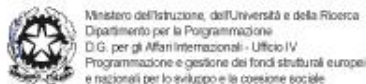
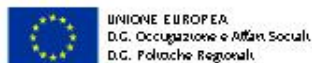


La teoria cinetico molecolare

A cura di M. Falasca, G. Guaglione, L. Lucesole



Sommario

Le trasformazioni.....	3
Introduzione.....	4
Descrizione attività.....	5
<i>Investigazione 1</i>	6
<i>Investigazione 2</i>	7
<i>Investigazione 3</i>	7
<i>Investigazione 4</i>	8
<i>Investigazione 5</i>	8
<i>Investigazione 6</i>	8
<i>Investigazione 7</i>	9
<i>Investigazione 8</i>	10
<i>Investigazione 9</i>	11
<i>Investigazione 10</i>	12
<i>Investigazione 11</i>	13
<i>Investigazione 12</i>	15
<i>La teoria particellare dei materiali</i>	19
Altre attività con gli studenti.....	28
Bibliografia e sitografia.....	30
Protocollo per la sperimentazione.....	31

Le trasformazioni

Obiettivi dell'attività (lato docente e lato studente):

1. Riconoscere che i materiali sono formati da particelle microscopiche separate da spazi vuoti.
2. Comprendere che le particelle microscopiche, che compongono solidi, liquidi e gas, hanno massa e sono in costante moto.
3. Distinguere gli atomi dalle molecole e dagli ioni.
4. Distinguere le sostanze pure, come elementi e composti, dai miscugli.
5. Spiegare che ci sono un centinaio di elementi diversi, ordinati nella Tavola Periodica, che si uniscono per formare le molecole dei composti.
6. Rappresentare elementi, composti e miscugli mediante il modello particellare.

Competenze (lato studente)

1. Spiegare che, a livello atomico – molecolare, i materiali sono discontinui anche se macroscopicamente appaiono continui.
2. Utilizzare il modello cinetico – molecolare per interpretare le trasformazioni fisiche e chimiche.
3. Distinguere le osservazioni dalle spiegazioni delle trasformazioni fisiche e chimiche mediante il modello particellare.
4. Registrare le osservazioni con un linguaggio chiaro, conciso e corretto.
5. Spiegare che gli atomi e le molecole hanno alcune proprietà degli oggetti macroscopici (per esempio, massa e volume) ma non hanno altre proprietà come temperatura, colore, punto di fusione, punto di ebollizione, densità, ecc..

Tempo medio per svolgere l'attività in classe

Il tempo da dedicare a ciascuna investigazione, seguita dalla discussione e dalla costruzione della comprensione – competenza, è di 1 ora. Siccome le attività proposte sono 12, sarà la scelta oculata, operata dal docente, a stabilire la durata effettiva dell'attività in classe, che non dovrebbe superare le 10 ore complessive. Una modalità importante, per riflettere meccanicamente sulle diverse investigazioni, è la costruzione finale di una mappa concettuale. La costruzione della mappa si può fare mediante il software, messo a disposizione dall'Institute for Human and Machine Cognition della Università della Florida, scaricabile gratuitamente dal seguente sito:

www.ihmc.us

Introduzione

Le stelle e i pianeti sono in perenne moto nello spazio vuoto in cui sono immersi. La nostra stella, il Sole, si muove a grandissima velocità verso il centro della Galassia (a circa $220 \text{ km/s} = 792.000 \text{ km/ora}$). La Terra gira intorno al Sole "appena" alla velocità di circa 30 km/s , che corrisponde a una velocità di 108.000 km/h .

Oggi pensiamo che il Sistema solare si sia formato dall'aggregazione di una immensa quantità di gas freddi, distribuiti in maniera pressoché omogenea su una vasta regione dello spazio, in gran parte vuoto. Questi gas sparpagliati formavano una nebulosa e il sistema solare ha preso forma da questi gas, circa 4,6 miliardi di anni fa. Gli atomi dei materiali, dai quali è nata la Terra, sono praticamente gli stessi che oggi compongono il nostro pianeta. Gli atomi sono continuamente riciclati e passano da una roccia all'altra, da un materiale all'altro e da un organismo all'altro, ma il tipo di atomi e il loro numero sono sostanzialmente gli stessi di 4,6 miliardi di anni fa, non considerando i meteoriti piovuti sulla Terra, in questo largo intervallo temporale, e il decadimento radioattivo di qualche elemento, per esempio il Tecnezio, che non è più presente sulla Terra. I modelli matematici interpretativi dell'Universo e del mondo microscopico sono diversi, ma il mondo microscopico, che è fatto di particelle separate da spazi vuoti, ha qualche rassomiglianza col Sistema solare.



La figura mostra un astronauta nello spazio vuoto che circonda la Terra, superata l'atmosfera terrestre.

"Se il nostro mondo dovesse improvvisamente sparire, perché distrutto da un cataclisma, l'unico concetto col maggior numero di informazioni da tramandare ai posteri è questo, sosteneva Richard Feynman: tutti gli oggetti sono formati da atomi [o da molecole], particelle piccolissime che si muovono in ogni direzione [nello spazio vuoto], senza mai fermarsi". Sostiene Dudley Herron: "Se la teoria atomica e molecolare è introdotta, a partire da un semplice schema che sottolinea il movimento e lo spazio vuoto fra le particelle, questo schema può essere usato per spiegare una gran quantità di chimica e di fisica..". Nella Scuola Secondaria Superiore lo schema, che descrive il mondo microscopico di atomi e molecole, si potrà allargare senza un oneroso sforzo cognitivo.

Per finire alcune considerazioni di scienziati del '600 e del '700 sull'idea particellare. Boyle aveva osservato che il volume e la pressione di un gas aumentavano con il riscaldamento e Newton riteneva che tale comportamento dipendesse dalla repulsione fra le particelle costituenti, che si allontanavano e si distanziavano. Anche il russo Mikhail Lomonosov (1711 – 1765) ipotizzava che la dilatazione termica di solidi, liquidi e gas fosse dovuta al movimento delle particelle e che il calore si propagasse grazie al movimento delle molecole, che egli distinse dagli atomi (1748). Sorprende la correttezza delle idee di Lomonosov, circa cinquant'anni prima del modello atomico di Dalton e del concetto di molecola di Avogadro. Ma le idee di Lomonosov restarono sconosciute, perché gli scienziati dell'epoca avevano scarsa dimestichezza con la lingua russa.

Descrizione attività

Qual è la sequenza delle attività per costruire il modello particellare ?

La prima attività da proporre consiste nell'identificazione di due liquidi incolori (acqua e alcol) mediante l'odorato. "Come raggiunge il tuo naso l'odore di uno dei due liquidi ?" A partire da questa domanda si discute e si aiutano gli studenti a comprendere che la materia è fatta di particelle. Gli allievi descrivono il proprio pensiero e si chiede loro di spiegare come l'odore si trasferisce dal liquido, o da una qualsiasi altra sostanza odorosa, al nostro naso. Il docente fa notare che in questa investigazione c'è un rivelatore (il naso), una sorgente dell'odore, il movimento delle piccole particelle odorose, che non vediamo perché troppo piccole, che si spostano dalla sorgente al naso.



Riconoscere gli aromi di un vino mediante l'odorato

Dopo aver fatto notare che le particelle sono invisibili, perché estremamente piccole, *si avvia la discussione* sul concetto di particella microscopica.

Nella seconda lezione gli studenti, discutono e apprendono che la materia ha una massa, ha un volume e che può esistere allo stato solido, allo stato liquido e allo stato gassoso.

Si sottolinea che pure i gas e i vapori hanno un volume e una massa, che si possono misurare. Al termine della lezione gli allievi devono essere convinti che il gas (o il vapore) è materia. Tale convinzione, conquistata con la discussione e il ragionamento, è fondamentale per la comprensione della natura dell'aria e della modalità con cui gli odori viaggiano e attraversano l'aria. Una buona esperienza è quella di spruzzare, davanti alla classe, un profumo e chiedere agli allievi di alzare la mano, appena

l'odore arriva al proprio naso. Le attività che forniscono le prove che tutti gli oggetti hanno una massa ed hanno un volume, compresi i gas, hanno lo scopo di convincere gli studenti che le evidenze macroscopiche servono per spiegare il mondo dell'infinitamente piccolo, ossia il mondo degli atomi e delle molecole. In coda alla lezione, gli studenti discutono e disegnano il modello dell'aria ed usano questo modello per descrivere e spiegare le proprietà di tutti i gas. Solo dopo aver costruito un modello di gas fatto di particelle, separate da spazi vuoti, si introduce l'idea che le particelle sono in moto perpetuo. Per spiegare il concetto di movimento delle particelle si prendono due liquidi trasparenti (una soluzione di acido cloridrico e una soluzione di ammoniaca) e si osservano i colori che assumono due strisce di indicatore universale, tenute sospese sopra i due liquidi e senza venire in contatto coi liquidi. Tale attività comporta pure la comprensione, dopo aver discusso, che i due liquidi, che sembrano uguali, sono in realtà diversi perché le loro particelle microscopiche, ossia le molecole, sono diverse. Il docente farà bene a sottolineare che ciascuna sostanza ha proprietà caratteristiche dovute alla struttura delle sue molecole. Quindi, le sostanze si possono distinguere sulla base delle differenti proprietà, perché sono costituite da molecole diverse. Compreso questo concetto, si introducono i termini *elemento*, *atomo* e *molecola*. Gli allievi cominciano ad usare questi termini, al posto di quello generico di "particella".

I concetti appresi in precedenza, che tutti gli oggetti, compresi i gas e il vapor d'acqua, sono fatti di particelle microscopiche, separate da spazi vuoti, insieme all'idea del perenne moto di tali particelle, servono per comprendere i passaggi di stato già spiegati nella Unità 1.

Per ciascuna investigazione, si devono predisporre opportuni spazi di riflessione.

"Cercate di ripensare mentalmente a quanto avete investigato". E` questo il consiglio da ripetere, durante le varie fasi del processo investigativo. Al termine di ogni risoluzione di problema, teorico o sperimentale, si chiederà agli allievi di riflettere sulla strategia di risoluzione. Il gruppo discuterà pure della generalizzazione della strategia alla soluzione di altri problemi, anche fuori del contesto scolastico. Per appassionare gli allievi alle prime armi, si può proporre il gioco delle " 20 domande ". L'insegnante porta in classe un campione di un solido, che bisogna identificare. Gli studenti possono fare solo 20 domande e il docente risponderà solo con dei "si " o dei " no ".

I cinque atti mentali coinvolti nel completamento di una investigazione sono: portare attenzione a quanto si sta facendo con le proprie mani e con la propria mente, comprendere i concetti collegati con l'esperimento, memorizzare le abilità manipolative e le strategie risolutive, immaginare cosa accade a livello atomico - molecolare, riflettere sulle possibili applicazioni di quanto appreso durante l'investigazione.

Investigazione 1

Come posso riconoscere l'alcol mediante l'odore dei suoi vapori ?

Si mostrano agli allievi due becher con due liquidi trasparenti, acqua e alcol, e si chiede loro di riconoscerli attraverso il senso dell'odorato. Il docente spiegherà che non è possibile sentire l'odore dell'acqua, perché i sensori del nostro naso sono già a contatto con le particelle dell'acqua, di cui essi stessi sono costituiti. Al termine gli

studenti discutono e rispondono alle seguenti domande. "Perché sentiamo l'odore dell'alcol? L'odore che arriva al nostro naso si può vedere? Perché è invisibile?"

Investigazione 2

L'aria è un materiale continuo o è formato da particelle che hanno una massa ed hanno un volume?

Per questa investigazione c'è bisogno di una siringa da 50 mL, di una bilancia digitale al centesimo di grammo, della plastilina per chiudere il foro di uscita della siringa e di un elastico.

^ Pesa la siringa, contenente 30 mL d'aria, il tappo di plastilina e l'elastico. Qual è la massa? Qual è il volume? Spingi il pistone della siringa e ferma il pistone, nella nuova posizione, con l'elastico. Qual è il nuovo volume? La massa è cambiata?



Discuti col gruppo e poi disegna la struttura microscopica del gas. Ripeti l'esperimento riempiendo la siringa d'acqua. Riesci a comprimere l'acqua? In che cosa sono diversi e quali sono le somiglianze fra il gas e il liquido? C'è maggiore spazio vuoto fra le molecole del gas o le molecole dell'acqua? L'acqua liquida si può trasformare in vapore? Se riempi la siringa col vapor d'acqua riesci a comprimerlo come hai fatto con l'aria?"

Investigazione 3

Le molecole sono ferme o sono in perenne moto, come sostiene Feynman?

Questa investigazione viene condotta dal docente, che spruzza dalla cattedra un profumo verso la classe. Il docente spruzza in aria una quantità limitata di profumo. Il docente chiede ai ragazzi di alzare la mano, appena sentono l'odore del profumo. Gli allievi alzano la mano tutti insieme? "Quale azione esercita l'aria? Che cosa c'è fra le particelle d'aria, che consente al profumo di raggiungere il nostro naso? Descrivi il fenomeno e spiega cosa accade a livello microscopico. Se non ci fosse l'aria, le particelle microscopiche del profumo raggiungerebbero lentamente o velocemente il nostro naso?"

Investigazione 4

Le molecole sono ferme o sono in perenne moto, come sostiene Feynman ?

L'investigazione riguarda la solubilizzazione di un colorante per alimenti in due bicchieri contenenti acqua fredda e calda.

“L'insegnante ti consegna due bicchieri, il primo contiene acqua fredda e il secondo acqua calda. Versa in ciascun bicchiere una goccia di colorante. Cosa osservi ? In che cosa differiscono i due bicchieri, dopo aver aggiunto il colorante ? In quale bicchiere il colorante si disperde più velocemente ? Come spieghi il fenomeno ? Puoi dimostrare che le molecole d'acqua e del colorante sono in perenne movimento ?”

Investigazione 5

Le particelle microscopiche sono in moto e non si fermano mai ?

Il docente farà vedere due liquidi incolori in due becher (sono due soluzioni di media concentrazione di acido acetico e di ammoniaca) e chiederà loro se sono formati dallo stesso materiale. Dopo aver discusso, il docente terrà sospese, sopra e non a contatto dei liquidi, due cartine indicatrici universali umide. “Quali colori assumono le due cartine universali ? Perché le cartine hanno cambiato colore ? Le particelle microscopiche dei due liquidi sono ferme o sono in moto costante e non si fermano mai ?”

Investigazione 6

Investigare sulla densità dell'acqua, dell'alcol, dei metalli.

Le investigazioni sulla densità del Primo anno della Scuola Secondaria di primo grado vanno riproposte (specialmente quelle sull'aria, l'acqua, l'alcol), perché la densità è il concetto che si presta meglio ad essere collegato al modello cinetico - molecolare della materia. La densità dei materiali, siano essi solidi, liquidi o gassosi, è la misura della compattezza del materiale, ossia della massa del materiale nell'unità di volume. La densità ci fa vedere di quanto le particelle piccolissime, che compongono tutti i materiali, siano “pigiante” in un dato spazio. Difatti, *la densità di un materiale dipende sia dalla massa delle particelle sia dalle distanze che separano le particelle, a livello microscopico*. Perciò conviene discutere in classe la densità di alcuni elementi metallici della Tavola Periodica e mostrare che, talvolta, gli elementi solidi, *che hanno atomi meno pesanti*, hanno una densità *maggiore* di altri elementi con atomi più pesanti (confrontare il caso dell'osmio con quello dell'oro della Unità 1 ed usare la Tavola per trovare altre coppie di elementi con analogo comportamento). La seguente tabella elenca alcuni elementi metallici che si comportano come l'osmio e l'oro.

Tabella Peso atomico e densità dei principali metalli

Metallo	Peso atomico	Densità (g/cm ³)
Cromo	52	7,14
Ferro	55,85	7,86
Nichel	58,69	8,9
Rame	63,55	8,96
Zinco	65,39	7,14
Stagno	118,7	7,30
Piombo	207,2	11,4
Platino	195,1	21,4

Questo comportamento irregolare ci suggerisce che in un cm³ di metallo ci possono essere atomi in numero variabile, da metallo a metallo.

“Perché il Piombo, pur avendo un peso atomico più grande del Platino, ha una densità uguale a circa la metà di quella del Platino ? In 1 cm³ di quale dei due metalli ci sono più atomi ? In 1 cm³ di quale dei due metalli c'è più spazio vuoto ”?

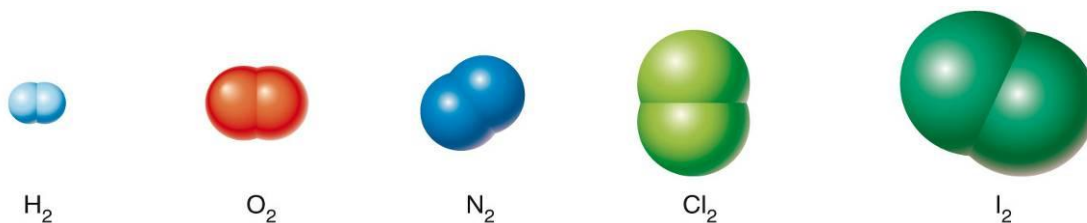
Inoltre, gli allievi costruiranno grafici, ponendo sulle ascisse la massa e sulle ordinate il volume di oggetti diversi. Dall'investigazione ricaveranno che i dati sperimentali si collocano lungo una retta, per gli oggetti di uno stesso materiale, e che l'inclinazione della retta permette loro di calcolare la densità del materiale.

Investigazione 7

Un litro di qualsiasi gas, alla stessa temperatura e pressione, contiene lo stesso numero di atomi e/o molecole ?

Suggeriamo di indagare anche sul comportamento *regolare* degli elementi gassosi della Tavola Periodica, la cui densità cresce con la massa degli atomi o delle molecole costituenti. Ciò vuol dire che in 1 litro di qualsiasi gas c'è sempre lo stesso numero di particelle?

Confrontiamo l'idrogeno, l'elemento con massa minore della Tavola Periodica, con l'ossigeno. I due gas hanno una molecola diatomica: H_2 , O_2 .



Conoscendo le densità dei due gas a $0^\circ C$ e a 1 atmosfera, rispettivamente $0,0899 \text{ g/L}$ per H_2 e $1,44 \text{ g/L}$ per O_2 , possiamo calcolare il peso atomico O per l'ossigeno? Proviamo a farlo:

$$\frac{\text{(densità ossigeno)}}{\text{(densità idrogeno)}} = \frac{2 \cdot O}{2 \cdot H} = \frac{O}{1} = 1,44 \text{ g/L} : 0,0898 \text{ g/L} = 16$$

= Peso atomico dell'ossigeno O

O = Peso atomico dell'ossigeno

H = Peso atomico dell'idrogeno, che è uguale a 1.

Il valore trovato è la massa atomica dell'ossigeno, detto anche peso atomico, come si può controllare sulla Tavola Periodica. Perché è possibile calcolare il peso atomico dividendo semplicemente la densità dell'ossigeno per la densità dell'idrogeno? Perché il volume di 1 L di qualsiasi gas, per esempio idrogeno ed ossigeno, contiene sempre lo stesso numero di particelle, siano esse atomi o molecole. Tale regolarità non è riscontrabile per gli elementi allo stato solido, come abbiamo dimostrato nella precedente investigazione.

“Ricava dalla Tavola Periodica la densità dell'azoto, il gas più abbondante (78%) presente nell'aria, e la densità dell'idrogeno e poi calcola il peso atomico dell'azoto, che ha una molecola diatomica N_2 , con la stessa procedura descritta”.

Investigazione 8

I materiali sono continui oppure sono formati da particelle microscopiche?

L'investigazione vuol far riflettere gli allievi sulla conservazione della massa e non del volume di due liquidi miscibili come acqua ed alcol a 95° .

“Sul piatto di una bilancia digitale poni due cilindri da 100 mL contenenti, il primo 50 mL di acqua e il secondo 50 mL d'alcol etilico oppure di acetone.

Registra la massa (1) dei due cilindri e, subito dopo, versa il contenuto del primo cilindro nel secondo.

Controlla di nuovo la massa (2). La massa, dopo il mescolamento, è cambiata o è la stessa? Perché?

I volumi iniziali erano $50 \text{ mL} + 50 \text{ mL} = 100 \text{ mL}$. Qual è il volume dopo il mescolamento? Il volume finale è uguale, minore o maggiore della somma dei due volumi iniziali? Perché? Avendo calcolato le densità dell'acqua e dell'alcol, nella prima classe della Scuola Secondaria di primo grado, hai appreso che tale proprietà dipende dalla massa delle molecole di acqua e alcol e dalla distanza che separa le molecole delle due sostanze. Sapendo che la massa della molecola d'alcol è due volte e mezzo più grande della massa di una molecola d'acqua, perché la densità dell'alcol è minore? In 50 mL d'acqua ci sono più molecole, uguali molecole o meno molecole che in 50 mL d'alcol? Dove c'è maggiore spazio vuoto fra le molecole? La diminuzione di volume potrebbe essere dovuta al fatto che le piccole molecole d'acqua vanno ad occupare, parzialmente, gli spazi vuoti fra le molecole d'alcol? "

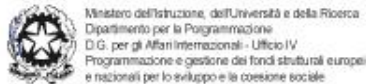
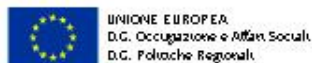
Investigazione 9

Il modello macroscopico dei materiali

Come si vede nelle due figure, il modello si costruisce facilmente, ponendo in un bicchiere i fagioli e stratificando sopra le lenticchie. Dopo aver disposto i legumi come nella prima foto, si agita il bicchiere e si ottiene il miscuglio rappresentato dalla seconda foto. Una analoga investigazione si può pure provare con la pasta corta e la pasta in semini.



Qual è la differenza fra questo modello e la reale struttura di una sostanza? Fra le particelle del modello c'è aria. Cosa separa gli atomi di ferro in un oggetto? Fra le molecole d'acqua cosa c'è? Fra le molecole di azoto e ossigeno dell'aria cosa c'è?



Investigazione 10

I materiali sono continui oppure sono formati da particelle microscopiche ?

Pure questa terza investigazione vuol far riflettere sulla conservazione della massa ma non del volume, se si scioglie il solido (sale o zucchero) nell'acqua.

“Misura massa e volume di 20 mL di sale fino e 70 mL di acqua. La **massa** di sale e acqua aumenta, diminuisce o rimane la stessa, dopo aver sciolto il sale in acqua? Il **volume finale**, dopo aver mescolato sale e acqua, rimane lo stesso (20 mL + 70 mL = 90 mL), aumenta o diminuisce? Perché il sale si scioglie in acqua ? È corretto dire che le **particelle microscopiche** di sale, dopo la dissoluzione, si sono “nascoste” fra le **molecole** d'acqua ? C'è spazio vuoto, c'è aria oppure c'è acqua liquida fra le molecole dell'acqua ? Si può progettare una analoga investigazione con lo zucchero sciolto in acqua ? Se sciogli lo zucchero in acqua la massa aumenta, diminuisce o rimane la stessa ? Il volume aumenta, diminuisce o rimane lo stesso ? Quale investigazione devi progettare per convincere i tuoi compagni che il sale sciolto in acqua non è scomparso e si può recuperare” ?

Investigazione 11

Come si gonfia il palloncino dentro la beuta ?

Si investiga sul dispositivo, precedentemente preparato, e si procede con la serie di operazioni indicate nel quaderno dello studente:

1° fase:



Un beuta ,
dentro la quale
c'è un
palloncino,
gonfiato verso
l'interno e la
gomma
aderisce alle
pareti. In fondo
al recipiente c'è
uno strato
d'acqua.

2° fase:



Riscaldiamo il
sistema.
Mano a mano
che passano i
secondi, il
palloncino si
sgonfia,
diminuisce di
volume.

Durante il riscaldamento la massa cambia ?

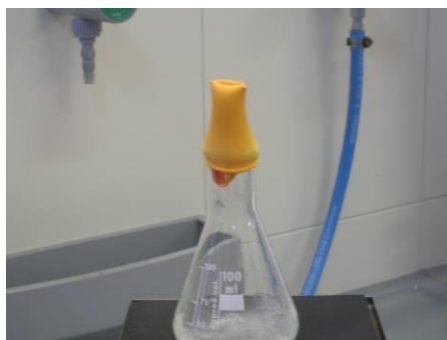
3° fase. Continuiamo a riscaldare:



Mano a mano che passano i secondi, il palloncino si sgonfia ulteriormente e si "rattrappisce"

Durante il riscaldamento il volume cambia ?

4° fase. Continuiamo a riscaldare:



L'acqua, in fondo alla beuta, sta bollendo. Il palloncino risale, attraversa l'imboccatura...

5° fase. Continuiamo a riscaldare:



... fuoriesce e si gonfia verso l'esterno!!!

6° fase. A questo punto vengono poste le seguenti domande:

- come abbiamo fatto, nella fase 1, a sistemare il palloncino nella beuta "gonfiandolo" verso l'interno? Che cosa lo spinge, oppure lo tira, oppure lo risucchia, verso l'interno?

-

Far notare la dinamica dei sottosistemi in movimento e far risaltare il fatto che sta avvenendo un riscaldamento. Cosa accade alle molecole d'acqua ?

Investigazione 12

L'aria contenuta nella beuta viene allontanata dal vapore ?

Presentiamo un nuovo esperimento, che svelerà i "segreti" dell'investigazione precedente e aiuterà i ragazzi, nelle discussioni in gruppi cooperativi con il sostegno del docente, a comprendere e a riflettere.

"Ricordate che non vi daremo risposte, che dovrete dare da soli, riflettendo su quanto avete osservato. Potremo, eventualmente, darvi qualche chiarimento o qualche sostegno, ma il lavoro di comprensione deve essere vostro. Dovete utilizzare le idee del Modello particellare per interpretare sia l'investigazione 9 che la 10, cioè tener conto sia delle particelle interne del sistema, sia delle particelle esterne al sistema".

In una beuta si introduce acqua e si scalda, fino ad incipiente ebollizione, poi si copre con un palloncino, facendo molta attenzione a non scottarsi, e si fa bollire. Durante l'ebollizione si osservano i cambiamenti che avvengono, sia nella beuta che nel palloncino.

Si conduce un lavoro approfondito (non basta una lezione) di osservazione sperimentale e di verbalizzazione scritta. Si deve far concentrare l'attenzione degli studenti sui vapori che si liberano e indurli a comprendere (senza suggerimenti!) che l'aria esce dal sistema, sospinta dalle particelle di acqua allo stato di vapore. I ragazzi devono poter osservare e poi verbalizzare e riportare graficamente, le goccioline che si formano sulle pareti del recipiente, le bolle che vengono a formarsi nell'acqua in ebollizione, il fatto che il vapore gonfia il palloncino, che il palloncino si muove, mentre si gonfia e alcune goccioline si formano al suo interno. Di cosa sono fatte le goccioline ? Come posso spiegarlo ?

Un esperimento di questo tipo si presta a sviluppare atteggiamenti costruttivi, non da ricettario. Può servire per smontare alcuni preconcetti errati, per costruire alcuni concetti base e per suscitare la curiosità degli allievi.

Seguono, in ordine, altre illustrazioni dell'esperimento nelle varie fasi, con alcune considerazioni didattiche.



Se l'acqua bolle, l'aria rimane nella beuta o viene allontanata dal vapore? Che cos'è il gas invisibile che rimane nella beuta? Qual è la sostanza delle bolle, che si allontanano dal fondo del liquido in ebollizione?



Si copre la bocca della beuta con palloncino, usando i guanti per proteggersi dalle scottature. Nel sistema chiuso pensate che ci sia solo acqua in forma liquida e in forma gassosa?



Si continua a riscaldare il sistema, fino ad ebollizione tumultuosa. Il palloncino si gonfia. Come spieghiamo il fenomeno dal punto di vista particellare? Di cosa si riempie il palloncino? Qual è la sostanza delle goccioline che si formano all'interno del palloncino e scendono nella beuta? Gli allievi, discutendo, arrivano alla convinzione che, **se** il materiale nel sistema è solo uno, **allora** il palloncino si riempie di acqua - vapore **e quindi** anche le goccioline sono d'acqua, la quale da vapore è ritornata liquida?

Di che cosa sono fatte le bolle che salgono in superficie durante l'ebollizione? Discutendo in gruppi, i ragazzi arrivano alla conclusione che "sono particelle invisibili di acqua - vapore"?

Ricordiamo che questa esperienza segue le investigazioni, effettuate nella prima classe della Scuola Secondaria di primo grado, sulla fusione del ghiaccio e di altri materiali.

E' importante sottolineare che i significati dei concetti sopra esposti vanno costruiti nella discussione fra pari e vanno consolidati con altri esperimenti e forme di rappresentazione metacognitive, come le mappe concettuali.



Tolto il sistema dalla piastra riscaldante, si osserva, all'interno del palloncino, una più rapida e abbondante formazione di gocce, nonché la diminuzione di volume del palloncino. Terminata l'investigazione si ricordano i concetti di evaporazione, ebollizione, condensazione, già costruiti nella prima classe.



Il palloncino continua a diminuire di volume e si osserva la discesa di molte gocce, dal palloncino alla beuta. Perché il palloncino diminuisce di volume? Come lo spieghiamo dal punto di vista particellare?



Raggiunta la temperatura ambiente, il palloncino entra addirittura all'interno della beuta e aderisce alle pareti. Come si spiega il fenomeno con il modello particellare? Ciò che importa è che siano gli studenti a costruire le idee e le applicazioni delle idee, e non che subiscano passivamente una "spiegazione" dei "perché". Naturalmente è possibile, riscaldando, rendere reversibile il processo, **ed ecco la spiegazione, vista a ritroso, dell'investigazione iniziale.** Il palloncino, che dopo il raffreddamento aveva aderito alle pareti interne del recipiente, durante il riscaldamento si stacca da esse, si accartocchia su se stesso, si alza ed esce lentamente dalla beuta, finendo per gonfiarsi.



Dopo le investigazioni proposte dal docente ed attuate dagli allievi, divisi in gruppi che collaborano, l'insegnante discute in classe il seguente modello.

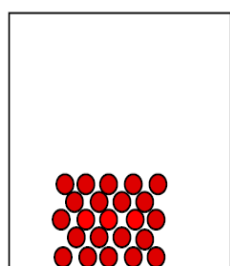
La teoria particellare dei materiali

- La maggioranza dei circa 20 milioni di **materiali**, oggi conosciuti, è formata da **molecole** ossia da due o più atomi legati fra loro (sono pochi i materiali formati da atomi singoli, per esempio i metalli e le leghe, come l'acciaio e il bronzo).
- Le **molecole**, separate da spazi vuoti, sono più o meno vicine e vengono a contatto negli urti reciproci.
- Gli **atomi** e le **molecole** occupano uno spazio, hanno una **massa** e sono in **moto perpetuo**.
- Esistono più di **100 atomi** diversi, descritti dalla **Tavola Periodica**.
- I singoli **atomi** e le singole **molecole** hanno **massa** e **capacità di combinazione** ossia hanno **proprietà chimiche** ma **non posseggono le proprietà fisiche** come temperatura, colore, punto di fusione, stato fisico, conducibilità e così via, **tipiche degli oggetti macroscopici**. Non ha alcun senso chiedere a un ragazzo: qual è il colore dell'atomo d'oro? L'atomo di un metallo conduce la corrente elettrica? La molecola d'acqua è liquida, solida o gassosa?
- I **materiali** possono essere **sostanze** oppure **miscugli** di sostanze diverse.
- Le **sostanze** sono **elementi**, se le loro **molecole** sono formate da atomi uguali.

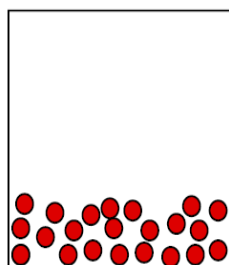
- Le **sostanze** sono **composti**, se le loro particelle microscopiche (per esempio, le **molecole**) sono formate da atomi diversi.

Come rappresentereste un solido, un liquido, un gas, un elemento (costituito da atomi singoli oppure da molecole formate da atomi uguali), un composto (con molecole contenenti atomi di elementi diversi) e un miscuglio, a livello microscopico? Tali rappresentazioni sono discusse e precisate, sino ad avere una immagine mentale di solidi, di liquidi, di gas, di elementi, di composti, di miscugli. Chiarire che i colori delle particelle rappresentate sono semplici artifici didattici e che tutte le particelle non sono a contatto e sono separate da spazio vuoto.

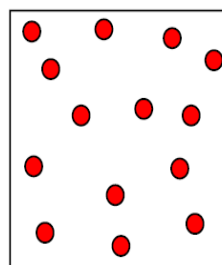
Sostanze pure Elementi e Composti



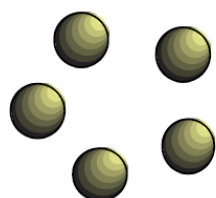
Elemento solido



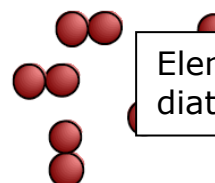
Elemento liquido



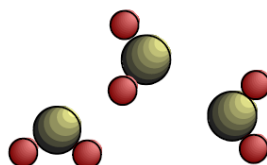
Elemento gassoso



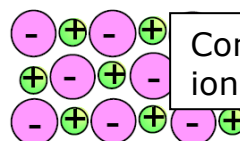
Elemento
monoatomico



Elemento
diatomico



Composto
molecolare



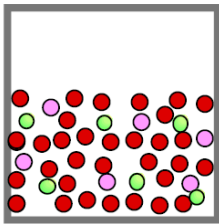
Composto
ionico

Miscugli

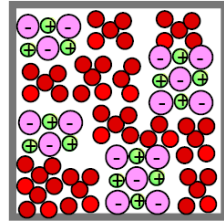
Omogeneo

Eterogeneo

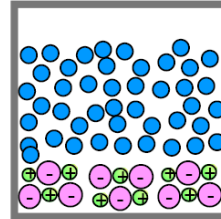
Eterogeneo



Soluzione

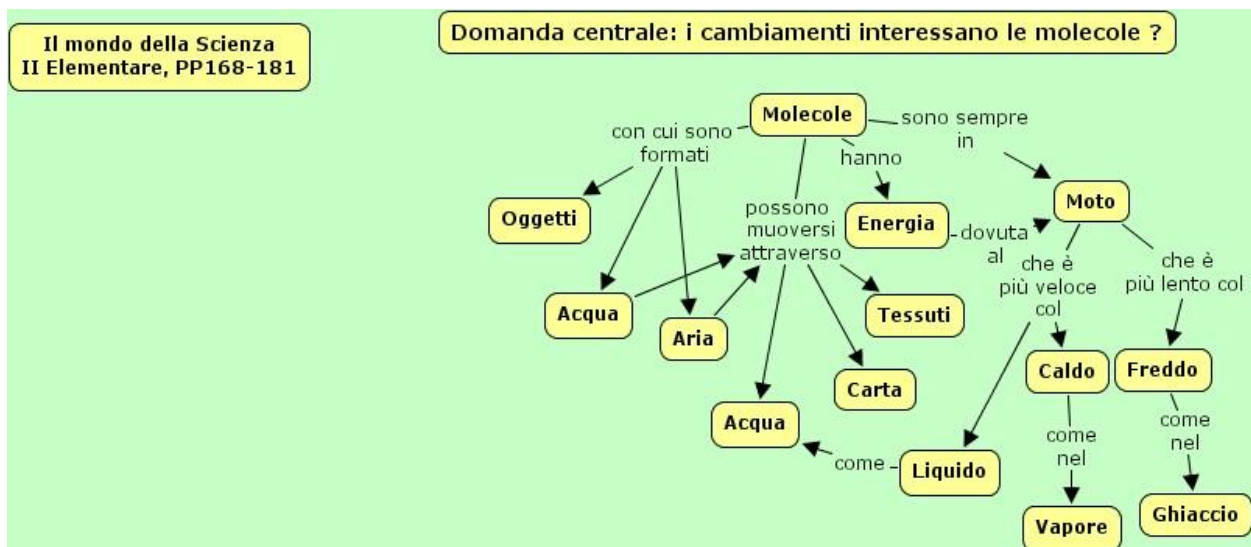


Solido



Liquido con precipitato

La mappa seguente è tratta dal libro di Joseph D. Novak "Il mondo meraviglioso della scienza".



L'apprendimento con comprensione, di argomenti poco familiari, ha bisogno di continue riflessioni, cioè di processi mentali che richiedono tempo ed esercizio. Per esempio, nella risoluzione di problemi e nelle investigazioni di scienze un ruolo di grande importanza, per apprendere in maniera profonda, è giocato dalla spiegazione, che ognuno di noi cerca di dare al fenomeno. Durante ciascuna fase investigativa ci dobbiamo chiedere: quali sono le cause di tale fenomeno? Di solito investighiamo (oppure risolviamo problemi) applicando ciecamente le procedure, presi dalla fretta di completare il compito. Non riflettiamo a sufficienza su quanto stiamo facendo e non cerchiamo di trovare la spiegazione dell'atto investigativo. In questo modo difficilmente potremo arrivare alla comprensione profonda. I "discenti domandini" utilizzano una parte importante del loro tempo per porsi domande e frugare nella propria mente, alla ricerca della spiegazione dell'evento investigativo. Evidentemente, i "domandini" difficilmente riusciranno a completare un numero elevato di indagini

investigative. Per loro vale il detto che "poco è meglio". La qualità dell'apprendimento non si valuta in base al numero delle investigazioni, ma dalla coerenza, dalla completezza delle spiegazioni e dalle prove portate a sostegno delle idee, costruite passo dopo passo. Aiutare gli studenti a usare le descritte attività metacognitive è la migliore strategia didattica, per favorire l'auto valutazione. L'insegnamento, che si pone come obiettivo il successo scolastico, si propone di dare agli allievi l'opportunità di provare il valore e la profondità delle proprie idee, costruendo oggetti o progettando investigazioni creative su determinati fenomeni. Un altro importante sostegno all'auto valutazione è dato dalle discussioni in classe, fra docenti e allievi, per arrivare a un punto di vista comune, negoziato e ragionevole. Si favoriscono le strategie metacognitive, se nell'attività scolastica si riservano spazi adeguati alle risposte da dare alla seguente domanda: qual è l'evidenza di questa affermazione? In scienze le prove, da portare a sostegno, possono essere sia formali che sperimentali.

Spunti per un approfondimento disciplinare

Si parte dalla comprensione macroscopica della materia, che comporta una serie misurabile di grandezze, per esempio di temperatura, di volume e di massa, e fornisce una prima risposta agli interrogativi e ai dubbi degli allievi. Partendo da tali esperienze macroscopiche e dai ragionamenti sui modelli interpretativi, gli studenti sono pronti per investigare, descrivere e spiegare sia i fenomeni già noti che quelli nuovi.

Elementi per prove di verifica

Nella terza Unità le verifiche formative proposte serviranno per consolidare la comprensione delle investigazioni sul mondo macroscopico.

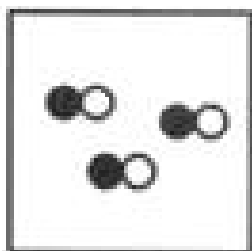
1. Un liquido è diverso da un gas perché il volume del liquido, quando viene compresso: a. aumenta b. diminuisce c. praticamente non cambia
2. E la densità di un liquido compresso:
a. aumenta b. diminuisce c. praticamente non cambia
3. Il volume di un gas che viene compresso:
a. aumenta b. diminuisce c. praticamente non cambia
4. La densità di un gas che viene compresso in una siringa:
a. aumenta b. diminuisce c. praticamente non cambia
5. Il ghiaccio può essere più freddo di 0°C ?
6. Quando il vapor d'acqua condensa, l'aria che lo circonda diventa più calda o più fredda ?
7. A 100°C e a 1 atmosfera l'acqua bolle. Le bolle di vapore, che si formano, comportano un raffreddamento o un riscaldamento del sistema ?

8. Quali atomi sono più vecchi, quelli nel corpo di una persona anziana o quelli di un bambino appena nato ? Spiega dettagliatamente

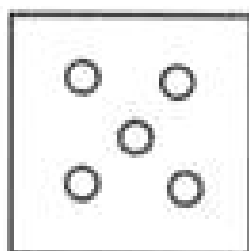
9. Siccome la popolazione della Terra cresce ogni anno, ritieni che la massa della Terra aumenti ? Spiega dettagliatamente.

10. Ritieni sia possibile che qualche atomo del cervello di Galileo possa far parte del tuo corpo ? Spiega con dettagli la risposta.

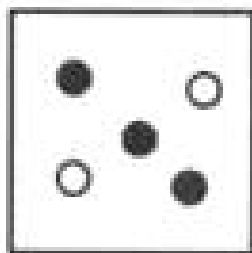
11. Quale figura rappresenta un composto ? Quale un elemento ? Quale un miscuglio ?



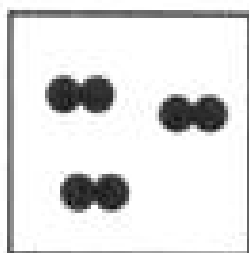
(1)



(3)

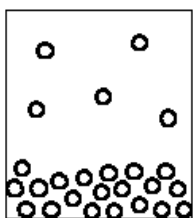


(2)

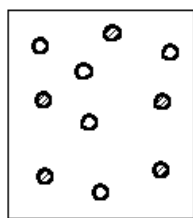


(4)

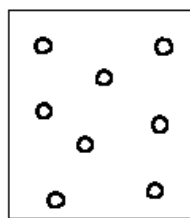
12. Trova il disegno che si riferisce a: un miscuglio solido, un elemento gassoso, un elemento liquido – gassoso, un miscuglio gassoso e un miscuglio liquido – gassoso.



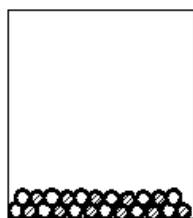
(a)



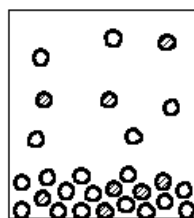
(b)



(c)

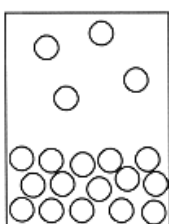


(d)

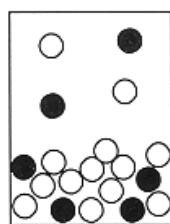


(e)

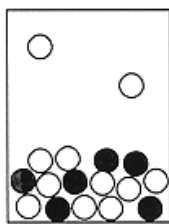
13. Quale disegno fornisce una rappresentazione microscopica di una soluzione contenente un *soluto volatile* ? Cosa rappresentano, a livello microscopico, gli altri disegni ?



(a)



(b)



(c)

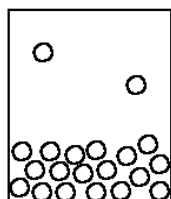


(d)

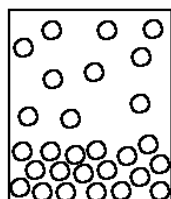
14. Spiega che cosa rappresentano, a livello microscopico, i seguenti disegni. Ricorda che lo zucchero non è volatile.

○ = water molecule

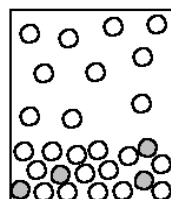
● = sucrose molecule



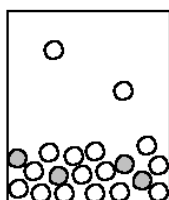
(a)



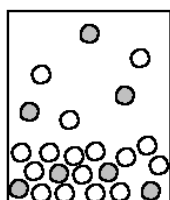
(b)



(c)



(d)



(e)

15. Completa la tabella

Definizione	Vero (V) o Falso (F)
1. Gli atomi e le molecole sono sempre in movimento	
2. Molecole ed atomi hanno tutti la stessa dimensione	
3. Le molecole del ghiaccio, nel freezer, sono molto fredde	
4. Gli atomi e le molecole hanno massa e peso	
5. Gli atomi o le molecole di una sostanza possono muoversi a differente velocità	
6. Solo gli oggetti, che puoi vedere, sono fatti di molecole	
7. Due sostanze diverse possono essere fatte dagli stessi tipi di atomo ma da molecole diverse	
8. Due sostanze diverse possono essere fatte dallo stesso tipo di molecole ma da atomi diversi	
9. Le molecole dei liquidi sono sempre più lontane di quelle dei solidi	
10. Le molecole dei solidi si muovono in modo diverso che nei liquidi	
11. C'è uno spazio vuoto fra le molecole dei solidi e dei liquidi	
12. Le cellule sono uno speciale tipo di molecole	

16. Rispondi alle domande sugli atomi dei centesimi

Gli atomi dei centesimi

Le monete di 1 centesimo, di 2 centesimi, di 5 centesimi sono fatte di atomi ?
Segna con una X le proprietà fisiche di un singolo atomo.



- | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> duro | <input type="checkbox"/> tenero | |
| <input type="checkbox"/> solido | <input type="checkbox"/> color rame | |
| <input type="checkbox"/> molto piccolo | <input type="checkbox"/> ha massa | |
| <input type="checkbox"/> sempre in moto | <input type="checkbox"/> non si muove | <input type="checkbox"/> freddo |
| <input type="checkbox"/> caldo | <input type="checkbox"/> lucente | <input type="checkbox"/> opaco |
| <input type="checkbox"/> contiene principalmente spazio vuoto | | |

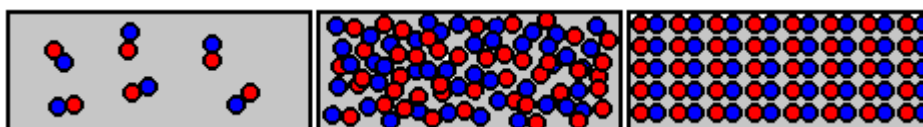
17. Rispondi alle domande sui materiali solidi.

Indica con una X gli oggetti di questa lista che sono formati da materiali solidi a temperatura ambiente.

- latte ---elastico di gomma
- aria ---farina
- legno ---spugna
- sale fino ---olio di oliva
- fumo ---maionese
- ghiaccio ---ovatta
- carta ---polvere

Spiega il ragionamento che ti ha consentito di stabilire quali oggetti sono solidi.

18. Disegna il processo di fusione del ferro utilizzando il modello cinetico - molecolare.
19. Disegna il processo di ebollizione dell'acqua utilizzando il modello cinetico - molecolare.
20. Quale figura descrive, a livello microscopico, un solido cristallino? Ritieni corretto rappresentare con un fondo, di colore celeste, lo spazio fra le particelle microscopiche? Esponi cosa pensi al riguardo.



Altre attività con gli studenti

L'insegnante può proporre la seguente attività o altre analoghe, per completare la comprensione della struttura microscopica dei materiali.

Investigazione 1

1. Conficca un chiodo sul fondo del barattolo di latta vuoto e subito dopo lo estrai, evitando di allargare il foro.
2. Tenendo il chiodo con una pinza, lo riscaldi sulla fiamma della candela.
3. Prova a infilare il chiodo caldo nel buco.
4. Cosa osservi ?

L'approccio Particellare



Cosa rappresentano le figure a livello delle particelle
microscopiche dei materiali ?
Perché la pallina di metallo riscaldata non attraversa più
l'anello ?

- La figura ti dice niente sulle particelle del chiodo metallico ? Come sono diventate ?
- A) più grandi; B) più piccole; C) hanno lo stesso volume a caldo e a freddo; D) a temperatura più alta è cresciuta l'agitazione delle particelle, che si sono allontanate l'una dall'altra.

Investigazione 2

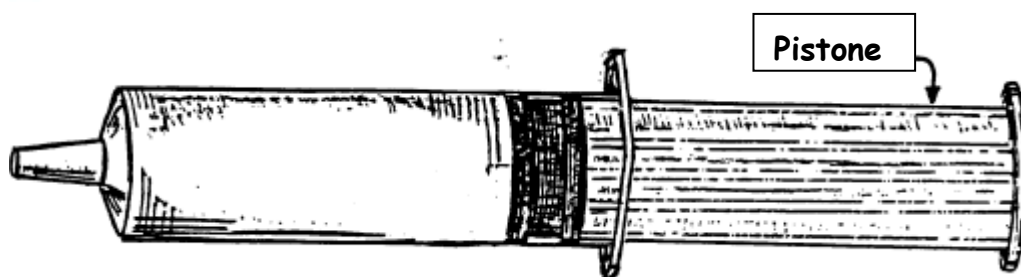
1. Osserva e fotografa i fili dell'alta tensione.
2. Sono più curvi d'estate oppure d'inverno ?
3. Puoi spiegare il fenomeno ?
4. Progetta una investigazione per convalidare o meno la tua ipotesi.
5. Le particelle dei fili metallici come sono diventate ?
6. A) più grandi; B) più piccole; C) hanno lo stesso volume d'estate e in inverno; D) d'estate la temperatura è più alta e cresce l'agitazione delle particelle dei metalli, che si allontanano l'una dall'altra.

Investigazione 3

1. Poni per 1 ora nel congelatore una bottiglia di *plastica* vuota e ben tappata.
2. Come è diventata la bottiglia ? Disegna e descrivi sul tuo quaderno l'oggetto investigato.
3. Lasciala fuori del freezer per circa un'ora e registra i cambiamenti.
4. Quali sono le cause del cambiamento ?
5. Le particelle d'aria hanno volume maggiore, volume minore o volume uguale alla temperatura del freezer oppure alla temperatura ambiente ?
6. Le particelle d'aria sono più vicine alla temperatura del freezer oppure a temperatura ambiente ?

Investigazione 4

La siringa è sigillata e contiene il gas elio. Disegna nella siringa 10 cerchietti ●, che rappresentano gli atomi del gas elio.



1. Se comprimi il pistone:
 - A. Disegna la siringa con la nuova posizione del pistone e gli atomi di elio nel suo interno.
 - B. Gli atomi sono sempre dello stesso numero ?
 - C. Sono diventati più piccoli, perché è aumentata la pressione ?
 - D. La massa dell'elio è cresciuta, è diminuita o è rimasta la stessa ?
 - E. La densità del gas è cresciuta, è diminuita o è rimasta la stessa ?
 - F. Confronta il tuo pensiero con quello dei tuoi compagni.

2. Se sposti a destra, di poco, il pistone:
 - A. Disegna la siringa con la nuova posizione del pistone e gli atomi di elio nel suo interno.
 - B. Gli atomi sono cresciuti di numero ?
 - C. Gli atomi sono più grandi, perché è aumentato lo spazio a disposizione ?
 - D. La massa dell'elio è cresciuta, è diminuita o è rimasta la stessa ?
 - E. La densità del gas è cresciuta, è diminuita o è rimasta la stessa ?
 - F. Confronta il tuo pensiero con quello dei tuoi compagni.

Bibliografia e sitografia

1. Ben-Zvi, R., Eylon, R., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
2. Chomat, A., Larcher, C., & Meheut, M. (1988). Modele particulaire et activates de modelisation en class de quatrieme. *Aster*, 7, Modeles et modelisation, pp. 143-184
3. Driver, R. (1985). Beyond appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformations. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
4. Feynman, R.P., Leighton, R.D., & Sands, M. 1963. *The Feynman lectures on physics* (Vol. 1). Menlo Park, CA: Addison-Wesley Company.
5. Goswami, U. & Brown, A. (1990). Melting chocolate and melting snowmen: Analogical reasoning and causal relations, *Cognition*, 35, 69-95.
6. Krajcik, J., Blumenfeld, P., Marx, R., Bass, K., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 313-351.

7. Mintzes J.J., Wandersee J.H., Novak J.D. (eds.) (2000), *Assessing science understanding*, Academic Press, San Diego.
8. Nussbaum, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous phase. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
9. Osborne, R. & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825-838.
10. Schwab, J. (1978). Education and the structure of the disciplines. In J. Westbury & N. Wilkof (Eds.)
11. Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (1997). Teaching for understanding: A study of students' preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching students about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15, 317 - 393.
12. Wagenschein, M. (2000), *Teaching to understand: on the concept of the exemplary in teaching*. In *Teaching as a reflective practice - The German didaktik tradition*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishe

I tre più importanti siti internazionali di scienze:

<http://www.learner.org>

<http://www.exploratorium.edu/>

<http://lamap.inrp.fr/>

Siti italiani:

www.indire.it

www.minerva.unito.it/Rubriche/Didattica.htm

www.csi.unian.it/educa

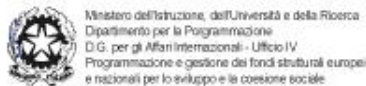
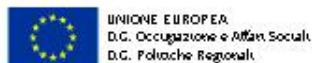
www.leparoleedellascienza.it

<http://www.itismajo.it/chimica/>

Protocollo per la sperimentazione

Leggere l'attività, le indicazioni metodologiche e gli approfondimenti, individuando i principali **nodi didattici**. Spiegare per iscritto i nodi didattici e proporre problemi teorici e sperimentali, per verificare abilità e conoscenze.

Sperimentare l'unità proposta:



- fare una **ricognizione del contesto scolastico** in cui si svolgerà l'attività;
- chiarire gli **adattamenti necessari**;
- formulare il **progetto didattico relativo**;
- preparare una prova di verifica, per valutare le conoscenze e abilità, simile alle prove OCSE-PISA.

Scrivere un **diario di bordo** (narrazione e documentazione del processo di sperimentazione vissuto in classe). L'insegnante dovrà elaborare un diario con l'esposizione dell'esperimento svolto, di come gli studenti hanno reagito alla proposta didattica, delle difficoltà incontrate nel processo di costruzione di significato e di procedura di soluzione e di come sono state superate le difficoltà. Chiarire i compiti dati agli studenti e le modalità con cui gli studenti stessi sono autonomamente coinvolti nell'apprendimento.