazzi di disporre la lampada in cima al foglio [*più lontano possibile per cercare di simulare la provenienza da infinito*], orientare poi i singoli specchietti in modo che ognuno di essi rifletta la propria luce su quel punto e marcare la posizione di ogni specchietto.

Osservare con i ragazzi che il singolo specchietto piatto si comporta seguendo la legge scoperta poco prima, ma quando si dispongono gli specchi lungo la curva che hanno ricavato, il risultato d'insieme cambia: tutta la luce che arriva parallela viene convogliata in punto, che viene chiamato fuoco. Immaginando gli specchietti sempre più corti e più numerosi, la curva ottenuta dal loro profilo si chiama parabola ed è una curva molto importante.

Chiedere se e dove hanno già sentito questo termine [*sicuramente ai ragazzi verrà in mente la parabola per la ricezione della TV (matematicamente si tratta di un paraboloide) ed è un buon motivo per spiegare loro il funzionamento di questa antenna: anche quella "parabola" ha un ricettore che viene messo proprio nel fuoco, il punto in cui tutto il segnale TV viene concentrato e amplificato*].

Un altro esempio di paraboloide sono le torce elettriche (comprese quelle che loro hanno appena usato), i fari delle auto: la lampadina è posizionata all'interno di un paraboloide di rotazione, in modo che il filamento sia nel fuoco).

#### **Percorso 2** (alternativo al primo)

Il materiale è lo stesso del percorso precedente, ma in questo caso la parabola è disegnata a priori, e il compito è quello di capire come agisce lo specchio curvo nel suo insieme e trovare il punto focale.



Le operazioni sono le stesse del percorso precedente:

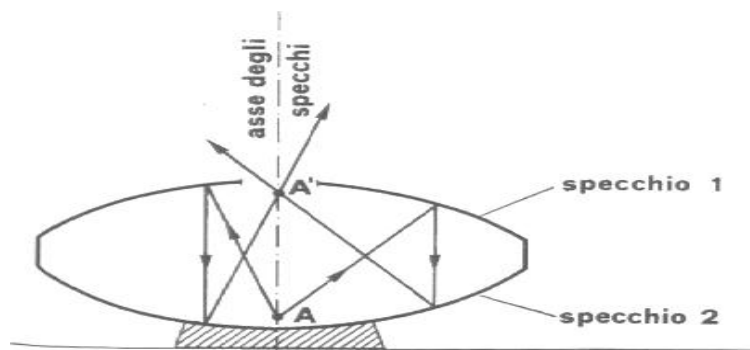
- far disporre ai ragazzi lo specchio sulla linea curva che hanno segnata sul foglio (gli specchietti devono essere tangenti nel loro punto di mezzo) e chiedere loro di disporre sulla linea posta frontalmente allo specchio i soliti blocchetti e la torcia e puntarla sul primo dei 5 specchi che compongono questo specchio ripiegabile;

- come nell'esperimento precedente segnare punto di emissione della luce, il punto d'incidenza sullo specchio e punto di uscita e poi, a luci accese, unire i punti con la riga; [*se si può, segnare i punti di tutti cinque gli specchi in un'unica sessione, e solo alla fine accendere la luce e tracciare i raggi, in modo da evitare di dover continuare ad accendere e spegnere la luce, cosa che fa perdere tempo e crea confusione*].

Quello che i ragazzi dovrebbero osservare è che tutti e 5 i raggi convergono in un punto (molto probabilmente imprecisioni nel posizionamento dello specchio e nell'orientamento della luce faranno sì che i fasci convergano in una macchia), questo punto viene chiamato "fuoco". Questo succede, ovviamente, perché gli specchi sono stati disposti in un modo particolare: la linea su cui lo specchio è stato appoggiato è una parabola, avete mai sentito questo termine? [*Sicuramente ai ragazzi verrà in mente la parabola per la ricezione della TV (matematicamente si tratta di un paraboloide) ed è un buon motivo per spiegare loro il funzionamento di questa antenna: anche quella "parabola" ha un ricettore che viene messo proprio nel fuoco, il punto in cui tutto il segnale TV viene concentrato e amplificato*]

### Spiegazione miraggio

Osservando più da vicino il miraggio si vede che sul fondo del contenitore c'è il porcellino vero, ora possiamo scoprire come funziona questo miraggio, sapendo che gli specchi che creano questa struttura sono due paraboloidi. Il porcellino, infatti, è posizionato sul fuoco della parabola superiore quindi tutta la luce che viene emessa dal porcellino arriva sulla parabola che la proietta sulla seconda, la quale riproietta il porcellino nel suo fuoco, che si trova poco fuori dal buco. I raggi convergenti sopra il buco formano un'immagine reale, che, a causa della doppia riflessione interna, è invertita nel senso testa-coda (ma non destra-sinistra, come si può verificare colorando – ad esempio – l'occhio destro del maialino).



Quindi abbiamo scoperto che quando gli specchi sono curvi possono succedere cose molto bizzarre, nasce anche un punto speciale, il fuoco.

Distribuire un cucchiaino da minestra ad ogni ragazzo e osservare che anche lui si comporta come uno specchio e guardare il lato in cui è concavo è molto diverso dallo specchio convesso.

## 2 – DEVIAZIONE per RIFRAZIONE

- Matita e moneta (10 min)

Materiali:

- Laser rosso
- Bicchiere di plastica trasparente
- Acqua
- Matita

- Acquario
- Vasetto dello yogurt con monetina attaccata sul fondo
- Acquario
- Tè solubile
- Asta di legno con laser
- Lenti e cartoncino
- Sorgente di luce (finestra o lampada)

Anche le lenti hanno degli effetti sulla luce simili a quelli degli specchi, ma con un meccanismo completamente diverso. Per riuscire a capirlo dobbiamo scoprire cosa succede quando la luce attraversa una sostanza trasparente (nel caso delle lenti, essa passa dall'aria al vetro)..

Secondo voi cosa succede quando la luce passa dall'aria all'acqua o viceversa? Succede qualcosa o la luce continua a propagarsi come prima?

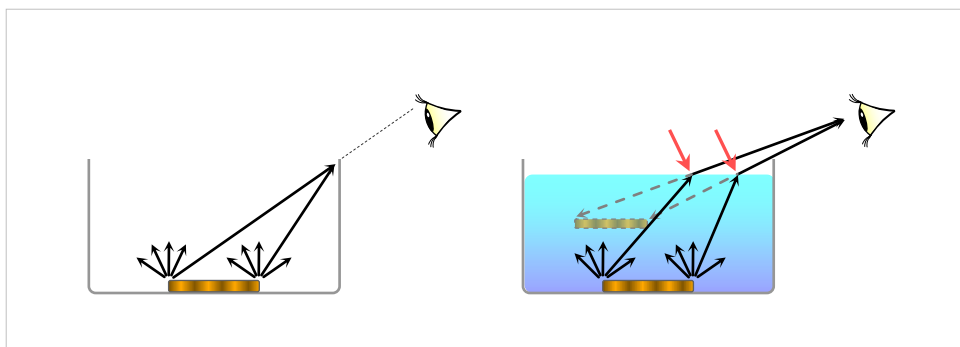
Vorremmo sperimentare come si comporta la luce entrando o uscendo da un materiale diverso dall'aria (I fisici chiamano "mezzo" la sostanza in cui viaggia la luce [ricordare che la luce non ha bisogno necessariamente di un mezzo materiale per propagarsi]). Noi useremo la coppia aria e acqua.

- Distribuiamo, ogni due ragazzi, un bicchiere e una matita, chiedendo di inserirla al suo interno. Passiamo poi a riempire il bicchiere con acqua. Cosa osservate? In quale posizione bisogna osservare la matita affinché appaia tutta intera? Da certi angolazioni, la matita sembra spezzarsi a causa dell'acqua. [*Come sempre, per essere più efficaci, farsi aiutare da uno schema alla lavagna, meglio se fatto da uno dei ragazzi così li si coinvolge maggiormente.*]. Secondo voi perché accade?

[*Se si è ricevuta la risposta desiderata (cioè il fatto che la luce passando dall'acqua all'aria devia dal percorso rettilineo) utilizzare l'esperimento successivo come prova. Al contrario, se non avessero capito come sia possibile, anticipare loro che questo esperimento potrà aiutarci nel capire meglio questo fatto.*]

- Distribuire ad ogni gruppo un vasetto con la monetina sul fondo e chiedere ai ragazzi di posizionarlo in modo che la moneta scompaia sotto il bordo.

- Iniziando a riempire il vasetto con acqua i ragazzi noteranno che ora riusciranno ad osservare la moneta. Com'è possibile questo fatto? La luce, passando da un mezzo ad un altro piega e possiamo renderlo più chiaro riproducendo alla lavagna le seguenti figure.



Nella prima, che rappresenta il contenitore senza acqua, si vede come i raggi di luce che partono dalla moneta non giungono all'occhio, in quanto intercettati dal bordo (viaggiano in linea retta). Nella seconda, invece, a causa della deviazione dovuta al passaggio dall'acqua all'aria, i raggi di luce riescono a raggiungere l'occhio.

[*Ricordare che spesso non è chiaro ai ragazzi che i raggi di luce partono dall'oggetto. Una preconcuzione diffusa è che i raggi di luce partono dall'occhio!*]

Possiamo fare un esperimento per osservare questa deviazione della luce quando passa dall'aria all'acqua. [*Sottolineare che non succede solo tra aria e acqua, ma che succede anche con tutti gli altri mezzi in cui la luce può propagarsi, se pur con intensità diverse.*]

Ma come avviene questo fenomeno? Possiamo studiarlo più a fondo?

- Rifrazione aria-acqua (20 min)

Dalla cattedra, preparare nell'acquario uno strato di acqua e tè e inserire il nebulizzatore per avere, sopra il liquido, uno strato di nebbia per mostrare il cammino della luce nell'aria. [*Visto che verrà utilizzato un laser, è l'occasione giusta per accennare a loro della pericolosità per l'occhio di tale strumento.*]

- Puntare il fascio laser dall'aria in acqua, con un certo angolo e mostrare cosa succede in corrispondenza della superficie di separazione fra le due sostanze.

Con la nebbia e il tè, si vedono molto bene il raggio incidente, quello riflesso e quello rifratto [*fare uno schema alla lavagna. Sottolineare ai ragazzi che il raggio riflesso segue la stessa legge osservata con gli specchi, mentre il raggio che entra in acqua si allontana dalla superficie (si avvicina alla perpendicolare).*].

Un altro aspetto da mostrare ai ragazzi è la reversibilità del cammino ottico; il fatto che la luce arrivi dall'aria e entri in acqua o che faccia il cammino inverso, non cambia nulla: il tragitto sarà sempre lo stesso. [*DA TESTARE: accendere due laser contemporaneamente puntandone uno dall'aria verso l'acqua e uno dall'acqua verso l'aria, in modo che siano abbastanza vicini tra loro e mostrare che i raggi in acqua e in aria sono paralleli a coppie.*]

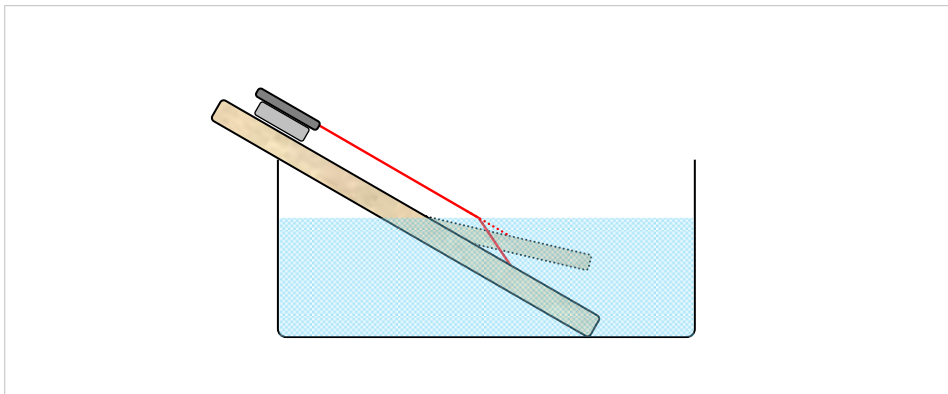
Questo fenomeno si chiama RIFRAZIONE.

Questo effetto della rifrazione della luce è la causa di fenomeni sorprendenti come quello visto con la matita. Cosa succede in quel caso? La matita, inserita in acqua, appare spezzata, perché la luce in uscita dall'acqua devia il proprio percorso, ma il nostro cervello non riesce a percepire la deviazione della luce e le associa sempre una traiettoria rettilinea e, per questo, ricostruisce l'immagine dando per scontato un percorso rettilineo e il risultato è che la matita ci appare spezzata.

#### ASTA E LASER

Per mostrare bene questo fatto alla cattedra è possibile inserire un'asta di legno nell'acquario su cui è fissato un laser in modo che il fascio di luce scorra parallelamente all'asta.

Osservando da sopra, sembrerà che l'asta sia "spezzata" e la luce la colpisca andando dritta; se invece guardiamo dal fianco, vedremo che l'asta non è spezzata e che invece è la luce a deviare e colpirla. Qual è la realtà?



Esperimento dell'asta e del laser con le due viste sovrapposte: se si guarda di fianco, si vede l'asta entrare dritta e il raggio laser deviare, se si guarda da sopra, sembra il contrario. Qual è la situazione "reale"?

Questo mostra che la nostra visione è condizionata dall'elaborazione del cervello, che assume il percorso della luce come rettilineo, fatto che non sempre corrisponde.

#### LENTI e IMMAGINI

Le lenti sfruttano il meccanismo della rifrazione appena visto e uniscono gli effetti della curvatura; questa combinazione, nelle sue varianti, genera tutti i tipi di lente e conferisce loro proprietà ottiche diverse. Noi useremo una lente d'ingrandimento. Essa è una lente "convessa", detta anche "convergente".

- Distribuire una lente d'ingrandimento ogni due ragazzi e far osservare loro che la superficie della lente non è piatta ma convessa [*sottolineare loro che esistono lenti di varie forme, e che a forme diverse corrispondono effetti diversi sulla luce*]. Questa particolare forma della lente permette alla luce che arriva da molto lontano e l'attraversa di venire convogliata tutta in un punto, che chiamiamo ancora fuoco della lente. [*Aiutare i ragazzi a comprendere questo fatto facendo uno schema alla lavagna*]

Ora proviamo a ricavare il fuoco di queste lenti:

- un ragazzo sostiene la lente "puntandola" verso la finestra o, al buio, verso la lampada che deve essere posizionata abbastanza distante da tutti loro. Un secondo ragazzo regge un foglio di carta che posiziona oltre la lente: avvicinando o distanziando il foglio di carta si vede che l'immagine va a fuoco o si sfuoca; la distanza in cui l'immagine è a fuoco è detta distanza focale.

Altro fatto importante: coprendo metà della lente con un cartoncino, l'immagine resta COMPLETA, solamente, essa è meno luminosa! Come mai? [*Lasciare la domanda in sospeso...*]

### Immagini reali e virtuali

In ottica si distinguono due tipi di immagine: l'immagine cosiddetta reale e quella cosiddetta virtuale.

Un'immagine reale è proiettabile su uno schermo, mentre una virtuale no.

Nel caso di lenti, l'immagine reale si forma da raggi convergenti e sempre dal lato opposto dell'oggetto originale, rispetto alla lente (es. l'immagine del sole che, proiettata sulla carta, la brucia).

Al contrario l'immagine virtuale si forma da raggi divergenti e dallo stesso lato dell'oggetto. Essa non è proiettabile, ma noi la possiamo comunque vedere direttamente, perché il nostro occhio possiede una lente convergente (il cristallino), che fa convergere i raggi al suo interno, creando un'immagine reale sulla retina (es. quando si osserva una formica con la lente d'ingrandimento).

Nel caso di specchi, quelli concavi (es. interno del cucchiaio), producono immagini reali, mentre quelli convessi (es. dorso del cucchiaio) producono immagini virtuali.

Il miraggio del maialino è un'immagine reale.

- Riflessione totale (10min)
  - Acquario con acqua e tè
  - Laser rosso
  - Nebulizzatore
  - Olio
  - Guida d'onda
  - Lampada a fibra ottica

Torniamo ora a parlare di rifrazione della luce.

Puntare il laser da "sotto in su" e richiamare ai ragazzi il fatto che il fascio di luce in aria è più vicino alla superficie (più lontano dalla perpendicolare) di quando è in acqua.

Secondo voi, allora, cosa succede se inclino sempre di più il raggio laser nell'acqua [*essendo complicato discutere solo a voce di questi fenomeni aiutarsi con degli schemi alla lavagna, disegnando con un colore quanto appena visto e poi con un secondo colore un nuovo raggio di luce che sia più vicino alla superficie dell'acqua*]? Il raggio in aria deve sempre risultare più vicino alla superficie rispetto al raggio in acqua, quindi?

Aiutare i ragazzi a comprendere che si arriverà ad un limite in cui in aria il raggio risulta parallelo alla superficie: questa condizione è molto importante e l'angolo di incidenza del raggio laser in acqua viene detto angolo critico [*Come sempre aiutarsi con l'esperimento, facendo vedere ciò di cui si sta parlando e affiancarlo con uno schema alla lavagna*].

Cosa succede se ora si inclina ulteriormente il raggio in acqua?

Ascoltare le loro ipotesi, dopodiché mostrare loro ciò che accade: inclinando il raggio ancora di più, tutto il fascio risulta confinato in acqua, "viene riflesso totalmente" all'interno, perché non può esistere alcun raggio di luce in aria. Questo fenomeno prende il nome di riflessione totale e non accade solo nel passaggio dall'acqua all'aria, ma in tutti quei casi in cui la luce entra in un materiale nel quale viaggia più vicina alla superficie come, ad esempio, dal vetro all'aria, dall'acqua ad acqua-e-alcool, da acqua- e-zucchero all'acqua. [*La grandezza fisica che descrive questa proprietà è l'indice di rifrazione: il mezzo nel quale la luce è deviata*]

*verso la superficie è quello con indice di rifrazione minore; fra i due, esso è anche il mezzo in cui la luce viaggia più velocemente.]*

Per mostrare altre riflessioni totali, portare loro l'esempio della guida di luce: puntando la luce ad un'estremità il capo opposto della guida si illumina... perché succede? Se si illumina, vuol dire che esce luce dall'estremità, ma non ha viaggiato lungo una traiettoria rettilinea, come mai? Aiutandosi con uno schema, mostrare che all'interno di questo pezzo di plastica la luce subisce riflessione totale ogni volta che incontra il bordo interno.

Alla cattedra mostrare la lampada a fibre ottiche:

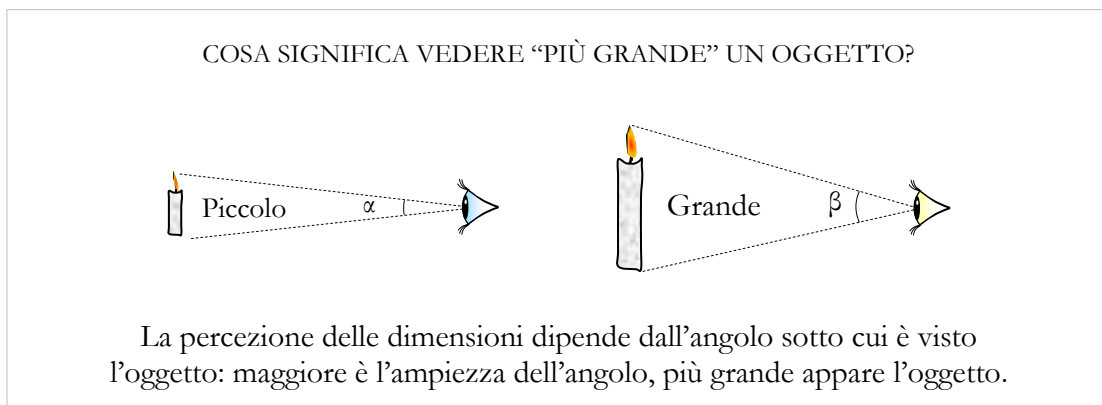
come forse sanno già, il fenomeno visto viene utilizzato anche a scopi decorativi. Se la vedranno, ora sanno come funziona; il meccanismo è identico alla guida d'onda: la luce che entra dall'estremità di ognuna di queste fibre viene continuamente riflessa sul bordo interno di separazione vetro-aria, fino ad uscire all'altra parte; in questo modo la luce può essere guidata lungo percorsi non rettilinei.

[NB: vige la misconcezione che le fibre ottiche siano bucate e che la luce viaggi nel parte cava: ribadire il fatto nelle fibre ottiche, così come nella guida, la luce viaggia nel vetro (o nella plastica)!]

Nota sulla lente convergente:

*I ragazzi potrebbero interrogarsi (esplicitamente o dentro di sé) come fa ad ingrandire una lente convergente, se a causa di essa i raggi si avvicinano (convergono). Non dovrebbe rimpicciolire?*

*La spiegazione non è semplice, ma si può comunque far riflettere sul fatto che vedere un oggetto grande o piccolo è legato all'apertura angolare sotto cui l'occhio vede gli estremi [meglio: l'apertura con cui i raggi provenienti dagli estremi dell'oggetto entrano nell'occhio]. La convergenza dei raggi aumenta l'angolo, viceversa, la divergenza lo diminuisce.*



## FACCIAMO LUCE SUI COLORI!

(traccia per l'operatore)

**Target:** Scuola Secondaria di Primo Grado

**Obiettivi** Attraverso esperimenti condotti dai ragazzi, arrivare a comprendere il processo di visione dei colori: colore è la combinazione della parte ridiffusa della luce incidente sull'oggetto. Partendo dalla scomposizione della luce, si osserva che sorgenti diverse di luce hanno composizioni differenti e uno stesso oggetto può apparire di colore diverso a seconda della luce che lo illumina (es: un oggetto verde illuminato con luce rossa appare nero). Da qui, capire come funzionano la sintesi additiva dei colori (per le luci) e quella sottrattiva (per le tinte), riconducendole ai meccanismi di percezione dei colori da parte dell'occhio.

**Durata** 2 ore effettive, con pausa di 10-15 minuti

**Metodologia** Esplorativa e sperimentale. Interazione aperta, formulazione di ipotesi e con fase di brainstorming seguita da domande mirate; osservazione del fenomeno, verifica di ipotesi e di previsioni. Formulazione di affermazioni qualitative che descrivono il fenomeno.

*[fra parentesi quadre le indicazioni metodologiche]*

### Materiali

- Ambiente oscurabile
- Varie sorgenti di luce (almeno una lampada ad alta efficienza e una a incandescenza)
- Occhiali a diffrazione
- Proiettore con diapositiva a fenditura
- Prisma
- Radiometro solare
- Trapano con barre chemio-fluorescenti ("Frullacolori"), nastro adesivo nero e forbice
- Fari di colore rosso, verde e blu
- Filtri
- Mixer a LED
- Fogli bianchi
- Fogli e/o cartoncini colorati (Rosso, Verde, Blu, Giallo, Magenta, Ciano)
- Prisma e reticoli (dimostrativo)
- Perline sensibili all'UV e penne con lampada UV
- Presentazione ppt per schemi e immagini

## Blocchi tematici

- 13) Analisi della luce bianca: un insieme di colori!
- 14) "Colori" invisibili! Le componenti infrarossa e ultravioletta
- 15) Luci colorate e sintesi additiva (terna primaria: rosso, verde e blu)
- 16) Filtri e tempere: sintesi sottrattiva (terna primaria ciano, magenta e giallo)

## Svolgimento/Conduzione

### ANALISI DELLA LUCE BIANCA: UN INSIEME DI COLORI!

- Introduzione (10 min)

Materiale:

- etichette
- pennarelli

*[Questo momento iniziale è fondamentale per "rompere il ghiaccio" con i ragazzi e avere il polso della situazione. Chiedere se sanno cosa sono venuti a fare, non è scontato: molte volte non ne hanno idea... È importante spiegare loro come si svolgerà il laboratorio, che saranno loro a fare gli esperimenti, creare ipotesi e verificarle, ecc. Ovviamente questo non significa scoprire le proprie carte fin dall'inizio, snocciolando un menù delle attività che verranno..!]*

- Brainstorming (10 min)

Per poter comprendere il livello dei ragazzi e la loro preparazione in materia, è molto efficiente stimolarli con delle domande puntuali che, più che essere volte a dare delle risposte esatte, vogliono tracciare l'ossatura dell'esperienza utilizzando, all'occasione, le risposte ricevute come spunto per l'attività e creare un clima di confronto e collaborazione tra i ragazzi. In questa fase porre ai ragazzi domande del tipo:

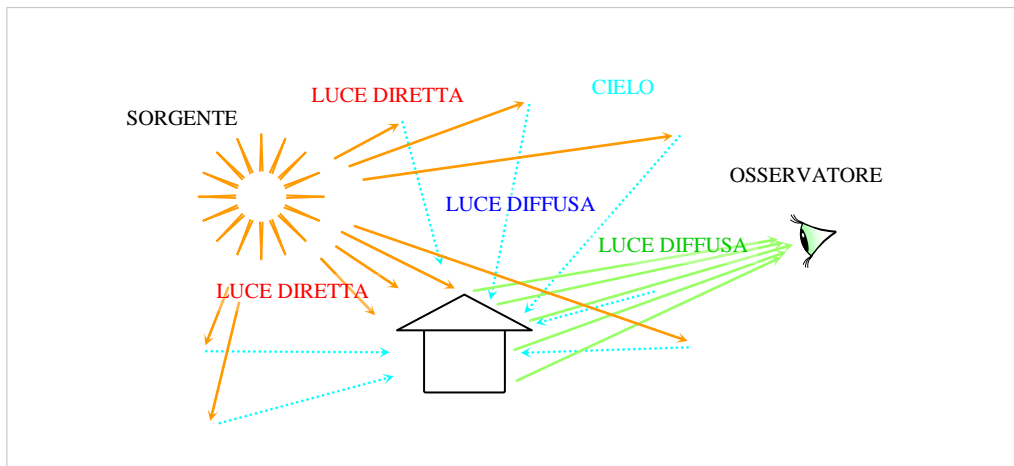
Quanti colori conoscete? Che cos'è esattamente il colore? Il bianco e il nero sono colori? Cosa determina il colore che vediamo, perché il rosso è rosso? [*Saper rispondere a questa domanda è lo scopo del laboratorio! Tenere a mente che il colore è in parte dovuto alla superficie, per via della componenti che diffonde, e in parte alla luce, per via delle componenti che contiene. In altre parole. A ciò si aggiunge che il colore in sé è una creazione del cervello.*] Perché al buio non si distinguono i colori? Si può ottenere un colore a partire da altri diversi?

*[Per incoraggiare i ragazzi a rispondere mostrare loro alcune sorgenti di luce, come lampade ad incandescenza, led e provare a vedere se ci sono differenze.*

*E' bene segnare ogni osservazione dei ragazzi alla lavagna, escluse quelle palesemente fuori tema. Nel corso del laboratorio, infatti, se verranno confermate alcune ipotesi, o smentite, è bene ricordarlo e sottolineare loro questo aspetto. Se in questa fase i ragazzi mostrassero una chiara confusione dell'argomento, è meglio non prolungarla troppo per non creare ulteriore confusione, ma iniziare gli esperimenti]*

- Il processo di visione

Una delle domande che potrebbe mettere più in crisi i ragazzi è la più banale, perché vediamo? Dietro questa domanda, però, si può celare spesso un'importante misconcezione dei ragazzi, i quali spesso credono che l'occhio giochi un ruolo attivo nel processo di visione e non semplicemente quello di "rivelatore di luce". Assicurarsi in questa fase iniziale, che tutti i ragazzi abbiano ben chiaro che noi possiamo vedere un oggetto in quanto la luce proveniente dalla sorgente (può essere spesso il sole, ma anche lampade ecc ecc) viene riflessa dall'oggetto stesso in tutte le direzioni e che solo se parte di questa luce riflessa viene rilevata dal nostro occhio, noi possiamo "vederlo". (Basarsi sullo schema della figura sottostante: proiettarlo sulla lavagna luminosa o riprodurlo a mano).



- Scomposizione e spettro della luce bianca (25 min)

Materiali:

- lampada a incandescenza e fluorescente compatta
- luci LED
- Occhiali a diffrazione
- Spettroscopi a tubo
- Varie sorgenti di luce (almeno una lampada ad alta efficienza e una a incandescenza)
- Proiettore con fenditura
- Prisma
- Radiometro solare
- Filtri

Con questo esperimento si vuol mostrare ai ragazzi che la luce bianca, anche se al nostro occhio appare bianca, è in verità un miscuglio di colori, tutti diversi tra di loro. Consegnare ad ogni ragazzo un paio di occhiali a diffrazione (o gli spettroscopi a tubo) e far osservare loro varie sorgenti di luce: oggetti bianchi colpiti dalla luce solare (MAI PUNTARE DIRETTAMENTE IL SOLE!), la lampada a incandescenza e lampada fluorescente compatta, la luce del proiettore, varie torce LED. [*È necessario che sia accesa un solo tipo di luce alla volta, altrimenti la luce diffusa contamina ciò che si vuole vedere*]

Discutere su quanto è possibile osservare con questi due strumenti. "Quale fenomeno naturale vi ricorda questo fatto?" [*Arcobaleno...*]

Gli strumenti che avete utilizzato per osservare la luce sono dotati di una particolare pellicola (è un reticolo di diffrazione – N.d.R.), che ha la capacità di separare la luce nelle sue diverse componenti e mostra all'occhio un "arcobaleno" di colori, nel caso della luce solare, o una serie di colori separati tra loro (lampada fluorescente, LED colorati). Far notare ai ragazzi che non tutte le scomposizioni danno gli stessi risultati: in alcune possono mancare delle parti (spettri a righe, discontinui), e ciò dipende dal meccanismo con cui la luce è generata (incandescenza, scarica elettrica nei gas, giunzione fra semiconduttori...).

[*Se qualcuno obiettasse che i colori osservati con gli occhialini non siano una caratteristica intrinseca della luce, bensì un artefatto generato dagli occhialini stessi, si può far osservare loro che le due lampade danno spettri diversi: se fossero gli occhiali a generarli, gli spettri sarebbero uguali.*]

I ragazzi si accorgeranno che nel caso di sorgenti estese (come la lampada col bulbo grande) i colori separati dal reticolo si sovrappongono, dando origine ad ulteriori colori (composti); questi si notano nella zona centrale, mentre sui bordi i colori restano sono distinti.

Proprio per perfezionare l'esperimento ed eliminare questo inconveniente, passare all'esperimento successivo.

#### PRISMA E PROIETTORE

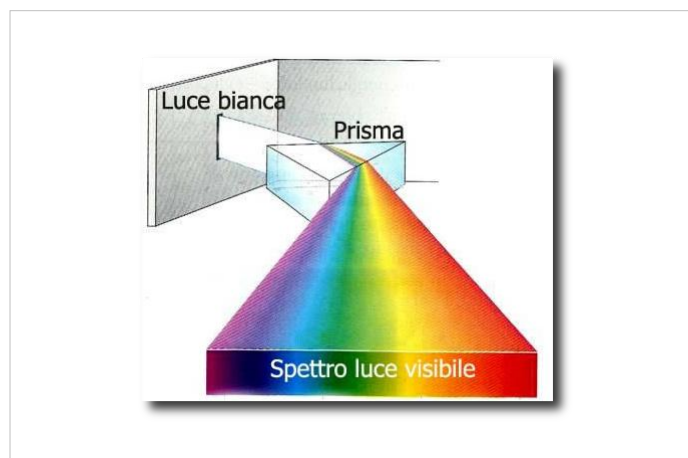
Per mostrare meglio la scomposizione della luce è possibile sfruttare un fascio sottile di luce ottenuto dal proiettore di diapositive; è sufficiente inserire un telaio in cui un foglietto di alluminio copre tutta l'apertura



ad eccezione di una fessura verticale [IMPORTANTE: *NON LASCIARE ACCESO IL PROIETTORE PER MOLTO TEMPO, perché la presenza della "fenditura", che rimanda indietro la maggior parte della luce, fa sì che la lampada si surriscaldi!*]

Proiettare il fascio di luce sul prisma ed osservare lo spettro. I colori, che si trovano riuniti e fusi nella luce bianca, sono separati dall'azione del prisma (ogni colore viaggia con velocità leggermente diverse all'interno del materiale e più è lento, più viene deviato). Si può far notare che, anche in questo caso, i colori che si ottengono sono simili a quelli osservati con luce solare e dalle lampade a incandescenza: cioè non ci sono discontinuità, ma i colori sfumano uno nell'altro gradualmente.

Conclusa la discussione sulla dispersione dei colori, per introdurre l'argomento seguente provare a punzecchiare i ragazzi con una domanda simile alla seguente "Come abbiamo visto il colore che viene deviato di meno è il rosso mentre il blu è quello più deviato; gli altri subiscono una deviazione intermedia. Secondo voi al di là del rosso e oltre il blu c'è qualche altra componente che non vediamo o lo spettro si esaurisce qui?". A questo punto si innesta il discorso sulle componenti infrarossa e ultravioletta della radiazione, ma questo è da considerarsi un approfondimento da spendere a seconda della ricettività della classe.



- "Colori" invisibili (10 min) (*approfondimento facoltativo, base ai tempi e alla risposta della classe*)

La *radiazione elettromagnetica* non è composta solo dei colori visti, ma anche di una parte che il nostro occhio non percepisce. Un esempio di questa componente invisibile è l'*infrarosso*: utilizzando il radiometro è possibile far vedere che se lo si pone di fronte ad una lampada ad alta efficienza (che emette poca radiazione infrarossa, cioè - per i ragazzi - "non scalda") rimane immobile, mentre si mette a ruotare se lo si pone davanti ad una classica lampadina ad incandescenza, che ha proprio una grossa componente di emissione nell'infrarosso ("scalda molto"). Quello che fa scaldare la lampadina è una parte che non vediamo con gli occhi, ed è la stessa che fa girare il radiometro. Conoscete altri strumenti che funzionano con gli infrarossi? [Telecomandi TV, rivelatori di movimento ecc..]

Un'altra parte della radiazione elettromagnetica che noi non vediamo, sono i raggi *ultravioletti*, (spesso indicati con UV); questa è una radiazione presente nella luce del sole e molto pericolosa per noi; per fortuna gli strati alti dell'atmosfera fanno filtrare e a noi ne giunge una piccola quantità. La luce UV è la responsabile della nostra abbronzatura e delle scottature solari: vi è mai successo di scottarvi sotto il sole? L'abbronzatura è una difesa dell'organismo, ma non è sufficiente a proteggerci, è sempre meglio evitare l'esposizione prolungata al sole intenso (le ore centrali del giorno in estate). La radiazione UV è anche la responsabile dello scolorimento degli oggetti: essa infatti è così energetica che è in grado di distruggere i pigmenti che danno il colore.

[*fine parte di approfondimento facoltativo*]

## LUCI COLORATE E SINTESI ADDITIVA

- I colori mancanti e la terna di colori primari (20 min)

Un ulteriore problema da porre ai ragazzi è che nello spettro visto finora non compaiono colori come il magenta, il marrone, o il bordeaux... Come si formano allora questi colori?

Ascoltare le opinioni dei ragazzi, sempre cercando di seguire le loro idee e confutandole con controesempi pertinenti. Se non ci fossero idee, aiutarli agendo con il proiettore e il prisma, chiedendo ai ragazzi dove sono i colori quando non c'è il prisma. [*L'idea è che quando sono tutti sovrapposti il nostro occhio non riesce a distinguere tra loro i vari colori e li "mette tutti assieme". A differenza del nostro orecchio, che riesce a capire se a suonare è solo una chitarra o, invece, un'orchestra con decine di strumenti, il nostro occhio no. Quando vede più di un colore, non riesce a separarli ma li mette assieme creando qualcosa di diverso, nel caso del bianco! Il bianco, quindi, non è un vero colore, ma l'insieme degli altri colori*].

Ecco perciò come possiamo ottenere altri colori: sovrapponendone alcuni e fondendoli in un'unica luce!

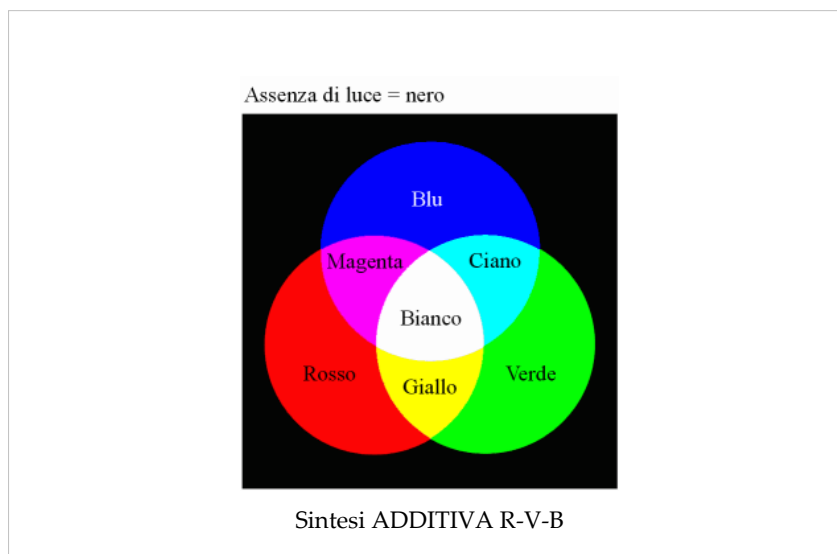
### FARI NELLA NOTTE

Materiali:

- fari rosso, verde e blu (sulla lavagna bianca) o portachiavi a LED dei tre colori (su foglio)
- proiettore e filtro rosso
- Lente e proiettore PC(?)

Con i fari: chiamare tre ragazzi e dar loro un fano ciascuno. Al buio, a fari spenti, si vede solo nero (i ragazzi dovrebbero spiegare perché!). A turno, ognuno dei tre ragazzi, accende il proprio fano contro la parete (o la lavagna) bianca: in questo caso si vedrà, rispettivamente, la lavagna rossa, blu e verde.

Provare poi a sovrapporre le luci a due a due alternativamente, osservando quale colore ne risulti; infine tutti e tre. Si dovrebbero ottenere vari colori secondo lo schema sottostante (proiezione ppt).



Chiameremo "primari" i tre colori utilizzati per generare gli altri; in particolare, rimarcare che Blu + Rosso = *Magenta*; Blu + Verde = *Ciano*; Verde + Rosso = *Giallo*; questo serve anche a definire il nome dei tre colori che qui chiameremo *secondari*.

Questo processo di sovrapposizione di luci si chiama *SINTESI ADDITIVA*. Colori come il marrone o il bordeaux si ottengono graduando opportunamente le intensità (le "percentuali") dei tre colori di partenza.

[*Aspettarsi, a questo punto, possibili obiezioni da parte dei ragazzi, che potrebbero rimanere confusi perché a loro è stato insegnato che i colori primitivi sono Ciano, Magenta e Giallo (o Giallo, Rosso e Blu). Questo perché, tipicamente, sono abituati con le tempere, che sfruttano la sintesi sottrattiva.*]

[Con i portachiavi a LED: sequenza analoga, ma sul foglio di carta bianco e replicato per ogni gruppo.]

Il fatto di poter generare tutti i colori a partire da tre è dovuto al fatto che il nostro occhio non riesce a distinguere i singoli colori con cui una luce è composta, ma li sovrappone. Inoltre il nostro occhio possiede tre tipi di recettori, ognuno sensibile (approssimativamente) ad uno dei tre colori rosso, verde e blu.

**Se i ragazzi fossero interessati e se ci fosse il tempo, si potrebbe fare una breve discussione su schermi PC, display a colori. Ad esempio, se guarda un display a colori oppure la lavagna luminosa da vicino si vedono i pixel " Rossi, Verdi e Blu," (RGB, in inglese). Essendo molto piccoli da distante il nostro occhio non riesce a distinguerli tra loro e gli effetti si sommano, generando il colore voluto.**

Non è necessario, comunque, che siano proprio questi i colori primari, altre terne possono equivalentemente sostituire questa, l'importante è che si riescano ad attivare i tre recettori in tutte le combinazioni possibili/necessarie.

### PAUSA (10-15 min)

- Trottole colorate e il "frullacolori" (15 min)

#### Materiali

- Trottole colorate
- trapano con barre chemio-luminescenti (o con LED dei tre colori, se disponibile)
- nastro adesivo nero
- forbice

Facendo ruotare le trottole osserveranno i 3 colori sovrapporsi, facendone nascere di nuovi; Come si può cambiare la tinta risultante?

- cambiando il colore dei dischetti
- variando la superficie destinata a ciascun colore

#### FRULLACOLORI

Un esperimento molto affascinante per riassumere la sintesi additiva e introdurre il concetto di filtri è il "frulla colori". Predisposto il trapano con le tre barre chemio luminescenti "spezzarle" e mostrare loro che queste barre producono i 3 colori primari per la sintesi additiva. Con un volontario, a luce spenta, far ruotare il trapano e osservare con i ragazzi che la rotazione impedisce al nostro sistema occhio-cervello di tenere separati i colori (qui è la persistenza nel tempo, a giocare un ruolo) e li fonde creando il bianco.

Questo strumento è ottimo anche per introdurre i ragazzi alla **sintesi sottrattiva**. Infatti, è possibile operare con il nastro adesivo nero per oscurare a turno delle componenti. Partendo dalla condizione di luce bianca, chiedere ai ragazzi come sarebbe possibile ottenere il colore magenta.

Visto che il magenta nasce dalla sovrapposizione del blu e del rosso, i ragazzi dovranno intuire che è necessario bloccare il colore verde. Utilizzando il nastro adesivo creare una fascia nera sulla barra verde che impedisce alla luce di uscire.

Riportando in rotazione il trapano è possibile osservare ancora il bianco della sovrapposizione dei tre colori e, nella fascia in cui il nastro adesivo ha bloccato il colore verde, nasce una zona di colore magenta.

Ripetere questo esperimento per tutti e tre i colori, magenta, ciano e giallo.

A differenza della condizione precedente in cui partendo dal buio si potevano creare nuovi colori accendendo e sovrapponendo tra loro tre luci colorate, in questo caso il processo è esattamente l'opposto. Partendo dalla condizione di luce massima (e completa), bianca, si possono ottenere nuovi colori bloccando selettivamente uno o più dei tre primari per la sintesi additiva. Questo è esattamente il principio su cui si fondano i filtri e le tempere.

*[N.B. il liquido contenuto all'interno della barretta, nel momento in cui quest'ultima viene fatta girare, tende a spostarsi verso l'esterno rispetto all'asse di rotazione per effetto della forza centrifuga. Per questo uno dei tre colori, quello con il nastro più interno, è possibile che si veda peggio degli altri, evitare quindi di posizionare il nastro adesivo troppo vicino al centro di rotazione. Nessun problema, invece, con le luci LED].*

## FILTRI E TEMPERE: SINTESI SOTTRATTIVA

- Un mondo senza colori: i filtri (20 min)

Ora vediamo come togliere i colori alla luce bianca; per poter comprendere la sintesi sottrattiva, infatti, è necessario conoscere l'azione dei filtri. Infatti le temperie, o le tinte in genere, funzionano come un filtro, assorbendo alcuni colori e rimettendo gli altri.

Materiali:

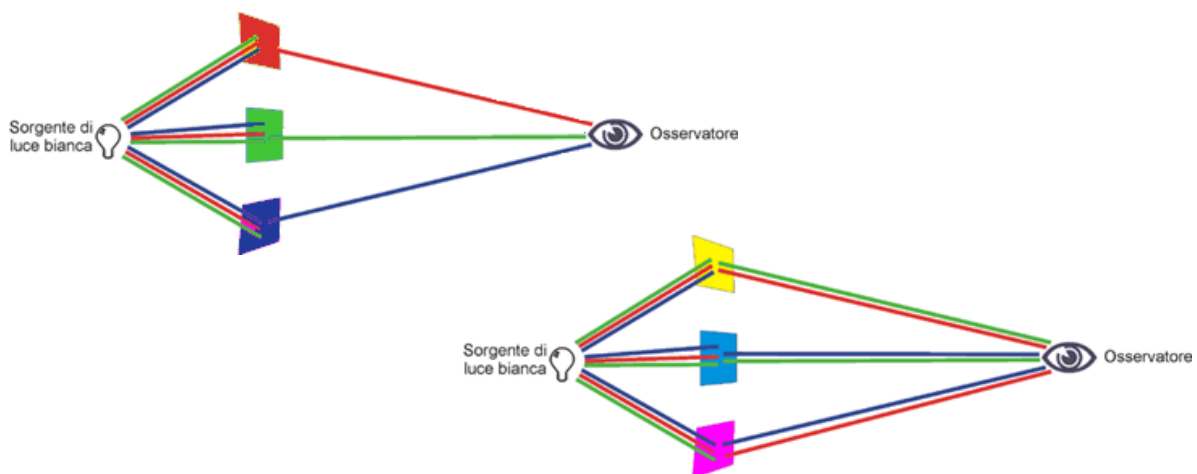
- mascherine trasparenti colorate
- Filtri ciano, magenta e giallo
- Prisma e diapositiva fenditura + filtri

Far indossare le mascherine di carnevale ai ragazzi o dare loro i filtri, e chiedere di determinare il colore degli oggetti attorno. Con un filtro giallo, ad esempio, si può distinguere un oggetto giallo da uno bianco? (Idem con altri colori). Come appare un oggetto blu, se lo osservo con un filtro giallo? (Idem con altre combinazioni di colori complementari).

Quello che avete usato è un filtro, sapete cos'è? Sottrae alla luce che lo attraversa una o più componenti, tipicamente agendo sulle componenti primarie rosso, verde e blu viste prima: ciò che noi vediamo (quando guardiamo attraverso) o la luce che ne esce (se lo inseriamo in un fascio) è ciò che resta dopo la sottrazione. Perciò, di che colore apparirà un filtro che blocchi il rosso? (Associare i colori complementari ciano, magenta e giallo ai tre primari rosso verde e blu).

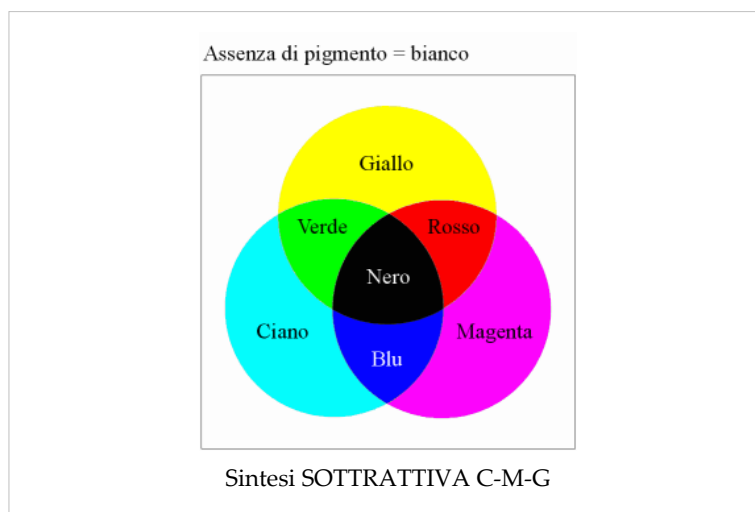
Chiedere cosa succede se più filtri sono messi uno di seguito all'altro. Chiedere loro di ottenere un certo colore sovrapponendo filtri ciano, magenta e giallo. Cosa ottengo se li sovrappongo tutti e tre?

Alla fine, proiettare sulla lavagna lo schema sottostante e riassumere i fatti importanti.



(fonte: [http://www.diodati.org/scritti/2002/g\\_colori/colori11.asp](http://www.diodati.org/scritti/2002/g_colori/colori11.asp))

Se c'è tempo, mostrare l'azione del filtro sullo spettro del prisma: interponendo il fascio a monte, nella luce bianca, si vede chiaramente che nella posizione in cui c'era il colore bloccato ora c'è nero (= non arriva luce) e che rimane visibile il colore non assorbito. Usando più filtri in cascata, se ne possono osservare gli effetti (in figura sottostante, un esempio di sovrapposizioni incrociate - proiezione ppt).



### Dischi colorati e luci monocromatiche (10 min)

#### Materiali

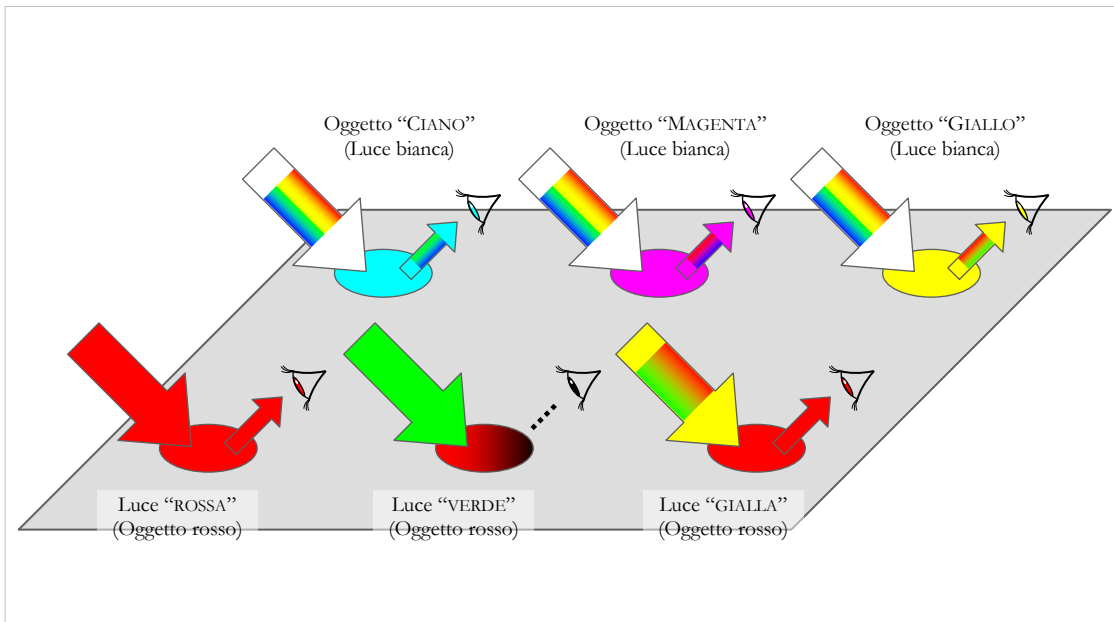
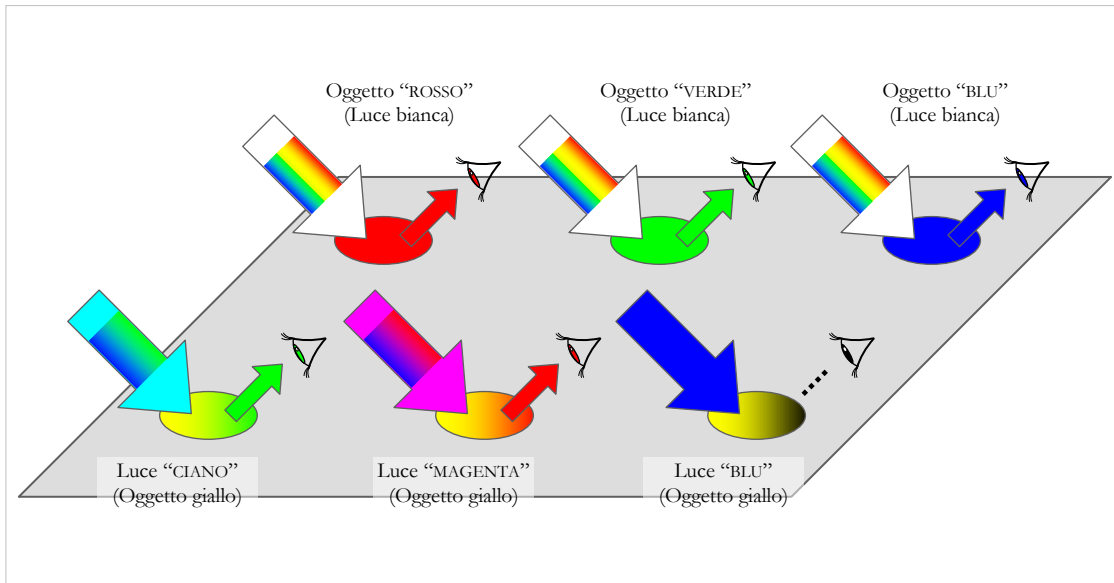
- Mixer a Led
- Dischi colorati opachi (rosso, verde, blu, ciano magenta e giallo).

Fare buio nella stanza e distribuire ai ragazzi dei dischi colorati in una scatola chiusa; una volta fatto il buio, potranno aprirla e, sotto la luce monocolora del mixer a LED, illumineranno i dischi cercando di indovinare di che colore sono. I dischi appariranno neri quando la luce non conterrà il colore che si sono i grado di rimettere. Questo ci permette di capire che un oggetto appare di un determinato colore, perché riflette solo alcuni dei colori della luce che lo investe. Ad esempio, un disco rosso o verde o blu, apparirà nero se la luce non corrisponde (i LED sono rossi, verdi o blu); un disco magenta, illuminato da luce verde appare nero, mentre in luce blu appare blu e in luce rossa appare rosso.

**In conclusione, la tinta agisce da filtro, esattamente come quello visto prima: la luce che arriva è bianca e l'oggetto trattiene tutti i colori tranne quello che rimette, per questo noi lo vediamo di un determinato colore.**

E' possibile, in seguito, eseguire una controprova per vedere se i ragazzi hanno capito: chiedere cosa succede se illuminiamo questi dischi con luci composte. Dopo aver ascoltato le loro ipotesi far eseguire l'esperimento: quello che dovranno osservare i ragazzi è che, se la luce contiene il colore del disco allora si vede il colore corretto, altrimenti i dischi appariranno neri.

Si può poi stilare una tabella a doppia entrata in cui registrare gli esiti delle varie combinazioni dischi-luce (nelle figure sottostanti, alcune serie di combinazioni che si possono mostrare alla lavagna).



Cosa succede se il disco è bianco? Essendo il bianco, come abbiamo visto prima, una somma di tutti i colori, questo disco rifletterà tutti i colori con cui verrà illuminato. Per questo prima, per vedere tutti i colori della luce che utilizzavamo la proiettavamo su una parete bianca.

E se il disco è nero? ...

PER RIASSUMERE (5 min):

- il colore degli oggetti è il risultato dei colori riemessi selezionati da quelli che li illuminano;
- più luci illuminano un oggetto, è più colori possono essere riemessi contemporaneamente (sintesi additiva);
- le tinte sono sostanze che assorbono determinati colori, per cui aggiungendo tinte, tolgono più colori (sintesi sottrattiva);

colori complementari e di

- concetto di terna primaria per le luci;
- concetto di terna primaria per le tinte: ognuna assorbe (sottrae) un colore fondamentale;

- concetto di colore complementare (i colori primari per le tinte sono i complementari di quelli primari delle luci)

Domanda: si può ottenere il bianco mescolando delle tempere (non bianche)? [Impossibile, esattamente come ottenere il nero illuminando con colori diversi!]

## ANCHE GLI ATOMI NEL LORO PICCOLO...

(traccia per l'operatore)

**Target:** Scuola Secondaria di Primo Grado (e biennio Secondo Grado)  
**Obiettivi** Introdurre gli studenti alle scale tipiche del mondo atomico; far conoscere le caratteristiche principali degli atomi e come interagiscono per formare legami chimici; dare un'idea del loro diverso comportamento rispetto all'esperienza del mondo macroscopico. In particolare, introdurre i fondamenti della struttura dell'atomo (limitatamente al modello di Bohr); della quantizzazione degli stati energetici e la sua relazione con l'emissione e l'assorbimento a pacchetti ("quanti") di radiazione elettromagnetica.

**Durata** 3 ore effettive, con pausa di 15 minuti

**Metodologia** Esplorativa e sperimentale. Interazione aperta, formulazione di ipotesi e con fase di brainstorming seguita da domande mirate; osservazione del fenomeno, verifica di ipotesi e di previsioni. Formulazione di affermazioni qualitative che descrivono il fenomeno.

*[fra parentesi quadre le indicazioni metodologiche]*

**Materiali**

- Presentazione e animazioni ppt
- Biglie e molle
- APPLET JAVA: <http://www.falstad.com>  
<http://pinostriccoli.altervista.org/?p=686>  
<http://www.kcvs.ca/site/projects/physics.html>

### Blocchi tematici

- 1) Ma quanto piccoli sono?! (Scendiamo lungo la scala microscopica)
- 2) Un po' di storia: la nascita dell'ipotesi atomica
- 3) Legami chimici e molecole (attività con biglie e molle)
- 4) Il modello di un sistema fisico (attività con biliardo "atomico")
- 5) Atomi e luce (salti di energia, emissione e assorbimento di fotoni)

### INTRODUZIONE (5 min)

Materiale:

- o etichette
- o pennarelli

*[Questo momento iniziale è fondamentale per "rompere il ghiaccio" con i ragazzi e avere il polso della situazione. Chiedere se sanno cosa sono venuti a fare, non è scontato: molte volte non ne hanno idea... È importante spiegare loro come si svolgerà il laboratorio, che saranno loro a fare gli esperimenti, creare ipotesi e verificarle, ecc. Ovviamente questo non significa scoprire le proprie carte fin dall'inizio, snocciolando un menù delle attività che verranno..!]*

### BRAINSTORMING E DEFINIZIONI (10 min)

La difficoltà di questo laboratorio sta insita nel fatto che alcuni ragazzi non si saranno ancora confrontati con questi argomenti e non hanno un'esperienza loro in merito, altri invece potrebbero aver già affrontato l'argomento in classe e conoscere anche la struttura atomica. Si rende quindi necessario stimolare i ragazzi con domande e quesiti per comprendere il loro livello.



Per aiutarli a far riflettere i ragazzi sull'importanza dell'argomento, chiedere loro in quali campi conoscere gli atomi, la loro struttura e i legami chimici è importante e in quali aspetti della nostra vita noi traiamo vantaggio di questa conoscenza.

Dopo aver ascoltato le loro risposte, sottolineare che anche grandi scienziati del calibro di Richard Feynmann lo ritengono un argomento centrale:

*"If, in some cataclysm, all scientific knowledge were to be destroyed, and only one sentence passed on to the next generation of creatures, what statement would contain the most information in the fewest words? I believe it is the **atomic hypothesis** (or atomic fact, or whatever you wish to call it) that all things are made of atoms – little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another. In that one sentence you will see an enormous amount of information about the world, if just a little imagination and thinking are applied."*  
[Richard Feynmann]

Nell'effettuare il brainstorming iniziale è bene indagare con i ragazzi i seguenti concetti:

- atomo
- elemento
- molecola
- composto

Difficilmente a quell'età i ragazzi (ma anche adulti senza conoscenze specifiche) hanno un'idea delle scale e soprattutto delle gerarchie fra elemento, molecola, sostanza.

### **MA QUANTO PICCOLI SONO?! (20 min)**

Passo dopo passo, discendiamo la scala verso la dimensione atomica:

- Materiali: immagini e animazioni ppt alla lavagna

I ragazzi molto probabilmente non hanno idea di quanto realmente siano piccoli gli atomi per cui è necessario iniziare l'attività andando a mettere un po' in chiaro la scala di grandezze di cui stiamo parlando.

Volendo scendere dalle dimensioni macroscopiche fino a quelle di un atomo, risulta molto utile servirsi della notazione esponenziale e in un primo momento è bene assicurarsi che i ragazzi sappiano utilizzarla. Assicurarsi che i ragazzi abbiano familiarità con le potenze, in particolare che conoscano il concetto di "elevato alla 0" e cosa comporta elevare 10 ad un numero negativo.

$10^n$

- $n > 0$  : n indica il numero di zeri da mettere dopo l'uno.
- $n < 0$  : n indica la posizione dopo la virgola in cui si deve mettere l'uno
- $n = 0$  : vale 1.

Per far scoprire loro le dimensioni di un atomo i ragazzi dovranno posizionare su una scala alcuni oggetti, in cui ogni scalino è un ordine di grandezza partendo da  $10^7$  m fino a  $10^{-10}$  m. Inoltre, sottolineare il concetto di ordine di grandezza: nel cercare gli oggetti non dovranno necessariamente avere quell'esatta dimensione, l'importante è che siano confrontabili con essa.

Ad esempio

- $10^2$  m = 100 m --> nave
- $10^1$  m = 10 m --> casa
- $10^0$  m = 1 metro --> uomo

O per valori ad esponente è negativo

- $10^{-1}$  m = 0,1 m --> matita
- $10^{-2}$  m = 0,01 m --> nocciola

### **Gioco a gruppi: a ciascuno il suo posto**

Per aiutare ulteriormente a comprendere il significato di ordine di grandezza, spiegare che ogni gradino che viene percorso in su corrisponde ad aumentare (o diminuire, se in giù) le dimensioni di 10 volte, quindi se si è in dubbio che un oggetto vada su un gradino o meno provare a pensare se possa stare meglio sul gradino più alto (10 volte più grande) o su quello più in basso (10 volte più piccolo).

Prima di consegnare ai ragazzi le schede che utilizzeranno mostrare loro la diapositiva in cui si osservano i vari oggetti che dovranno collocare, sottolineare che sono nello stesso ordine che troveranno sul foglio, per cui potranno aiutarsi con queste immagini (non tutte sono identificabili a vista).

Una volta che sono stati fatti alcuni esempi per chiarire il significato di ordine di grandezza, sfidarli a completare la scala trovando, tra le varie proposte, l'esempio che ha le dimensioni idonee. Distribuire, quindi, ai ragazzi il foglio con la scala dei metri in potenze 10 e il foglio con l'elenco disordinato dei vari oggetti da disporre lungo la scala.

Completate le scale, svelare ai ragazzi la scala con tutti gli esempi nei corretti spazi.

- $10^7$  m = 10.000 km = diametro Terra
- $10^6$  m = 1000 km = lunghezza Italia
- $10^5$  m = 100 km = distanza Trento Verona
- $10^4$  m = 10 km = quota di volo aerei di linea
- $10^3$  m = 1 km = 2.5 giri di pista atletica
- $10^2$  m = 100 m = campo da calcio
- $10^1$  m = 10 m = alberi
- $10^0$  m = 1 m = tavolo
- $10^{-1}$  m = 0,1 m = mela
- $10^{-2}$  m = 0,01 m = bottone
- $10^{-3}$  m = 0,001 m = semi kiwi
- $10^{-4}$  m = 0,0001 m = spessore capello – LIMITE DELLA VISTA A OCCHIO NUDO
- $10^{-5}$  m = 0,00001 m = polvere gesso
- $10^{-6}$  m = 0,000001 m = batteri - LIMITE DEL MICROSCOPIO OTTICO
- $10^{-7}$  m = 0,0000001 m = virus
- $10^{-8}$  m = 0,00000001 m = diametro elica DNA...
- $10^{-9}$  m = 0,000000001 m = piccole molecole
- $10^{-10}$  m = 0,0000000001 m = atomi

“Come vedete per parlare di atomi dobbiamo andare molto nel piccolo. Ma ancora è complicato capire quanto piccolo. Provate a contare quante posizioni ci separando dalla dimensione dell'uomo ( $10^0$  m) alla Terra ( $10^7$  m): sono 7 salti di  $\times 10$ . Quanto salti ci separano, invece, dall'atomo? Sono 10! Pensate che rispetto a noi gli atomi sono molto più piccoli (1000 volte) di quanto noi siamo piccoli rispetto alla Terra.”

Proprio per questa loro ridotta dimensione è molto difficile figurarsi un atomo e proprio a causa della loro ridottissima dimensione si è faticato tanto per riuscire a capire che esistono.

Gli atomi e le molecole sono talmente piccole che per formare qualsiasi oggetto ne servono veramente tante, avete un'idea di quante molecole ci sono in una goccia d'acqua? [*Potrebbe essere interessante chiamare qualcuno a scrivere il numero alla lavagna, per semplicità scrivere il numero accorpando gli zeri a 3 a 3. Raggiunti i 21 zeri i ragazzi rimarranno stupiti della cifra (proverranno ad utilizzare l'italiano, diventato inutile dopo il miliardo). Scrivendo lo stesso numero tramite le potenze,  $10^{21}$ , si può mostrare nuovamente l'efficacia della notazione esponenziale.*]

In una GOCCIA D'ACQUA (=  $0,37 \text{ cm}^3$ ) ci sono circa  $1,24 \times 10^{21}$  molecole

Questo numero è davvero difficile da immaginare, per cercare di comprenderlo cerchiamo di fare un esempio: immaginiamo di prendere ogni molecola contenuta in una goccia d'acqua e di trasformarla in un mirtillo (un frutto molto piccolo, giusto?).

Ora che abbiamo questi mirtilli immaginiamo di disporli per Terra uno a fianco all'altro, quanto spazio ci servirebbe? Quanta superficie coprirebbero?

Ci servirebbero circa 47 pianeti Terra completamente ricoperti, oceani compresi!

[R.: Mirtillo = sfera diametro 0.005 m --> cerchio massimo =  $\pi \times 0.005^2$  m<sup>2</sup> --> sup. necessaria = cerchio massimo  $\times 1,24 \times 10^{21}$ ; superficie Terra =  $6\,370\,000^2 \times 4 \times \pi$  m<sup>2</sup>; superficie necessaria in numero di superfici terrestri = sup. necessaria/sup. terrestre  $\approx 47$ ]

Ancora: per capire quanto grande è il numero di molecole presenti in una goccia d'acqua, immaginate che ogni abitante della Terra (7 miliardi) ne contasse 1000 al secondo ininterrottamente 24 ore al giorno. Sapete quanto tempo si impiegherebbe a contarle tutte? 5'600 anni!

[R.: circa 177' miliardi di secondi  $\approx$  circa 49' 200' 000 ore  $\approx$  circa 2' 050' 000 giorni = 5' 600 ANNI! E solo per le molecole di una goccia...]

### UN PO' DI STORIA: LA NASCITA DELL'IPOTESI ATOMICA (20 min)

La storia che ci ha condotto alla formulazione dell'ipotesi dell'esistenza dell'atomo e costellata di numerosi esperimenti di scienziati diversi che, facendo piccoli passi, hanno permesso alla chimica e alla fisica di percorrere il lungo cammino verso la conoscenza del mondo microscopico.

[*Aiutarsi con presentazione ppt*]

All'origine delle idee dell'atomo (inteso in senso scientifico e non filosofico, le quali nascono nella Grecia di Democrito) sta la chimica.

Dalton "*Questi fenomeni così strani, esplosioni, combustioni, i materiali che si modificano... dev'esserci qualcosa a livello molto molto piccolo che cambia...*"

I punti fondamentali che portano Dalton alla formulazione dell'ipotesi dell'esistenza dell'atomo sono:

- la legge di conservazione della massa di Lavoisier (1787): *in una reazione chimica, la massa totale dei reagenti è esattamente uguale alla massa totale dei prodotti;*
- legge delle proporzioni definite di Proust (1799): *quando due o più elementi reagiscono, per formare un determinato composto, si combinano sempre secondo proporzioni in massa definite e costanti per quel composto;*
- legge delle proporzioni multiple Dalton (1804): *quando due elementi si combinano per formare diversi composti, posta fissa la quantità di uno dei due elementi, l'altro elemento si combinerà in quantità multiple o sottomultiple, e questi rapporti sono esprimibili con numeri interi piccoli;*

Basandosi su questi fatti, Dalton costruì "l'ipotesi atomica", cioè ipotizzò che:

- La materia è formata da atomi piccolissimi, indivisibili e indistruttibili.
- Tutti gli atomi di uno stesso elemento sono identici e hanno uguale massa.
- Gli atomi di un elemento non possono essere convertiti in atomi di altri elementi.
- Gli atomi di un elemento si combinano, per formare un composto, solamente con numeri interi di atomi di altri elementi.
- Gli atomi non possono essere né creati né distrutti, ma si trasferiscono interi da un composto ad un altro.

Avogadro "*Sono le molecole...*"

La principale difficoltà che Avogadro dovette risolvere fu la grande confusione che regnava al tempo riguardo agli atomi e alle molecole. Uno dei più importanti contributi del lavoro di Avogadro fu di distinguere gli uni dalle altre, ammettendo che anche particelle semplici potessero essere composte da molecole, e che queste ultime fossero composte da atomi. Dalton, invece, non aveva considerato questa possibilità.

Nel caso dei gas valgono leggi semplici, non solo per i pesi ma anche per i volumi delle sostanze reagenti (Gay Lussac, 1808). Questo può essere spiegato, con Avogadro, nel modo seguente: ogni gas è costituito da un gran numero di particelle, atomi o molecole, e "*volumi uguali di gas diversi, alla stessa temperatura e pressione, contengono lo stesso numero di molecole*".

Mendeleev "Con i metodi classici della chimica (bruciando, sciogliendo nell'acido, etc) riesco a dividere le molecole di tutti i tipi, fino a ottenere un centinaio di elementi fondamentali, che non riesco a dividere, gli atomi."

Nel 1868 iniziò a scrivere il suo libro, *Principi di chimica*. Il suo progetto prevedeva la sistematizzazione di tutte le informazioni dei 63 elementi chimici allora noti. Lo scienziato russo preparò 63 carte, una per ciascun elemento, sulle quali dettagliò le caratteristiche di ciascun elemento. Ordinando le carte, secondo il peso atomico crescente, si accorse che le proprietà chimiche degli elementi si ripetevano periodicamente. Sistemò i 63 elementi conosciuti nella sua tavola e lasciò tre spazi vuoti per gli elementi ancora sconosciuti. Nacque così la tavola periodica, il cui nome si deve proprio al ripetersi periodico delle caratteristiche degli atomi.

Lavoisier "Le molecole sono atomi legati insieme..."

Oltre ad aver scoperto la legge di conservazione della massa nelle reazioni chimiche, Lavoisier scoprì che l'acqua è formata da due atomi distinti che battezzò *idrogeno* e *ossigeno*.

Cavendish "Secondo precisi rapporti numerici interi... alcuni atomi formano due legami, altri uno, altri tre..."

### Quali prove abbiamo dell'esistenza dell'atomo?

[Ai ragazzi non diamo mai una dimostrazione effettiva che l'atomo esiste, ritengo quindi sensato mostrare loro che queste prove portate dai chimici non avevano fin da subito convinto tutti. I fisici dell'epoca, ad esempio, non avevano ritenuto valide le prove per convincersi dell'esistenza dell'atomo.]

I chimici sostenevano l'ipotesi dell'esistenza degli atomi per lo meno dal 1804, data dei lavori di J. Dalton, ma questa opinione non era universalmente condivisa. Si sarebbe portati a credere che la semplice esistenza delle leggi che permettono di scrivere le formule chimiche, quella cioè di Proust delle proporzioni definite e multiple, la regola di Avogadro, che dice che volumi eguali di gas alla stessa temperatura e pressione contengono lo stesso numero di molecole e le leggi di elettrolisi di Faraday dovessero bastare a convincere chiunque dell'esistenza degli atomi. Non era così e non solo nel 1895 ma fino al 1905 e forse anche un po' più tardi c'erano ancora degli scettici, certamente né fissati né incompetenti. Il Waynflete-professor di chimica a Oxford, B.C. Brodie (1817-1880), che occupava una delle più prestigiose cattedre inglesi, non credeva negli atomi e scrisse libri per dimostrare che l'ipotesi atomica non era necessaria. Egli si adirò fortemente quando comparvero modelli molecolari con palline e bastoncini. Ernst Mach, insigne fisico e filosofo non credeva negli atomi e seguì a dubitare anche quando vide le scintillazioni prodotte dalle particelle alfa emesse dalle sostanze radioattive. Wilhelm Ostwald, un importante chimico tedesco, e uno dei primi vincitori del premio Nobel per la chimica, è un altro esempio. Egli aveva sviluppato una nebulosa teoria dell'energetica che credeva potesse servire anche a evitare gli atomi. Alla base di questo scetticismo non era tanto uno spirito di contraddizione quanto il fatto che nessuno aveva visto un atomo, e anche oggi nessuno li ha visti, nel senso ordinario del verbo vedere, per quanto le prove della loro esistenza siano assai più consistenti di quelle dell'esistenza di oggetti o fenomeni veduti da molti, come certi miracoli o i dischi volanti...

## LEGAMI CHIMICI E MOLECOLE

### ATTIVITÀ CON BIGLIE E MOLLE (30 min)

Per comprendere come si possano formare le molecole a partire dagli atomi, utilizzeremo delle biglie e delle molle.

Per poterle usare correttamente, è meglio ripassare assieme alcune "regole del gioco", prima di distribuire il kit ai ragazzi:

- si hanno a disposizione 4 atomi differenti: idrogeno H (bianco), ossigeno O (rosso), azoto N (azzurro) e carbonio C (nero);
- ogni atomo ha la capacità di fare un determinato numero di legami, proprietà che viene detta "valenza" che sono: 1 per H, 2 per O, 3 per N e 4 per C (ci sono molte eccezioni che qui non consideriamo);
- la possibilità dell'atomo di formare uno o più legami è simboleggiata dalla molla/dalle molle che sono ad essi fissate; nel creare una molecola l'atomo utilizzerà tutti i legami a propria disposizione (non lasciare nessuna molla inutilizzata);

- Il legame viene effettuato sovrapponendo le spire di una molla per ciascuno dei due atomi reagenti e compenetrando l'una con l'altra: per creare un legame;

[Per sottolineare l'utilizzo delle molle e come si debba creare un legame ci sono alcuni filmati chiarificatori + Filmato istruzioni costruzione molecole --> consegna schede ai ragazzi con le formule di struttura]

Chiarito il metodo di utilizzo, disporre i ragazzi a gruppi, distribuire loro un kit di costruzione e una dispensa.

Le molecole che dovranno comporre sono:

H<sub>2</sub>, [Usata nei dirigibili, reazione esotermica con O a formare H<sub>2</sub>O]

O<sub>2</sub>, [Usata da noi per respirare]

H<sub>2</sub>O, [Importante per la vita, sapete perché?]

CO<sub>2</sub> [Anidride carbonica, la conoscete?]

NH<sub>3</sub>, [Ammoniaca, usata per creare Nylon, esplosivi, sbiancante carta]

CH<sub>4</sub>, [Metano, usato per il cucinare, è un sottoprodotto dei giacimenti petroliferi]

HCN [Acido Cianidrico – i suoi sali sono il cianuro: mortale]

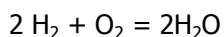
[Inserirne una più complessa? Caffeina, glucosio...]

Costruite le molecole, può essere interessante sottolineare ai ragazzi che si sono scelte le molle per creare legami non solo in quanto si possono sovrapporre, ma anche perché permettono al legame di allungarsi e restringersi (facendo vibrare la molecola) e questo è un movimento che la molecola effettivamente compie normalmente.

Un altro aspetto importante da sottolineare è che in una reazione chimica non si modifica la costituzione interna degli atomi ed essi mantengono l'identità di specie. Quindi, ad esempio, l'ossigeno proveniente dalla CO<sub>2</sub> è identico all'ossigeno proveniente dall'H<sub>2</sub>O ecc.

#### LA REAZIONE CHIMICA:

Completata la fase di costruzione delle varie molecole, chiedere ai ragazzi di costruire due molecole di H<sub>2</sub> e una di O<sub>2</sub>. Facendo un po' di posto sul tavolo (in modo che osservino bene le molecole reagenti e le molecole prodotti) chiedere loro di separare le varie molecole negli atomi costituenti e di usarli per formare molecole differenti usando tutti gli atomi a disposizione.



I ragazzi produrranno due molecole di acqua. Questa è una reazione chimica, ed è la reazione che permette di produrre acqua. È una reazione molto pericolosa in quanto rilascia molto calore quando avviene (fino a diventare un'esplosione, di qui la pericolosità dei dirigibili che sfruttavano l'idrogeno come gas per il galleggiamento in aria).

Una volta compreso come si possono legare tra loro gli atomi e creare le molecole, sfidare i ragazzi a ricavare, a partire da una serie di atomi la molecola corrispondente, senza l'ausilio di indicazioni a parte la formula bruta.

Spiegare loro che ogni qual volta i chimici "scoprono" una nuova molecola, uno dei passi successivi importanti è proprio quello di riuscire a capire come è fatta la molecola, ossia quella che viene chiamata *geometria molecolare*.

Per permettere loro di disegnare uno "schema" corretto della molecola scoperta spiegare loro che:

- gli ossigeni non si legano tra di loro, se possibile, ma cercano legami con atomi differenti;
- nel rappresentare lo schema della struttura molecolare, il legame singolo (la sovrapposizione di una molla per ciascun atomo) viene indicato con una linea (non si deve disegnare una serpentina), mentre un legame doppio (due coppie di molle sovrapposte) viene rappresentato da una doppia linea.

Distribuire la scheda con le cinque molecole incognite (a seconda del tempo i ragazzi possono provare a ricavare tutte le molecole o solo alcune in modo che, tornati in classe, condividendo le molecole trovate,

tutti abbiano la formula di tutte le molecole). A partire dalla formula molecolare, i ragazzi dovranno capire quali e quanti atomi servono e provare a comporre la molecola richiesta.

Una volta che i vari gruppi hanno terminato la ricerca della formula di struttura della molecola, chiamare alla lavagna un ragazzo per gruppo a disegnarla. L'operatore, oltre a scandire il ritmo per la presentazione, spiega quali sono gli utilizzi delle molecole che sono state trovate e la loro importanza in chimica.

### **PAUSA (10-15 min)**

## **IL MODELLO DI UN SISTEMA FISICO**

### **INTRODUZIONE (10 min)**

Per affrontare il prossimo argomento serve introdurre un concetto che in fisica è importantissimo: il modello di sistema fisico.

Gli scienziati puntano a spiegare e a capire la realtà che si trovano davanti; spesso, però, i fenomeni sono troppo complicati per essere descritti perfettamente, così gli scienziati creano una versione semplificata della realtà, con delle regole che indicano come usarla e quando, invece, non è applicabile. Questa realtà semplificata è un *modello*. Pensare agli atomi come palline dure, è un modello per gli atomi; pensare alla luce come un'onda elettromagnetica, è un modello per la luce; pensare alla luce come fotoni, è un altro modello per la luce, altrettanto valido ma, incredibilmente, incompatibile col primo. E così via.

Per rendere più pratico il discorso, mostrare loro una delle biglie e delle molle usate in precedenza. Chiedere loro di cosa si tratta: probabilmente risponderanno che è un atomo, ma la risposta "giusta" in questo caso è che si tratta di una molla e di una biglia. Per noi, oggi, questa molla è diventata un atomo, è uno strumento ci ha permesso di discutere degli atomi e di creare delle molecole, in altre parole è un modello. Questo modello è ottimo per la costruzione dei legami chimici, ma diventa inutilizzabile se volessi capire come è fatto. Ogni modello ha un limite di applicabilità e non può essere usato per spiegare fenomeni per i quali non vale.

Per spiegare ai ragazzi il concetto di modello è possibile fare un esempio usando le cartine geografiche, strumento che sicuramente conoscono.

Mostrare ai ragazzi un planisfero con solo raffigurati gli oceani e le terre emerse: "Cosa vedete?" Probabilmente alcuni risponderanno la Terra: sottolineare loro che non si tratta della Terra in carne e ossa, ma di un'immagine che rappresenta la Terra, uno strumento che ci permette di parlare della Terra.

Questa cartina secondo voi è completa? Contiene tutte le informazioni possibili? No..! Questo è un modello che descrive dove sono gli oceani e dove sono le terre emerse, ma descrive solo questo aspetto. Se vogliamo sapere qualcosa in più, dobbiamo raffinare il modello.

Mostrare ai ragazzi la carta politica con solo i 5 continenti: migliorando il modello che abbiamo visto si potrebbe conoscere come sono disposti i continenti. Ma ancora non ci basta se ci interessano gli stati dobbiamo complicare ancora di più.

Mostrare la cartina politica.

Ogni volta che capiamo che il nostro modello ha dei limiti e vogliamo sapere qualcosa di nuovo, ad esempio come sono disposti le montagne e i deserti, dobbiamo raffinare il nostro modello.

Mostrare la cartina fisica/politica/oceani: per l'esempio che stiamo facendo, questa rappresentazione ci dà l'idea di come sono disposti i continenti, dove inizia e finisce uno stato, ci permette di comprendere la disposizione di foreste e deserti e anche i fondali oceanici. Il prezzo da pagare per essere un ottimo modello è di essere molto complicato da usare.

Una cosa che succede spesso in ambito scientifico è che ogni volta che si costruisce un modello per descrivere un fenomeno, poi si scoprono anche dei fatti che non si riescono a capire con quel modello. Anche questa cartina, per quanto buona ci possa sembrare, non descrive alcuni aspetti, per esempio i fusi orari.

Se volessimo sapere come sono disposti i fusi orari, ci occorre cambiare ancora il modello, ma quello che abbiamo ora lo dobbiamo buttare? No! Sappiamo quando va bene e quando no, per cui se ci servisse possiamo utilizzarlo.

Un aspetto importante dei modelli, infatti, è che quelli superati non si eliminano; essi continuano a essere usati nel loro ambito di validità, cioè l'ambito in cui le proprietà che essi non spiegano non hanno effetto sul fenomeno trattato.

Allo stesso modo, i fisici hanno indagato come è fatto l'atomo, di quali costituenti è composto e come essi si comportano, e hanno creato dei modelli che spiegassero i fatti noti. Quanti più esperimenti e informazioni raccoglievano, tanto migliore e "fedele" era il modello. I primi erano poco coerenti e sono stati superati e sostituiti nel corso della ricerca.

#### I PRIMI MODELLI DELL'ATOMO (30 min)

Dobbiamo capire perché sono possibili i legami che abbiamo fatto, cosa permette di fare il legame, chi fa la parte delle molle e così via... Per scoprirlo, dobbiamo guardare dentro gli atomi, capire come sono fatti. Per fare ciò dobbiamo abbandonare la chimica ed entrare nel mondo della fisica, grazie alla quale, con esperimenti sempre più precisi, si riuscirono a fare nuove scoperte.

Lo sviluppo della chimica ha portato, come abbiamo visto, all'ipotesi che la materia sia costituita da molecole e atomi. Per il chimico queste particelle rappresentano i costituenti ultimi di cui solidi, liquidi e gas sono composti, e su cui egli agisce in ogni reazione prodotta con mezzi puramente chimici.

Affrontiamo ora questa stessa questione dei costituenti ultimi della materia dal punto di vista del fisico.

Molto importante, oltre alle scoperte fatte, è anche il contesto in cui sono avvenute. Questo piccolo paragrafo vuole essere una paratesi per contestualizzare queste scoperte. [*Non è necessario sottolinearlo ai ragazzi se non per "colorire" la presentazione con aneddoti curiosi.*]

Siamo attorno all'anno 1895: non un periodo qualunque, perché in pochi anni successivi la fisica ha compiuto una svolta fondamentale, determinata da alcune scoperte sperimentali che segnano l'inizio della fisica atomica.

Il mondo occidentale in cui si iniziò lo sviluppo delle conoscenze della fisica microscopica che ha rivoluzionato sia il pensiero sia la vita quotidiana dell'epoca nostra, verso il 1895 si presentava così: le potenze che contavano nella scienza erano l'Inghilterra, la Germania e la Francia. Seguivano a distanza la Russia, gli Stati Uniti, l'Italia, la Svizzera, i paesi scandinavi ecc.

Nel 1895 non c'erano aeroplani, televisione, computer. Se uno voleva attraversare l'oceano atlantico, prendeva il piroscampo, che forse poteva avere ancora delle vele ausiliarie. Le comunicazioni avvenivano, anche in città, soprattutto per lettera; per esempio a Parigi avevano un sistema assai sviluppato di posta pneumatica. Non c'erano automobili, la lampadina elettrica aveva visto la luce da pochi decenni e la quasi totalità della popolazione usava ancora le candele. Parigi aveva 2.5 milioni di abitanti ed era una delle massime città del mondo.

I fisici del tempo studiavano i gas sottoponendoli a scariche elettriche in tubi chiusi; si accorsero che, se era abbastanza rarefatto, ma non troppo, il gas emetteva luce.

In certe condizioni di pressioni molto basse, si registrava anche un'emissione di certi "raggi" da uno dei due elettrodi (il catodo, quello negativo): furono chiamati "raggi catodici".

Con successivi esperimenti Pluecher (1858), Hittorf (1869) e J. J. Thomson (1894) osservarono che essi si propagano in linea retta e trasportano carica elettrica; Thomson comprende inoltre che questi raggi sono formati da particelle con carica negativa, a cui diedero nome di elettroni, e che erano particelle che fuoriuscivano dall'atomo che componeva il gas. Si cominciava a capire che l'atomo non era indistruttibile, ma poteva essere diviso in parti costituenti.

[Dal ppt]

Thomson: "Oibò, ho rotto un atomo.. è uscita una piccola particella, la chiamo elettrone."

Un fatto importante fu che, indipendentemente da quale fosse il tipo di atomo che Thomson utilizzasse, ne scaturiva sempre la stessa particella: l'elettrone, perciò, era un componente fondamentale di ogni atomo e non solamente di un particolare elemento.

Questa scoperta fu una vera rivoluzione per il mondo della fisica. Non solo contribuì a rafforzare l'idea dell'esistenza dell'atomo, ma permise anche di scoprire nuove particelle e dare un impulso alla scienza dell'epoca, proprio in un momento in cui sembrava ai fisici che fosse già stato scoperto tutto lo scopribile.

#### BERSAGLIO ATOMICO

Materiali:

Pallina di polistirolo tagliata a metà

Spilli con capocchia colorata

Tappeto per esperimento Rutherford

Palline di polistirolo

Blocco di plastilina

Applet

Thomson voleva capire come e dove inserire gli elettroni all'interno di un atomo, volva ciò inventare un **modello** per la struttura dell'atomo.

Mostrate ai ragazzi la pallina di polistirolo, chiedendo loro di fare uno sforzo di immaginazione immaginando che quella sia l'atomo. Come la biglia a cui erano collegate le molle usate poco fa, solo senza le molle. Quello che Thomson ha immaginato è stato quello di aprire l'atomo (la sfera di polistirolo si taglia a metà oppure disegnare un cerchio alla lavagna) e di inserire gli elettroni.

Se vi trovaste nei panni di Thomson, dove mettereste gli elettroni? [*Chiedere ad un ragazzino di disegnare nell'atomo alla lavagna alcuni punti che simboleggino un elettrone.*]

Non avendo idea di dove potessero stare gli elettroni, Thomson pensò che l'atomo fosse pieno e gli elettroni fossero distribuiti uniformemente al suo interno. Chiamò questo modello "a panettone", giacché l'atomo veniva immaginato come un panettone, pieno del suo impasto, con gli elettroni qua e là, sparsi come l'uvetta.

Pochi anni dopo un altro scienziato di nome Rutherford, cercando di fare un esperimento che confermasse il modello di atomo proposto da Thomson, fece un'incredibile scoperta.

Egli pensò di prendere un foglio di oro molto sottile, così sottile da poter pensare che fosse spesso pochi strati atomici e di sparargli contro delle particelle: da come le particelle-proiettile sarebbero rimbalzate via, avrebbe potuto stabilire la consistenza e la struttura degli atomi.

Cosa vi aspettereste da questo esperimento? Ovviamente che il foglio verrebbe bucato, e i proiettili proseguirebbero dritti, solo leggermente disturbati.

Come proiettili usò particelle alfa, un tipo di emissione radioattiva che si conosceva ed era propria di alcune sostanze.

Ora vestiamo anche noi i panni di Rutherford e proviamo a fare simulare l'esperimento:

[*Distendere il tappeto che simula il modello a "panettone" dell'atomo*]

Immaginiamo che questa zona del tavolo sia un pezzo del foglio di oro, in particolare siamo all'interno di un singolo atomo. Come vedete è tutto pieno e ci sono anche dei punti qua e là messi a caso, cosa sono questi? Gli elettroni!

Come vi ho raccontato, quello che Rutherford voleva fare in questo esperimento è far passare dei proiettili attraverso quest'atomo e vedere dove sbucavano.

Distribuire a 5 ragazzi due palline di polistirolo a testa e chiedere loro di disporsi in cima al tappeto.

Quello che Rutherford si aspettava di vedere con questo esperimento, come abbiamo detto, era che le particelle lo attraversassero quasi senza problemi. Proviamo a fare questo esperimento, far lanciare, delicatamente, ai ragazzi le palline di polistirolo e far notare che esse rallentano, un po' deviano, ma sostanzialmente passano tutte indisturbate ed escono dal lato opposto a quello da cui entrano.

Ma questo non accadde: l'esperimento andò in maniera molto differente da quello che si aspettava Rutherford.

[Applet <http://www.kcvs.ca/site/projects/physics.html>]

Mostrare l'applet sull'esperimento di scattering e lanciarlo eseguire in continuo (*autofire*): come possiamo vedere da questo esperimento molte delle particelle proseguono indisturbate (come si prevedeva) ma ci sono alcune di esse (ripassare con il pennarello la lavagna le traiettorie in questione) che subiscono delle grosse deviazioni di traiettoria, anche fino a rimbalzare indietro del tutto!



Rutherford, capì che questo modello "a panettone" era sbagliato, ed elaborò un modello differente, compatibile con il risultato dell'esperimento.

Immaginò, quindi, un atomo per la maggior parte vuoto, così da spiegare perché la maggior parte dei colpi passasse indisturbata, ma con al centro una zona molto piccola in cui è concentrata tutta la massa dell'atomo, centro in grado di respingere quelle particelle alfa che lo urtassero in pieno. Chiamò "nucleo" questo centro.

Proviamo anche noi! (*Alternare i ragazzi al tavolo*)

Togliere dal tavolo il tappeto rosso e disporre su di esso solo il blocco di plastilina:

"Guardate, ora stiamo ancora all'interno dell'atomo, ma non c'è il tappeto, perché qui è tutto vuoto. È tutto vuoto a parte il centro, dove c'è questa pallina in cui si concentra tutta la massa dell'atomo: il nucleo. Provate ora a lanciare "i proiettili"..."

*[Chiedere ai ragazzi di mirare al nucleo, ma non in ogni lancio. La maggior parte dei proiettili passa comunque indisturbata].*

Vedete, gran parte dei proiettili passa indisturbata, ma ogni tanto se si colpisce il nucleo deviano tantissimo. Queste deviazioni erano inspiegabili col modello a panettone, mentre con questo si spiegano molto bene".

[Dal ppt]

Rutherford "Gli atomi sono fatti così: un nucleo al centro, elettroni intorno..."

Dopo gli esperimenti di Rutherford il modello dell'atomo è il seguente:

- NUCLEO con carica positiva, piccolissimo e compatto (contiene il 99,9% e più della massa complessiva dell'atomo).
- ELETTRONI con carica negativa, distribuiti intorno al nucleo, a grandissima distanza da esso (relativamente: se il nucleo fosse il disco centrale del campo da calcio dell'Olimpico a Roma – raggio 5 metri – gli elettroni più vicini sarebbero in un fascia sferica che passerebbe per Bologna!). [Gli atomi, e quindi tutta la materia, sono fatti per lo più di spazio vuoto..!!!]

Poiché gli elettroni hanno una carica opposta a quella del nucleo, essi sono attratti verso il centro e, per questo, devono continuare a muoversi attorno ad esso (nell'idea di Rutherford come dei pianeti intorno al sole). Gli scienziati sapevano, però, che un elettrone che continui a girare in questo modo dovrebbe perdere velocità in un tempo brevissimo e, facendo cerchi sempre più piccoli, cadere a spirale contro il nucleo, cosa che causerebbe il collasso dell'atomo e perciò della materia; ma questo fatto non accade, gli atomi sono stabili e durano nel tempo.

Come è possibile? Appare chiaro che questo modello non spiega tutto, e i fisici dovevano trovarne uno migliore.

Fu il fisico Niels Bohr, che suggerì di accettare la stabilità dell'atomo come un dato di fatto e da questa evidenza sperimentale creò un modello atomico. Mantenne l'idea del nucleo del modello di Rutherford, ma ipotizzò che gli elettroni potevano muoversi attorno ad esso solo in alcune zone ("orbite") ben determinate. Inoltre stabilì che ogni orbita può ospitare al massimo due elettroni e, che questi occupino per prime le orbite libere più vicine al nucleo. *[A dire il vero conta l'energia del livello, e per orbitali degeneri, lo spin dell'elettrone. Ma non è certo il caso di entrare in uno specifico troppo tecnico con i ragazzi].*

[Dal ppt]

Lewis "Sono gli elettroni che legano gli atomi tra loro, a formare le molecole..."

Formare un legame covalente comporta l'impegno di due elettroni (uno per ciascun atomo), esattamente come rappresentato da due molle "sovrapposte".

**LEGAME COVALENTE:** quando due atomi sono abbastanza vicini, gli elettroni più esterni di ciascuno dei due atomi interagiscono tra di loro sovrapponendosi in una nuova configurazione, che avvolge i due atomi e forma un legame che dà vita alla molecola. Questo legame si chiama covalente ed è un legame chimico fondamentale.

## ATOMI E "LUCE"

### SALTI DI ENERGIA (20 min)

Questo modello proposto da Bohr, oltre a spiegare il problema che Rutherford non poteva spiegare, riesce a descrivere alcuni aspetti degli atomi molto interessanti, tra cui come gli atomi emettono luce.

Quando un elettrone si trova in un'orbita lontana, ma è presente un'orbita sottostante libera, allora egli "salta" su quest'ultima, liberandosi dell'energia in eccesso. Questo "salto" è accompagnato dall'emissione di un pacchetto di radiazione elettromagnetica (un quanto di luce, se visibile), detto anche fotone. L'energia del fotone è esattamente uguale a quella corrispondente al salto: più lontane fra loro sono le orbite, più grande è il salto energetico e più energia conterrà il fotone emesso.

[*Aiutarsi con schemi alla lavagna e presentazione ppt*]

Viceversa, quando un atomo viene raggiunto da un fotone, se un elettrone è nelle condizioni di compiere un salto energetico pari all'energia del fotone, questo viene assorbito dall'atomo e l'atomo si trova in uno stato che è detto "eccitato". Solo fotoni dell'energia giusta, cioè corrispondente a possibili salti energetici degli elettroni da un'orbita all'altra, possono essere assorbiti. In caso contrario, l'atomo è "trasparente" al fotone, che lo attraversa indisturbato.

I fisici riuscivano a misurare le energie dei fotoni e erano riusciti a stabilire le "distanze" fra le orbite per atomi di varie specie. Anche se questo modello non è quello definitivo, esso riesce a spiegare molti fenomeni complessi e a trattarli in modo quantitativo.

### NOTA PER L'OPERATORE

Il modello di Bohr, con le sue orbite stazionarie, ha dei grossi limiti. È sufficiente a spiegare alcuni fatti (gli spettri di emissione e assorbimento), ma non coglie la natura delle cose.

In regioni di spazio così piccole intorno al nucleo, l'elettrone non è pensabile come particella, bensì esso assume le proprietà di un'onda (onda di probabilità): è diffuso, ubiquo, interferisce costruttivamente con se stesso e non emette radiazione elettromagnetica.

L'onda di probabilità è distribuita in regioni particolari chiamate orbitali (sostituti delle orbite), che s'avviluppano come matriosche verso l'esterno, mano a mano che l'atomo si popola di elettroni.

Questo modello è quello attualmente accreditato; esso è molto lontano dalle rappresentazioni sensoriali proprie dei ragazzi, perfino di studenti universitari, ed è "esplorabile" quasi esclusivamente attraverso la matematica. Se ne può parlare ai ragazzi, ma non si può pretendere che ne colgano in modo fedele le peculiarità.