

FISICO
CHIMICA



SECONDA MEDIA
SCUOLA
DANTE ALIGHIERI

Biblioteca Leonardo Da Vinci

Ingreso: 19-09-2013

Nº Inv.: 010565

Procedencia: Penado

Ino 10565

539

Sommario

1. Le basi della Chimica

a. Miscugli e soluzioni pag.1

- i. Miscele omogenee ed eterogenee
- ii. Il Volume dei miscugli e delle soluzioni
- iii. Solventi e soluti
- iv. La concentrazione
- v. La solubilità
- vi. La distillazione

b. Fenomeni fisici e chimici pag.5

i. Studiare gli elementi e i composti pag.8

1. Sintetizzare i composti
2. Analizzare i composti
3. Un po' di storia
4. Classificare gli elementi

ii. Il sistema periodico pag. 10

iii. La struttura dell' atomo pag. 11

1. Gli elettroni e i nuclei atomici
2. La massa atomica e il numero atomico

iv. I legami chimici e la valenza pag. 12

1. il legame ionico
2. il legame covalente
3. il legame metallico
4. I gas inerti

2. Le onde e i suoni pag.

a. Le onde in natura pag. 17

- i. Com'è fatta un'onda?
- ii. Che cosa trasporta un' onda?
- iii. Tipi di onde
- iv. La velocità delle onde

b. Le vibrazioni e le onde sonore pag. 19

- i. Il suono nei solidi e nei liquidi
- ii. La velocità del suono
- iii. Gli aerei supersonici

c. Le caratteristiche del suono pag. 21

i. Altezza

ii. Intensità

iii. Inquinamento acustico

iv. Timbro

v. Suoni e rumori

vi. Sanità dell'orecchio umano

d. La riflessione del suono pag. 23

i. La riflessione del suono

ii. L'eco

e. La risonanza pag. 25

i. I nostri timpani

ii. La cassa armonica degli strumenti musicali

3. La luce e i colori

a. La luce pag. 30

i. Le sorgenti luminose e i corpi illuminati

b. La riflessione della luce e gli specchi pag. 31

i. Diffusione della luce

ii. Le immagini reali

iii. Le immagini virtuali

iv. Lo specchio

v. Gli specchi concavi e convessi

c. La rifrazione della luce pag. 34

i. Come funziona la rifrazione

d. La dispersione della luce pag. 36

i. La sovrapposizione dei colori dell'iride

ii. Il prisma di Newton

iii. L'arcobaleno

iv. Lo spettro della luce

e. Le proprietà dei colori pag. 38

i. Vedere attraverso un filtro

ii. I colori primari

iii. Il colore del cielo e quello del sole

Osserva



Versa due bicchieri d'acqua in un pentolino, aggiungi un cucchiaino di sale fino da cucina e mescola bene finché il sale si scioglie. Con l'aiuto di un adulto, poi, riscalda sul fuoco



il pentolino fino a quando tutta l'acqua sarà evaporata. Vedrai che sul fondo del pentolino è ricomparso il sale.

Quindi ripeti l'esperimento dall'inizio, ma questa volta usando zucchero al posto del sale.

Quando l'acqua sarà evaporata, osserverai che sul fondo

del pentolino rimane una sostanza scura, il caramello.

- * Che cosa è successo quando hai mescolato il sale e poi lo zucchero all'acqua?
- * Si può sempre ritornare alle sostanze di partenza?
- * Da che cosa potrebbe dipendere la differenza tra i risultati dei due esperimenti?

Miscugli e soluzioni

La materia è formata da tante *sostanze* diverse, ciascuna composta da un particolare tipo di atomi o molecole.

In natura è difficile incontrare una sostanza pura, cioè isolata dalle altre; più spesso le sostanze sono mescolate tra loro, in forma di *miscele* che possono essere allo stato solido, liquido o aeriforme.

L'aria per esempio è una miscela di tanti gas (tra cui l'azoto, l'ossigeno e il diossido di carbonio o anidride carbonica).

Il terreno su cui camminiamo invece è una miscela di solidi (sostanze minerali e organiche), liquidi (l'acqua) e aeriformi (l'aria che riempie i pori del suolo).

● I miscugli: miscele eterogenee

Quando le sostanze che fanno parte di una miscela restano ben distinte una dall'altra si dice che la miscela è *eterogenea* e la si chiama *miscuglio*.



Puoi fare un miscuglio di due solidi mescolando in un piatto un po' di sabbia con la limatura di ferro (che puoi procurarti da un ferramenta o in una officina meccanica).

Se poi vuoi separare di nuovo le due sostanze, ti basterà usare una calamita, che attrae a sé la limatura di ferro mentre non ha alcun effetto sulla sabbia. ●

Le sostanze che compongono un miscuglio possono quindi essere separate con semplici *mezzi meccanici* (come una calamita).

● Le soluzioni: miscele omogenee

Se aggiungi sale all'acqua e poi mescoli, come nell'esperimento descritto all'inizio di questa pagina, vedrai che i granelli di sale scompaiono: essi infatti si dividono in parti invisibili, che si disperdono tra le molecole dell'acqua.

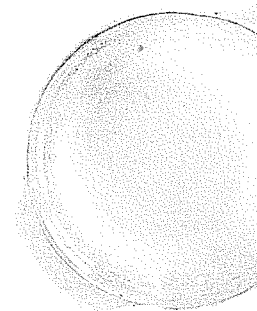
Diversamente da quanto avviene nei miscugli, in questo caso le sostanze acqua e sale si mescolano l'una all'altra in modo tale che non è più possibile distinguerle, neppure usando un microscopio.

Una miscela che ha queste caratteristiche è detta *omogenea*.

Le miscele omogenee sono chiamate *soluzioni*.

Per separare le sostanze che compongono una soluzione bisogna ricorrere ai *cambiamenti di stato*.

Nel caso dell'esperimento con l'acqua e il sale, per esempio, quando riscaldi la soluzione l'acqua evapora: così alla fine del processo nel pentolino ritrovi i cristalli del sale.



cristalli

I DUE TIPI DI MISCELE

eterogenee (miscugli)

per esempio acqua e sabbia, oppure sabbia e limatura di ferro

omogenee (soluzioni)

per esempio acqua e sale, acqua e zucchero oppure l'aria (miscela di gas)



Sperimenta

Il mistero del volume scomparso



CHE COSA OCCORRE

- due recipienti graduati da 100 ml
- acqua
- sabbia



1 Versa in uno dei due contenitori 70 ml d'acqua e nell'altro 30 ml di sabbia, misurando accuratamente.

2 Versa l'acqua nel contenitore della sabbia e osserva che cosa succede. Misura il volume totale occupato dal miscuglio.

I risultati

Quando versi l'acqua nella sabbia, vedrai salire nell'acqua qualche bollicina d'aria.

Il miscuglio di acqua e sabbia ha un volume totale di circa 85-90 ml, ed è quindi minore della somma dei volumi iniziali delle due sostanze.

Riflettiamo sui risultati

- Che cosa c'era inizialmente tra i granelli della sabbia? E che cosa c'è tra di essi alla fine?
- Come si spiega allora la differenza tra il volume del miscuglio e il volume iniziale delle due sostanze che hai mescolato?
- A cosa corrisponde il volume scomparso?

● Il volume dei miscugli e delle soluzioni

Nell'esperimento descritto qui sopra hai certamente capito che il «volume mancante» è quello che inizialmente era occupato dall'aria tra i granelli della sabbia.

Lo stesso accade con qualsiasi solido *poroso*, cioè ricco di cavità interne.

Il volume di una spugna, per esempio, è in gran parte formato da «buchi» pieni d'aria: se immergi la spugna nell'acqua, l'acqua va a occupare tutto lo spazio che prima era occupato dall'aria; quindi il volume totale sarà molto minore della somma dei volumi dell'acqua e della spugna asciutta.

Puoi scoprire un altro fenomeno interessante facendo un esperimento simile a quello descritto all'inizio della pagina, ma con lo zucchero al posto della sabbia.

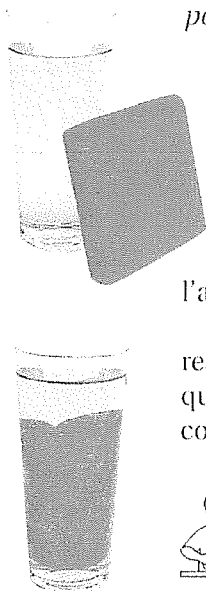
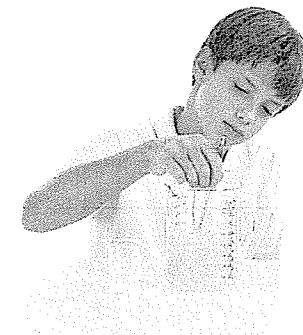
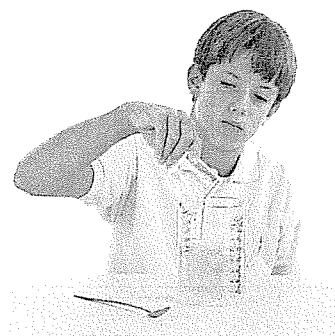
Versa in un recipiente 500 ml d'acqua. Aggiungi 100 ml di zucchero (senza mescolare!) e misura il volume totale occupato dall'acqua e dallo

zucchero, prima che questo abbia avuto il tempo di sciogliersi. Troverai che il volume è minore di 600 ml, per le stesse ragioni che abbiamo appena discusso.

Ora mescola fino a far sciogliere tutto lo zucchero nell'acqua: in questo modo trasformi il miscuglio iniziale di acqua e zucchero in una soluzione. Misura di nuovo il volume: troverai che è diminuito ancora, anche se di poco. Come mai? ●

Quando lo zucchero è sciolto, le sue singole molecole sono libere di muoversi e possono «infilarsi» più facilmente tra le molecole d'acqua (e viceversa).

Complessivamente perciò le particelle si addensano, e il volume totale occupato dalla soluzione diminuisce.



● Solventi e soluti

Nelle soluzioni si chiama **solvente** la sostanza che è presente in maggiore quantità (negli esempi precedenti, l'acqua).

La sostanza presente in quantità minore (negli esempi precedenti, il sale o lo zucchero) si chiama invece **soluto**.

L'acqua è un ottimo solvente per molte sostanze, ma non per tutte.



Se per esempio versi in un recipiente acqua e olio, osserverai che l'olio resta in superficie, cioè galleggia, perché è meno denso dell'acqua.

Quindi acqua e olio formano un miscuglio, non una soluzione.

Lascia cadere nell'olio qualche goccia di inchiostro o di colorante per alimenti: vedrai che le gocce restano integre e non si sciolgono.

Se però le spingi verso il basso con un cucchiaino, vedrai che appena arrivano a contatto con l'acqua le gocce si dissolvono, andando a formare una soluzione con l'acqua. ●

Se agiti con un cucchiaino il miscuglio di acqua e olio, otterrai una **emulsione**: tantissime goccioline d'olio resteranno sospese nell'acqua, senza mescolarsi con essa.

Se lasci riposare l'emulsione, le due sostanze si separeranno di nuovo: non si tratta quindi di una soluzione.

Un altro esempio di emulsione è il **latte**, che è formato da piccolissime particelle di grasso sospese in un liquido simile all'acqua.

Se vuoi che l'olio formi una soluzione, dovrai usare un solvente diverso dall'acqua: per esempio la **trielina**, una sostanza che infatti è usata anche per rimuovere le macchie di unto e grasso (attenzione: è una sostanza tossica!).

● La concentrazione

Il rapporto tra la massa (o il volume) del soluto e la massa (o il volume) totale di una soluzione si chiama **concentrazione**, ed è espressa di solito in forma di *percen-*

tuale, cioè in centesimi. Così, se si hanno 20 ml di soluto in 100 ml di soluzione, la concentrazione è pari al 20% (che si legge «venti per cento»). Per esempio:

- il vino è una soluzione tra due liquidi: il solvente è l'acqua mentre l'alcol etilico è il soluto (la concentrazione dell'alcol può variare tra il 10% e il 15%);
- una bevanda gassata è un esempio di soluzione tra liquidi e aeriformi: alla bibita infatti è mescolata una piccola percentuale di diossido di carbonio (anidride carbonica), il gas responsabile delle «bollicine»;
- le **leghe** metalliche sono soluzioni tra solidi; per esempio, nel bronzo delle statue il solvente è il rame e il soluto è un altro metallo, lo stagno (con una concentrazione intorno al 10–20%);
- l'aria che respiriamo è una soluzione di gas in gas: l'azoto è il solvente mentre il soluto è l'ossigeno (al 20% circa), con piccolissime parti di altri gas.



● Le soluzioni sature

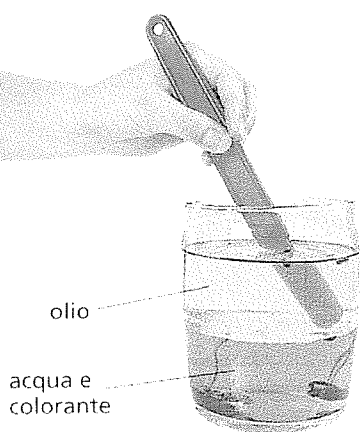
Fai ora l'esperimento descritto nella pagina a fianco: scoprirai che, se continui ad aggiungere sale a una soluzione in acqua, a un certo punto il sale non si scioglie più e si accumula invece sul fondo del bicchiere (i chimici dicono che il sale «precipita»).

Per un dato solvente e a una data temperatura, infatti, ogni sostanza ha una concentrazione massima, chiamata **solubilità**, oltre la quale non si scioglie più: si dice allora che la soluzione è diventata **satura**.

Con l'esperimento troverai che una soluzione di sale in acqua, alla normale temperatura ambiente, diventa satura quando contiene 30–35 grammi di sale per ogni 100 grammi di acqua.

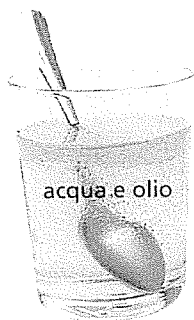
L'esperimento ti permetterà anche di misurare il cambiamento della solubilità del sale quando la temperatura aumenta.

Ma sicuramente avrai già notato che il sale e lo zucchero si sciolgono più facilmente nell'acqua calda (per esempio nel tè) che nell'acqua fredda.

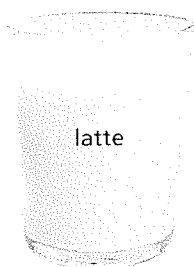


olio

acqua e colorante



acqua e olio



latte

Sperimenta

La solubilità e la temperatura



CHE COSA OCCORRE

- un recipiente di vetro resistente al calore (becher)
- un termometro
- un fornello o un forno a microonde
- acqua
- sale fino da cucina
- un misurino da 5 grammi di sale

1 Versa nel becher 100 ml d'acqua, quindi aggiungi 5 g di sale e mescola fino a discioglierlo nell'acqua.

Aggiungi altri 5 g di sale e mescola come prima.

Continua ad aggiungere sale, 5 g alla volta, fino a quando il sale inizia a precipitare, cioè risulta impossibile discioglierlo.

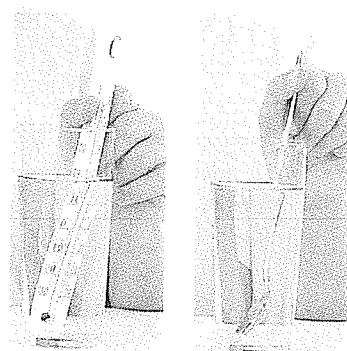
3 Ora riscalda la soluzione: il sale precipitato inizierà a sciogliersi.

Quando è sciolto, misura di nuovo la temperatura.

Quindi aggiungi altri 5 g di sale: lo vedrai precipitare.

Riscalda ancora, e quando il sale si è sciolto misura la temperatura.

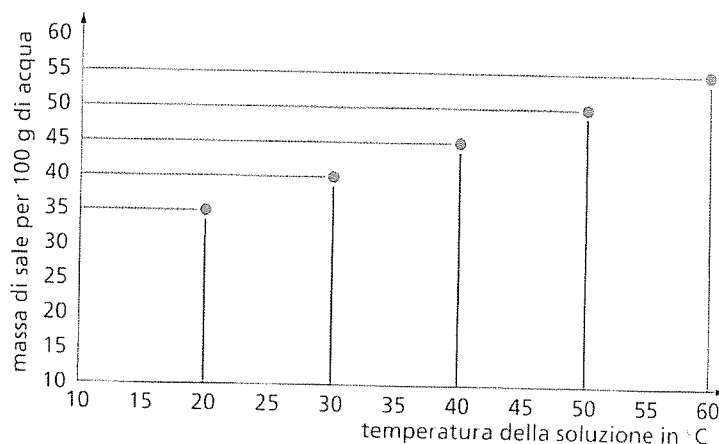
Ripeti più volte e riporta i risultati sul grafico.



2 Disegna sul quaderno un diagramma come quello raffigurato qui sotto.

Misura la temperatura della soluzione e riportala sul diagramma in corrispondenza della massa del sale che hai usato per raggiungere la saturazione.

Questo sarà il primo punto del tuo grafico.



I risultati

Ciascuno dei punti sul diagramma rappresenta, alle diverse temperature, la concentrazione di sale che corrisponde a una soluzione satura in 100 g di acqua.

Hai così un grafico che mostra la solubilità del sale in acqua a diverse temperature.

Riflettiamo sui risultati

- Il grafico che hai ottenuto è simile a quello che abbiamo disegnato qui sopra come esempio? Perché ciò è importante?
- Che cosa puoi concludere sulla solubilità del sale in acqua? Come dipende questa grandezza dalla temperatura della soluzione?

● La distillazione

Nell'esperimento descritto all'inizio del capitolo, quando fai bollire l'acqua per separarla dal sale, puoi usare un

coperchio di grandi dimensioni per far condensare il vapore acqueo e raccogliere l'acqua in un piatto, come nella figura qui a fianco.

Se assaggi l'acqua raccolta, potrai verificare che essa è dolce, non salata.

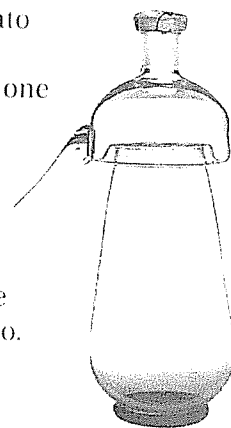
Questo metodo di separazione delle componenti di una soluzione mediante i due cambiamenti di stato,

ebollizione e condensazione, è chiamato **distillazione**.

Quando si vuole separare una soluzione che contiene più sostanze liquide, si approfitta del fatto che per le diverse sostanze l'ebollizione avviene a diverse temperature. È questo il principio della **distillazione frazionata** che permette, per esempio, di produrre la grappa o l'acquavite a partire dal vino.

verifica

Sciogli zucchero in acqua fino a misurarne la solubilità a temperatura ambiente. La solubilità dello zucchero è uguale a quella del sale?



Un esempio di *alambicco* che può essere usato per distillare



Fenomeni fisici e fenomeni chimici

Che cosa succede se si mescolano insieme l'aceto e il bicarbonato di sodio, cioè quella polvere bianca che aiuta a rimediare alle indigestioni?

In base a ciò che abbiamo visto nelle pagine precedenti, potresti aspettarti che queste due sostanze formino un miscuglio, oppure una soluzione.

Invece accade qualcosa di molto diverso.



Prova a fare l'esperimento illustrato dalle figure **A** e **B** qui a fianco.

Versa un bicchiere di aceto in una bottiglietta con il collo stretto, e metti tre o quattro cucchiaini di bicarbonato in un palloncino sgonfio.

Incappuccia il collo della bottiglia con il palloncino, poi sollevalo e scuotilo, così che il bicarbonato possa cadere nell'aceto.

Quando il bicarbonato e l'aceto vengono a contatto, vedrai che si formerà una schiuma ribollente e il palloncino inizierà a gonfiarsi.

Agita un po' la bottiglietta: così mescolerai le due sostanze e osserverai ancora meglio il fenomeno.

Stai assistendo a una reazione **chimica** tra l'aceto e il bicarbonato: diversamente da ciò che avviene per un miscuglio o una

soluzione, queste due sostanze mescolandosi *si trasformano in sostanze diverse*.

In particolare la reazione produce un gas: è per questo che il palloncino si gonfia.

Puoi scoprire una proprietà di questo gas se, alla fine dell'esperimento, distacchi il palloncino dalla bottiglia e lasci uscire il contenuto della bottiglia sopra la fiamma di una candela: la fiamma si spegnerà subito (figura **C**). Il gas infatti è diossido di carbonio e, sostituendosi all'ossigeno dell'aria, impedisce la combustione.

Ora facciamo un piccolo passo indietro, per cercare di capire bene la differenza tra questo esperimento e quelli delle pagine precedenti.

● Nei fenomeni fisici le sostanze non cambiano

Come ricorderai, la parola *fenomeno* indica qualsiasi avvenimento che può essere osservato e studiato.

La scienza si occupa di fenomeni di tanti tipi diversi, che possono essere distinti in base al tipo di *trasformazione* che la materia subisce.

Se togli un cubetto di ghiaccio dal congelatore e lo lasci fondere, osserverai una trasformazione della materia. Questa trasformazione riguarda però soltanto lo *stato di aggregazione* di una sostanza.

Le molecole di H_2O rimangono immutate, cioè non cambiano la propria natura: tanto è vero che, se rimetti l'acqua nel congelatore, potrai riformare di nuovo un cubetto di ghiaccio.

I fenomeni come questo, in cui la costituzione della materia non cambia, sono chiamati **fenomeni fisici**.

In generale i fenomeni fisici sono **reversibili**: in opportune condizioni possono cioè avvenire sia in un senso sia nel senso opposto, ritornando dalla situazione finale a quella iniziale (come quando si guarda un film che si riavvolge).

La fusione del cubetto di ghiaccio è quindi un esempio di fenomeno fisico.

Altri esempi sono l'allungamento di una molla, la caduta di un oggetto, la dilatazione termica di una sbarra di metallo o il mescolamento di un mazzo di carte.

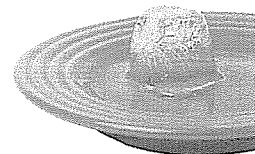
A



B



C



● Nei fenomeni chimici le sostanze cambiano

Se bruci un pezzo di carta, assisterai invece a un fenomeno che *non* è fisico.

La *combustione* avviene quando le molecole della carta si combinano ad alta temperatura con quelle dell'ossigeno dell'aria.

Essa produce, oltre al calore, cenere e fumo: queste sostanze sono del tutto diverse da quelle che avevi all'inizio, e non è possibile trasformarle di nuovo in carta e ossigeno.

I fenomeni come questo, in cui la costituzione della materia cambia, sono chiamati **fenomeni chimici**.

Si tratta di fenomeni irreversibili, che non possono cioè avvenire in senso inverso: ciò che si ottiene non può essere di nuovo trasformato in ciò che si aveva all'inizio.

Oltre alle combustioni, nella vita quotidiana assistiamo a innumerevoli fenomeni chimici: per esempio la trasformazione

del ferro in ruggine, del vino in aceto, del latte in yogurt (figura **D**).

E molti materiali che usiamo ogni giorno, dal sapone alla plastica, dalla carta alla benzina, dal pane alla birra, sono il risultato di processi chimici (realizzati di solito in apposite industrie).

Ma la cosa più interessante è che in tutti gli esseri viventi, e quindi anche nel nostro corpo, i processi della vita sono

basati proprio su reazioni chimiche, come vedremo meglio nei prossimi due capitoli.

La fotosintesi, la respirazione delle cellule, la digestione del cibo sono infatti esempi di fenomeni chimici, in cui alcune sostanze si trasformano in altre.

● Ripensando ai nostri esperimenti...

La formazione di miscugli e soluzioni è un fenomeno *fisico*. Come abbiamo visto, infatti, in quei casi la composizione della materia non cambia: le sostanze mantengono la propria identità, e possono essere separate usando mezzi meccanici oppure cambiamenti di stato.

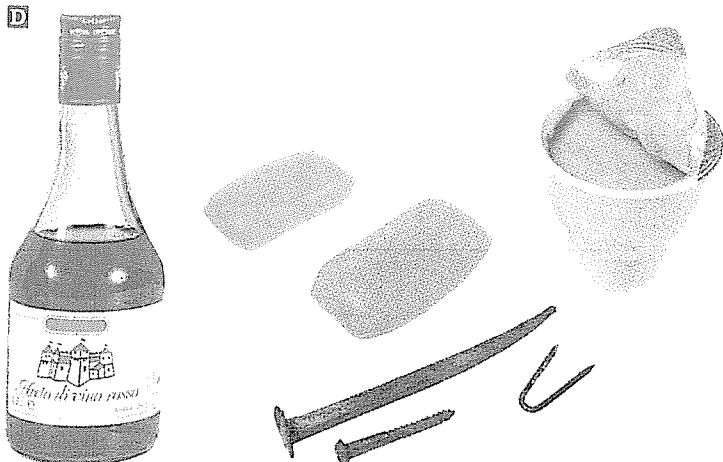
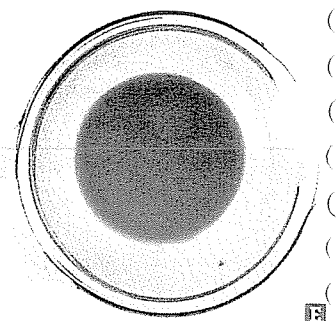
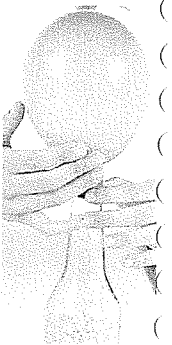
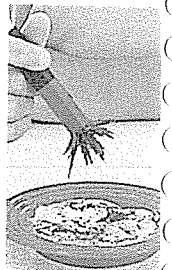
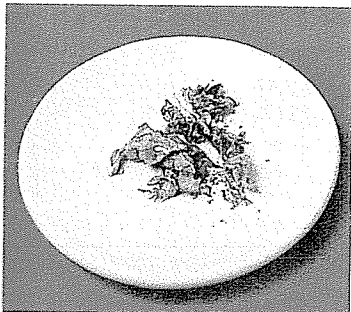
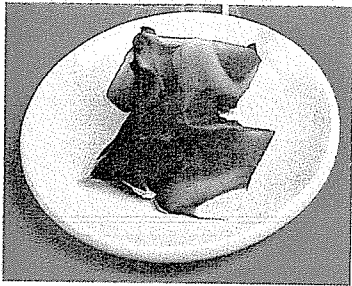
Invece la reazione del bicarbonato con l'aceto è un fenomeno *chimico*: esso porta infatti alla creazione di nuove sostanze, come il diossido di carbonio (comunemente chiamato anche anidride carbonica), dalle quali non è possibile con semplici azioni fisiche ritornare alle sostanze di partenza.

Prova anche a ripensare all'esperimento fatto all'inizio di questo capitolo, quando hai riscaldato due soluzioni, una di sale e l'altra di zucchero in acqua.

Nel primo caso hai osservato in pratica una distillazione, che è un fenomeno fisico: l'ebollizione ha separato le molecole dell'acqua da quelle del sale, senza modificare i due tipi di molecole.

Quando hai fatto bollire la soluzione di acqua e zucchero, invece, hai assistito a un fenomeno chimico: il *caramello* bruno che si è formato, infatti, non è né acqua né zucchero, ma una sostanza diversa, caratterizzata da molecole proprie, diverse da quelle dell'acqua e dello zucchero (figura **E**).

E non è possibile trattare il caramello in modo da trasformarlo di nuovo in acqua e zucchero: in questo caso, dunque, la reazione chimica che hai realizzato riscaldando la soluzione è irreversibile.



verifica

Una lampadina elettrica emette luce quando il filamento metallico, percorso dalla corrente, si riscalda e diventa incandescente

Una candela emette luce quando la cera di cui è imbevuto lo stoppino brucia.

Quale tra questi due fenomeni è fisico, e quale è chimico? E perché?

Studiare gli elementi e i composti

L'anno scorso, parlando della *teoria atomica della materia*, abbiamo detto che esistono tanti tipi diversi di atomi, ciascuno dei quali rappresenta un particolare **elemento chimico**.

Per esempio, un pezzo di ferro (o anche un mucchietto di limatura di ferro) è formato da moltissimi atomi dell'elemento *ferro*, tutti identici tra loro.

Le sostanze del mondo che ci circonda sono invece per lo più **composti** chimici, e ogni composto contiene una particolare combinazione di atomi di tipo diverso.

L'acqua per esempio è formata da moltissime molecole, tutte identiche tra loro e formate da due atomi di idrogeno (H) uniti a un atomo di ossigeno (O); per questo il suo simbolo chimico è H_2O .

Ma come si è arrivati a scoprire tutte queste proprietà delle sostanze?

La storia della chimica è molto lunga, e qui non possiamo raccontarla tutta.

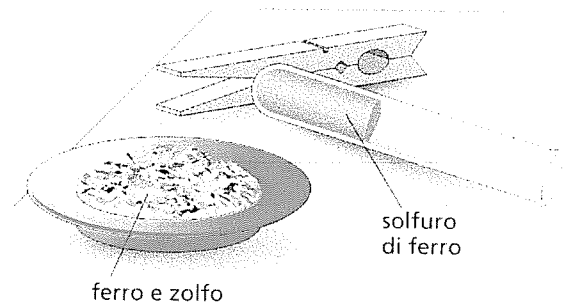
Per capire ciò che studieremo nei prossimi capitoli, però, è utile conoscere almeno alcune tappe importanti di questa storia, e alcuni metodi che gli scienziati hanno usato per fare le loro scoperte.

● Sintetizzare i composti

Lo zolfo è un elemento che ha l'aspetto di una polvere gialla. Chiedi a un adulto di acquistarne un po' in un negozio di giardinaggio, poi fatti aiutare a preparare un miscuglio di qualche decina di grammi di zolfo con altrettanta limatura di ferro.

Mettete il miscuglio in una provetta, poi scaldatela su una fiamma, tenendola con una pinza di legno, fino a quando il miscuglio diventa incandescente (figura **A**).

Dopo aver lasciato raffreddare la provetta, esaminala bene. Scoprirai che in essa si è formata una nuova sostanza grigia dai riflessi gialli (figura **B**): il ferro e lo



zolfo infatti si sono uniti a formare una sostanza composta.

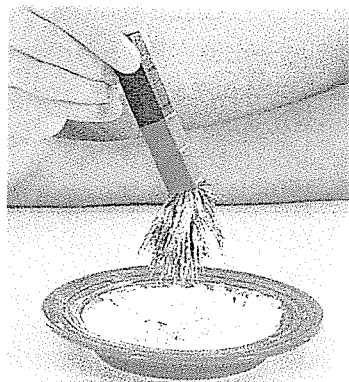
Questo composto è chiamato *solfuro di ferro* e si trova anche in natura in alcuni tipi di rocce (in tal caso è chiamato *pirite*). ●

Un processo come questo, in cui si crea una sostanza facendo reagire i suoi componenti, è chiamato **sintesi** di un composto.

Prima della reazione il ferro poteva essere separato dallo zolfo usando una calamita (che non attrae lo zolfo) oppure immergendo il miscuglio nell'acqua (infatti lo zolfo, diversamente dal ferro, galleggia).

Dopo la reazione, invece, gli atomi di ferro e quelli di zolfo sono legati tra loro così fortemente, nelle molecole del solfuro di ferro, che non è più possibile separarli dal composto.

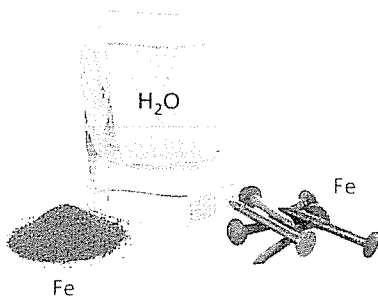
Due metodi per separare il ferro dallo zolfo: a sinistra la calamita attrae solamente il ferro; a destra lo zolfo galleggia nell'acqua.



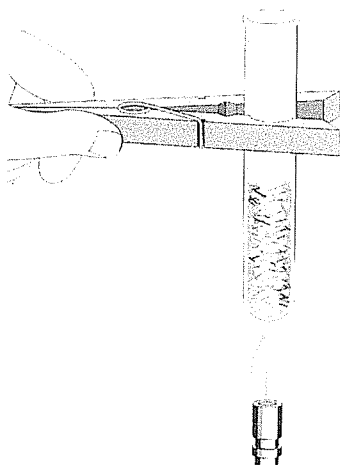
Parole nuove: Analisi e Sintesi:

Analizzare

Sintetizzare:



A



● Analizzare i composti



Metti due o tre cucchiaini di zucchero in una provetta. Poi chiedi a un adulto di scaldare la provetta su una fiamma: osserverai che lo zucchero fonde e diventa un liquido marrone, mentre si libera un vapore bianco (figura G).

Continuando a scaldare, il liquido si trasformerà in una sostanza solida di colore nero. Lasciate raffreddare la provetta: sulle pareti interne il vapore si condenserà in goccioline d'acqua (figura D).

Se ora esaminate il contenuto della provetta, vedrete che assomiglia in tutto e per tutto al carbone, che è formato per lo più da atomi dell'elemento chimico carbonio. ●

Così, grazie a una reazione chimica innescata dal calore, hai scoperto che lo zucchero contiene acqua e carbonio.

Un processo come questo, in cui si usano reazioni chimiche per separare un composto nelle sostanze che lo compongono, si chiama **analisi del composto**.

● I primi progressi della chimica

Tra il Settecento e l'inizio dell'Ottocento, gli scienziati usarono questi metodi di analisi e di sintesi dei composti per studiare le trasformazioni della materia in modo *sistematico*, cioè ripetendo gli stessi esperimenti su tutte le sostanze che avevano a disposizione.

L'obiettivo era:

- identificare gli elementi chimici (separandoli dai composti che li contengono, come il carbonio tolto dallo zucchero);
- catalogarli in base al loro comportamento chimico, cioè alla tendenza a reagire con altri elementi (scoprendo, per esempio, che ferro e zolfo si combinano).

Si scoprì così che:

1. esistono molte decine di elementi chimici diversi tra loro (come l'idrogeno, l'ossigeno, il carbonio, lo zolfo, il ferro);
2. gli elementi si combinano a formare composti seguendo alcune regole precise (per esempio, il solfuro di ferro contiene sempre un atomo di zolfo per ogni atomo di ferro);
3. gli atomi dei diversi elementi chimici hanno peso diverso tra loro: l'idrogeno è l'elemento più leggero (ha cioè la *massa atomica* più piccola), il carbonio pesa meno dell'ossigeno, e così via.

Con misurazioni molto precise delle quantità delle sostanze coinvolte nelle reazioni chimiche, si stabilì inoltre il *peso relativo* degli atomi dei diversi elementi.

Per esempio, se si usa come unità di riferimento la massa dell'atomo di idrogeno, allora con ottima approssimazione un atomo di carbonio ha massa pari a 12, un atomo di ossigeno ha massa pari a 16, un atomo di argento ha massa pari a 108, e così via.

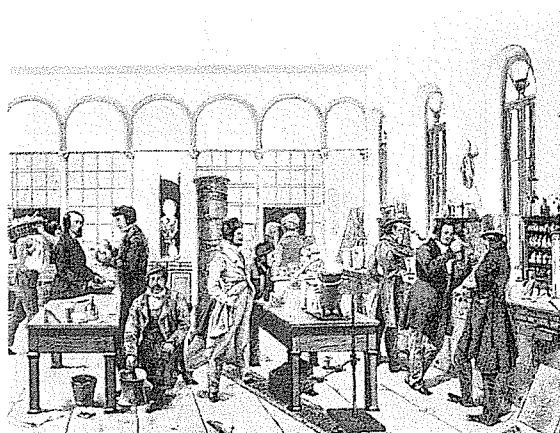
● Come classificare gli elementi?

Il significato di tutte queste informazioni sulle proprietà chimiche della materia, però, non era affatto chiaro.

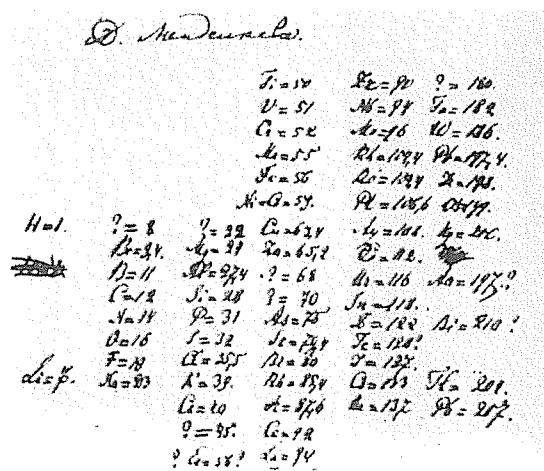
In particolare, sembrava impossibile *classificare* in modo soddisfacente gli elementi chimici che erano stati identificati.

Comunque si ordinasse il loro elenco, ogni elemento pareva avere proprietà del tutto diverse dai precedenti e dai successivi. Nella sequenza degli elementi, insomma, non si riusciva a vedere alcun ordine logico.

Per arrivare a una soluzione di questo mistero si dovette attendere il 1870.



Un laboratorio di chimica a inizio Ottocento.



Questa è una riproduzione della prima classificazione completa degli elementi stilata dal chimico Dmitri Ivanovic Mendeleev nel 1869. È lo studio all'origine della tavola periodica degli elementi che puoi vedere nelle prossime due pagine.

Il sistema periodico

Nel 1870, dopo numerosi tentativi senza successo da parte di altri chimici, il russo Mendeleev (pronuncia: *mendel'ief*) trovò il sistema giusto per classificare gli elementi.



Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907).

Nella tabella periodica di Mendeleev, riprodotta qui sotto, gli elementi chimici sono allineati in righe.

Ogni riga contiene elementi ordinati in base alla loro massa atomica (il numero in colore nero in ciascuna casella) che cresce da sinistra verso destra.

Questo ordinamento prosegue poi nella riga successiva, per masse atomiche via via crescenti.

La grande scoperta di Mendeleev è consistita nel capire che, se si organizza

la serie degli elementi come in questa tabella, gli elementi chimici di ciascuna colonna, o gruppo, hanno proprietà chimiche molto simili tra loro.

Ciò significa che in ciascuna riga si ripete, da sinistra verso destra, la stessa sequenza di proprietà chimiche: in questo senso la tabella è *periodica* (e le righe sono chiamate *periodi*).

Per esempio, tutti gli elementi del primo gruppo (idrogeno, litio, sodio e così via) si combinano con tutti gli elementi del penultimo gruppo (fluoro, cloro e così via) in composti formati da due atomi.

È il caso per esempio del sale da cucina, un composto in cui un atomo di sodio (Na) si lega a un atomo di cloro (Cl).

parole nuove

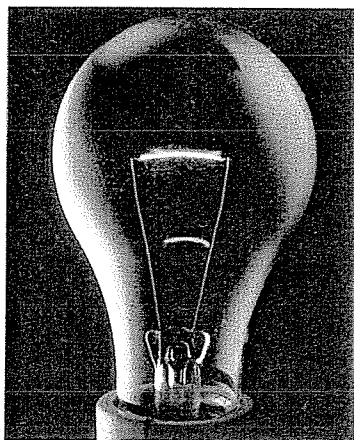
i nomi degli elementi chimici

I simboli che rappresentano gli elementi chimici provengono in genere dal nome latino dell'elemento.

Così H deriva da *hydrogenium*, mentre Cu sta per *cuprum*, il nome latino del rame.

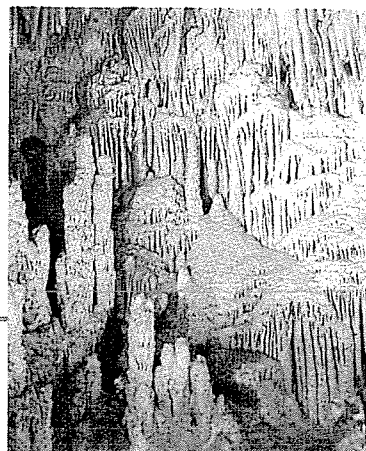
I simboli formati da due lettere si leggono separando le due lettere: per esempio, il rame è «ci-u» mentre il ferro è «ef-fe».

1	1,0	numero atomico
		massa atomica
H		simbolo chimico
IDROGENO		nome dell'elemento
elementi		
<input type="checkbox"/>		noti a Mendeleev
<input type="checkbox"/>		non noti a Mendeleev



Il filamento di una lampadina.

	gruppo I		gruppo II														
1	1	1,0															
	H																
	IDROGENO																
2	3	6,9	4	9,0													
	Li		Be														
	LITIO		BERILLIO														
3	11	23,0	12	24,3													
	Na		Mg														
	SODIO		MAGNESIO														
periodo	4	19	39,1	20	40,1	21	45,0	22	47,9	23	50,9	24	52,0	25	54,9	26	55,8
		K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe	
		POTASSIO		CALCIO		SCANDIO		TITANIO		VANADIO		CROMO		MANGANESE		FERRO	
	5	37	85,5	38	87,6	39	88,9	40	91,2	41	92,9	42	95,9	43	98,9	44	101,1
		Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Tc		Ru	
		RUBIDIO		STRONZIO		ITTRIO		ZIRCONIO		NIOBIO		MOLIBDENO		TECNEZIO		RUTENIO	
6	55	132,9	56	137,3	71	175,0	72	178,5	73	180,9	74	183,9	75	186,2	76	190,2	
	Cs		Ba		Lu		Hf		Ta		W		Re		Os		
	CESIO		BARIO		LUTEZIO		AFNIO		TANTALIO		TUNGSTENO		RENIO		OSMIO		



Formazioni calcaree di una grotta.

La struttura dell'atomo

La classificazione degli elementi chimici secondo il sistema periodico funziona molto bene, ma nel 1870 nessuno (neppure Mendeleev) riusciva a capire *perché*.

La periodicità del sistema, cioè la somiglianza tra le proprietà chimiche degli elementi di ciascun gruppo della tabella di Mendeleev, trovò una spiegazione soltanto quando si scoprì come sono fatti internamente gli atomi.

Gli elettroni e i nuclei atomici

Negli ultimi anni dell'Ottocento gli scienziati capirono che gli atomi non sono "indivisibili" ma sono formati da altre particelle più piccole.

Per prima cosa si scoprì che gli atomi contengono piccolissime particelle dotate di carica elettrica negativa, che furono chiamate elettroni.

Come vedremo più avanti nel corso, la materia può avere una proprietà chiamata *carica elettrica*; questa si presenta in due forme, chiamate *positiva* e *negativa*.

Le particelle che hanno lo stesso tipo di carica elettrica si respingono, mentre le particelle che hanno carica di tipo opposto si attraggono.

Gli atomi sono elettricamente *neutri*: infatti gli oggetti che ci circondano, e che sono formati da moltissimi atomi, normalmente non hanno una carica elettrica.

La scoperta degli elettroni perciò fece capire che gli atomi devono contenere al proprio interno anche cariche elettriche positive: soltanto così infatti si possono bilanciare le cariche elettriche negative degli elettroni.

Inizialmente si pensò che l'atomo fosse simile a un «pianetone» di carica elettrica positiva, al cui interno gli elettroni erano distribuiti come l'uvetta.

Successivamente gli esperimenti dei fisici dimostrarono invece che tutte le cariche positive sono riunite in un piccolo volume al centro degli atomi, chiamato **nucleo**, intorno a cui gli elettroni si muovono un po' come i pianeti in orbita intorno al Sole.

Oggi sappiamo che i nuclei degli atomi sono formati da due tipi di particelle: i **protoni**, ciascuno dei quali ha una carica elettrica positiva, uguale e opposta a quella dell'elettrone, e i **neutroni**, che invece non hanno carica elettrica.

● La massa atomica e il numero atomico

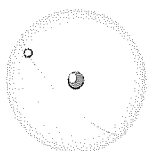
I protoni e i neutroni hanno massa simile tra loro, e duemila volte più grande della massa degli elettroni. La massa di un atomo è quindi praticamente tutta concentrata nel nucleo, ed è tanto più grande quanto maggiore il numero dei protoni e dei neutroni che compongono il nucleo.

Il numero dei protoni nel nucleo di un atomo è chiamato **numero atomico** ed è indicato con la lettera *Z*. Esso è uguale al numero degli elettroni che orbitano intorno al nucleo; infatti, come abbiamo visto, l'atomo nel suo complesso è elettricamente neutro perché le cariche dei protoni e quelle degli elettroni si bilanciano.

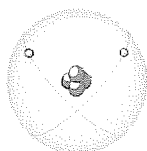
Come vedremo tra poco, la scoperta della struttura interna degli atomi ha permesso di capire che le **proprietà chimiche di un elemento dipendono dal suo numero atomico *Z***, cioè dal numero degli elettroni (e non dalla massa atomica, che è determinata anche dal numero dei neutroni nel nucleo).

Nelle caselle della tabella di Mendeleev della pagina precedente il numero atomico è indicato in blu; nota che esso aumenta esattamente di un'unità quando si passa da un elemento al successivo.

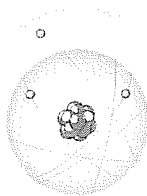
- elettrone
- protone
- neutrone



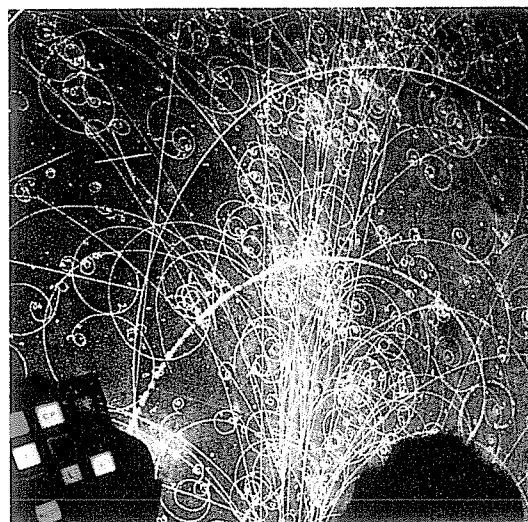
idrogeno



elio



carbonio



Le particelle che compongono l'atomo possono essere studiate facendole scontrare all'interno di speciali dispositivi (chiamati *acceleratori particelle*) che ne «fotografano» la traiettoria.

I legami chimici e la valenza

Un giocatore di tombola ha un solo desiderio: coprire tutte le caselle numerate della sua scheda, per completarla e vincere.

In modo simile, **gli atomi tendono a completare il proprio guscio elettronico più esterno.**

Ciò significa che, se in un atomo il guscio elettronico più esterno è incompleto, alla prima occasione quell'atomo si combinerà con altri atomi, in modo tale da ritrovarsi con un guscio esterno completo.

Questa è l'ipotesi che ancora mancava per riuscire a spiegare il comportamento chimico degli elementi.

Infatti, come ora vedremo, essa permette di capire la ragione per cui tra gli atomi dei diversi elementi si formano i **legami chimici** che danno origine alle molecole.

Questi legami si formano quando gli atomi cedono, quando acquistano oppure quando mettono in comune i propri elettroni con altri atomi.

● Il legame ionico

Il sale da cucina è un composto formato da atomi di sodio (Na) e di cloro (Cl).

Il sodio ha numero atomico $Z = 11$.

Poiché $11 = 2 + 8 + 1$, l'atomo di sodio ha un elettrone solitario nel terzo guscio.

Il cloro invece ha numero atomico $Z = 17$.

Poiché $17 = 2 + 8 + 7$, nel terzo guscio dell'atomo di sodio manca un elettrone per

completare l'**ottetto**, cioè l'insieme di 8 elettroni che possono esservi ospitati.

Secondo la nostra ipotesi un atomo di sodio, quando incontra un atomo di cloro, gli cederà il suo elettrone più esterno: entrambi così si ritrovano con un ottetto completo (figura A).

In questo modo, però, i due atomi non sono più elettricamente neutri: sono diventati **ioni**, cioè atomi dotati di carica elettrica.

Il cloro è diventato una **ione negativo** (indicato con il simbolo Cl^-) perché ha un elettrone in più del normale, mentre il sodio è diventato uno **ione positivo**

(il simbolo è Na^+) perché ha un elettrone in meno del solito. Poiché i due ioni hanno carica elettrica opposta, essi si attraggono e, come mostra la figura A, formano una molecola stabile di cloruro di sodio (il nome scientifico del sale da cucina).

Questo tipo di legame chimico tra gli atomi è chiamato **legame ionico**.

● Il legame covalente

Se due atomi sono entrambi a corto di elettroni, possono riuscire a completare il proprio guscio più esterno *condividendo*, cioè mettendo in comune, alcuni elettroni.

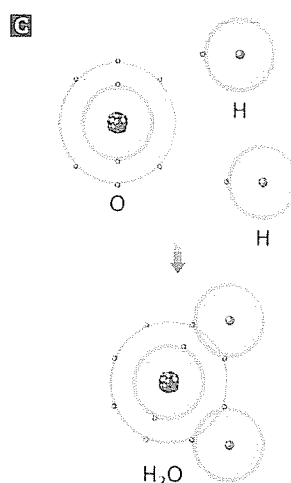
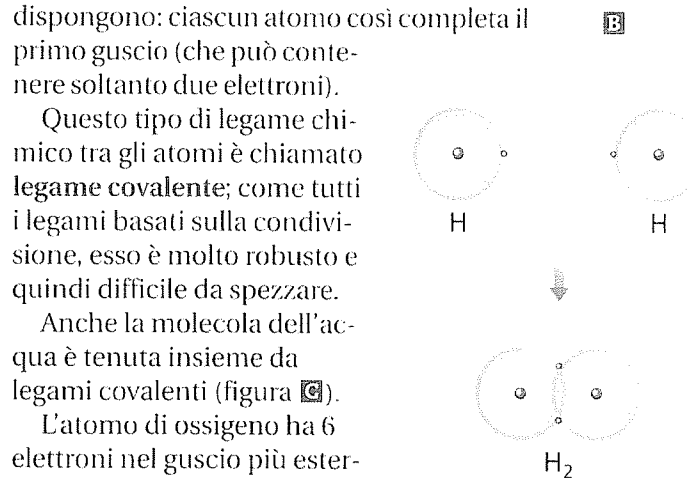
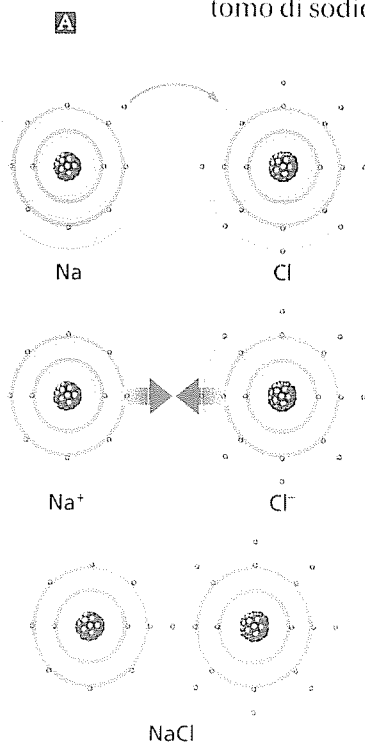
Per esempio la molecola dell'idrogeno (figura B) è costituita da due atomi che mettono in comune l'unico elettrone di cui dispongono: ciascun atomo così completa il primo guscio (che può contenere soltanto due elettroni).

Questo tipo di legame chimico tra atomi è chiamato **legame covalente**; come tutti i legami basati sulla condivisione, esso è molto robusto e quindi difficile da spezzare.

Anche la molecola dell'acqua è tenuta insieme da legami covalenti (figura C).

L'atomo di ossigeno ha 6 elettroni nel guscio più esterno, quindi ne mancano due per completare l'ottetto.

Ecco allora che l'ossigeno condivide un elettrone con ciascun atomo di idrogeno: tutti e tre gli atomi in questo modo completano il proprio guscio più esterno, e si forma il composto H_2O che tutti conosciamo.



verifica

Calcola la distribuzione degli elettroni nei gusci per gli elementi Li (primo gruppo) e F (settimo gruppo) del sistema periodico di Mendeleev.

Verifica quindi che un legame ionico del tutto simile a quello del cloruro di sodio può formarsi anche tra il litio e il fluoro (e più in generale, tra qualsiasi elemento del primo gruppo e qualsiasi elemento del settimo gruppo)

● **Il legame metallico**

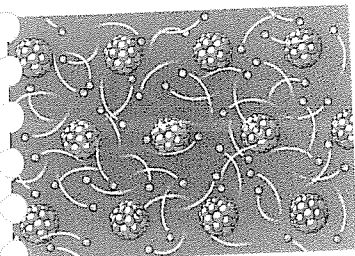
I metalli sono gli elementi che appartengono ai primi tre gruppi del sistema periodico (escludendo il boro) e alla fascia di transizione tra i gruppi, in basso al centro nella tabella di Mendeleev.

Si presentano normalmente allo stato solido (con l'eccezione del mercurio, Hg, che è liquido alla temperatura ambiente), sono lucenti e conducono bene il calore.

Questi elementi hanno la tendenza a cedere gli elettroni più esterni, diventando così ioni positivi (come abbiamo già visto nel caso del sodio).

In una sostanza metallica gli ioni si respingerebbero, perché hanno carica elettrica dello stesso segno. Ma gli elettroni ceduti hanno molta libertà di movimento, e formano una «nuvola» di cariche elettriche negative intorno agli ioni (figura D).

Si chiama **legame metallico** l'attrazione elettrica che tiene insieme gli ioni positivi e la nube di elettroni. A questi elettroni molto mobili si deve anche il fatto che i metalli sono buoni conduttori della corrente elettrica.



● **La valenza**

Abbiamo dunque visto che gli atomi, quando si combinano con altri atomi, acquistano, cedono oppure condividono i propri elettroni.

Il numero degli elettroni che un atomo può «mettere in gioco» nella formazione di legami chimici, per completare il proprio guscio esterno, è chiamato **valenza**.

Nel calcolare la valenza non importa che gli elettroni siano ceduti, acquistati oppure condivisi: conta soltanto il numero totale degli elettroni coinvolti nel legame chimico (figura E).

Gli esempi che abbiamo visto mostrano perciò che sia il sodio sia il cloro hanno valenza 1 (sono cioè *monovalenti*); e lo stesso vale per l'idrogeno. L'ossigeno invece ha valenza 2 (ossia è *bivalente*).

● **I gas inerti**

Gli elementi dell'ultima colonna a destra della tabella periodica si presentano allo stato gassoso e sono *inerti*, cioè estremamente poco reattivi.

Un tempo erano chiamati *gas nobili*, ma forse sarebbe più appropriato chia-

<p>valenza 1 il litio tende a cedere l'unico elettrone che ha nel guscio esterno</p>	<p>valenza 2 il berillio tende a cedere i 2 elettroni che ha nel guscio esterno</p>	<p>valenza 3 il boro tende a cedere i 3 elettroni che ha nel guscio esterno</p>	<p>valenza 4 il carbonio tende ad acquistare 4 elettroni per completare il guscio esterno</p>
<p>valenza 3 l'azoto tende ad acquistare 3 elettroni per completare il guscio esterno</p>	<p>valenza 2 l'ossigeno tende ad acquistare 2 elettroni per completare il guscio esterno</p>	<p>valenza 1 il fluoro tende ad acquistare 1 elettrone per completare il guscio esterno</p>	<p>valenza 0 il neon ha il guscio esterno completo; non cede né acquista elettroni</p>

marli gas «snob»: essi infatti preferiscono starsene per conto proprio, e si rifiutano di formare composti con gli altri elementi.

La nostra teoria permette di spiegare questo comportamento «antisociale».

Negli atomi dei gas inerti, infatti, il guscio esterno è completo.

L'elio (He) ha due soli elettroni, che completano il primo guscio.

Il neon (Ne), con i suoi 10 elettroni, completa anche l'ottetto del secondo guscio.

L'argon (Ar), con i suoi 18 elettroni, completa anche l'ottetto del terzo guscio.

E così via (figura F).

Questi elementi dunque non hanno bisogno di formare legami chimici, e hanno valenza 0 (zero).

verifica

Qual è la valenza degli elementi del secondo gruppo della tabella periodica?

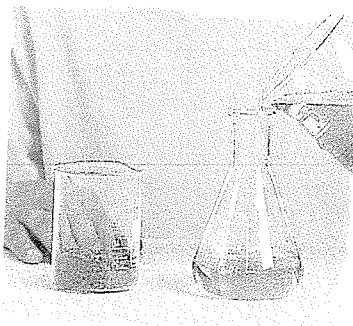
Quando questi elementi si combinano con gli elementi del settimo gruppo, da quanti atomi saranno composte le molecole?

<p>elio</p>	<p>neon</p>	<p>argon</p>	<p>cripton</p>
-------------	-------------	--------------	----------------

I gas inerti hanno il guscio esterno completo, e quindi valenza 0.

LE COSE DA RICORDARE

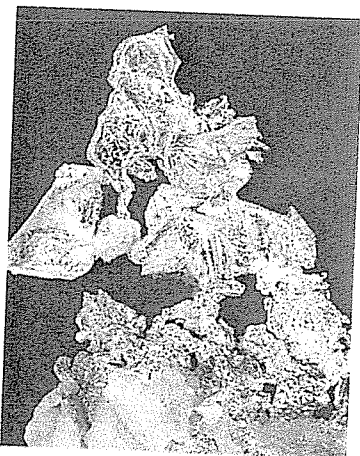
Completa il riassunto del capitolo con queste parole-chiave:



I miscugli e le _____ sono miscele composte da sostanze che possono essere separate con processi fisici.

In una _____ chimica, invece, le sostanze si trasformano dando origine a nuovi composti, e di conseguenza la loro natura cambia in modo _____.

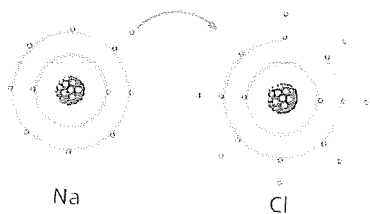
Quando in una soluzione la concentrazione del _____ raggiunge un certo valore, esso inizia a precipitare: la soluzione allora è detta _____.



La _____ dei diversi elementi in base al loro comportamento chimico ha portato al cosiddetto sistema _____, riassunto dalla tabella di Mendeleev.

La spiegazione della periodicità degli elementi sta nella struttura interna degli _____. In particolare, elementi diversi presentano un comportamento chimico simile quando i loro atomi hanno lo stesso numero di _____ nel guscio più esterno.

Infatti gli atomi tendono a legarsi tra loro in modo tale da avere un otetto _____ di elettroni nel guscio più esterno. Questa è la regola che determina la formazione dei _____ chimici tra atomi, nelle reazioni che danno origine alle _____.



Il legame _____ è l'attrazione elettrica tra gli ioni che si formano quando elettroni del guscio esterno passano da un atomo a un altro.

Nel legame _____, invece, gli atomi della molecola condividono uno o più elettroni.

La _____ di un atomo è il numero di elettroni che esso cede, acquista o condivide quando forma un legame chimico.

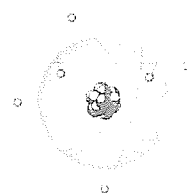
atomi
classificazione
completo
covalente
elettroni
ionico
irreversibile
legami
molecole
periodico
reazione
satura
soluto
soluzioni
valenza



idrogeno



elio



carbonio

LO SAI?

CONOSCENZE: VERIFICA CIÒ CHE HAI IMPARATO

1 Quale dei seguenti fenomeni è da considerarsi **chimico**?

- a una candela che cade a terra
- b una candela che si spezza in due
- c una candela che brucia
- d una candela che fonde davanti al fuoco

2 Il processo con cui si crea una sostanza facendo **reagire i suoi componenti** si chiama:

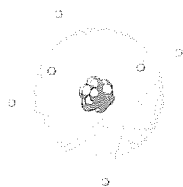
- a distillazione
- b filtrazione
- c analisi
- d sintesi

3 Nel **sistema periodico** di Mendeleev gli elementi sono ordinati:

- a secondo il colore e la durezza
- b secondo la grandezza
- c in ordine alfabetico
- d secondo il numero atomico

4 Nella **struttura dell'atomo**:

- a attorno al nucleo orbitano i neutroni
- b il nucleo è formato da protoni e neutroni
- c i protoni orbitano attorno ai neutroni
- d il nucleo è formato da protoni ed elettroni



5 Una **soluzione è satura** se:

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- a viene riscaldata a lungo
- b non si può sciogliere ulteriore soluto
- c il soluto incomincia a precipitare
- d il solvente aumenta di volume



6 Per **separare i componenti di una soluzione**:

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- a si utilizza un imbuto con filtro
- b si ricorre ai cambiamenti di stato
- c si può ricorrere alla distillazione
- d si può utilizzare una calamita

7 Nei **fenomeni fisici**:

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- a le sostanze non cambiano mai
- b le sostanze cambiano sempre
- c le sostanze si combinano tra loro per formarne altre
- d i processi sono generalmente reversibili

8 Quando si **analizza un composto**: [DUE RISPOSTE GIUSTE]

- a si sfruttano fenomeni fisici
- b si effettuano reazioni chimiche
- c il composto viene sminuzzato finemente
- d il composto viene separato nei suoi componenti

9 Collega ciascun termine con la **corretta definizione** nella colonna di destra:

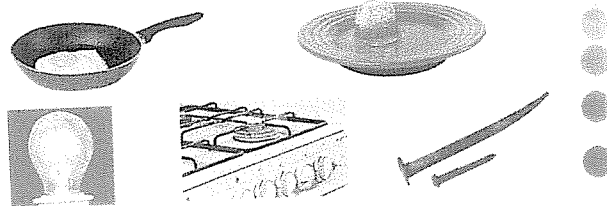
atomo	ha carica elettrica positiva
elettrone	è formato da protoni e neutroni
neutrone	è elettricamente neutro
anione	ha carica elettrica negativa
protoni	è privo di carica elettrica

10 Osservando la **tavola periodica** delle pagine A50-A51, ordina i seguenti elementi per massa atomica **crescente**, usando per ciascun elemento il relativo simbolo chimico:

alluminio	elio
bario	fluoro
carbonio	rame
cloro	titanio

1. 2. 3. 4.
5. 6. 7. 8.

11 Tra queste sei immagini indica con una crocetta quelle che rappresentano fenomeni **fisici**.



12 Associa logicamente i termini in blu del seguente elenco a quelli della colonna di sinistra: fenomeno fisico, protoni, sintesi, soluto, soluzione.

elettroni
micrugiola
passaggio di stato
reazione chimica
vivente

LO SAI FARE?

COMPETENZE: OSSERVA E PROVA A FORMULARE IPOTESI

13 Tra le seguenti miscele, sai dire quali sono omogenee e rappresentano quindi soluzioni? Indicale con una crocetta.

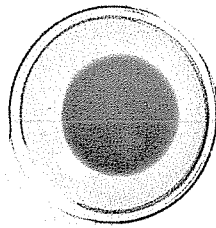
- sale e pepe
- acqua e sale
- zolfo e polvere di mattone
- acqua e olio
- vino
- olio e aceto
- acqua e zucchero

14 Immagina di aggiungere sale a una soluzione fino ad arrivare alla saturazione. Come puoi continuare ad aumentare la concentrazione del sale senza che esso precipiti?



15 Sapresti spiegare in poche parole in che cosa consiste la distillazione?

16 Se fai bollire una soluzione di acqua e zucchero, sai spiegare perché sul fondo del recipiente rimane una sostanza scura?



17 Perché nella tavola periodica proposta nel 1870 di Mendeleev c'erano alcune caselle vuote?

18 Sai spiegare perché si dice che la massa dell'atomo è concentrata prevalentemente nel suo nucleo?

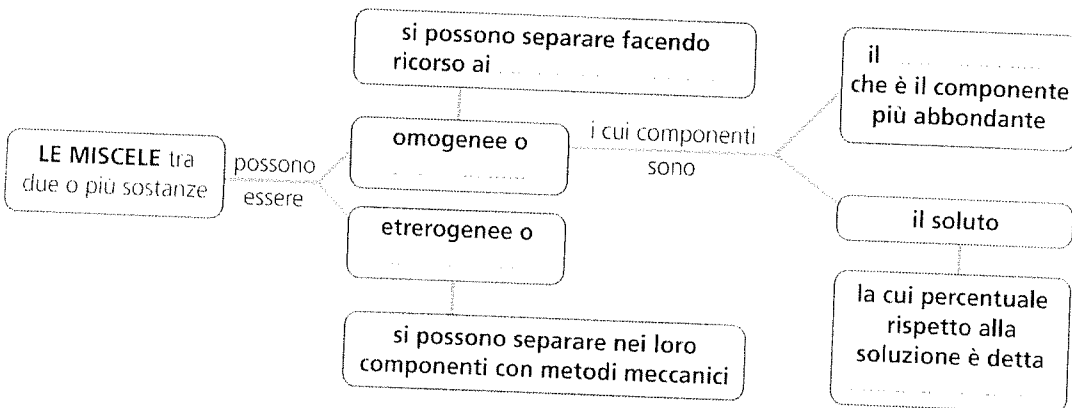
19 Spiega qual è la differenza principale tra un legame covalente e un legame ionico.

20 Perché i gas inerti (o nobili) non si combinano con gli altri elementi?



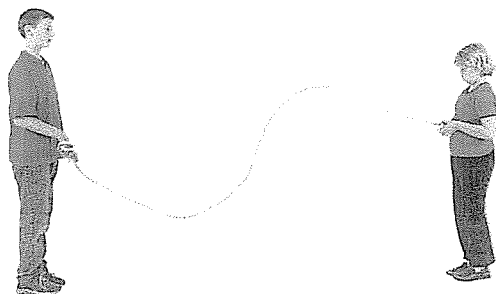
21 Perché si può dire che l'acqua di mare è una soluzione?

MAPPA DEI CONCETTI Completa la mappa scrivendo le parole che mancano:



Osserva

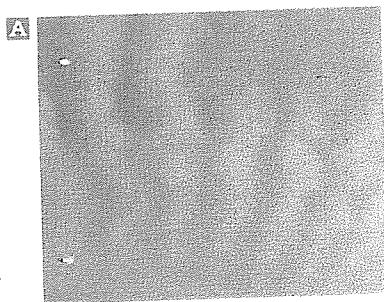
Prendi una corda lunga almeno due metri e molto flessibile, e chiedi a un amico di tenerne ferma un'estremità.



Afferra l'altra estremità e agitala ritmicamente su e giù in direzione verticale: si formeranno onde che si propagano (cioè si muovono) dalla tua mano verso quella del tuo amico.

- Come cambiano le onde se agiti più o meno rapidamente la tua estremità della corda?
- Che sensazione prova l'altra persona quando le onde arrivano alla sua estremità della corda?
- Da dove arriva l'energia che «strattona» la sua mano?

Le onde in natura



Nel mondo intorno a noi esistono tanti tipi diversi di onde, per esempio:

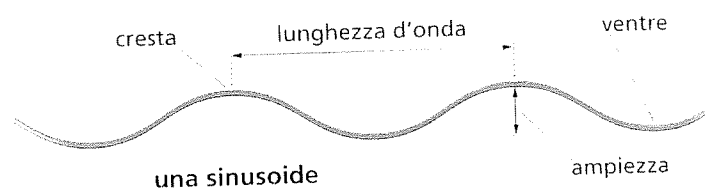
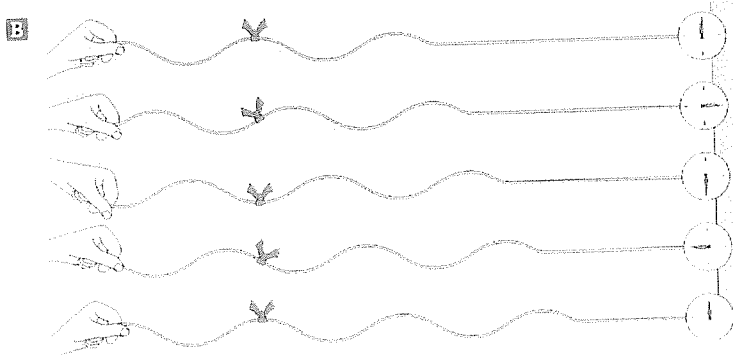
- le onde sulla superficie dei liquidi, che incespano il mare e i laghi;
 - le onde delle correnti atmosferiche, che generano formazioni nuvolose come quelle della figura A;
 - le onde sulla stoffa di una bandiera che sventola o di una tovaglia scossa;
 - le onde sismiche che fanno vibrare il suolo durante i terremoti (c).
- Tutti questi tipi di onde hanno alcune caratteristiche comuni; vediamo quali.

● Com'è fatta un'onda?

Se fai oscillare l'estremità libera di una corda (figura B), essa cambia forma e la deformazione, o *perturbazione*, si muove allontanandosi dalla tua mano.

La corda è *elastica*, perciò ciascun suo pezzetto trasmette il movimento oscillatorio al pezzetto successivo, poi torna verso la posizione di equilibrio.

Così la perturbazione «corre» lungo la corda e si ha un'onda. Infatti in generale un'onda è una perturbazione che si sposta nello spazio al passare del tempo.



Se con la mano imiti il *moto armonico* descritto nel capitolo precedente, le onde sulla corda avranno la forma della curva chiamata *sinusoide*, che è formata da una sequenza ciclica di picchi (*creste*) e avvallamenti (*ventri*).

La figura C mostra che le grandezze caratteristiche dell'onda sono l'*ampiezza*, cioè il dislivello tra creste e ventri, e la *lunghezza d'onda*, cioè la distanza tra due creste successive. Entrambe queste grandezze si misurano in metri.

La *frequenza* dell'onda è il numero di oscillazioni complete che si verificano in 1 secondo in un dato punto della corda, cioè il numero di creste che passano per quel punto ogni secondo.

La frequenza si misura con l'unità chiamata *hertz* (1 Hz = 1/s, cioè un'oscillazione al secondo).

Se con la mano fai un movimento più ampio, aumenterà la distanza tra creste e ventri, cioè l'*ampiezza* delle onde (figura D).

Se invece a parità di ampiezza fai oscillare la mano più rapidamente (figura E), le onde diventeranno più corte mentre aumenterà la loro frequenza.

Infatti la *frequenza* di un'onda è sempre *inversamente proporzionale* alla sua *lunghezza d'onda*: la frequenza cioè diminuisce all'aumentare della lunghezza d'onda, e viceversa.

oscillazione più ampia



oscillazione più rapida





● Che cosa trasporta un'onda?

Se osservi il movimento di un fiocco colorato avvolto intorno a un punto qualsiasi della corda (figura 13), lo vedrai oscillare in su e in giù. Al passare delle onde, infatti, ciascun punto della corda riproduce il movimento armonico della tua mano.

Ma il fiocco *non si muove in direzione orizzontale*. Quindi l'onda non trasporta la materia lungo la corda; trasporta soltanto l'energia del movimento che le hai impresso con la mano. Se qualcuno regge l'altra estremità della corda, all'arrivo delle onde sentirà una serie di «strattoni», dovuti proprio all'energia trasportata dall'onda.



Riempi d'acqua una bacinella larga e metti un tappo di sughero a metà strada tra il centro e il bordo della bacinella. Poi lascia cadere al centro dell'acqua un sassolino, come nella figura 14.

Sulla superficie dell'acqua si propagherà una serie di onde circolari, concentriche, che trasportano verso il bordo della bacinella l'energia di movimento ceduta all'acqua dal sassolino. Osserva bene il tappo: al passaggio delle onde oscillerà verticalmente, ma non verrà trasportato via. ●

Anche questo esperimento conferma dunque che le onde trasportano energia senza trasportare la materia.

● La velocità delle onde

Le onde che si propagano su una corda sono più veloci di quelle sulla superficie dell'acqua: esse cioè percorrono una distanza maggiore nell'unità di tempo.

In generale infatti la velocità di un'onda dipende dal tipo di materia (detto anche mezzo) in cui essa si propaga.

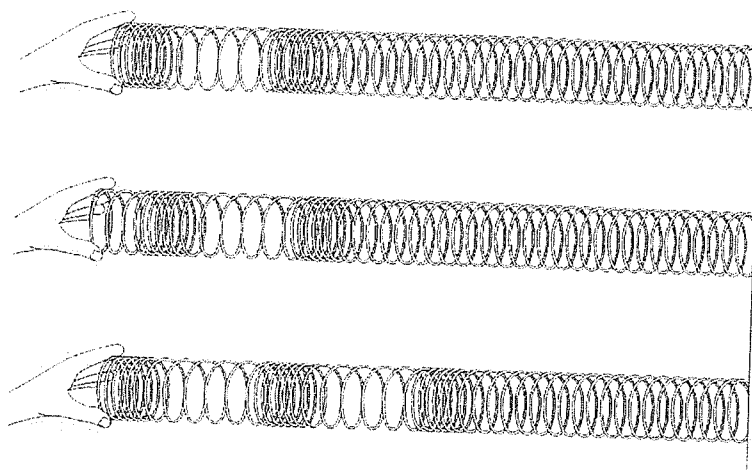
Qualunque sia il mezzo però, la velocità di un'onda è sempre pari alla lunghezza dell'onda moltiplicata per la sua frequenza:

$$\text{velocità} = \text{lunghezza d'onda} \times \text{frequenza}$$

● Onde trasversali e onde longitudinali

Finora abbiamo considerato esempi di onde (su una corda oppure sulla superficie dell'acqua) in cui le particelle di materia oscillano in direzione *perpendicolare* a quella in cui si propaga l'onda: queste sono onde trasversali.

Esiste però anche un altro tipo di onde.



Se comprimi l'estremità libera di una lunga molla e poi la rilasci, ritmicamente, genererai onde che si propagano lungo la molla (figura 15). In ogni istante si alternano zone in cui le spire sono compresse e zone in cui invece le spire sono espanse (cioè più lontane tra loro, rispetto allo stato iniziale di equilibrio).

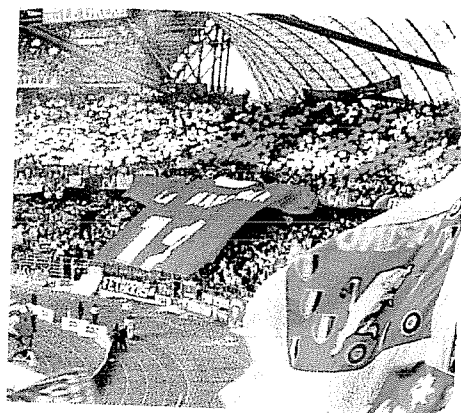
Queste *onde di compressione* non sono trasversali: al passare del tempo, infatti, ciascun punto della molla oscilla avanti e indietro, nella stessa direzione in cui si propaga l'onda. In casi come questo si parla di onde longitudinali.

Le *onde sonore* (di cui si occupa la scienza chiamata *acustica*) sono proprio onde longitudinali, che si propagano nell'aria anziché nelle spire di una molla.

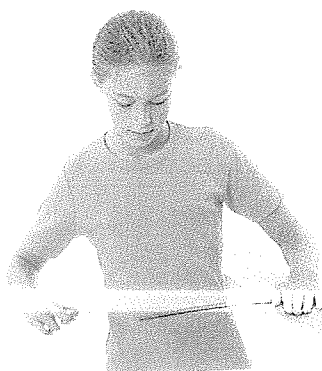
verifica

La «ola» è la spettacolare onda prodotta dalla folla in uno stadio, quando gli spettatori si alzano in piedi e poi si risedono uno dopo l'altro, in modo coordinato.

Secondo te si tratta di un'onda *longitudinale* oppure *trasversale*?



Le vibrazioni e le onde sonore



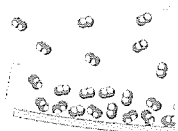
Prendi un righello e tienilo premuto al bordo di un tavolo, lasciandolo sporgere di circa 10-15 cm.

Con un dito spingi l'estremità libera del righello verso il basso, poi lascialo andare: la parte sporgente del righello inizierà a vibrare e sentirai un suono. ●

Per capire che cosa è successo osserva i seguenti disegni, dove i doppi pallini rappresentano le molecole dell'aria:

1

compressione



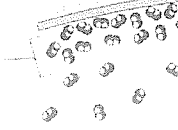
2

compressione
rarefazione

3

compressione
rarefazione

compressione



1 quando lasci andare il righello, esso si muove velocemente verso l'alto, perché è elastico; le molecole dell'aria che si trovano sopra il righello allora vengono *comprese*;

2 il righello poi si muove verso il basso; intanto le molecole dell'aria che erano state compresse trasmettono la compressione alle molecole sovrastanti; nella regione appena sopra il righello rimane aria meno densa, cioè *rarefatta*;

3 il righello continua a muoversi verso il basso, e va a comprimere le molecole dell'aria sottostanti; in alto, intanto, la compressione continua a propagarsi nell'aria, e si allontana seguita dalla zona di rarefazione.

A questo punto il righello ricomincia a muoversi verso l'alto e va di nuovo a comprimere l'aria sovrastante: si ritorna così alla fase 1, e il ciclo dell'oscillazione ricomincia.

Mentre il righello vibra, dunque, sopra e sotto di esso si alternano la compressione e la rarefazione, che si propagano nell'aria circo-

stante come una serie di onde: queste sono le *onde sonore* che il nostro orecchio percepisce come *suoni* e *rumori*.

Le onde sonore sono simili alle onde che si formano quando un sasso cade nell'acqua (figura 4), ma con due importanti differenze:

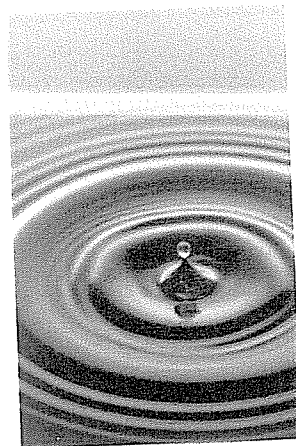
- le onde sull'acqua sono trasversali, mentre le *onde sonore* sono *onde longitudinali*: infatti le molecole dell'aria oscillano nella stessa direzione in cui si propaga l'onda;
- le onde sull'acqua si propagano su una superficie piana e il loro *fronte* ha la forma di una *circonferenza*; invece le *onde sonore* si propagano nello spazio in tutte le direzioni.

Nel caso delle onde sonore il fronte d'onda è quindi una *superficie sferica*.

Ciò che abbiamo visto nel caso del righello ha valore generale: ogni oggetto che vibra genera nell'aria onde sonore di compressione e di rarefazione.

Ma si possono produrre onde sonore anche facendo vibrare direttamente l'aria, senza l'aiuto di oggetti oscillanti.

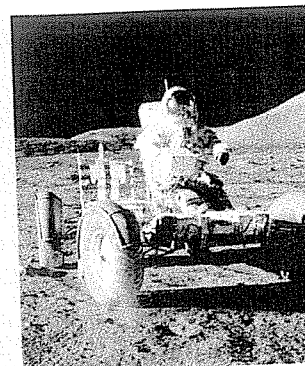
Se per esempio soffi dal l'alto in una bottiglia vuota (figura 5), sentirai un suono: infatti l'aria che hai soffiato, scontrandosi con l'aria imprigionata nella bottiglia, l'ha messa in vibrazione.



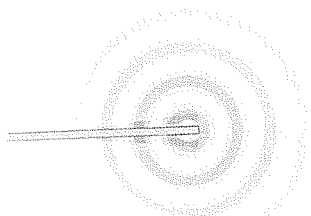
lo sapevi?

Le onde sonore possono formarsi e propagarsi soltanto dove c'è materia, come nell'aria.

Nel vuoto invece il suono non esiste: per esempio sulla Luna (che è priva di atmosfera) un astronauta che viaggia su veicolo a motore non sentirà alcun rumore.



Le onde sonore generate da un righello che vibra.



● Il suono nei solidi e nei liquidi



Appoggia un orecchio su un tavolo. Chiedi a un amico di «ticchettare» con le dita all'altra estremità del tavolo, e ascolta.

Poi solleva la testa dal tavolo e ascolta di nuovo: sentirai il ticchettio attenuato.

In modo simile, quando sei nella vasca da bagno batti con un dito sul fondo mentre hai le orecchie sott'acqua: sentirai il rumore più distintamente. ●

Queste osservazioni dimostrano che le onde sonore si propagano anche nei solidi e nei liquidi, dove in genere si attenuano meno rapidamente che nell'aria.

Per questa ragione le sostanze come l'acqua, il legno e i metalli sono dette buoni conduttori del suono.

Esistono però anche sostanze che non conducono il suono ma lo assorbono: per esempio la gomma, la stoffa, il sughero o il polistirolo.

Con questi isolanti acustici si possono tappezzare le pareti dei locali per isolarli dai rumori esterni (come in uno studio di registrazione) oppure per evitare l'uscita di forti rumori (come in una discoteca).

● La velocità del suono

Come tutte le onde, anche i suoni viaggiano a velocità diversa a seconda del mezzo in cui si propagano. Nell'aria la velocità del suono è di circa 340 metri al secondo; nell'acqua è quattro volte maggiore (1400 m/s) e nel ferro è ancora superiore (6000 m/s).

Il meccanismo della propagazione è sempre lo stesso: le molecole del mezzo sono compresse e rarefatte al passaggio dell'onda sonora.

Ma nei solidi le molecole sono molto vicine le une alle altre: quindi le oscillazioni si trasmettono molto rapidamente da una molecola all'altra, e perciò le onde sonore viaggiano a grande velocità.

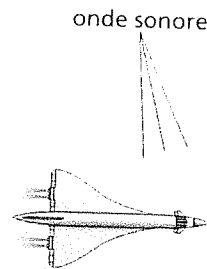
Nei liquidi le molecole sono meno vicine tra loro, perciò la velocità del suono è minore. Nei gas le molecole sono ancora più distanziate tra loro, e quindi la velocità è ancora più bassa.

● Il bang supersonico

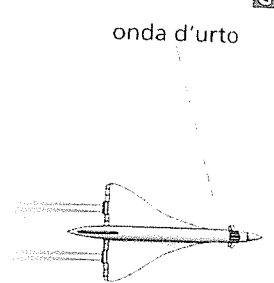
Gli aerei *supersonici* possono volare a velocità superiori a quella del suono nell'aria. Come mostra la figura **C**, durante il volo le onde sonore prodotte dai motori raggiungono le onde emesse in precedenza, prima che queste abbiano potuto allontanarsi.

La compressione dell'aria così si accumula e si forma la cosiddetta *onda d'urto*.

Quando raggiunge il suolo, l'onda d'urto ha sul nostro orecchio l'effetto di un'esplosione. Se ti capita di sentire all'improvviso un boato fortissimo, senza nessuna ragione apparente, è quindi probabile che nel cielo sopra di te un aereo abbia superato la velocità del suono.



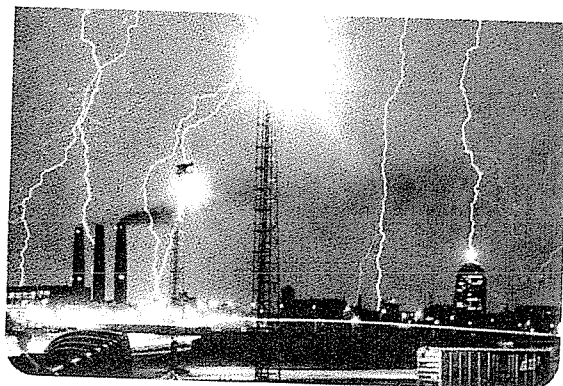
jet che vola a bassa velocità



jet che sta superando la velocità del suono

verifica

Se un fulmine cade a 1,7 km di distanza da casa tua, dopo quanti secondi sentirai il rumore del tuono che il fulmine ha prodotto?

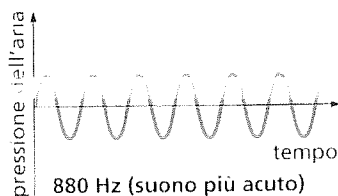
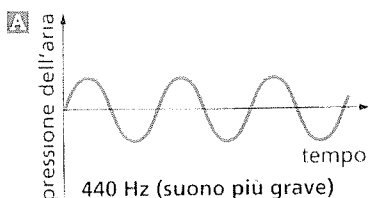


lo sapevi?

che il terreno è un buon conduttore del suono.

Nei film *western* talvolta c'è un pellerossa con un cavallo al galoppo: in questo caso puoi sentire il galoppo dei cavalli lontani, molto prima che il rumore arrivi trasportato dall'aria.

Le caratteristiche del suono



Quando ascolti la musica senti suoni di diversa *altezza* (più acuti o più gravi) e di diversa *intensità* o *volume* (più o meno forte).

Inoltre riconosci subito il suono di una chitarra da quello di una tromba, che ha un diverso *timbro*.

Da cosa dipendono queste caratteristiche dei suoni?

Puoi scoprirlo giocando con il *diapason* usato per accordare gli strumenti musicali.

Se colpisci uno dei *rebbi* (i bracci del diapason) con un oggetto rigido, i rebbi inizieranno a vibrare; puoi verificarlo toccandoli.

Il diapason è costruito in modo da oscillare a una frequenza precisa producendo un suono puro, cioè un'onda sonora in cui la sequenza di compressioni e rarefazioni dell'aria ha la forma di una sinusoide.

● L'altezza dei suoni

Quando vibrano due diapason tarati su frequenze diverse, le onde sonore prodotte hanno forme come quelle della figura 4.

Il suono più acuto ha frequenza più alta, quello più grave ha frequenza più bassa.

Dunque l'altezza dei suoni riflette la frequenza delle onde sonore.



Puoi verificarlo con un righello: se accorci la parte che sporge dal tavolo, vedrai che la sua oscillazione diventa più rapida (frequenza maggiore) e sentirai che il suono diventa più acuto.

In modo simile, una corda di chitarra o di violino produce una nota più alta se la si accorcia schiacciandola con un dito.

Prova anche a soffiare in alcune bottiglie identiche, riempite con quantità diverse di acqua (figura 5).

Quanto più la bottiglia è piena, tanto più alto sarà il suono prodotto.

Infatti una colonna d'aria più corta vibra con frequenza maggiore: questo è il principio alla base del funzionamento degli strumenti musicali a fiato ●

● L'intensità dei suoni

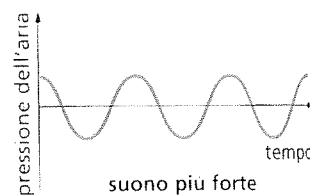
Il suono prodotto da un diapason è più forte o più debole secondo la forza del colpo con cui lo fai vibrare.

Se il colpo è più forte, i rebbi del diapason oscilleranno con un'ampiezza maggiore e sentirai un suono più intenso.

In questo caso l'onda sonora (figura 6) ha un'ampiezza maggiore rispetto all'onda corrispondente a un suono debole.

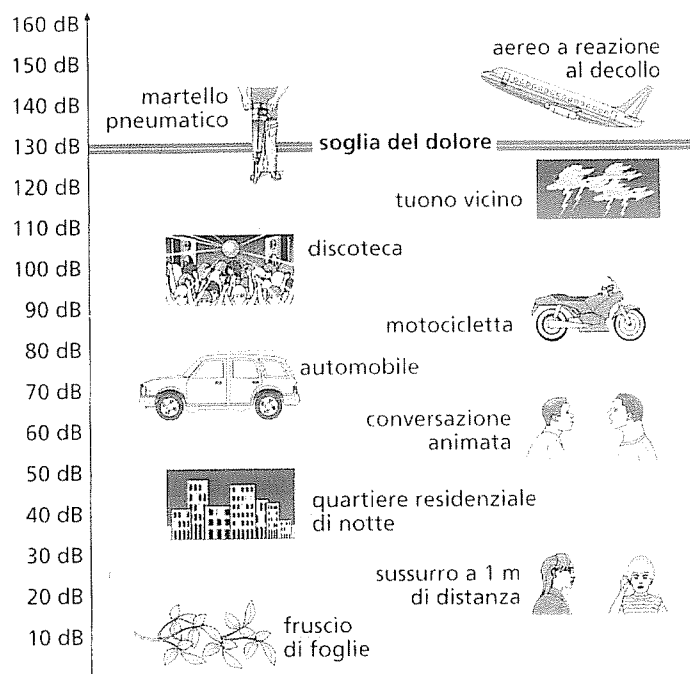
Dunque l'intensità (o volume) dei suoni riflette l'ampiezza delle onde sonore.

Come le onde generate da un sassolino che cade in acqua, anche i suoni diminuiscono di ampiezza (e quindi perdono intensità, attenuandosi) man mano che ci si allontana dalla loro sorgente.

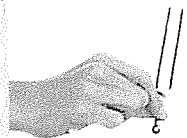


● L'inquinamento acustico

Spesso siamo esposti a rumori e suoni molto forti. Per esempio il traffico, il lavoro nei cantieri e la musica degli impianti stereofonici producono un vero e proprio *inquinamento acustico*, che può essere pericoloso per la salute (figura 7).



L'intensità dei suoni si misura in decibel (dB), un'unità di misura che corrisponde alla minima variazione di intensità che il nostro orecchio è in grado di percepire.



Un diapason.



Al di sopra dei 120 decibel (il decibel, dB, è l'unità di misura dell'intensità dei suoni) iniziamo a sentire dolore e le nostre orecchie possono subire danni gravi.

Ma anche l'esposizione prolungata a rumori vicini ai 80-90 dB può causare problemi fisici e psicologici, e va assolutamente evitata.

Per questa ragione, in particolare, chi lavora usando apparecchi molto rumorosi deve sempre indossare cuffie che isolino acusticamente le orecchie.

● **Il timbro dei suoni**

Gli strumenti musicali generano onde sonore di forma più complicata rispetto alla sinusoide prodotta dal diapason.

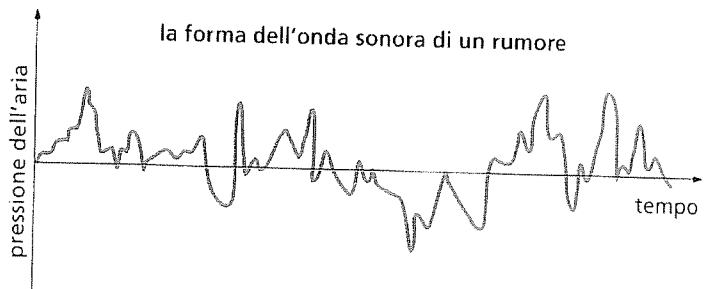
Come mostra la figura 12, sull'oscillazione principale se ne sovrappongono altre chiamate *armoniche*, che hanno frequenza multipla di quella principale.

Ogni strumento è caratterizzato da una particolare combinazione di armoniche, che il nostro orecchio riconosce e che chiamiamo *timbro*: dunque il timbro dei suoni riflette la forma delle onde sonore.

● **Suoni e rumori**

Gli strumenti musicali sono realizzati in modo da generare onde sonore che (per quanto complicata sia la loro forma) si ripetono in modo regolare e ordinato al passare del tempo.

Se batti un pugno sul tavolo, invece, la superficie del tavolo vibrerà in modo del tutto disordinato; in questi casi la forma dell'onda sonora perde ogni regolarità (figura 13) e ciò che sentiamo non è più un suono gradevole, bensì un rumore.

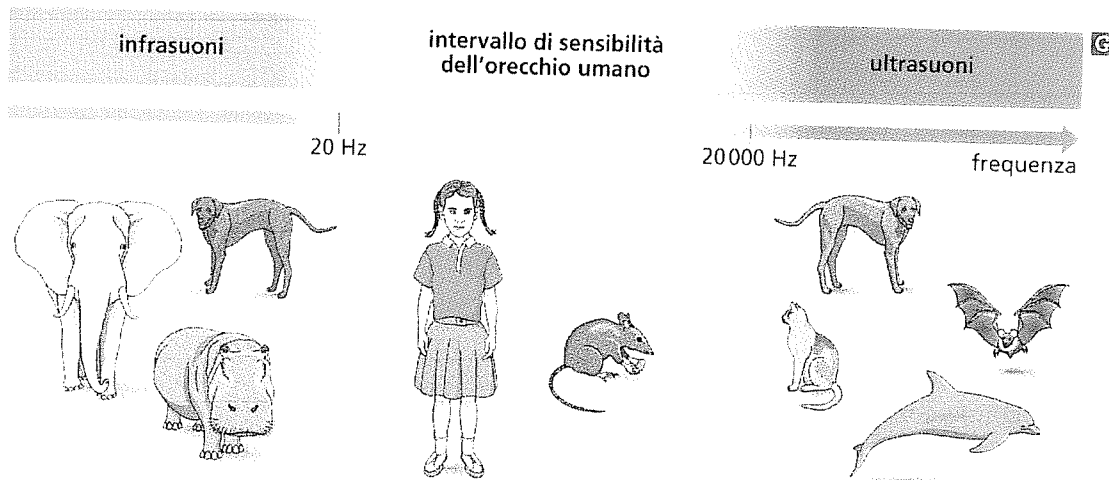


● **Noi non udiamo tutti i suoni**

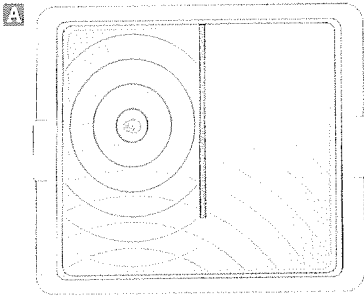
Ogni corpo che vibra genera onde sonore, ma il nostro orecchio percepisce soltanto quelle che hanno frequenza compresa all'incirca tra 20 e 20 000 hertz.

I suoni che non udiamo e che hanno frequenza minore di 20 Hz si chiamano *infrasuoni*, mentre quelli che hanno frequenza maggiore di 20 000 Hz si chiamano *ultrasuoni* (figura 14).

Molti animali hanno un senso dell'udito più sviluppato del nostro. Gli elefanti per esempio possono sentire gli infrasuoni, mentre l'orecchio dei cani è sensibile agli ultrasuoni: perciò è possibile richiamare un cane «silenziosamente», usando un fischietto che emette suoni così acuti che il nostro orecchio non li percepisce.



La riflessione del suono



Come mai in casa sentiamo i rumori che provengono da un'altra stanza, anche se non ne vediamo la sorgente?

La ragione è che il suono, quando incontra una parete rigida, viene riflesso come da uno specchio.



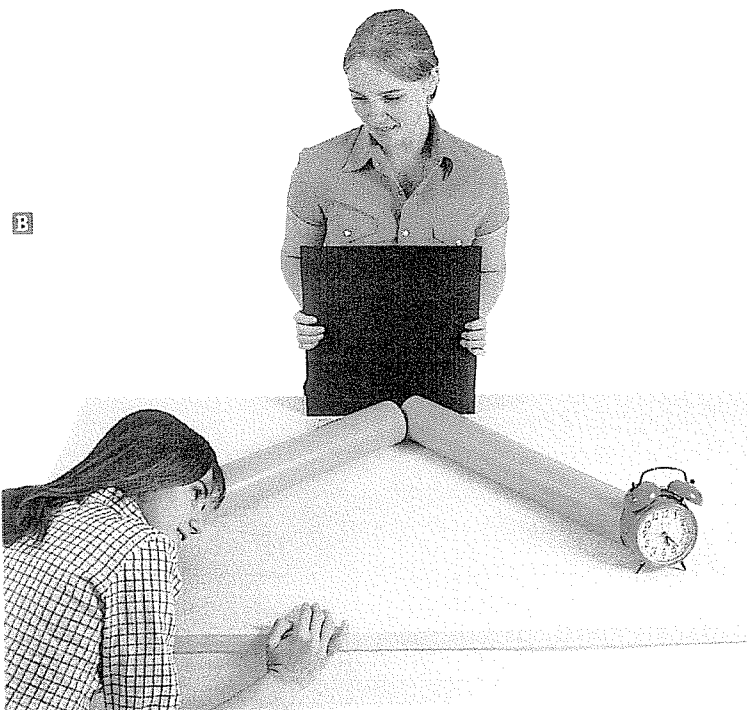
Per visualizzare il fenomeno della riflessione delle onde, usa una bacinella d'acqua come nella figura A.

Con una paratia verticale dividi la bacinella in due parti, lasciando a un'estremità un'apertura (che è come una porta aperta tra due stanze).

Poi lascia cadere un sassolino da un lato della paratia: vedrai che le onde, dopo essersi riflesse sulle pareti della bacinella, invaderanno anche la regione dall'altro lato della paratia. I suoni fanno lo stesso.

Puoi anche verificare direttamente l'effetto della riflessione del suono con l'esperimento della figura B, qui sotto.

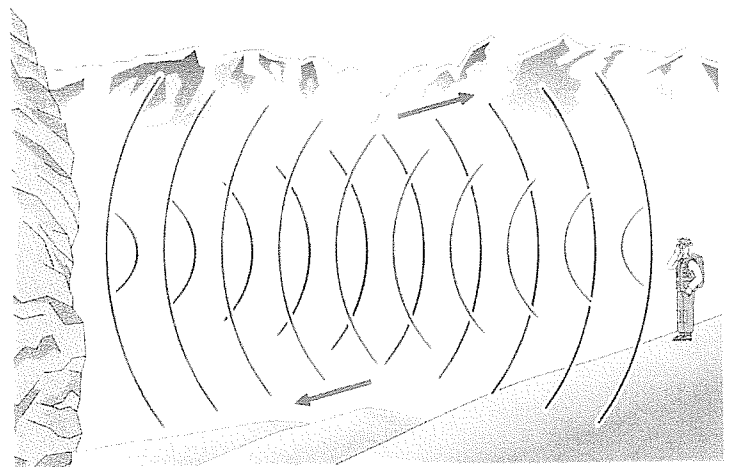
Le onde sonore prodotte dalla sveglia all'imboccatura di un tubo si riflettono sullo schermo rigido: chi ascolta all'estremità dell'altro tubo sentirà chiaramente il ticchettio, anche se i due tubi non sono collegati tra loro.



Se però al posto dello schermo rigido ne usi uno fatto di materiale isolante acustico (come la gomma-piuma o la stoffa), il suono sarà riflesso molto male e il ticchettio all'estremità del secondo tubo diventerà impercettibile. ●

● L'eco e il riverbero

Se in montagna ti trovi davanti a una lontana parete rocciosa e lanci un grido, sentirai l'eco: le onde sonore che hai emesso vengono riflesse dalla roccia e ritornano fino al tuo orecchio (figura C), con un ritardo che dipende dalla distanza della parete.



Se per esempio la distanza è di 340 metri, sentirai l'eco dopo 2 secondi: è il tempo che il suono impiega per andare e tornare, viaggiando nell'aria a 340 m/s.

Per percepire un'eco, la parte riflettente dev'essere lontana almeno 20 metri.

In un locale chiuso, come una chiesa o una palestra, le pareti di solito sono più vicine tra loro.

Quindi le onde sonore riflesse ritornano molto in fretta, e si sovrappongono a quelle che stai ancora emettendo: udrai allora il caratteristico «rimbombo» che i musicisti chiamano riverbero del suono.

lo sapevi?

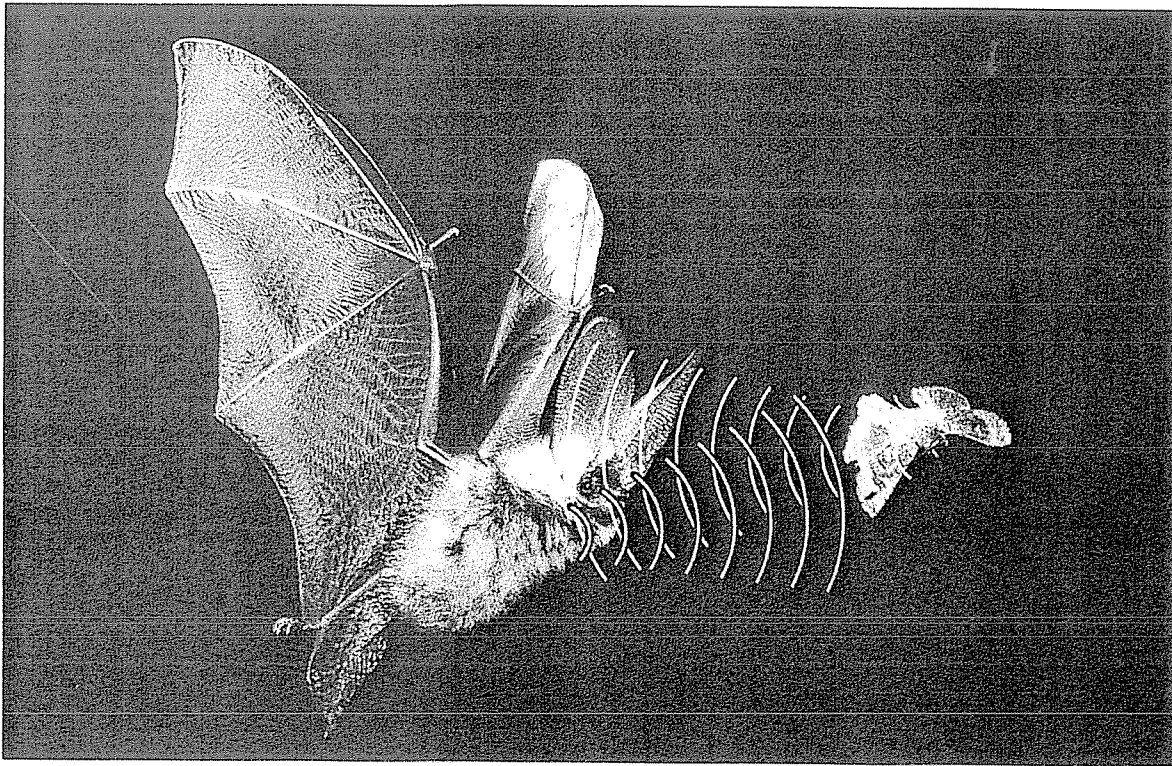
Le ossa conducono molto bene il suono, e puoi verificarlo usando un diapason.

Fallo suonare, poi aspetta che il suono si smorzi.

Quando non lo senti più, appoggia la base del diapason su un dente: sentirai di nuovo chiaramente il suono, che ora è trasportato dalle ossa del tuo cranio.

verifica

Quando agiti una corda tesa, generando una serie di onde, la corda vibra; quindi dovrebbe generare onde sonore nell'aria. Perché allora non senti nessun suono? *suggerimento: prova a stimolare la frequenza dell'oscillazione della corda*



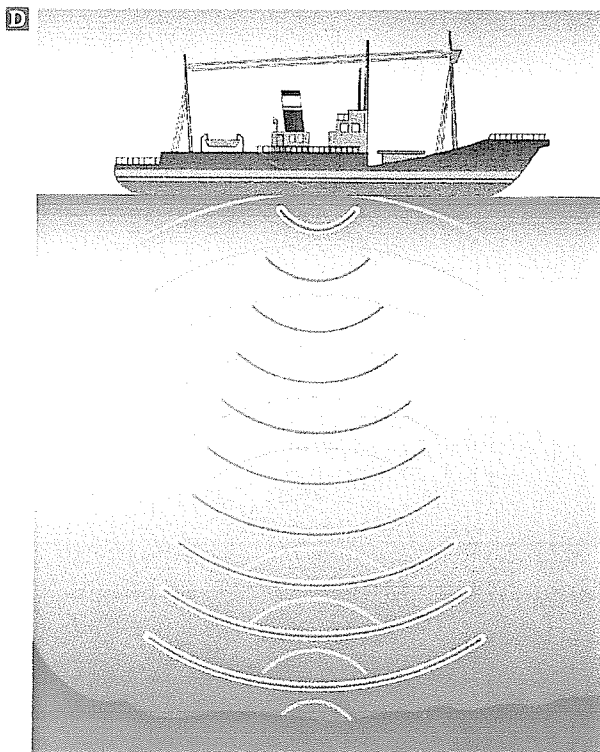
Il pipistrello può cacciare anche nell'oscurità grazie al suo «sonar»

● Le applicazioni dell'eco

Il fenomeno dell'eco ha molte applicazioni interessanti.

Le navi per esempio usano lo strumento chiamato *ecoscandaglio* o *sonar*, che emette onde sonore verso il fondo del mare e misura il ritardo con cui esse ritornano dopo essere state riflesse (figura **D**).

Conoscendo la velocità del suono nell'acqua, questa misura permette di calcolare la profondità del mare.



Anche i pipistrelli usano un «sonar»: mentre volano infatti emettono ultrasuoni, e in base al ritardo dell'eco ricevuto dalle loro orecchie determinano la distanza degli ostacoli (per evitarli) e quella delle prede (per catturarle).

Questi mammiferi volanti quindi riescono a cacciare di notte perché «vedono» con l'udito!

Sempre grazie all'eco i medici possono osservare l'interno del nostro corpo, senza essere costretti a usare radiazioni pericolose come i raggi X.

A questo scopo usano l'*ecografo*, uno strumento che invia ultrasuoni e misura il ritardo con cui essi ritornano.

Un computer (che in un certo senso imita il cervello del pipistrello) calcola sulla base di queste misure la distanza dei vari organi interni, e ne produce un'immagine su un monitor.

Durante la gravidanza, in particolare, le mamme si sottopongono a ecografie periodiche dell'utero: in questo modo i medici possono controllare che il feto cresca regolarmente.

verifica

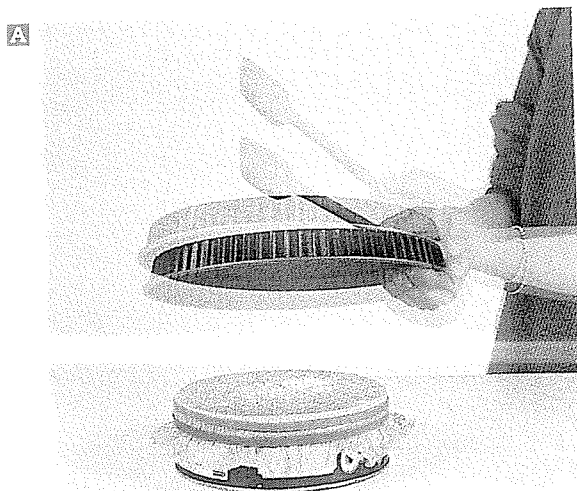
Se fai un grido a due o tre metri di distanza dalle pareti di una stanza, non sentirai alcuna eco.

Come si spiega questo fatto?

Un medico esegue una *ecografia* a una futura mamma.



La risonanza



Copri una scatola rigida con una membrana di plastica ben tesa, fissandola con un elastico (figura 4): in questo modo hai costruito un rudimentale tamburo.

Spargi sulla membrana un po' di zucchero, poi avvicina alla membrana un oggetto di latta e percuotilo con forza, così da generare un gran rumore.

Vedrai allora lo zucchero «saltare».

Dunque la membrana si è messa a vibrare: per quale ragione? ●

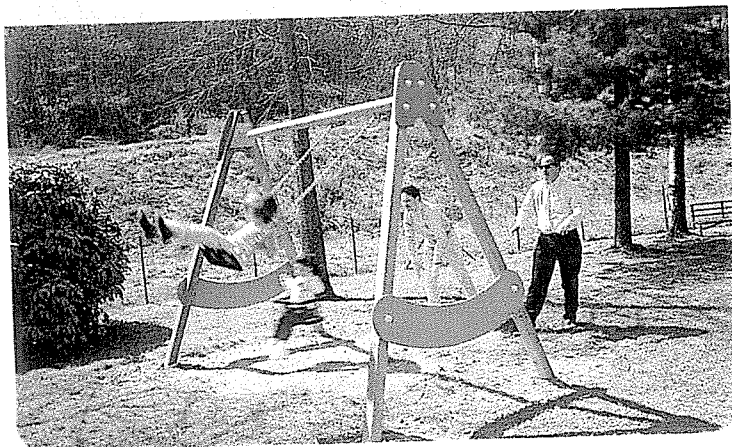
lo sapevi?

Quando spingiamo un'altalena, senza pensarci applichiamo il principio della risonanza.

Infatti l'oscillazione dell'altalena è del tutto simile alla vibrazione di un diapason, sebbene sia molto più lenta.

Un'altalena può oscillare soltanto a una frequenza ben definita (molto minore di quella del diapason!). Bisogna perciò spingerla soltanto a intervalli di tempo precisi: tra una spinta e la successiva dobbiamo aspettare che la sua oscillazione si completi.

Se invece spingiamo «fuori fase» rispetto all'oscillazione dell'altalena, essa si fermerà bruscamente e ci faremo anche male!



La spiegazione sta nel fenomeno che i fisici chiamano **risonanza**.

In generale un oggetto può vibrare in molti modi diversi, corrispondenti a diverse frequenze di oscillazione.

Se viene investito da onde sonore che hanno una di queste frequenze, «per simpatia» anche l'oggetto che era fermo inizia a vibrare, cioè *risuona*.

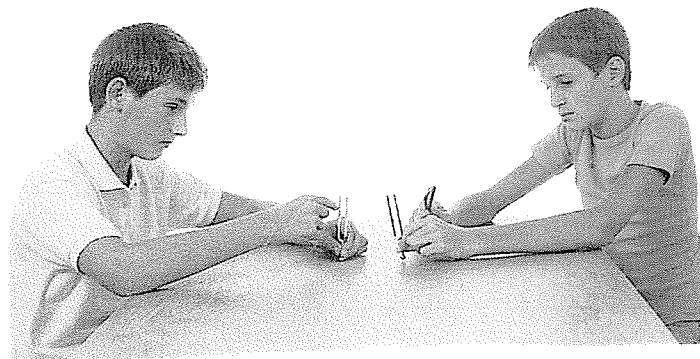
Nell'esperimento con il tamburo e lo zucchero, il rumore che hai generato con la latta contiene moltissime frequenze, e tra queste ci sono anche quelle che fanno risuonare la membrana.

Per la stessa ragione a volte i vetri delle finestre di casa si mettono a vibrare quando per strada passa un veicolo pesante e molto rumoroso.



Come sappiamo il diapason è uno strumento speciale, progettato in modo da oscillare a un'unica frequenza ben definita. Se ti procuri due diapason identici potrai perciò sperimentare il fenomeno della risonanza per i suoni puri.

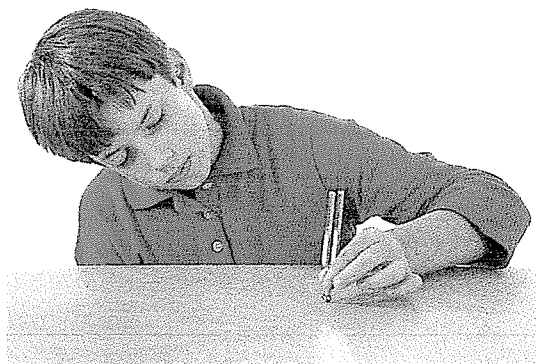
Fai suonare uno dei due diapason, poi avvicinalo all'altro (figura 5): anche il secondo diapason si metterà a vibrare per risonanza. Puoi verificarlo toccandolo lievemente con un'unghia. ●



● I nostri timpani sono risuonatori

Anche il nostro senso dell'udito funziona grazie al fenomeno della risonanza: quando le onde sonore entrano nell'orecchio, infatti, esse raggiungono la sottile membrana del *timpano* e la fanno risuonare.

Le vibrazioni del timpano si trasmettono poi agli *ossicini* dell'orecchio interno e di qui alla *coclea*, dove sono «tradotte» in impulsi nervosi (



● La cassa armonica degli strumenti musicali

Se fai suonare un diapason e poi lo appoggi su un tavolo, sentirai un suono molto più forte: la vibrazione infatti si è trasmessa alla superficie del tavolo, che ora risuona alla frequenza del diapason.

Questo fenomeno è sfruttato negli strumenti musicali a corda per amplificare i suoni, grazie all'uso della *cassa armonica* (o *cassa di risonanza*).

Una corda di chitarra, per esempio, è molto sottile e quando vibra genera nell'aria onde sonore di intensità molto debole.

Ma il legno della cassa armonica della chitarra risuona alla stessa frequenza della corda, e fa vibrare una massa di aria molto maggiore: dal foro della cassa emerge così un suono forte.



Puoi creare un modello rudimentale di cassa armonica con l'esperimento che vedi qui a fianco.

Prendi una bacinella, avvolgile intorno alcuni lunghi elastici e pizzicali per farli suonare.

Prova poi a pizzicare gli stessi elastici tendendoli con le mani, senza avvolgerli intorno alla bacinella: il suono prodotto sarà molto meno intenso.

Nel primo caso quindi la bacinella ha funzionato come una cassa armonica.

Puoi anche approfittare di questo stesso esperimento per verificare due proprietà molto generali delle corde che vibrano.

Che cosa succede infatti ai suoni se usi elastici di tipo diverso, più o meno spessi oppure più o meno tesi?

- A parità di tensione, un elastico più spesso produrrà un suono più basso;
- a parità di sezione, cioè di spessore, un elastico più teso produrrà invece un suono più alto.

Questi risultati sono chiamati *leggi di Mersenne*, e si applicano a tutti i tipi di corde vibranti.

Nei pianoforti, per esempio, le corde che producono le note più basse sono molto più spesse rispetto alle corde che producono le note alte. ●



lo sapevi?

Un bravo cantante può mandare in frantumi un bicchiere semplicemente con la voce!

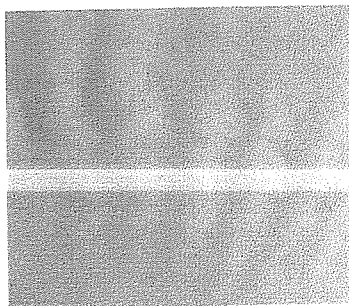
Questo succede se la nota emessa dal cantante corrisponde esattamente alla frequenza di risonanza del vetro del bicchiere.

verifica

Se con la bocca produci vicino a una chitarra note di diversa altezza, la chitarra produrrà qualche suono da sola, senza che tu abbia toccato le corde. Come si può spiegare questo fenomeno?

LE COSE DA RICORDARE

Completa il riassunto del capitolo con queste parole-chiave:



Un'onda è una _____ che si sposta nello spazio al passare del tempo, trasportando _____ senza trasportare la materia del mezzo in cui si propaga.

La forma di un'onda è caratterizzata da una _____, da una lunghezza d'onda e da una frequenza; queste ultime sono inversamente proporzionali tra loro, e il loro prodotto è la _____ dell'onda, che dipende dal mezzo in cui avviene la propagazione.

Le onde possono essere trasversali oppure _____, a seconda che le particelle del mezzo oscillino in direzione _____ oppure parallela alla direzione in cui l'onda si sta propagando.

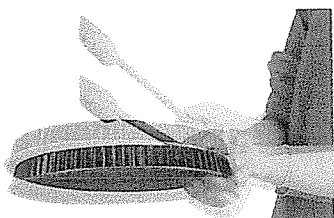
I suoni sono onde longitudinali di _____ e di rarefazione, generate dalla _____ degli oggetti. Le onde sonore si propagano non soltanto nell'aria ma anche (anzi, ancora più velocemente) nei solidi e nei liquidi.

L'altezza, l'intensità (o _____) e il timbro di un suono sono determinati rispettivamente dalla _____, dall'ampiezza e dalla forma dell'onda sonora.

Il diapason produce un suono puro, che ha come forma dell'onda una _____. Ogni strumento musicale invece produce suoni con un caratteristico _____ che corrisponde a un'onda di forma più complicata.

Quando un'onda sonora è priva di regolarità nel tempo, la percepiamo come _____. Non bisogna mai esporsi ai rumori troppo intensi, che sono pericolosi per la salute.

La riflessione del suono genera effetti come l' _____ e il riverbero, ed è alla base del funzionamento di apparecchi come il sonar e l'ecografo.



L'orecchio funziona grazie al fenomeno della _____, che fa vibrare i nostri timpani. La cassa armonica sfrutta lo stesso fenomeno per amplificare i suoni degli strumenti musicali.

ampiezza
compressione
eco
energia
frequenza
longitudinali
perpendicolare
perturbazione
risonanza
rumore
sinusoide
timbro
velocità
vibrazione
volume



LO SAI?

CONOSCENZE: VERIFICA CIÒ CHE HAI IMPARATO

1 Le onde sonore sono onde di tipo:

- A longitudinale
- B elettromagnetico
- C trasversale
- D superficiale

2 Da quale caratteristica delle onde sonore dipende l'intensità (o volume) dei suoni?

- A dal timbro
- B dalla frequenza
- C dalla lunghezza d'onda
- D dall'ampiezza

3 L'effetto che chiamiamo eco:

- A è dovuto alla risonanza tra le onde sonore
- B è dovuto alla riflessione delle onde sonore
- C è un particolare tipo di rimbombo
- D è chiamato anche *riverbero* dai musicisti

4 La cassa armonica degli strumenti musicali come la chitarra:

- A sfrutta la riflessione delle onde da parte dei materiali
- B sfrutta il principio della risonanza delle onde acustiche
- C serve a produrre una piccola eco dentro lo strumento
- D serve a evitare il rimbombo



5 In generale un'onda:

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A si trasmette soltanto nel vuoto
- B trasporta materia
- C è una perturbazione
- D si sposta nello spazio al passare del tempo

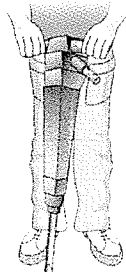
6 La velocità del suono: [DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A aumenta all'aumentare della densità del mezzo
- B non dipende dalla densità del mezzo
- C diminuisce all'aumentare della densità del mezzo
- D nell'acqua è maggiore che nell'aria

7 L'inquinamento acustico:

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A è pericoloso per la salute
- B riguarda principalmente le città
- C si può combattere aprendo molto spesso le finestre
- D è pericoloso soltanto se si superano i 120 decibel



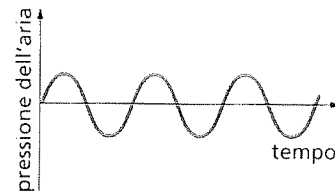
8 Nel nostro corpo i timpani: [DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A si trovano dentro l'orecchio
- B si trovano dentro la bocca
- C sono detti anche *ossicini*
- D sono organi risonatori

9 Associa logicamente ciascun termine della colonna di sinistra con i termini della colonna di destra.

altezza	ampiezza
cresta	armoniche
intensità	eco
riflessione	frequenza
timbro	ventre

10 Completa la seguente frase scrivendo le tre parole mancanti.



L'altezza dei suoni dipende dalla delle onde sonore, mentre l'intensità (o) dei suoni dipende dalla loro

11 Correggi la seguente frase sottolineando i due errori. Riscrivi quindi la frase corretta.

Le onde in generale trasportano materia senza trasportare energia

.....

.....

12 Tra le seguenti definizioni una sola è corretta: identificala e sottolineala.

Le onde sonore si propagano nel vuoto in tutte le direzioni.

Qualsiasi oggetto immobile genera nell'aria onde sonore

Le onde sonore si propagano soltanto nei solidi e nei liquidi

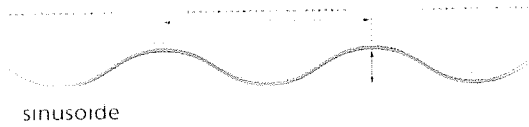
Le onde sonore si propagano più velocemente nei solidi che negli aeriformi.

Nell'aria la velocità del suono è di circa 340 km al secondo.

LO SAI FARE?

COMPETENZE: OSSERVA E PROVA A FORMULARE IPOTESI

13 Osserva l'immagine, che riproduce una sinusoidale. Sai completarla aggiungendo le descrizioni che mancano?



14 Sai dire quale relazione esiste tra la lunghezza di un'onda e la sua frequenza?

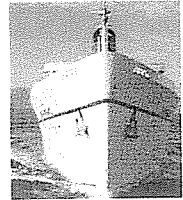
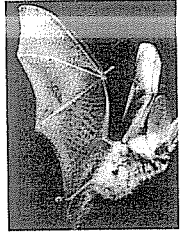
15 Sai spiegare perché le onde acustiche non si propagano nel vuoto?

16 Sai spiegare che differenza esiste tra il suono prodotto da un diapason e quello prodotto da uno strumento musicale?



17 Sai spiegare che differenza esiste tra l'eco e il rimbombo (o riverbero)?

18 Sai spiegare che cos'hanno in comune i pipistrelli e le navi?



19 Un diapason, se lo si avvicina a un altro identico che sta vibrando, comincia anch'esso a vibrare. Sai dire quale fenomeno acustico si è verificato?

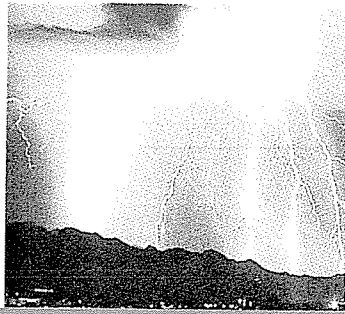
20 Sai spiegare grazie a quale fenomeno l'orecchio umano riesce a percepire le onde sonore?

MAPPA DEI CONCETTI Completa la mappa scrivendo le parole che mancano:



Osserva

Prova a riflettere sulle tue esperienze quotidiane in cui interviene la luce, pensa per esempio a quando accendi una lampadina per illuminare una stanza buia.



- C'è un qualche ritardo tra il momento in cui premi l'interruttore e la comparsa della luce nella stanza?
- Quando la lampadina emette luce, perché diventano visibili gli altri oggetti della stanza che al buio invece non riusciresti a vedere?

Rifletti anche su alcuni fenomeni del mondo naturale che sono intimamente legati alla luce.

- Perché il cielo è azzurro?
- Perché il sole al tramonto diventa rosso?
- E da dove vengono i colori dell'arcobaleno?

La luce, un fenomeno molto speciale



La luce ci permette di *vedere*, cioè di percepire con gli occhi il mondo che abbiamo intorno. Inoltre è ancora più importante perché fornisce l'energia usata dalle piante per fare la fotosintesi clorofilliana, che dà origine all'intera catena alimentare dei viventi.

Ma *che cos'è* la luce? Lo studio delle sue proprietà è

oggetto dell'*ottica*, il ramo della fisica di cui ci occuperemo in questo capitolo.

Se pensi a ciò che succede quando prendi il sole o quando avvicini una mano a una lampadina accesa, puoi riconoscere due proprietà della luce:

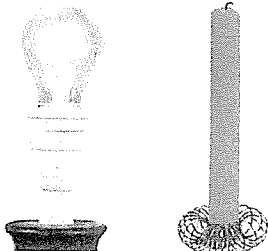
- la luce è una forma di radiazione che trasmette energia a distanza, come il calore che si irraggia da un termosifone;
- a differenza del suono la luce si propaga anche nel vuoto, cioè dove non c'è materia: infatti la luce solare giunge fino a noi attraversando l'enorme spazio vuoto che separa il Sole dalla Terra.

● Le sorgenti luminose e i corpi illuminati

Chiamiamo sorgenti luminose gli oggetti che producono ed emettono luce.

Essi possono farlo grazie a diversi fenomeni:

- certe *reazioni chimiche*, come la combustione della cera che genera la fiamma di una candela;
- il *riscaldamento* di un solido, come il filamento incandescente di una lampadina;



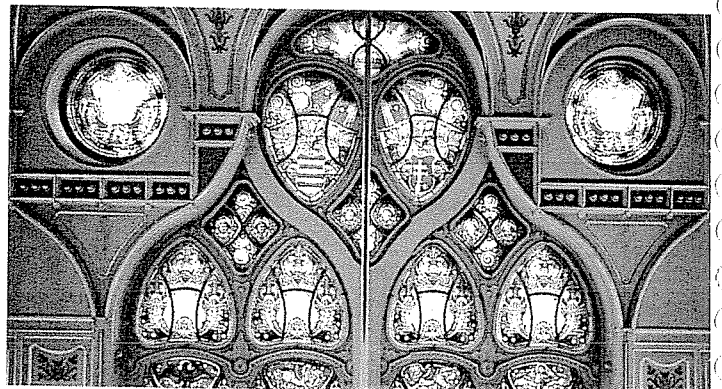
- una *scarica elettrica* in un gas, come nel caso dei tubi al neon o dei fulmini che si sviluppano durante un temporale;
- le *reazioni nucleari* che avvengono nelle stelle. Infatti, il nostro Sole è proprio una stella che emette luce (e altre radiazioni) grazie alle reazioni nucleari che avvengono al suo interno.

La maggior parte degli oggetti che noi vediamo, però, non emette luce propria: si tratta di corpi illuminati, non di sorgenti luminose. La Luna per esempio non emette luce propria: riflette soltanto la luce che riceve dal Sole.

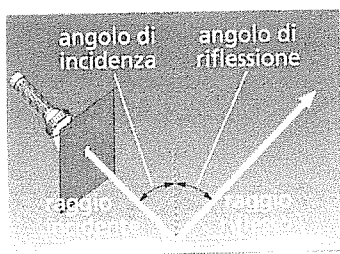
In base al loro comportamento quando vengono illuminati, gli oggetti possono essere di tre categorie:

- *opachi*, quando bloccano il cammino della luce, come nel caso del legno di una porta;
- *trasparenti*, quando al contrario si lasciano attraversare dalla luce, come i vetri delle finestre;
- *traslucidi*, quando lasciano passare soltanto in parte la luce e non permettono di distinguere bene gli oggetti da cui essa proviene: è il caso di un vetro smerigliato o di un foglio di carta velina.

Il vetro colorato e smerigliato è un esempio di sostanza traslucida.



La riflessione della luce e gli specchi



Quando un raggio di luce incontra un ostacolo opaco che ha una superficie lucida e levigata, come quella di uno specchio, la luce «rimbalza» sulla superficie: questo fenomeno è chiamato *riflessione della luce*.

Se un raggio di luce è inviato perpendicolarmente contro uno specchio, viene riflesso e torna indietro: il raggio quindi non cambia direzione.

Se invece il raggio incidente colpisce lo specchio con una certa inclinazione rispetto alla perpendicolare, il raggio riflesso cambia direzione in un modo che è descritto dalla figura **A**, che illustra le due leggi della riflessione della luce:

1. il raggio incidente e il raggio riflesso formano angoli eguali con la retta perpendicolare alla superficie riflettente nel punto di incidenza;
2. i due raggi e la perpendicolare si trovano sempre nello stesso piano.

● La diffusione della luce

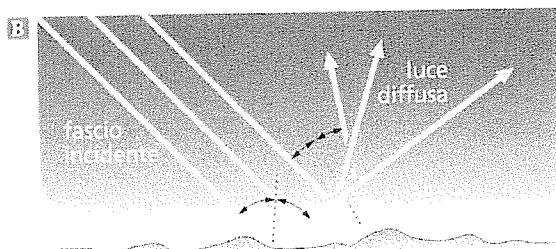
Pensa ora a una superficie che non è perfettamente levigata, ma ruvida e irregolare, come nella figura **B**.

Quando su questa superficie incide un fascio di luce, cioè un insieme di raggi di luce paralleli tra loro, i raggi riflessi *non* formano un fascio, cioè non sono più paralleli fra loro.

Infatti, poiché la superficie non è piana, la direzione della perpendicolare alla superficie cambia nei diversi punti.

Quindi anche l'angolo dei raggi con la perpendicolare cambia a seconda del punto di incidenza.

I singoli raggi vengono perciò riflessi in direzioni diverse: si dice allora che il fascio di luce incidente è *diffuso* dalla superficie.



Questa riflessione in tutte le direzioni, chiamata *diffusione della luce*, è un fenomeno molto importante perché ci permette di vedere il mondo che ci circonda.

Quando vedi un oggetto, infatti, significa che la luce emessa da una sorgente luminosa ha raggiunto l'oggetto, è stata diffusa dalla sua superficie e ha poi raggiunto i tuoi occhi.

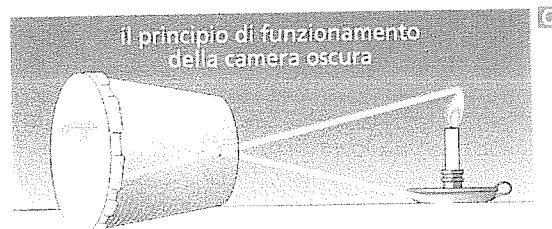
● Le immagini reali



Prendi un bicchiere di carta e coprine l'apertura con un foglio di carta velina, che puoi fissare al bicchiere con un elastico.

Fai un forellino con uno spillo al centro del fondo del bicchiere. Poi accendi una candela in una stanza buia e tieni il bicchiere con il fondo rivolto verso la fiamma, a 15-20 centimetri di distanza.

Sulla carta traslucida vedrai comparire un'immagine capovolta della fiamma, come nella figura **C**.



Il bicchiere di questo esperimento è un modello di un apparecchio inventato molti secoli fa, chiamato *camera oscura*.

L'immagine che vedi sulla carta è una *immagine reale*, cioè formata dall'incontro di tanti raggi luminosi: sono quei raggi emessi dalla fiamma che sono entrati nel bicchiere attraverso il forellino.

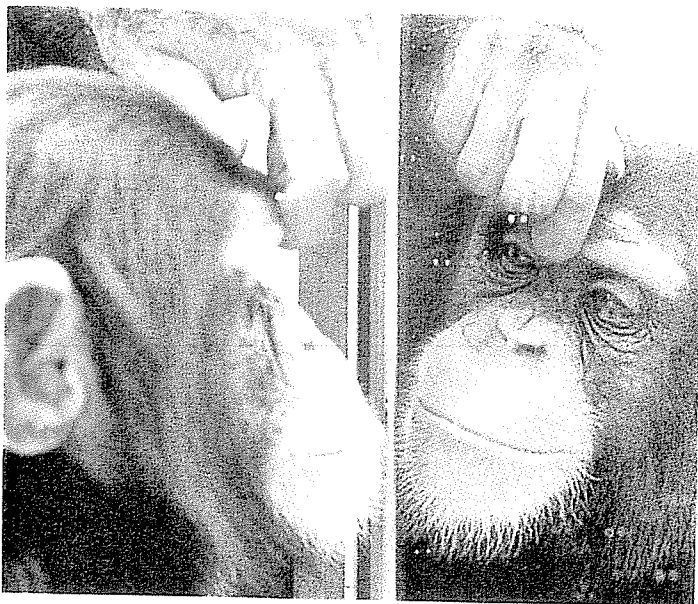
Nella figura **C** puoi vedere il percorso seguito da due raggi di luce, e capire così perché l'immagine sulla carta è capovolta.

Anche gli occhi e le macchine fotografiche funzionano come la camera oscura:

- nell'occhio la pupilla è il forellino in cui entra la luce, e l'immagine capovolta si forma sulla retina;
- nella macchina fotografica il diaframma è il forellino, e l'immagine capovolta degli oggetti si forma sulla pellicola.

verifica

Perché quando siamo a buio *non vediamo* gli oggetti che abbiamo intorno?



● Le immagini virtuali

Quando guardi un oggetto qualsiasi attraverso uno specchio piano, l'immagine che vedi sembra trovarsi *dietro lo specchio*.

Eppure dietro lo specchio non ci sono raggi luminosi: quella che vedi è quindi una immagine virtuale, cioè non reale.

Ma allora, come si è potuta formare?

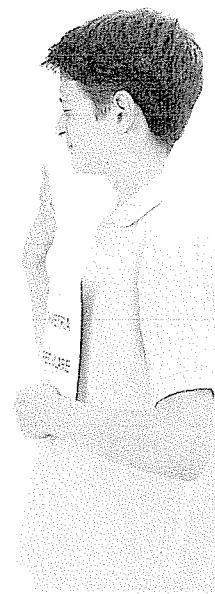
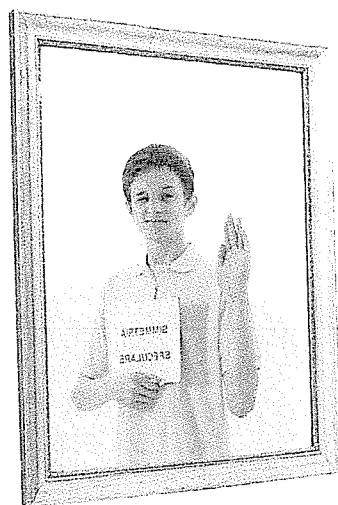
Potrà sembrarti strano, ma le immagini virtuali sono create dal nostro cervello.

Quando gli occhi ricevono raggi di luce, infatti, essi trasmettono l'informazione (sotto forma di segnali nervosi) al cervello.

Il cervello poi usa questi segnali per ricostruire l'immagine degli oggetti che hanno emesso o diffuso la luce.

Nella ricostruzione il cervello fa sempre l'ipotesi che la luce si propaghi in linea retta: quindi, se i raggi sono stati riflessi da uno specchio, il cervello «immagina» il prolungamento rettilineo dei raggi riflessi.

Ed è proprio questo prolungamento dei raggi oltre la superficie riflettente a formare l'immagine virtuale dietro lo specchio, come mostra la figura **D**.



● Lo specchio inverte la destra e la sinistra

Mettiti davanti a uno specchio e osserva attentamente la tua immagine, come sta facendo il ragazzo nella figura **E**.

Se chiudi l'occhio sinistro, l'immagine chiuderà il suo occhio destro, e viceversa. Se alzi la mano destra, l'immagine alzerà la sua mano sinistra, e viceversa.

L'immagine prodotta dallo specchio quindi non è del tutto fedele: rispetto alla realtà lo specchio *inverte la destra e la sinistra*, un procedimento che per questa ragione si chiama simmetria speculare.

L'idea che abbiamo del nostro aspetto è quindi un poco diversa da quella che ne hanno le altre persone.

L'immagine di noi stessi che vediamo ogni mattina nello specchio, infatti, è speculare rispetto a quella che vedono gli altri quando ci guardano.

lo sapevi?

I *catarifrangenti* sono un importante dispositivo di sicurezza per chi va in bicicletta.

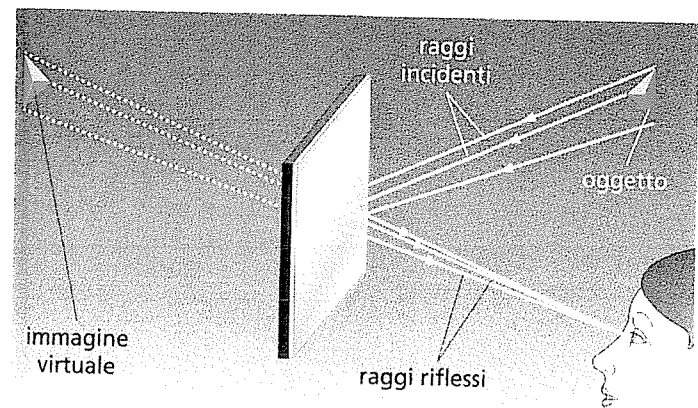
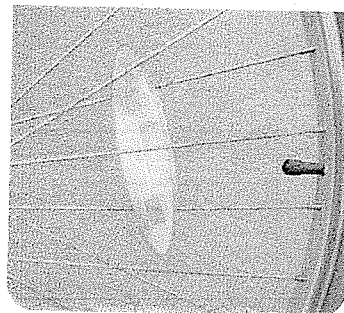
Sono specchi speciali, che riflettono sempre la luce verso la sorgente, dovunque essa si trovi.

Così, se di notte un'automobile si avvicina (provenendo da qualsiasi direzione), il guidatore vedrà il riflesso dei propri fari nel catarifrangente e si accorgerà della presenza della bicicletta.

verifica

Completa questa frase:

In automobile gli retrovisori sono orientati in modo da la luce in arrivo da dietro verso gli occhi del guidatore così gli permettono di controllare il traffico che ha alle spalle.

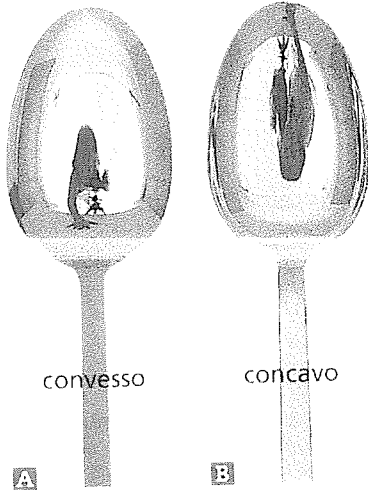


● Gli specchi concavi e gli specchi convessi



Prendi un grande cucchiaio di metallo lucido e osserva attentamente la sua faccia convessa, cioè con la «gobba» rivolta verso di te. Prova ad avvicinarlo al tuo volto e poi ad allontanarlo: come cambia la tua immagine riflessa?

Poi gira il cucchiaio e ripeti le osservazioni guardando la sua faccia concava, prima da lontano e poi sempre più da vicino: che cosa succede ora all'immagine riflessa? ●

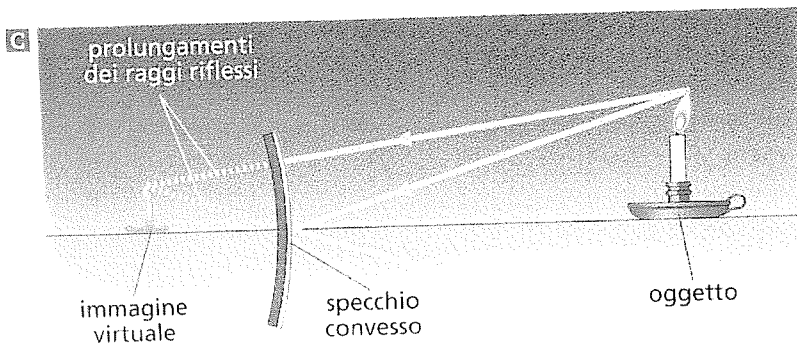


Questo esperimento ti fa scoprire che gli specchi curvi producono sempre immagini deformate, e che i due tipi di specchi hanno proprietà molto diverse tra loro:

- uno specchio convesso produce un'immagine diritta e rimpicciolita (figura **A**), che diventa sempre più piccola se l'oggetto riflesso si allontana dallo specchio;
- uno specchio concavo invece produce un'immagine rimpicciolita e capovolta (figura **B**), che diventa diritta e ingrandita quando l'oggetto riflesso è vicinissimo allo specchio.

Nel caso dello specchio convesso l'immagine è *virtuale*, come per uno specchio piano.

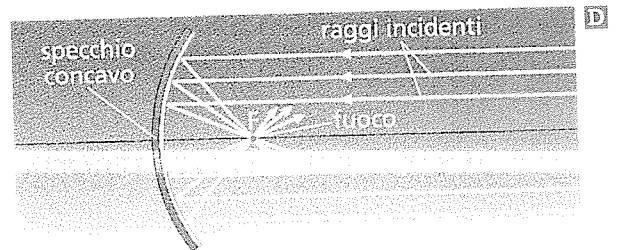
Come mostra la figura **C**, infatti, essa è formata dai *prolungamenti* dei raggi luminosi riflessi dallo specchio.



Gli specchi convessi sono usati sulle strade per migliorare la visibilità nelle curve o negli incroci: l'immagine che riflettono è rimpicciolita, ma permette di abbracciare con lo sguardo una scena molto ampia e quindi di «vedere anche di lato».

● Il fuoco dello specchio concavo

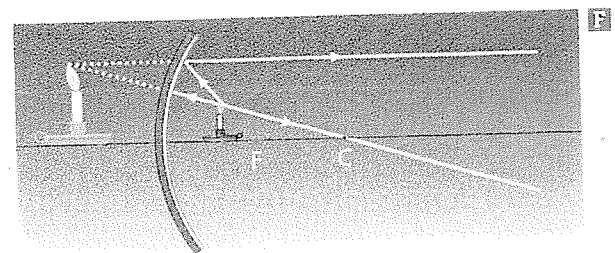
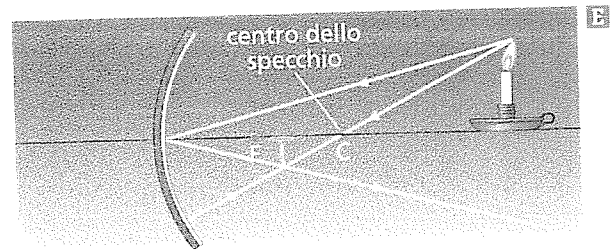
Lo *specchio concavo* ha un'importante particolarità: se riceve un fascio di luce da una sorgente luminosa lontana, tutti i raggi vengono riflessi verso uno stesso punto, chiamato **fuoco** (figura **D**).



Per questa ragione gli specchi concavi sono usati nei *telescopi*: infatti permettono di concentrare nel fuoco la debole luce delle stelle, amplificandola.

Se uno specchio concavo riflette un oggetto posto oltre il fuoco, l'immagine che vediamo è *reale*, rovesciata e rimpicciolita, come nella figura **E**.

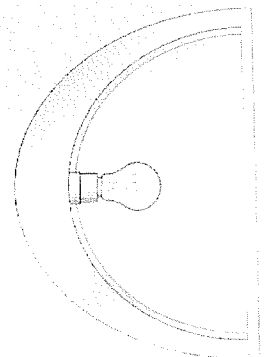
Se invece l'oggetto dista dallo specchio meno del fuoco, l'immagine è virtuale e ingrandita, come nella figura **F**.



lo sapevi?

Un particolare tipo di specchio concavo, detto *specchio parabolico*, è usato nei fari delle automobili.

La lampadina è posta nel fuoco dello specchio, così la sua luce è tutta riflessa in avanti sotto forma di raggi paralleli.



La rifrazione della luce e le lenti



Prendi una bacinella opaca vuota e metti una moneta sul fondo.

Allontanati e abbassa la testa fino a quando la moneta scompare dalla tua vista, coperta dalla parete della bacinella, come nello schema della figura G.

Ora resta immobile, e chiedi a un amico di versare acqua nella bacinella: come per magia, vedrai ricomparire la moneta! ●

La «magia» a cui hai assistito è una conseguenza del fenomeno ottico che i fisici chiamano rifrazione della luce.

Rifrazione significa *deviazione*. Infatti quando un raggio luminoso passa da una sostanza trasparente a un'altra che ha densità diversa, il raggio è deviato, cioè cambia direzione.

È proprio quello che accade nel nostro esperimento, quando la luce riflessa dalla moneta passa dall'acqua all'aria.

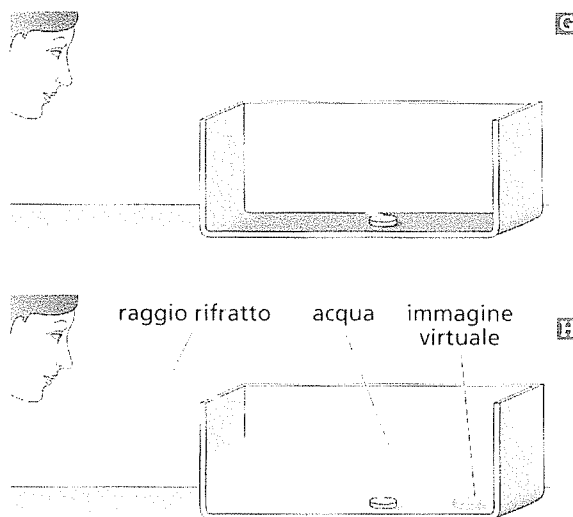
Cerchiamo ora di capire che cosa succede esattamente.

● Come funziona la rifrazione

L'inizio dell'esperimento è raffigurato in modo schematico nella figura G.

Quando nella bacinella non c'è acqua, i raggi di luce provenienti dalla moneta non possono raggiungere i tuoi occhi, perché sono bloccati dalla parete della bacinella.

Quando la bacinella è piena, invece, al passaggio dall'acqua (più densa) all'aria (meno densa) la luce devia: i raggi sono *rifratti* e si allontanano dalla perpendicolare alla superficie di separazione (figura H).

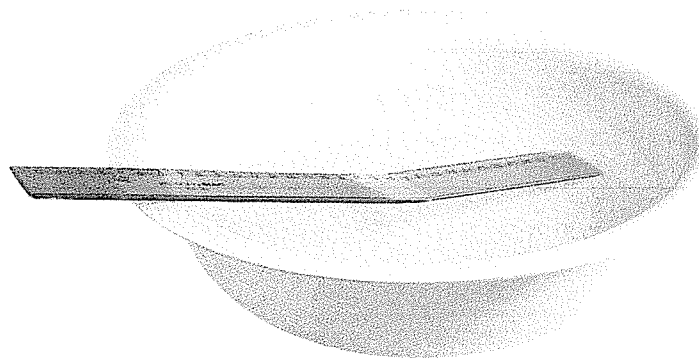


La moneta perciò ti appare «più in su» di dove si trova realmente: riesci di nuovo a vederla perché ai tuoi occhi essa si trova sulla prosecuzione dei raggi rifratti (che è la linea gialla tratteggiata nel disegno).

● Le leggi della rifrazione

Ciò che hai osservato nell'esperimento con la moneta è un esempio di applicazione delle due leggi della rifrazione della luce:

1. se un raggio di luce passa da una sostanza trasparente più densa a una meno densa, per esempio dall'acqua all'aria, esso si allontana dalla perpendicolare alla superficie di separazione tra le due sostanze (e viceversa: se passa da una sostanza meno densa a una più densa, per esempio dall'aria al vetro, il raggio si *avvicina* alla perpendicolare);
2. il raggio incidente, il raggio rifratto e la perpendicolare alla superficie di separazione si trovano nello stesso piano.



Un righello immerso nell'acqua appare spezzato: questa illusione ottica è effetto della rifrazione.

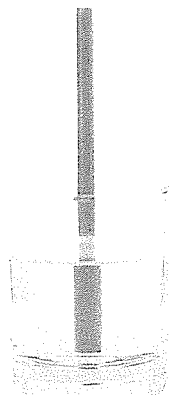
Sperimenta

Una lente fatta di acqua



CHE COSA OCCORRE

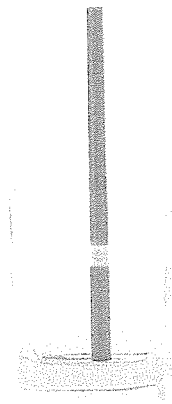
- un bicchiere di vetro trasparente a sezione circolare
- un bicchiere di vetro trasparente a sezione quadrata
- acqua
- una matita



1 Prendi il bicchiere rotondo, riempilo per metà d'acqua e immergi verticalmente una matita.

Guarda il bicchiere da un lato, come nella foto qui a fianco.

Sposta la matita in diverse posizioni e osserva attentamente ciò che succede alla sua parte immersa.



2 Ripeti poi lo stesso esperimento con il bicchiere quadrato.

Questa volta osserverai la matita attraverso la superficie piana del bicchiere. Sposta anche ora la matita in tutte le possibili posizioni.

Confronta tra loro le osservazioni che hai fatto usando i due tipi di bicchiere.

I risultati

Quando usi il bicchiere rotondo, la matita apparirà normale se la tieni attaccata al vetro, dal lato più vicino.

Ma se la allontani verso il bordo opposto, la sua parte immersa si ingrandirà visibilmente (mentre le dimensioni della parte di matita non immersa non cambiano).

Quando invece usi il bicchiere quadrato, non osserverai alcun cambiamento nelle dimensioni della parte immersa della matita, qualunque sia la sua posizione rispetto al vetro del bicchiere.

Riflettiamo sui risultati

- Quali sostanze deve attraversare la luce diffusa dalla matita verso di te, cioè la luce che va a formare nei tuoi occhi l'immagine della matita?
- Qual è la differenza sostanziale, in entrambi gli esperimenti, tra la parte superiore e quella inferiore della matita?
- Che cosa è cambiato tra i due esperimenti? Qual è l'unico elemento che può aver determinato la differenza nei risultati?
- Si vede meglio un pesciolino tenuto in una vasca rotonda o quadrata?

L'esperimento descritto qui sopra permette di costruire un particolare esempio di *lente di ingrandimento*.

I risultati dell'esperimento dimostrano che, per funzionare, la lente richiede:

- la presenza dell'acqua: infatti la parte di matita che non è stata immersa non risulta mai ingrandita;
- la *curvatura* della superficie dell'acqua: infatti con il bicchiere quadrato (cioè quando la superficie dell'acqua non è curva, ma piana) neppure la parte di matita immersa risulta ingrandita.



Lo schema del funzionamento della lente d'acqua.

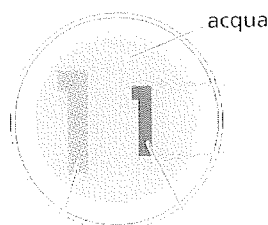


immagine virtuale oggetto immerso



L'effetto di ingrandimento è dovuto alla rifrazione della luce quando essa passa dall'acqua all'aria, come mostra la figura **A**.

Nello schema il bicchiere rotondo è visto dall'alto, e il segmento rosso rappresenta la larghezza dell'oggetto immerso nell'acqua.

I raggi di luce che dall'oggetto viaggiano verso di te sono *rifratti* alla superficie curva che separa l'acqua dall'aria, e convergono verso i tuoi occhi.

I prolungamenti verso sinistra dei raggi rifratti formano l'immagine virtuale ingrandita che hai osservato.

Lo strato di vetro attraversato dalla luce è molto sottile, e non influisce in modo significativo sui risultati dell'esperimento.

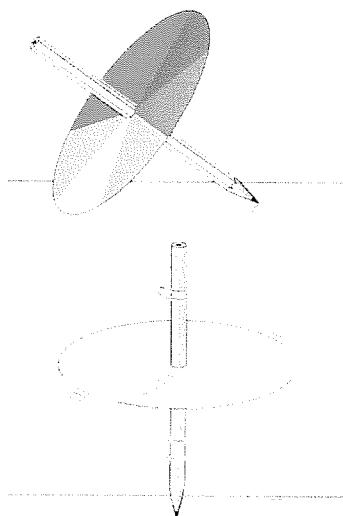
lo sapevi?

La luce si muove a velocità diverse a seconda della sostanza che attraversa.

Nel vetro per esempio essa viaggia a 200 000 km/s, nell'acqua a 255 000 km/s, mentre nell'aria viaggia praticamente come nel vuoto, a $c = 300\,000$ km/s.

Secondo la *teoria della relatività* di Einstein, il valore di c rappresenta un limite insuperabile: nessun oggetto nell'universo può muoversi più rapidamente della luce.

La dispersione della luce



Ritaglia un cerchio di cartoncino e dipingilo a spicchi con i colori dell'arcobaleno, come nella figura qui a fianco.

Fai passare nel centro del disco una matita, poi prendila tra le mani e fai ruotare il disco come una trottola.

Se la rotazione del disco è molto rapida, *vedrai scomparire i colori*: il disco apparirà bianco o grigiastro!

Che cosa è successo?

Dove sono andati a finire i singoli colori? ●

● La sovrapposizione dei colori dell'iride

Nell'esperimento appena descritto interviene un fenomeno chiamato *persistenza delle immagini sulla retina*.

Si tratta di un effetto simile a quello usato nel cinema, dove crediamo di vedere immagini in movimento anche se in realtà viene proiettata una sequenza di fotografie (i fotogrammi del film).

L'effetto dipende dal fatto che ogni immagine che vediamo rimane impressa per un certo tempo sulla retina nei nostri occhi.

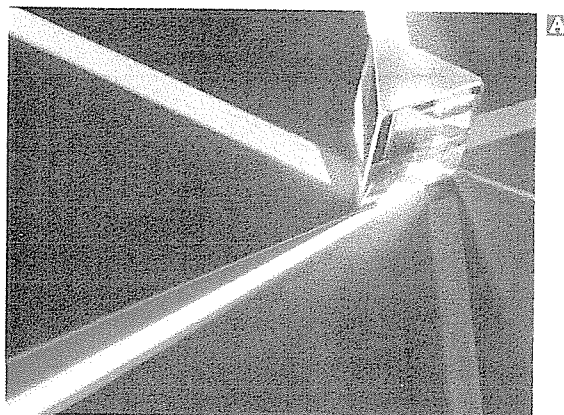
Nei film la sequenza dei fotogrammi è molto rapida: ne vengono proiettati più di 20 ogni secondo.

Il nostro cervello perciò sovrappone ogni immagine alla successiva, e ci dà così l'illusione del movimento.

Quando il disco colorato ruota velocemente, succede la stessa cosa: il nostro cervello «somma» tutti i colori, e come risultato vediamo il disco bianco.

L'esperimento descritto sopra dimostra perciò che il colore bianco contiene in sé tutti i colori dell'arcobaleno.

L'oggetto usato per l'esperimento è chiamato *disco di Newton*, in omaggio al



grande scienziato inglese che per primo scoprì questa proprietà dei colori.

● Il prisma di Newton

Mentre studiava il fenomeno della rifrazione, Isaac Newton provò a mettere un prisma di vetro sul cammino di un raggio di luce bianca, come quella del sole.

Vide così che dal prisma non emergeva luce bianca, ma un fascio di raggi di luce con i colori dell'iride (figura **A**).

Dall'osservazione di questo fenomeno, che è chiamato dispersione della luce, Newton concluse che la luce bianca è il risultato della composizione di luci di colore rosso, arancione, giallo, verde, azzurro, blu-indaco e violetto.

Le luci dei diversi colori subiscono l'effetto della rifrazione in misura diversa: il rosso è il colore deviato in misura minore, il violetto quello deviato in misura maggiore.

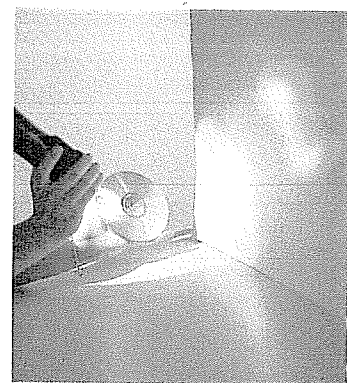
Ciò spiega perché all'uscita dal prisma di vetro i colori sono separati.

Si dice che la luce bianca è *policromatica*, cioè formata da molti colori, mentre la luce verde o la luce rossa sono *monocromatiche*, cioè formate da un singolo colore.

Laser, apparecchi generatori di luce usati per esempio nei lettori di *compact disc*, producono un fascio di luce monocromatica.



La luce prodotta dal laser è monocromatica.



I minuscoli fori presenti sulla faccia registrata di un *compact disc* separano la luce bianca nei sette colori dell'iride. Questo è un esempio del fenomeno che i fisici chiamano *diffrazione della luce*.



● **L'arcobaleno**

L'arcobaleno è un esempio naturale del fenomeno ottico della dispersione della luce.

Quando guardi il cielo con il sole alle spalle, dopo un temporale, le goccioline d'acqua rimaste sospese nell'aria funzionano come tanti minuscoli prismi.

Esse rifrangono la luce bianca del sole e la inviano verso i tuoi occhi, dopo averla separata nei colori dell'iride.

È facile produrre un arcobaleno mentre si annaffia un prato con un tubo. Basta voltare le spalle al sole e mettere un dito sull'estremità del tubo: nello spruzzo di goccioline si formerà l'iride.

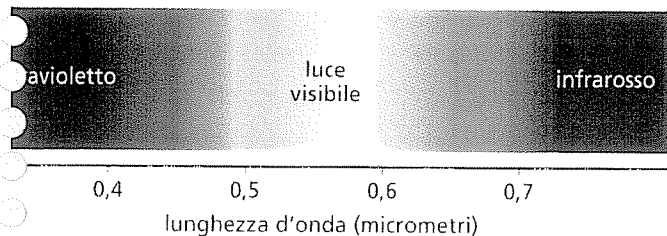
● **Lo spettro della luce**

L'insieme dei sette colori dell'iride emerge dal prisma un po' come un fantasma: per questa ragione Newton lo chiamò spettro della luce.

Oggi sappiamo che la luce è una forma di onda elettromagnetica e che i diversi colori dello spettro corrispondono a onde di lunghezza diversa (figura b)

Inoltre si è scoperto che lo spettro della luce del sole comprende, oltre ai colori visibili, anche altre onde elettromagnetiche che i nostri occhi non possono vedere:

- la radiazione ultravioletta è costituita da onde con lunghezza minore di quelle della luce violetta;
- la radiazione infrarossa è costituita da onde con lunghezza maggiore di quelle della luce rossa.



La luce ultravioletta è la parte della radiazione solare che quando colpisce la nostra pelle ci fa abbronzare.

Può essere dannosa per l'organismo, quindi bisogna sempre fare attenzione a non restare esposti per troppo tempo al sole.

La radiazione infrarossa invece non è emessa soltanto dal sole: tutti gli oggetti, quando hanno temperatura maggiore di quella dell'ambiente in cui si trovano, irraggiano energia nell'infrarosso.

Anche il nostro corpo, per esempio, emette continuamente calore perché la temperatura dell'aria di solito è molto minore della nostra temperatura corporea.

Il calore è emesso sotto forma di onde infrarosse: questa radiazione può essere rivelata dai *binocoli a raggi infrarossi*, che permettono perciò di vedere anche di notte, come nella figura c.



c Questa fotografia è stata scattata di notte con una macchina fotografica sensibile ai raggi infrarossi: mostra un pescatore su un lago ghiacciato.

lo sapevi?

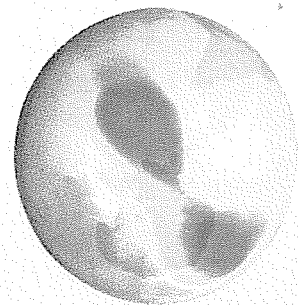
Nella parte superiore della stratosfera esiste uno *strato di ozono* (O₃, cioè ossigeno in molecole formate da tre atomi) che assorbe con efficienza la luce ultravioletta.

Perciò la maggior parte della radiazione ultravioletta in arrivo dal sole è bloccata dall'atmosfera prima di raggiungere il suolo.

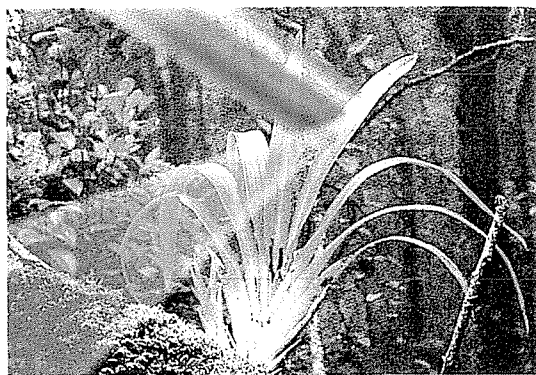
Si tratta di una fortuna, perché in grandi dosi questa radiazione può causare gravi malattie, come i tumori della pelle.

Purtroppo negli ultimi decenni lo strato di ozono si è molto ridotto in alcune parti dell'atmosfera, dando origine a «buchi dell'ozono» come quelli raffigurati in colore più scuro nell'immagine.

Oggi questa è una delle principali emergenze ambientali, a cui si cerca di porre rimedio limitando l'emissione delle sostanze inquinanti che distruggono l'ozono.



Le proprietà dei colori



Gli oggetti che non producono luce propria sono visibili perché, quando ricevono la luce di una sorgente, la diffondono verso i nostri occhi.

Prima di diffondere la luce, però, gli oggetti ne assorbono una parte, e questo fenomeno determina il colore che vediamo.

Infatti il colore degli oggetti è quello della luce che essi **riflettono**, cioè il colore della luce che non hanno assorbito.

Una foglia per esempio ci appare verde perché nelle sue cellule c'è la clorofilla, che assorbe tutti i colori della luce solare *tranne il verde*.

L'unica luce che raggiunge i nostri occhi è quindi la luce verde che la foglia diffonde.

Il bianco e il nero sono colori speciali:

- **gli oggetti bianchi diffondono tutti i colori, senza assorbirli:** appaiono dunque di colore bianco perché riflettono verso i nostri occhi una luce che contiene tutti i colori dell'iride;
- **invece gli oggetti neri assorbono tutti i colori della luce, cioè non ne diffondono nessuno;** si può quindi dire che il nero non è un vero colore, ma piuttosto una *assenza di colore*.

Ora possiamo capire meglio perché gli oggetti neri e quelli bianchi, quando sono esposti al sole, si riscaldano in modo diverso, come abbiamo visto.

Un oggetto nero infatti assorbe (sotto forma di calore) quasi tutta l'energia della luce solare che riceve, mentre un oggetto bianco la riflette quasi tutta.

● Vedere attraverso un filtro



Procurati un foglio di cellophane trasparente rosso (lo usano per esempio i negozianti per i pacchi-regalo) e usalo per coprire il vetro di una torcia elettrica.

Poi accendi la torcia in una stanza buia: vedrai che gli oggetti hanno colori diversi dal solito. Per esempio, le foglie di una pianta non ti appariranno verdi, ma nere! ●

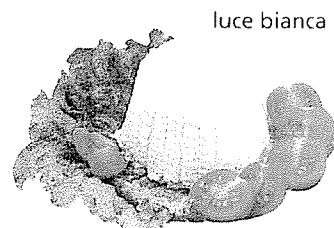
Il cellophane rosso ha quel colore perché assorbe tutta la luce, tranne la luce rossa.

Una sostanza come questa, che lascia passare soltanto la luce di un particolare colore, è chiamata **filtro**.

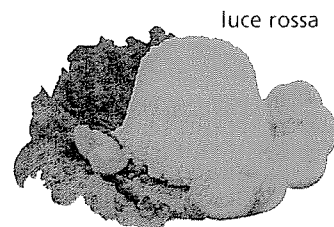
Una torcia con un filtro rosso può emettere soltanto luce rossa.

Se la usi per illuminare una foglia verde, questa apparirà nera: infatti come abbiamo visto le foglie *assorbono* la luce rossa, quindi non la diffondono.

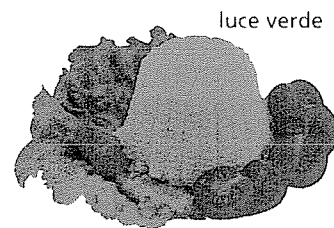
Se invece dirigi la torcia su un pomodoro, che come sappiamo *diffonde* la luce rossa, lo vedrai del colore abituale.



luce bianca



luce rossa



luce verde

Oggetti illuminati con luci di colore diverso.

● I colori primari

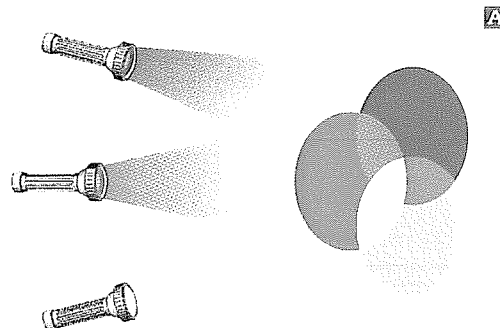


Fissa su tre torce elettriche tre pezzi di cellophane (cioè tre filtri) colorati rispettivamente di rosso, di verde e di blu-violetto.

Poi accendi le torce e dirigile su un muro, come illustrato nella figura **A**.

Vedrai che i tre colori, sovrapponendosi, danno origine ad altri colori:

- il verde e il blu-violetto producono il colore **ciano**;
- il rosso e il blu-violetto producono il colore **magenta**;
- il verde e il rosso producono il **giallo**;
- la somma di verde, rosso e blu-violetto produce il **bianco**. ●



I tre colori usati nell'esperimento sono quindi sufficienti per ottenere il bianco.

Per questa ragione i fisici dicono che rosso, verde e blu-violetto sono i colori primari.

Tutti gli altri colori possono essere prodotti a partire da opportune percentuali dei tre colori primari.

Questo processo, chiamato *sintesi additiva* dei colori, è sfruttato negli schermi della televisione e del computer.

Se per esempio osservi con una lente di ingrandimento lo schermo di un televisore acceso, vedrai che ogni minuscolo elemento dell'immagine (o *pixel*) è formato proprio da sostanze che emettono luce dei tre colori primari.

● Il colore del cielo e quello del sole

L'aria dell'atmosfera terrestre contiene principalmente azoto.

Le molecole dell'azoto, quando sono colpite dalla luce bianca del sole, diffondono molto la luce blu, meno quello verde e gialla, meno ancora quella rossa.

Per questa ragione il cielo di giorno appare azzurro.

A mezzogiorno il sole ci appare giallo, anziché bianco, perché la sua luce perde un po' di azzurro mentre attraversa l'atmosfera.

Invece all'alba e al tramonto, quando il sole è basso sull'orizzonte, la sua luce deve attraversare uno strato di atmosfera molto più spesso, perché i raggi sono inclinati.

La luce blu e quella verde allora sono diffuse fino a «esaurirsi», e a terra arrivano soltanto un po' di luce gialla e la luce rossa: il sole perciò appare arancione o rosso.

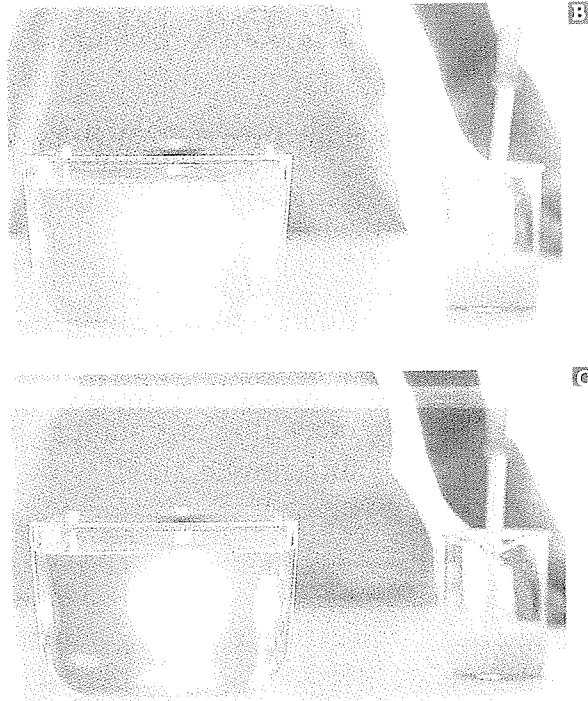


Puoi simulare questo fenomeno con un semplice modello.

Riempi d'acqua un contenitore di vetro trasparente lungo 20-25 centimetri.

Poi accendi una torcia elettrica e mettila di fronte a una parete del recipiente, così che il fascio di luce attraversi l'acqua ed emerga dalla parete opposta (figura B).

La luce che emerge dall'acqua apparirà bianca. Ora aggiungi con un contagocce



due o tre gocce di latte, e aspetta che si mescoli all'acqua: la luce della torcia apparirà più gialla.

Aggiungi ancora qualche goccia di latte, e la luce diventerà arancione (figura C).

Le particelle del latte disciolte nell'acqua hanno un effetto simile a quello delle molecole di azoto dell'atmosfera.

Se aggiungi latte la luce incontra un numero maggiore di particelle, proprio come se dovesse attraversare uno strato più spesso di atmosfera.

Le componenti violetta, azzurra e verde della luce bianca sono assorbite sempre più dalle particelle del latte: per questa ragione dal liquido emerge una luce che tende al rosso.

verifica

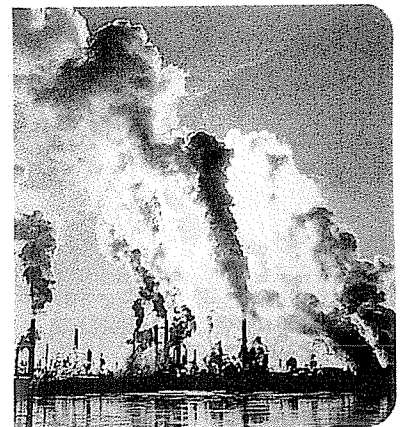
Di che colore appare il sole a un astronauta in orbita fuori dell'atmosfera terrestre?

lo sapevi?

Il pulviscolo disperso nell'atmosfera, al contrario dell'azoto, diffonde la luce gialla e rossa molto più di quella verde e blu.

Per questa ragione in città, quando c'è smog, il cielo appare giallastro.

L'aria infatti è piena dei fumi emessi dai tubi di scarico delle automobili e da altre fonti di inquinamento.



LE COSE DA RICORDARE

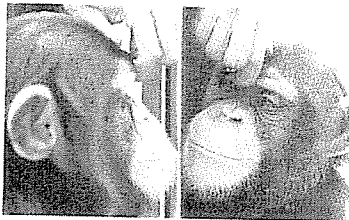
Completa il riassunto del capitolo con queste parole-chiave:



La luce è una forma di radiazione che trasmette _____ a distanza e si propaga anche nel vuoto, con una _____ di 300 000 km/s

Vediamo ciò che ci circonda perché i nostri occhi ricevono i raggi di luce emessi dalle _____ luminose e quelli _____ dagli oggetti illuminati

Gli oggetti _____ bloccano la luce, mentre quelli _____ vengono attraversati dalla luce. Lo specchio _____ la luce; i raggi incidenti e i raggi riflessi formano angoli eguali con la perpendicolare alla sua superficie



Negli specchi piani l'immagine è diritta e mantiene le dimensioni dell'oggetto riflesso. Gli specchi _____ invece producono immagini deformate che possono essere ingrandite o rimpicciolite, diritte o capovolte

Quando la luce passa da una sostanza trasparente a un'altra di densità diversa, come dall'aria all'acqua, i raggi cambiano _____: questo fenomeno è chiamato _____

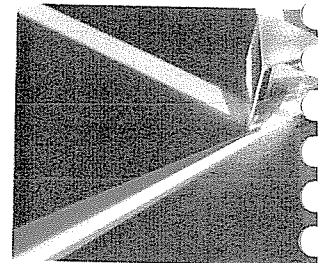
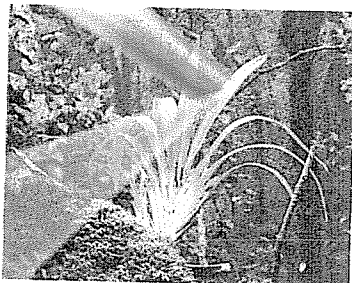
Sulla rifrazione si basa il funzionamento delle _____, quelle convergenti sono usate per ottenere immagini _____, reali o virtuali, degli oggetti. Le lenti divergenti invece producono sempre un'immagine _____ e rimpicciolita.

La luce bianca del sole, quando attraversa un prisma di vetro, si separa nei diversi colori dello _____ questo fenomeno è chiamato _____ della luce

Se un oggetto illuminato _____ la luce di tutti i colori tranne uno, esso diffonde la luce del colore che non ha assorbito, quindi ci appare di quel colore.

Gli oggetti _____ diffondono tutti i colori senza assorbirli, mentre gli oggetti _____ assorbono tutti i colori e non diffondono luce.

Tutti i colori possono essere ottenuti a partire dalla luce dei tre colori _____, che sono il rosso, il blu-violetto e il _____



assorbe
bianchi
curvi
diffusi
direzione
dispersione
energia
ingrandite
lenti
neri
opachi
primari
riflette
rifrazione
sorgenti
spettro
trasparenti
velocità
verde
virtuale

LO SAI?

CONOSCENZE: VERIFICA CIÒ CHE HAI IMPARATO

1 A differenza del suono, la luce:

- A ha una natura ondulatoria
- B non si propaga nei liquidi
- C si propaga anche nel vuoto
- D non può essere riflessa

2 Un oggetto che assorbe o riflette la luce, senza lasciarsi attraversare da essa, è detto:

- A obliquo
- B opaco
- C traslucido
- D rigido o compatto

3 Uno specchio *convesso* produce un'immagine che:

- A appare rovesciata e rimpicciolita
- B appare rovesciata e ingrandita
- C non è mai deformata
- D appare sempre diritta

4 La *rifrazione* della luce comporta sempre:

- A la deviazione del raggio luminoso
- B l'assorbimento del raggio di luce
- C lo sdoppiamento della luce
- D il rallentamento della luce



5 Quando la luce è riflessa da una superficie irregolare, non piana, si ha:

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A diffusione della luce
- B rifrazione della luce
- C dispersione della luce
- D riflessione della luce in tutte le direzioni

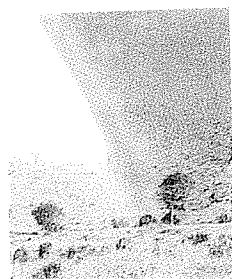
6 Per correggere il difetto della vista chiamato *miopia* si fa uso di lenti: [DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A convergenti
- B di forma (bi)convessa
- C divergenti
- D di forma (bi)concava

7 A quale fenomeno ottico sono dovuti i colori dell'*arcobaleno*?

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A alla diffusione della luce solare
- B alla riflessione luminosa
- C alla diversa rifrazione dei colori che compongono la luce solare
- D alla dispersione della luce bianca del sole



8 Il colore azzurro del cielo è dovuto:

[DUE RISPOSTE GIUSTE]

- A all'atmosfera attraversata dalla luce del sole
- B alla luce del sole riflessa da mari e oceani
- C all'anidride carbonica presente nell'aria
- D alla diffusione della luce solare da parte dell'azoto

9 Associa logicamente i termini della colonna di sinistra a quelli della colonna di destra.

arcobaleno	diffusione
colore	dispersione
lente	ombra
opacità	riflessione
specchio	rifrazione

10 Completa la seguente frase aggiungendo le parole mancanti.

Uno specchio convesso produce un'immagine virtuale e rimpicciolita, che diventa sempre più quando l'oggetto riflesso si avvicina allo specchio

11 Tra i seguenti termini ce ne sono due che non hanno nulla a che fare con l'ottica: trovali ed eliminali con una croce.

arcobaleno, bilancia, binocolo, decibel, fuoco, immagine virtuale, microscopio, rifrazione

12 Soltanto una tra le seguenti affermazioni è corretta: identificala e sottolineala.

La luce si propaga soltanto nel vuoto

La luce si riflette soltanto sui corpi traslucidi

La rifrazione della luce avviene soltanto nelle sostanze trasparenti

I corpi opachi si lasciano attraversare soltanto parzialmente dalla luce

Un corpo è blu quando assorbe soltanto la luce di colore blu.

13 La frase seguente contiene un errore: trovalo, sottolinealo e correggilo.

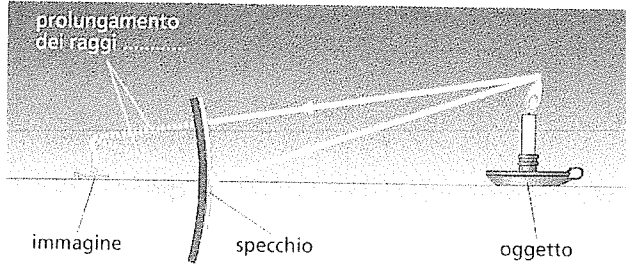
Se un raggio di luce passa da una sostanza trasparente più densa a una meno densa, per esempio dall'acqua all'aria, esso subisce una deviazione e si avvicina dalla perpendicolare alla superficie di separazione tra le due sostanze



LO SAI FARE?

COMPETENZE: OSSERVA E PROVA A FORMULARE IPOTESI

14 Osserva questo schema della riflessione della luce in un particolare tipo di specchio. Poi completalo scrivendo le parole mancanti.



18 Spiega che cos'è il fuoco di una lente convergente.

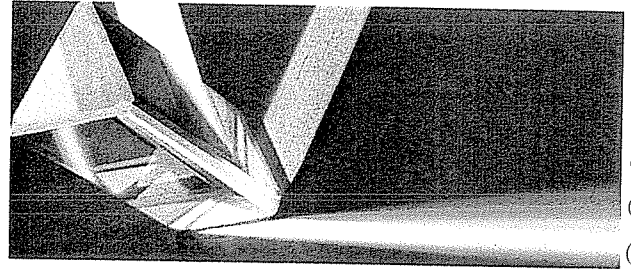
.....

.....

.....

.....

19 Spiega in che cosa consiste il fenomeno della dispersione della luce.



.....

.....

.....

.....

15 Spiega da cosa è causato il fenomeno che si osserva in questa fotografia.



.....

.....

16 Quando un fascio di luce incontra un ostacolo opaco, si origina sempre un fascio riflesso? Rispondi e spiega perché.

.....

.....

17 Sai spiegare che cos'hanno in comune e in che cosa differiscono le immagini prodotte da uno specchio convesso e quelle prodotte da uno specchio piano?



.....

.....

.....

.....

20 Sai spiegare perché il fogliame delle piante è verde, e perché il cielo invece è azzurro?



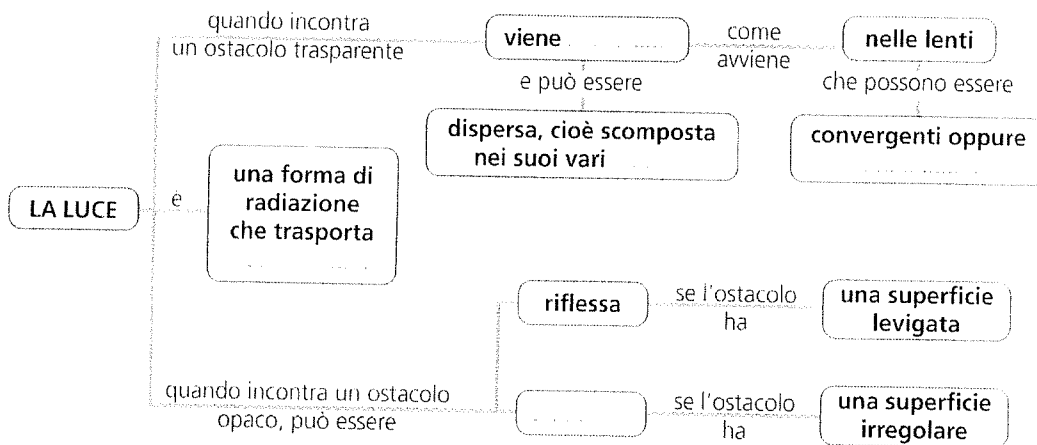
.....

.....

.....

.....

MAPPA DEI CONCETTI Completa la mappa scrivendo le parole che mancano:

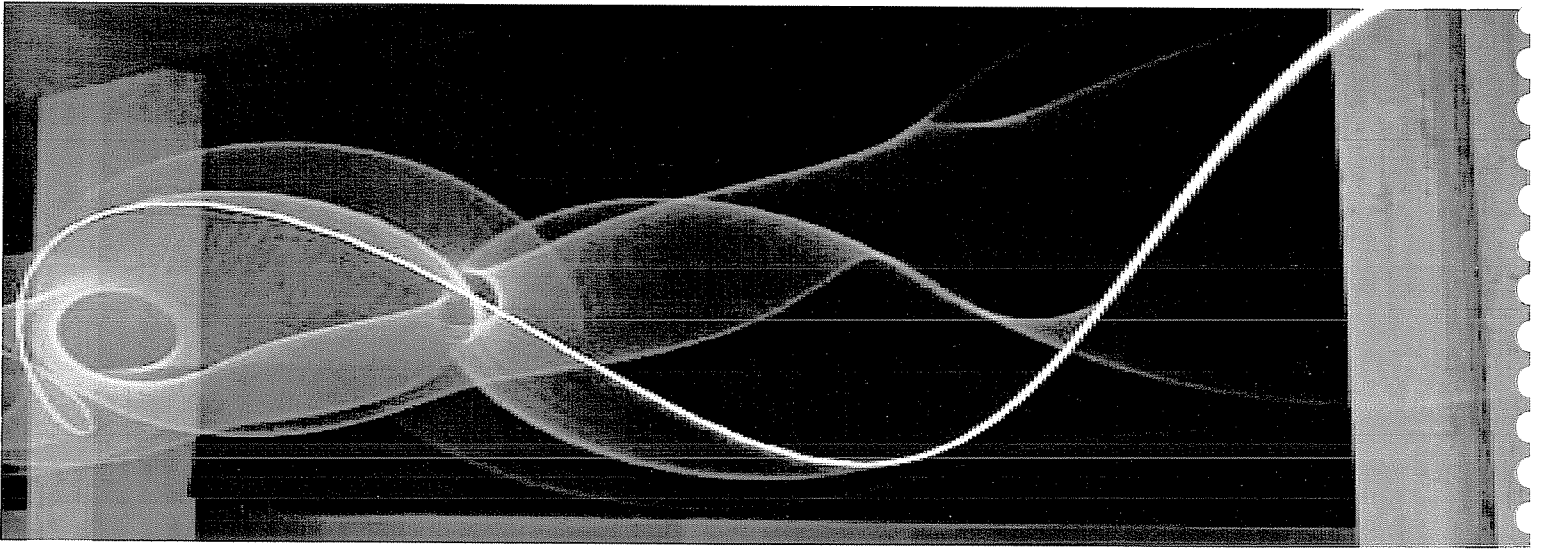


Mappa concettuale

Le basi della Clinica

Mappa concettuale

Il suono



Mapa concettuale

