

WORKING PAPER N° 4/2021

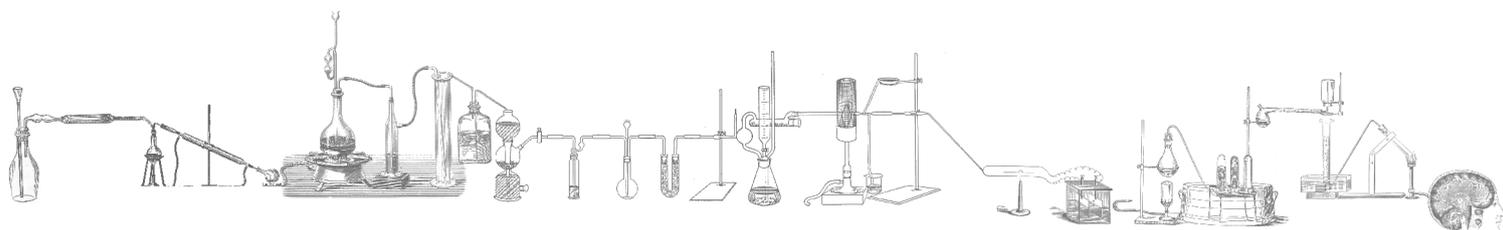
L'INSEGNAMENTO INTEGRATO DI CHIMICA E FISICA

LA BELLEZZA DELLA COMPLESSITÀ

**Percorsi progettati e sperimentati
sul campo: guida all'uso per i
docenti del primo biennio degli
Istituti Tecnici Tecnologici della
Provincia Autonoma di Trento**

a cura di: Cristiana Bianchi, Paola Bosco, Sandro Caneppele,
Claudia Cattani, Paolo Cavagna, Alberto Giraldi, Tommaso Rosi,
Roberto Strangis, Sonia Tamanini

Ottobre 2021



WORKING PAPER N° 4/2021

L'INSEGNAMENTO INTEGRATO DI CHIMICA E FISICA

LA BELLEZZA DELLA COMPLESSITÀ

**Percorsi progettati e sperimentati
sul campo: guida all'uso per i
docenti del primo biennio degli
Istituti Tecnici Tecnologici della
Provincia Autonoma di Trento**

a cura di: *Cristiana Bianchi, Paola Bosco, Sandro Caneppele,
Claudia Cattani, Paolo Cavagna, Alberto Giraldi, Tommaso
Rosi, Roberto Strangis, Sonia Tamanini*

**IPRASE – Istituto provinciale per la ricerca
e la sperimentazione educativa**

via Tartarotti 15 – 38068 Rovereto (TN)
C.F. 96023310228
tel. 0461 494500 – fax 0461 499266
iprase@iprase.tn.it, iprase@pec.provincia.tn.it
www.iprase.tn.it

Comitato tecnico-scientifico

Renato Troncon (Presidente)
Roberto Ceccato
Viviana Sbardella
Elia Bombardelli
Lucia Rigotti
Matteo Taufer
Roberto Trolli

Direttore

Luciano Covi

© Editore Provincia autonoma di Trento – IPRASE
Prima pubblicazione ottobre 2021

Tutti i diritti riservati

Realizzazione grafica e stampa:
Relè cooperativa sociale - Trento

Il volume è disponibile all'indirizzo www.iprase.tn.it
alla voce risorse>pubblicazioni>working paper

IPRASE per l'ambiente



Questo documento è stampato interamente su carta certificata FSC®
(Forest Stewardship Council®), prodotta con cellulosa proveniente da foreste gestite in modo responsabile, secondo rigorosi
standard ambientali, sociali ed economici.

INDICE

Premessa	5
----------	---

PRIMA PARTE

1. Genesi del progetto	9
1.a Il Liceo Scientifico Tecnologico della Commissione Brocca	9
1.b La riforma Gelmini	10
1.c L'Insegnamento Integrato di Chimica e Fisica	11
1.d Attività di formazione e ricerca-azione	13
1.e Attività di monitoraggio	14
<hr/>	
2. Focalizzazione sugli obiettivi di apprendimento dell'insegnamento integrato fisica e chimica nel biennio	17
2.a Finalità e punti di forza	17
2.b Criticità	20
<hr/>	
3. Presentazione e commento di un esempio di piano di lavoro biennale per l'insegnamento integrato	21
3.a Materiale per l'elaborazione di un piano di lavoro	21
3.b Tabella di conoscenze, abilità e attività correlate	22
<hr/>	
4. Unità di apprendimento: elementi caratterizzanti	27
4.a Progettazione per competenze	27
4.b Una didattica attenta alle competenze	28
4.c Ambiente di apprendimento	28
4.d Attenzioni metodologiche da parte del docente	29
4.e Il laboratorio	30

5. La codocenza	31
5.a Di che cosa parliamo	31
5.b Attenzioni nella gestione della codocenza	31
5.c Ruoli e attività possibili nella codocenza	32
5.d Bibliografia di approfondimento	33

SECONDA PARTE

1. Struttura tipo delle unità di apprendimento (UdA) che verranno presentate	37
<hr/>	
2. Esempi di Unità di Apprendimento: lo stato gassoso	39
A. Aspetti macroscopici dello stato gassoso	40
B. Aspetti microscopici dello stato gassoso	53
C. Torricelli e dintorni	64
D. L'elasticità dell'aria: Boyle-Mariotte	76
E. Volume molare dei gas	81
F. Stima della densità dell'aria con materiali poveri	88
G. Massa relativa del gas degli accendini	94
H. La leggerezza dell'aria: Gay-Lussac	102
I. Velocità di diffusione dei gas	108
<hr/>	
Riflessioni conclusive	117

Premessa

di Tommaso Rosi

Questo testo tratta dell'insegnamento integrato di chimica e fisica del biennio degli Istituti Tecnici Tecnologici (ITT) della Provincia Autonoma di Trento, un progetto che è attualmente in fase sperimentale, ma che ha sia profonde radici cronologiche che argomentazioni epistemologiche a testimonianza della sua validità. Il testo si rivolge principalmente agli insegnanti e insegnanti tecnico-pratici di fisica e chimica che insegnano nel biennio degli ITT, pur proponendo delle riflessioni di carattere didattico/epistemologico che possono risultare di interesse anche per insegnanti di altri istituti.

In particolare, nella prima parte viene fornito un inquadramento generale dell'intero progetto, in cui vengono proposte diverse riflessioni sulle potenzialità di questo insegnamento, basato su un approccio laboratoriale e di codocenza intrinsecamente interdisciplinare.

Nella seconda parte vengono forniti alcuni esempi concreti di Unità di Apprendimento (UDA) adatte a questo tipo di insegnamento. Queste unità sono il risultato dell'esperienza diretta in classe degli insegnanti autori di questo scritto, che da anni sperimentano l'insegnamento integrato con successo e soddisfazione.

Per offrire una sintesi della situazione attuale e inquadrare questo progetto, si inizi con il considerare che le linee guida nazionali riferite al primo biennio degli ITT prevedono l'insegnamento di due discipline distinte, denominate "Scienze Integrate - Fisica" e "Scienze Integrate - Chimica", ognuna di tre ore settimanali. Nonostante la terminologia adottata, la loro integrazione è di fatto inesistente. Questa dicitura è tuttavia interessante, in quanto indicativa della storia antecedente all'attuale divisione di queste due discipline. Il progetto Brocca infatti aveva previsto l'istituzione, agli inizi degli anni '90, di una serie di nuovi indirizzi tra cui il Liceo Scientifico Tecnologico, uno degli indirizzi più apprezzati dai docenti che hanno avuto modo di insegnarvi. Un aspetto interessante di tale indirizzo, era che pur rientrando nell'area formativa di tipo liceale, fu spesso attivato all'interno degli Istituti Tecnici Industriali Statali (ITIS) a causa della centralità del ruolo del laboratorio prevista dallo stesso. Tra le varie discipline previste dal Liceo Scientifico Tecnologico, di particolare interesse risultò il "Laboratorio di Fisica/Chimica", una disciplina proposta nel biennio a carattere fortemente laboratoriale in cui si prevedeva l'insegnamento integrato di fisica e di chimica con una serie di obiettivi formativi specifici che non ne richiedevano una distinzione ma anzi traevano vantaggio proprio dal loro insegnamento integrato.

La riforma Gelmini del 2010 ha comportato il taglio di tutte le sperimentazioni e una drastica riduzione e semplificazione degli indirizzi previsti, cancellando anche il Liceo Scientifico Tecnologico. All'interno del biennio degli Istituti Tecnici Tecnologici (ITT) vengono quindi introdotte due discipline distinte, "Scienze Integrate - Fisica" e "Scienze Integrate - Chimica", di tre ore settimanali ciascuna di cui due in compresenza dell'insegnante tecnico-pratico (ITP), con insegnamenti e valutazioni separate. Di integrato rimane quindi solo il nome, ma nulla nel concreto.

Il modello sperimentale proposto prevede una sola disciplina integrata di Fisica e Chimica di sei ore settimanali, di cui quattro in compresenza con l'ITP. La coppia di docenti può essere formata da un docente teorico di Fisica e un ITP di Chimica oppure da un docente teorico di Chimica e un ITP di Fisica.

Questo progetto, nato per volontà di un gruppo di insegnanti che aveva avuto esperienza diretta dell'insegnamento integrato nel Liceo Scientifico Tecnologico attivato nell'istituto Buonarroti di Trento e che ha autonomamente avviato la prima sperimentazione in questo istituto dopo la riforma Gelmini, è stato in seguito promosso dal Dipartimento Istruzione e Cultura della Provincia Autonoma di Trento. Questo sostegno si è concretizzato nell'attivazione della collaborazione tra il dipartimento di fisica dell'Università degli Studi di Trento (e in particolare il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche) e l'Istituto Provinciale per la Ricerca e la Sperimentazione Educativa (IPRASE) di Trento, i quali hanno collaborato per promuovere la ricerca e la sperimentazione necessarie alla formazione dei nuovi insegnanti che si dedicheranno a questo insegnamento e che ha tra il resto portato alla realizzazione di questo scritto. In particolare, la scrittura di questo testo è stata resa possibile grazie al supporto finanziario previsto nell'ambito del "Piano Nazionale Lauree Scientifiche - Area Fisica" del MIUR che fa capo al Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche dell'Università di Trento.

PRIMA PARTE

1. Genesi del progetto

di Tommaso Rosi e Cristiana Bianchi

1.a Il Liceo Scientifico Tecnologico della Commissione Brocca

Nel 1988 fu istituita la Commissione Brocca, che ricevette il mandato di revisionare il sistema scolastico italiano. Nella riforma dei licei, il progetto Brocca prevede l'istituzione del Liceo Scientifico Tecnologico, che garantiva una ricca formazione sia scientifica che umanistica, rimuovendo l'insegnamento del latino a favore dell'informatica. La caratteristica di maggior rilievo di questo indirizzo era la centralità del laboratorio prevista, con una media di 9 ore a settimana destinate ad attività sperimentali in codocenza tra insegnante teorico e insegnante tecnico pratico per un totale di 1450 ore nell'intero percorso quinquennale. Questo indirizzo, a causa della centralità del laboratorio che lo caratterizzava, fu generalmente attivato all'interno degli Istituti Tecnici Industriali Statali (ITIS), meglio equipaggiati per questo scopo. Nonostante la collocazione fisica all'interno di un ITIS, questo liceo rilasciava un diploma di maturità scientifica ad indirizzo scientifico-tecnologico e non un diploma tecnico.

Per quanto riguarda il panorama provinciale di Trento, questo indirizzo venne attivato con ottimi risultati presso gli attuali Istituti Tecnici Tecnologici (ITT) Buonarroti di Trento e Marconi di Rovereto.

Per quanto riguarda l'ambito culturale scientifico, di particolare interesse risultava l'istituzione del Laboratorio di Fisica/Chimica.

Il progetto educativo era chiaro: *“La fisica e la chimica sono scienze sperimentali che hanno in comune l'approccio ai problemi, la metodologia sperimentale, il fondarsi su misure quantitative e un'impostazione teorica formale [...] le due discipline hanno ciascuna un proprio modo di interrogare il mondo materiale, un proprio modello esplicativo della natura delle sostanze e dei fenomeni che le coinvolgono. [...] A livello del primo biennio è indispensabile che l'insegnamento di alcuni temi portanti delle due discipline sia condotto in*

STUDI E DOCUMENTI
DEGLI
ANNALI DELLA PUBBLICA ISTRUZIONE
56

PIANI DI STUDIO DELLA SCUOLA SECONDARIA SUPERIORE E PROGRAMMI DEI PRIMI DUE ANNI

Le proposte della Commissione Brocca

LE MONNIER

INDIRIZZO SCIENTIFICO-TECNOLOGICO

discipline del piano di studi	ore settimanali per anno di corso					totale delle ore di lezione
	1°	2°	3°	4°	5°	
Educazione fisica	2	2	2	2	2	300
Religione	1	1	1	1	1	150
Italiano	5	5	5	5	5	750
Lingua straniera	3	3	3	3	3	450
Storia	2	2	2	2	3	330
Filosofia			2	3	3	240
Diritto ed Economia	2	2				120
Geografia	3					90
Matematica (+ Inform. bien.)	5	5	4	4	4	660
Informatica e laboratorio			2	2	2	180
Scienze della Terra	3		2	2		210
Biologia e laboratorio		3	2	2	4*	330
Laboratorio Fisica/Chimica	5	5				300
Fisica e laboratorio			4	3	4*	330
Chimica e laboratorio			3	3	3*	270
Tecnologia e Disegno 1	3	6	2	2		390
<i>alternativa per il triennio</i>						
Fisica e laboratorio			4	3	4*	
Chimica e laboratorio			3	3	3*	
Biologia e laboratorio			4	2	2*	
Scienze della Terra			2	2	2*	
totale ore settimanali	34	34	34	34	34	
n° discipline per anno	11	10	13	13	11	* area pluridisc.

*modo strettamente sperimentale, e in questo spirito una separazione disciplinare non è necessaria.*¹

E ancora: “[...] un insegnamento sperimentale integrato delle due discipline può essere opportuno per evidenziarne gli aspetti comuni e le differenze di impostazione, per preparare all’insegnamento diversificato che avverrà nel triennio.”

Risulta evidente l’impostazione epistemologico-didattica alla base di questo insegnamento; nessuno mette in discussione le differenze sia di bagaglio culturale sia delle pratiche e competenze che distinguono fisici e chimici.

La riflessione alla base dell’istituzione di questo insegnamento integrato si ritrova negli obiettivi formativi che si vogliono perseguire nell’intero percorso quinquennale: nel triennio la differenziazione tra le due discipline viene conservata e non viene messa in discussione, per favorire al meglio l’apprendimento specialistico riferito alla fisica e alla chimica; tuttavia, nel percorso biennale tale divisione è vista più come un limite che come un punto di forza. A livello di biennio, infatti, l’obiettivo di tale disciplina è anzitutto quello di fornire un’introduzione al metodo scientifico sperimentale, e in tal senso la separazione disciplinare non viene ritenuta necessaria. Anzi, l’integrazione viene proposta come occasione per mostrare differenze e similitudini tra i due approcci, per meglio fornire agli studenti un quadro completo riguardo agli aspetti basilari dell’apprendere scientifico. Torneremo su questi aspetti nel prossimo paragrafo, in cui approfondiremo meglio le nostre riflessioni riguardanti i punti di forza e criticità di questa disciplina.

1.b La riforma Gelmini

La riforma Gelmini del 2010² cancellò tutte le sperimentazioni in essere, compresa quella del Liceo Scientifico Tecnologico, prevedendo come sua parziale sostituzione il Liceo Scientifico opzione Scienze Applicate.

Nel biennio degli ITT vengono introdotte due discipline distinte: “Scienze Integrate - Fisica” e “Scienze Integrate - Chimica”, ognuna di tre ore settimanali di cui due in compresenza dell’insegnante tecnico-pratico (ITP). Entrambe prevedono insegnamenti e valutazioni completamente separate: nonostante il termine comune usato per indicarle, di integrato quindi non rimane nulla di fatto.

Riferimenti generali

La Fisica e la Chimica sono scienze sperimentali che hanno in comune l’approccio ai problemi, la metodologia sperimentale, il fondarsi su misure quantitative e un’impostazione teorica formale; inoltre hanno in comune alcuni oggetti fondamentali di indagine come la struttura della materia e gli scambi energetici. Differiscono invece, oltre che per vari contenuti per la storia del loro costituirsi in discipline e per le peculiarità metodologiche. Le due discipline hanno ciascuna un proprio modo di interrogare il mondo materiale, un proprio modello esplicativo della natura delle sostanze e dei fenomeni che le coinvolgono.

Queste differenze sono tanto profonde che a livello di sistemazione delle conoscenze le due discipline devono essere insegnate separatamente, da insegnanti specialisti. Prima di giungere ad una sistemazione complessiva è però opportuno che lo studente prenda contatto concretamente con i problemi e i temi tipici delle discipline, ad evitare il pericolo sempre presente che una trattazione teorica perda - nella mente degli studenti - il contatto col mondo reale che quella teoria cerca di interpretare.

A livello di biennio, quindi, è indispensabile che l’insegnamento di alcuni temi portanti delle due discipline sia condotto in modo strettamente sperimentale, e in questo spirito una separazione disciplinare non è necessaria. Va anzi notato che il giovane di 14-16 anni è ancora portato a vedere la realtà in modo globale, al di là delle barriere disciplinari, e anzi ha difficoltà a cogliere il processo astratto di analisi della stessa realtà da punti di vista diversi; per questo ragione un insegnamento sperimentale integrato delle due discipline può essere opportuno per evidenziarne gli aspetti comuni e le differenze di impostazione, per preparare all’insegnamento diversificato che avverrà nel triennio.

L’approccio alle scienze sperimentali fatto in laboratorio, oltre che consentirne una prima visione in termini concreti e quindi adatti all’età degli studenti, favorisce la comprensione dei rapporti tra sapere e fare, tra scienza e tecnologia.

116

¹ *Piani di studio della scuola secondaria superiore e programmi dei primi due anni.* Ed. Le Monnier.

² Regolamenti di riordino dei licei, degli istituti tecnici e degli istituti professionali emanati dal Presidente della Repubblica in data 15 marzo 2010

Nuovo Impianto Organizzativo

a partire dalle classi prime del nuovo a.s. 2010-2011

Nuovi Licei

6 Nuovi Licei

1. Liceo artistico
2. Liceo classico
3. Liceo linguistico
4. Liceo musicale e coreutico
5. Liceo scientifico opzione scienze applicate
6. Liceo delle scienze umane opzione economico-sociale

[PDF](#) Il Regolamento dei Licei
[PDF](#) Profili
[PDF](#) Quadri orari
[PDF](#) Tabella confluenza
[PDF](#) Corrispondenze dei titoli di studio
[PDF](#) Insegnamenti aggiuntivi

Nuovi Istituti Professionali

2 Settori - 6 Indirizzi

SETTORE DEI SERVIZI

1. Servizi per l'agricoltura e lo sviluppo rurale
2. Servizi socio-sanitari
3. Servizi per l'enogastronomia e l'ospitalità alberghiera
4. Servizi commerciali

SETTORE INDUSTRIA E ARTIGIANATO

1. Produzioni artigianali e industriali
2. Manutenzione e assistenza tecnica

[PDF](#) Il Regolamento degli Istituti Professionali
[PDF](#) Profili
[PDF](#) Quadri orari
[PDF](#) Tabella confluenza

Nuovi Istituti Tecnici

2 Settori - 11 Indirizzi

SETTORE ECONOMICO

1. Amministrazione, Finanza e Marketing
2. Turismo

SETTORE TECNOLOGICO

1. Meccanica, Meccatronica ed Energia
2. Trasporti e Logistica
3. Elettronica ed Elettrotecnica
4. Informatica e Telecomunicazioni
5. Grafica e Comunicazione
6. Chimica, Materiali e Biotecnologie
7. Sistema Moda
8. Agraria, Agroalimentare e Agroindustria
9. Costruzioni, Ambiente e Territorio

[PDF](#) Il Regolamento degli Istituti Tecnici
[PDF](#) Profili
[PDF](#) Quadri orari
[PDF](#) Tabella confluenza

Quadro orario

"MECCANICA, MECCATRONICA ED ENERGIA": ATTIVITÀ E INSEGNAMENTI OBBLIGATORI					
DISCIPLINE	Ore				
	1° biennio		2° biennio		5° anno
	1 ^A	2 ^A	secondo biennio e quinto anno costituiscono un percorso formativo unitario		
	1 ^A	2 ^A	3 ^A	4 ^A	5 ^A
Scienze integrate (Fisica)	99	99			
<i>di cui in compresenza</i>	66*				
Scienze integrate (Chimica)	99	99			
<i>di cui in compresenza</i>	66*				
Tecnologie e tecniche di rappresentazione grafica	99	99			
<i>di cui in compresenza</i>	66*				
Tecnologie informatiche	99				
<i>di cui in compresenza</i>	66*				
Scienze e tecnologie applicate**		99			
Complementi di matematica			33	33	
ARTICOLAZIONE "MECCANICA E MECCATRONICA"					
Meccanica, macchine ed energia			132	132	132
Sistemi e automazione			132	99	99
Tecnologie meccaniche di processo e prodotto			165	165	165
Disegno, progettazione e organizzazione industriale			99	132	165
ARTICOLAZIONE "ENERGIA"					
Meccanica, macchine ed energia			165	165	165
Sistemi e automazione			132	132	132

1.c L'insegnamento Integrato di Chimica e Fisica

A livello locale, dopo la riforma Gelmini un gruppo di insegnanti dell'Istituto Buonarroti di Trento ha portato avanti in autonomia un modello sperimentale di insegnamento integrato

che mantenesse le caratteristiche positive peculiari del laboratorio di fisica/chimica della riforma Brocca. Il modello sperimentale proposto prevede di accorpare le ore delle cosiddette “Scienze integrate” di fisica e chimica in un unico insegnamento di sei ore settimanali, di cui quattro in compresenza dell’ITP. La coppia di docenti potrà essere costituita da un docente teorico di fisica e un ITP di chimica oppure da un docente teorico di chimica e un ITP di fisica. Pertanto il nuovo modello organizzativo non comporta né variazioni di organico né di spesa, né tantomeno del numero di ore riservate all’insegnamento integrato rispetto alla struttura con le due discipline distinte. Comporta, invece, da un lato la riduzione delle discipline insegnate e del numero di docenti che insegna in una specifica classe (una coppia anziché due coppie), e dall’altro un aumento delle ore che la coppia di docenti spende in ogni classe: questo elemento organizzativo comporta dei notevoli vantaggi nell’esperienza dell’insegnamento/apprendimento che commenteremo meglio nella prossima sezione.

Modello attuale		
Scienze Integrate (fisica)	3 ore/settimana	2 ore compresenza ITP
Scienze Integrate (chimica)	3 ore/settimana	2 ore compresenza ITP
Docente teorico di Fisica + ITP di Fisica e Docente teorico di Chimica + ITP di Chimica		
Modello proposto		
Insegnamento integrato di chimica e fisica	6 ore/settimana	4 ore compresenza ITP
Docente teorico di Fisica + ITP di Chimica o Docente teorico di Chimica + ITP di Fisica		

Questo modello ha attirato l’attenzione del Dipartimento Istruzione e Cultura della Provincia Autonoma di Trento che ha quindi attivato la collaborazione tra il dipartimento di fisica dell’Università degli Studi di Trento (e in particolare il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche) e l’Istituto Provinciale per la Ricerca e la Sperimentazione Educativa (IPRASE) di Trento per promuovere la ricerca e la sperimentazione di questo insegnamento. A livello istituzionale, il progetto si è sviluppato nelle seguenti fasi:

- con delibera n. 1849 del 3 novembre 2014 la giunta provinciale ha autorizzato l’attivazione del progetto, in via sperimentale, per il biennio 2014/2016, presso l’ITT Buonarroti-Pozzo di Trento
- con delibera n. 1731 del 12 ottobre 2015 la giunta provinciale, accogliendo la richiesta dell’ITT Marconi di Rovereto, ha autorizzato l’attuazione del progetto anche presso questo istituto, prevedendo contestualmente un allineamento della durata del progetto fino all’a.s. 2016/2017 per entrambi gli istituti coinvolti
- con delibera 811 del 26 maggio 2017 la giunta provinciale ha autorizzato l’estensione

del progetto a tutti gli istituti tecnici tecnologici della provincia interessati, per un ulteriore biennio, fino all'a.s. 2018/2019

- con una nota inviata direttamente a tutti gli ITT della provincia, ha confermato l'estensione della precedente delibera per il successivo a.s. 2019/2020 e in seguito anche per l'a.s. 2020/2021

È interessante sottolineare come la prima delibera provinciale del 2014, che ha sancito l'attivazione della sperimentazione dell'insegnamento integrato presso l'ITT Buonarroti-Pozzo di Trento, è stata seguita l'anno successivo da una seconda delibera in risposta alla richiesta da parte dell'ITT Marconi di estendere la sperimentazione a questo istituto. Una differenza interessante dal punto di vista dell'applicazione della sperimentazione da parte dei due istituti è che mentre nel Buonarroti-Pozzo l'insegnamento integrato è stato attivato in circa metà delle proprie sezioni (all'incirca 8 su 15, numeri che hanno subito qualche fluttuazione dal 2014 ad oggi) il Marconi ha attivato fin da subito tutta la sperimentazione in tutto l'istituto da un anno all'altro. Queste differenze sono risultate molto interessanti da un punto di vista dell'analisi della sperimentazione effettuate dall'università e da IPRASE, e hanno contribuito a portare evidenze sull'applicabilità e sull'efficacia di questo insegnamento.

1.d Attività di formazione e ricerca-azione

Il primo corso di formazione insegnanti di questa sperimentazione è stato svolto da Lorenzo Moggio, dottorando presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Trento, nell'anno scolastico 2016/2017. Le tematiche affrontate avevano come obiettivo quello di portare i docenti a sperimentare in classe, durante la seconda parte dell'anno scolastico, specifiche UdA elaborate nella logica dell'integrazione e del superamento delle due discipline separate, elaborate attorno alla tematica discussa negli incontri, quella della chimica e fisica dell'atmosfera, ossia elementi di meteorologia e climatologia.

Nel 2017/2018 viene bandito un assegno di ricerca per proseguire la formazione insegnanti, assegnato al dott. Tommaso Rosi, che ha mantenuto il ruolo per tre anni. Durante questo anno vengono proposti quattro incontri formativi nei primi mesi del 2018 sul tema "Luce, colori, atomi e molecole", attraverso attività sperimentali realizzate con materiali a basso costo e facile reperibilità e con il supporto di nuove tecnologie didattiche. Ampio spazio è stato dato alla discussione relativa ai libri di testo e alle misconcezioni in essi contenuti.

Nel 2018/2019, considerando che negli anni precedenti era stata organizzata una formazione coinvolgendo come formatori degli esperti di fisica, si è cercata una collaborazione con formatori esperti di didattica della chimica. La collaborazione è stata avviata con il gruppo SENDS (Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze), costituito sia da insegnanti di discipline scientifiche della scuola primaria e secondaria sia da ricercatori del Dip. Chimica dell'Università di Torino che si occupano di ricerca in didattica della chimica e delle scienze. Con i proff. Ghibaudi e Ghirardi di SENDS e i referenti per l'Università di Trento si è scelto il tema de "Le trasformazioni della materia", incentrato su varianti/invarianti e in particolare sull'energia. L'intento è stato sempre quello di privilegiare un approccio di tipo laboratoriale, con momenti di riflessione e condivisione a supporto dell'attività degli insegnanti. Durante gli incontri sono state condivise e sperimentate delle attività didattiche pronte per la loro riproposizione in classe.

Nel 2019/2020 viene concordato che il modo migliore di procedere sia quello di incentrarsi su

una criticità che è emersa durante gli ultimi due anni di formazione insegnanti, ossia la mancanza di un testo di riferimento per l'insegnamento integrato. Questa problematica acquista rilevanza soprattutto per gli istituti diversi dal Buonarroti-Pozzo di Trento e al Marconi di Rovereto: in questi istituti infatti, essendoci stati ormai diversi anni di sperimentazione del progetto, vi è un numero sufficientemente elevato di insegnanti con una buona esperienza a riguardo che può essere interpellato da nuovi docenti in cerca di una consulenza su questo tipo di insegnamento. Per gli altri istituti, lontani da queste due città, questo scambio e condivisione di esperienza diventa molto più difficile, ed un supporto scritto di inquadramento del progetto risulterebbe di grande utilità negli anni a venire, specialmente nell'ottica di una messa a regime del progetto. Date queste premesse, viene deciso che l'attività di coinvolgimento insegnanti del nuovo anno verrà spostata da quella della formazione ad una attività di ricerca-azione, che abbia come risvolto pratico alla fine dell'anno la produzione di materiale didattico a supporto dei futuri nuovi docenti coinvolti nell'insegnamento integrato. Vengono quindi previste due attività distinte:

- un corso IPRASE aperto a tutti gli insegnanti di chimica e fisica del biennio degli ITT, con l'obiettivo sia di stimolare l'azione didattica dei docenti che già sono stati coinvolti nell'insegnamento integrato negli scorsi anni scolastici, sia di fornire un aiuto, in ottica formativa, ai docenti che vi si avvicinano per la prima volta. Le attività si sono concentrate sul confronto delle diverse esperienze dei partecipanti con un risultato concreto di produzione di materiale scritto che è stato utile anche nell'ottica di revisione e ampliamento di quanto verrà presentato nella sezione 3 riguardante la presentazione di un esempio di piano di lavoro
- l'attività di ricerca-azione che ha portato alla realizzazione di questo scritto

A supporto del percorso formativo è stata elaborata da Tommaso Rosi la piattaforma online <https://integrazionefisicachimica.files.wordpress.com>. Al link è possibile reperire tutto il materiale predisposto per la formazione e altri documenti e risorse ritenute utili all'insegnamento integrato (piani di lavoro, risorse online, app, software, bibliografia, etc.). Le informazioni condivise includono sia materiale creato appositamente dai relatori per i corsi di formazione, sia materiale segnalato direttamente dai corsisti, sempre invitati alla collaborazione e integrazione del sito.

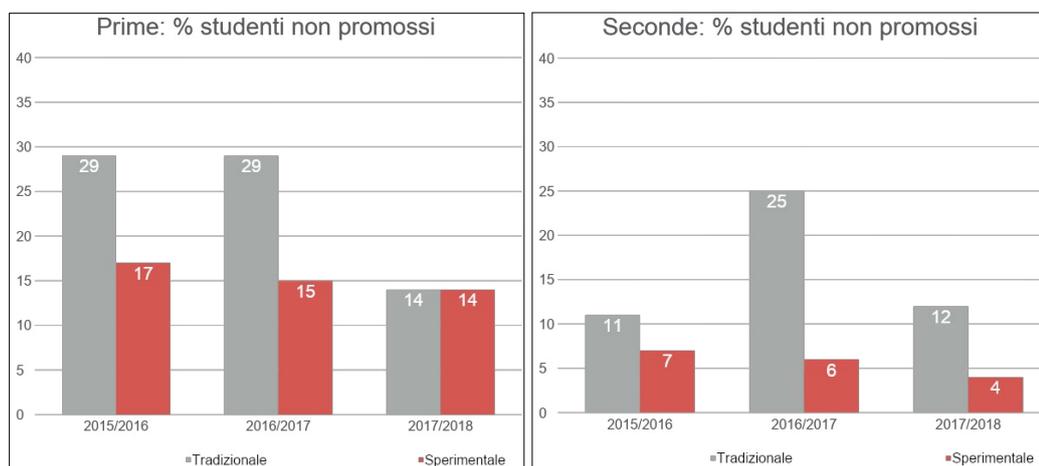
1.e Attività di monitoraggio

IPRASE, in particolare nella persona di Cristiana Bianchi, si è occupato di effettuare un'attività di monitoraggio nei primi tre anni di sperimentazione. Il raffronto tra gli esiti degli scrutini finali evidenzia una maggiore efficacia del modello di insegnamento integrato. Al Buonarroti-Pozzo, essendoci una divisione tra classi in cui il modello sperimentale è stato adottato (7 classi) e classi in cui non lo è (4 classi), è stato possibile fare un confronto diretto tra i due modelli di insegnamento:

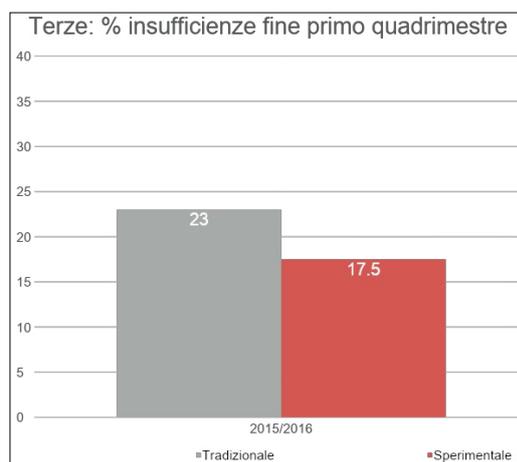
- nell'anno scolastico 2015/2016 è stato registrato una percentuale di studenti delle classi prime non promossi del 17% nell'indirizzo sperimentale da confrontare con il 29% dell'indirizzo non sperimentale; nelle seconde, si trova un andamento simile confrontando un 7% con 11%
- nell'anno scolastico 2016/2017 è stato registrato ancora un calo di studenti non promossi

nelle classi sperimentali pari al 15% contro il 29% nelle classi prime e il 6% contro il 25% nelle classi seconde

- nell'anno scolastico 2017/2018 è stato registrato un pari numero di studenti non promossi, il 14%, nelle classi prime mentre si è ancora notato un calo nelle classi seconde corrispondente al 4% contro il 12%



- Ancora nell'anno 2015/2016 è stato inoltre raccolto un dato che non riguarda direttamente le classi interessate, ossia del biennio, bensì alcune classi terze dell'istituto per testare i risultati a medio termine della sperimentazione. Nelle classi terze in cui precedentemente era stato adottato il modello sperimentale, il numero di insufficienze alla fine del primo quadrimestre è stato pari al 17,5% da confrontare con il 23% riferito alle classi che non hanno seguito tale modello.



Al Marconi, confrontando i dati relativi a tutte le classi prime degli anni scolastici 14/15 e 15/16 risulta che:

- il numero totale delle insufficienze si dimezza passando dal 30,3% registrato nel modello di ordinamento, al 14,9% di quello dell'insegnamento integrato;
- il numero delle carenze formative segue lo stesso andamento passando dall'8,6% al 4,5%.

È possibile cercare una correlazione tra il calo di studenti non promossi e gli aspetti non-curricolari dell'insegnamento integrato, che riguardano la motivazione degli studenti, e la creazione

di un rapporto più saldo tra insegnanti e studenti dato dal maggior numero di ore passate assieme, nonostante certamente, vista la variabilità della composizione delle classi e dei relativi docenti, non si possa stabilire definitivamente un rapporto causa-effetto.

È inoltre importante sottolineare come questi dati, sicuramente incoraggianti rispetto alla sperimentazione in oggetto, dipendano fortemente dalla motivazione degli insegnanti coinvolti in fase di transizione tra le due metodologie didattiche.

2. Focalizzazione sugli obiettivi di apprendimento dell'insegnamento integrato fisica e chimica nel biennio

di Tommaso Rosi e Cristiana Bianchi

2.a Finalità e punti di forza

La principale **finalità** dell'insegnamento integrato di fisica e chimica è quella di porre lo studente nelle condizioni più favorevoli possibile per avvicinarsi alle scienze, per sviluppare adeguate competenze riferite all'asse scientifico-tecnologico e per l'avvicinamento al metodo scientifico per l'interpretazione e comprensione della realtà e la risoluzione di problemi.

Per raggiungere tale obiettivo, vengono quindi viste come fondanti della disciplina le seguenti scelte didattiche e metodologiche:

- il **laboratorio** viene messo al centro di questo insegnamento, riconoscendone la centralità nell'apprendimento ormai constatata da decenni nell'ambito della ricerca internazionale in didattica sia della fisica che della chimica, facendone quindi il luogo di apprendimento per eccellenza; il laboratorio viene qui inteso come luogo di costruzione attiva della conoscenza dove, attraverso lo studio dei fenomeni, si costruiscono conoscenze scientifiche
- la **codocenza** prevista tra un insegnante di fisica ed uno di chimica permette di progettare un insegnamento laboratoriale unificato delle scienze della materia, al fine di favorire la maturazione di un approccio scientifico (metodologia scientifica) all'interpretazione della realtà, attraverso la ricerca di una comune metodologia di insegnamento, l'adozione di un linguaggio omogeneo, di temi e concetti che abbiano una valenza unificante

La messa a fuoco di tale finalità fondata su queste metodologie didattiche porta alla luce quelli che sono i **punti di forza** dell'insegnamento integrato di chimica e fisica (condivisi dai docenti che si sono occupati di questo insegnamento e dei dirigenti degli ITT Buonarroti e Marconi in cui è stata avviata la sperimentazione):

- l'integrazione dell'insegnamento delle due discipline porta con sé una riduzione della frammentazione del curriculum
- il maggior numero di ore a settimana per classe rende più semplice l'organizzazione didattica finalizzata soprattutto alla realizzazione di esperienze laboratoriali, metodologia fondante della disciplina
- per l'insegnamento di alcuni argomenti sia di fisica che di chimica vi sono prerequisiti di conoscenze e competenze comuni alle due discipline: l'insegnamento integrato comporta da un lato un risparmio di tempo nell'evitare alcune ripetizioni e dall'altro un uso coerente di linguaggio e formalismo che rende più semplice ed efficace l'apprendimento
- il risparmio di tempo si traduce in una migliore articolazione didattica e favorisce l'acquisizione di concetti e processi unificanti propedeutici alla prosecuzione degli studi e allo sviluppo delle competenze tecnico-scientifiche oltre a favorire una didattica più inclusiva
- l'insegnamento integrato rende automatica la corretta disposizione temporale degli argomenti sviluppati, in quei casi in cui un argomento affrontato in chimica sia un prerequisito

per un argomento da affrontare in fisica e viceversa, eliminando la necessità di concertazione tra docenti di discipline distinte

- una migliore e più approfondita conoscenza della classe da parte dei docenti di chimica/fisica permette loro una maggiore flessibilità, accelerando o rallentando i ritmi dell'insegnamento a seconda della risposta della classe, risparmiando tempo in alcuni casi o garantendo una maggiore libertà di movimento per intervenire sulle criticità rinvenute
- la riduzione del numero di docenti per classe (due anziché quattro) favorisce una relazione più efficace, una migliore conoscenza reciproca ed una collaborazione più proficua
- la codocenza di insegnanti di formazione diversa da un lato rende l'esperienza più ricca da parte degli studenti, i quali possono avere costantemente due punti di vista differenti riferiti agli argomenti affrontati, e dall'altro comporta un arricchimento culturale degli insegnanti coinvolti dati dal confronto tra formazioni e competenze diverse

Le considerazioni già messe in evidenza nella sezione 1.a riferita al Laboratorio di Fisica/Chimica valgono anche per l'insegnamento integrato di chimica e fisica. Non vengono cioè messe in discussione le differenze tra le discipline fisiche e chimiche in quanto tali, né tantomeno le distinzioni che sussistono tra le conoscenze e le competenze tipiche dei fisici e dei chimici. Le ragioni per le quali questo insegnamento integrato risulta più adatto dell'insegnamento distinto delle due discipline è strettamente correlato al contesto specifico in cui viene proposto, ossia il biennio degli ITT, e ai suoi obiettivi formativi. Come già accennato, il percorso di scienze integrate viene ritenuto come propedeutico alle materie scientifico/tecniche che si affrontano nel triennio. A riguardo possiamo ancora citare un passaggio importante della descrizione della disciplina prevista dalla Commissione Brocca:

“Coerentemente con l'impostazione precedente, non si pensa di poter dare nel biennio, e in un corso integrato, una formazione scientifica che copra tutti i grandi temi delle due discipline e consenta un'analisi critica di problemi - anche molto rilevanti sul piano sociale - in cui interviene una importante componente scientifica. Si ritiene invece possibile e necessario dare degli strumenti per avviare alla comprensione della rilevanza e delle potenzialità della scienza, per introdurre ai suoi metodi di indagine, per riconoscere il suo rapporto col mondo reale e la sua capacità previsionale. per vedere all'opera un modo razionale di affrontare i problemi e per acquisire competenze operative indispensabili per una corretta comprensione dei corsi successivi.

[...] Queste differenze sono tanto profonde che a livello di sistemazione delle conoscenze le due discipline devono essere insegnate separatamente, da insegnanti specialisti. Prima di giungere ad una sistemazione complessiva è però opportuno che lo studente prenda contatto concretamente con i problemi e i temi tipici delle discipline, ad evitare il pericolo sempre presente che una trattazione teorica perda - nella mente degli studenti - il contatto col mondo reale che quella teoria cerca di interpretare.”³

La centralità del laboratorio nell'insegnamento integrato è un altro punto in comune importante con la disciplina prevista nel testo della Commissione Brocca, di cui pertanto riportiamo un altro passaggio fondamentale che descrive il significato attribuito a questo tipo di insegnamento:

“Il termine 'laboratorio' sta ad indicare il carattere operativo di questo insegnamento. Na-

³ Regolamenti di riordino dei licei, degli istituti tecnici e degli istituti professionali emanati dal Presidente della Repubblica in data 15 marzo 2010

turalmente ci si riferisce ad una operatività sia mentale che concreta: gli studenti vengono educati ad operare al fine di trasformare la realtà indagata in rappresentazioni mentali (conoscenze, concetti, intuizioni) e ad utilizzare le rappresentazioni mentali acquisite per ulteriori indagini nella realtà concreta. In altre parole si tratta di educare gli studenti ad imparare (conoscere ed agire) attraverso l'approccio sperimentale. In quest'ottica l'attività pratica non è intesa come deputata alla dimostrazione, né finalizzata esclusivamente alla acquisizione di abilità esecutive. Il laboratorio è invece uno dei luoghi dove lo studente può assumere una ulteriore dimensione culturale: quella legata al fare consapevole, all'agire sotto il controllo razionale.”

Infine, non si può non fare riferimento all'intrinseca interdisciplinarietà portata dall'insegnamento integrato. L'importanza del perseguimento di una interdisciplinarietà profonda rimane un obiettivo di grande importanza condiviso anche esplicitamente in attuali documenti rilasciati dallo stesso MIUR; per esempio, nel documento "Indicazioni metodologiche e operative per la definizione dei 'Quadri di riferimento per la redazione e lo svolgimento delle seconde prove' e delle 'Griglie di valutazione per l'attribuzione dei punteggi' per gli Esami di Stato del II ciclo"⁴ troviamo esplicito riferimento a questo aspetto:

“...il perseguimento degli obiettivi specifici di apprendimento delle Indicazioni Nazionali e dei risultati di apprendimento delle Linee Guida non richiede un approccio di tipo additivo, tra discipline che non interagiscono fra loro sul piano metodologico e, al più, si limitano a sviluppare argomenti in comune, mantenendo, quindi, inalterata la propria specifica metodologia didattica ed il proprio assetto programmatico.

È invece necessario muoversi in una dimensione più ampia, che implica un'interazione nei percorsi di apprendimento, guidata da docenti che sviluppino una concertazione a livello di impostazione programmatica e che impostano il loro itinerario curricolare facendo leva, appunto, sui 'nodi tematici pluridisciplinari'.”

Come chi lavora a stretto contatto con il mondo della scuola sa tuttavia, l'interdisciplinarietà tuttavia rimane spesso un qualcosa a cui si vorrebbe tendere ma che nelle pratiche quotidiane fatica molto ad essere raggiunta.

La peculiarità dell'insegnamento integrato di chimica e fisica è invece l'essere profondamente interdisciplinare, sviluppando unità di apprendimento incentrate attorno a nodi tematici che riguardano sia la fisica che la chimica, arricchendo nel processo sia gli insegnanti che gli studenti coinvolti.



⁴ [https://www.miur.gov.it/documents/20182/0/Indicazioni+metodologiche+e+operative_+\(3\).pdf/f1d56388-9adc-4649-af82-dc0cb37d2c3d](https://www.miur.gov.it/documents/20182/0/Indicazioni+metodologiche+e+operative_+(3).pdf/f1d56388-9adc-4649-af82-dc0cb37d2c3d) (consultato il giorno 11 ottobre 2021)

2.b Criticità

Nel corso degli anni in cui è avvenuto il lavoro di formazione e monitoraggio da parte dell'Università di Trento e di IPRASE particolare attenzione è stata posta sulle criticità, emerse dal lavoro svolto a stretto contatto con gli insegnanti che per la prima volta si sono affacciati a questo tipo di insegnamento. Tali criticità possono essere riassunte in due punti importanti da tenere in considerazione:

1. è facile incontrare in prima battuta una resistenza da parte dei docenti a questa proposta, principalmente in quanto implica l'abbandono del porto sicuro sviluppato negli anni nell'insegnamento di una delle due discipline
2. trattandosi di una nuova sperimentazione, non vi sono dei libri di testo di riferimento attuali coerenti con il modello dell'insegnamento integrato

La prima criticità è facilmente comprensibile. È tuttavia importante notare come la partecipazione ai corsi di formazione previsti portino ad un ammorbidimento di questi sentimenti che vengono generalmente abbandonati da gran parte del corpo docente che si applica in questa disciplina nella pratica. È importante, per questo, che nei corsi di formazione per i docenti vengano condivisi i retroscena storici attraverso i quali far capire che questo approccio integrato non è un'idea completamente nuova ma che ha profonde radici epistemologiche e basata su esperienze di successo.

Per quanto riguarda la seconda criticità, la mancanza di libri di testo, è necessario distinguere due aspetti differenti di questo problema: il punto di vista dei docenti e degli studenti. Dal punto di vista dei docenti, non si può non considerare la facilità di reperimento di materiale formativo di altissimo livello, sia su libri di testo (nazionali e internazionali) sia su piattaforme online. Anche il presente scritto è stato pensato proprio come testo rivolto ai nuovi insegnanti di questa disciplina, che potranno trovare sia informazioni di carattere più teorico, in questa prima parte, sia materiale pratico "pronto all'uso", come i piani di lavoro e unità di apprendimento progettate e sperimentate con successo negli anni da docenti con maggiore esperienza in questo ambito.

Dal punto di vista degli studenti, invece, il problema è di più difficile risoluzione, in quanto la produzione di un testo per la disciplina integrata richiederebbe un grande lavoro e la pubblicazione in versione cartacea avrebbe anche un limite legato ai costi di produzione, specialmente riferiti alla tiratura limitata prevista, trattandosi di un modello provinciale.

Una soluzione parziale, alternativa o per lo meno di aiuto rispetto alla soluzione di adottare due libri di testo distinti, sarebbe quella di utilizzare una piattaforma online gratuita a cui tutti i docenti coinvolti potrebbero fare riferimento, aggiungendo, modificando o semplicemente leggendo i materiali caricati dai colleghi. Negli anni questa soluzione porterebbe alla produzione di una grande quantità di materiale di qualità a disposizione di tutti gratuitamente, e potrebbero essere previste azioni di valorizzazione di tale piattaforma da parte di università e IPRASE.

3. Presentazione e commento di un esempio di piano di lavoro biennale per l'insegnamento integrato

di Tommaso Rosi e Cristiana Bianchi

In questa sezione presentiamo del materiale che possa essere di supporto per la stesura di un piano di lavoro per l'insegnamento integrato. Questo materiale è stato elaborato grazie al confronto tra i docenti coinvolti in questa sperimentazione⁵, in seguito proposto e presentato in diverse occasioni (corsi di formazione, attività di ricerca-azione...) per avere suggerimenti e commenti che hanno portato alla presente versione. Come testi di riferimento principale sono state usate:

- le “Linee guida per l’elaborazione dei piani di studio delle istituzioni scolastiche (prima stesura - 2013)” degli istituti tecnici del secondo ciclo di istruzione e formazione riferite alle due discipline “integrate” (come già spiegato, integrate solo in teoria e non di fatto al di fuori della sperimentazione): *Scienze integrate (fisica)*⁶ e *Scienze integrate (chimica)*⁷
- le Indicazioni Nazionali per gli Istituti Tecnici⁸
- i Piani di Studio d’Istituto per l’Insegnamento Integrato di Chimica - Fisica degli Istituti Buonarroti-Pozzo e Marconi

3.a Materiale per l’elaborazione di un piano di lavoro

Il docente di “Scienze integrate fisica-chimica” concorre a far conseguire allo studente, al termine del percorso quinquennale, risultati di apprendimento che lo mettono in grado di: utilizzare modelli appropriati per investigare su fenomeni e interpretare dati sperimentali; riconoscere, nei diversi campi disciplinari studiati, i criteri scientifici di affidabilità delle conoscenze e delle conclusioni che vi afferiscono; utilizzare le reti e gli strumenti informatici nelle attività di studio, ricerca e approfondimento disciplinare; padroneggiare l’uso di strumenti tecnologici con particolare attenzione alla sicurezza nei luoghi di vita e di lavoro, alla tutela della persona, dell’ambiente e del territorio; utilizzare, in contesti di ricerca applicata, procedure e tecniche per trovare soluzioni innovative e migliorative, in relazione ai campi di propria competenza; utilizzare gli strumenti culturali e metodologici acquisiti per porsi con atteggiamento razionale, critico e responsabile di fronte alla realtà, ai suoi fenomeni e ai suoi problemi, anche ai fini dell’apprendimento permanente; collocare le scoperte scientifiche e le innovazioni tecnolo-

⁵ Il gruppo che si è occupato dell’elaborazione della prima bozza si è riunito nell’ambito di una attività di ricerca-azione organizzata nel 2018 da Cristiana Bianchi (IPRASE) e Tommaso Rosi (Università di Trento) e che ha principalmente coinvolto i seguenti docenti: Paola Bosco, Alberto Giraldi, Sandro Caneppele, Matteo Vinante.

⁶ <https://cutt.ly/scienze-integrate-fisica> (consultato il giorno 11 ottobre 2021)

⁷ <https://cutt.ly/scienze-integrate-chimica> (consultato il giorno 11 ottobre 2021)

⁸ http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/nuovi_tecnici/INDIC/_LINEE_GUIDA_TECNICI_.pdf (consultato il giorno 11 ottobre 2021)

giche in una dimensione storico-culturale ed etica, nella consapevolezza della storicità dei saperi.

Ai fini del raggiungimento dei risultati di apprendimento sopra riportati in esito al percorso quinquennale, nel primo biennio il docente persegue, nella propria azione didattica ed educativa, l'obiettivo prioritario di far acquisire allo studente le competenze di base attese a conclusione dell'obbligo di istruzione, di seguito richiamate:

- osservare, descrivere ed analizzare, *utilizzando il metodo scientifico*, fenomeni appartenenti alla realtà naturale e artificiale e riconoscere nelle varie forme i concetti di sistema e di complessità
- analizzare qualitativamente e quantitativamente fenomeni chimici e fisici a partire dall'esperienza *per giungere ad una loro modellizzazione*
- essere consapevole delle potenzialità, dei limiti e dei rischi delle tecnologie nel contesto culturale e sociale in cui vengono applicate

L'articolazione dell'insegnamento di "Scienze integrate fisica-chimica" in conoscenze e abilità è di seguito indicata quale orientamento per la progettazione didattica del docente in coerenza con le scelte compiute nell'ambito della programmazione collegiale del Consiglio di classe e del Dipartimento di disciplina. Il docente, nella prospettiva dell'integrazione delle discipline sperimentali, organizza il percorso d'insegnamento-apprendimento con il decisivo supporto dell'attività laboratoriale per sviluppare l'acquisizione di conoscenze e abilità attraverso un corretto metodo scientifico. Assegna un ruolo centrale anche alla riflessione su quanto sperimentato, alle connessioni che si creano tra i concetti implicati.

Il docente valorizza l'apporto di tutte le discipline relative all'asse scientifico-tecnologico, con i loro linguaggi specifici, al fine di approfondire argomenti legati alla crescita culturale e civile degli studenti (come il contributo apportato dalla scienza e dalla tecnologia allo sviluppo dei saperi e dei valori, al cambiamento delle condizioni di vita e dei modi di fruizione culturale).

3.b Tabella di conoscenze, abilità e attività correlate

In questa tabella si è voluto fornire una presentazione sintetica delle principali conoscenze e abilità traguardo di questo percorso biennale. Avendo come principale obiettivo quello di fornire una guida pratica ad uso principale dei docenti che per la prima volta si affacciano a questo tipo di insegnamento, si è scelto di aggiungere una terza colonna con degli esempi di possibili attività correlate, alcune delle quali verranno presentate esplicitamente ed approfonditamente nelle Unità di Apprendimento descritte nella seconda parte di questo testo. Come si potrà notare, la scelta degli esempi riflette nuovamente la centralità del laboratorio in questo insegnamento. Si è cercato di mantenere nella presentazione di questi punti una coerenza cronologica, che tuttavia può subire anche grandi variazioni in relazione al taglio specifico che ogni istituto e ogni docente daranno a questo percorso.

CONOSCENZE	ABILITÀ	ATTIVITÀ (esempi)
Norme di comportamento nel laboratorio scientifico; rischi e prevenzione infortuni.	Operare correttamente e in sicurezza nel laboratorio. Applicare le norme. Essere consapevoli di ciò che concerne la tutela della salute, della sicurezza e dell'ambiente.	Lettura etichette rischio chimico presenti nei prodotti commerciali di utilizzo comune (bianchetti, pastiglie lavastoviglieetc)
Grandezze fisiche e loro dimensioni; unità di misura del sistema internazionale; notazione scientifica e cifre significative e trattamento dell'errore nell'incertezza delle misure. La rappresentazione dei dati.	Individuare alcune grandezze fisiche fondamentali e derivate; operare con esse utilizzando correttamente le relative unità di misura. Effettuare misure utilizzando gli idonei strumenti. Stimare incertezze di misura. Raccogliere, rappresentare e analizzare dati.	
I corpi materiali: gli stati solido, liquido e gassoso. Concetti di forma e volume. Pressione. Il modello particellare della materia. Riconoscere e realizzare passaggi di stato e mettere in relazione i diversi stati fisici con la pressione e la temperatura esterna.	Indagare su oggetti (o corpi) e riconoscere le caratteristiche rilevanti, descrivendole in base a grandezze qualitative e quantitative. Classificare i corpi in base alle loro caratteristiche. Applicare il modello particellare per rappresentare e interpretare microscopicamente fenomeni. Interpretare gli stati di aggregazione della materia e i passaggi di stato alla luce del modello particellare.	Spostamento, compressione, misure di volume di solidi, liquidi e gas. Dilatazione di solidi, liquidi e gas.
Miscele omogenee ed eterogenee. Aspetti macroscopici e rappresentazioni microscopiche. Le tecniche di separazione. Concentrazione delle soluzioni.	Effettuare filtrazioni, distillazioni, cristallizzazioni, cromatografie e estrazioni per separare sistemi eterogenei. Preparare soluzioni a concentrazione nota.	Distillazione di miscele (vino). Filtrazione sabbia e solfato di rame. Centrifugazione. Come si prepara una soluzione a concentrazione nota.
Le trasformazioni della materia alla luce del modello particellare, trasformazioni fisiche e chimiche. Sostanze semplici, sostanze composte, elementi. Evidenze sperimentali della presenza di una sostanza pura. Unità strutturali microscopiche: atomi e molecole. Nozioni sulla lettura delle etichette e sui simboli di pericolosità delle sostanze.	Riconoscere gli aspetti distintivi di una trasformazione chimica e utilizzare le reazioni chimiche per la preparazione di sostanze. Utilizzare il modello particellare per spiegare le evidenze delle trasformazioni fisiche e chimiche scegliendo correttamente le grandezze variabili e le grandezze invarianti da controllare. Utilizzare il concetto di sostanza a livello macroscopico e a livello microscopico.	Come riconoscere la formazione di una nuova sostanza chimica. Studio di reazioni (sintesi, decomposizione, scambio doppio e semplice) Sintomi di reazione.

CONOSCENZE	ABILITÀ	ATTIVITÀ (esempi)
Linguaggio chimico, nomenclatura e formule chimiche.	Riconoscere i simboli di pericolosità presenti sulle etichette delle sostanze e dei materiali per un loro utilizzo sicuro. Interpretare correttamente il linguaggio chimico dei simboli e delle formule nel significato macroscopico e microscopico.	
Le forze e la loro rappresentazione vettoriale; momento della forza. Forza peso.	Rappresentare le forze come vettori. Operare con grandezze fisiche scalari e vettoriali. Distinguere tra massa e peso.	Tavolino di Varignon. Relazione esistente tra massa e peso.
Equilibrio meccanico e nei fluidi.	Analizzare situazioni di equilibrio statico, individuando forze e momenti applicati. Analizzare situazioni di equilibrio nei fluidi, utilizzando la densità e il concetto di pressione.	Relazione tra pressione ed altezza nei fluidi. Spinta dei corpi nei fluidi.
Cariche elettriche nella materia ed equilibrio elettrostatico	Distinguere due tipi di carica nella materia. Osservare l'interazione tra cariche. Osservare e descrivere fenomeni di elettrizzazione.	Esperimenti di elettrostatica
Approfondimenti sul modello particellare (concetti di atomo, molecola e ioni)	Ampliare il modello particellare con i concetti di carica - ione	Reazioni di doppio scambio in soluzione
Temperatura e equilibrio termico	Acquisire il concetto di temperatura in relazione al moto particellare	Taratura del termoscopio
La quantità di sostanza o quantità chimica e relativa unità di misura: la mole. Massa atomica relativa, massa molecolare relativa, massa molare, Legge di Avogadro. Le leggi ponderali. Aspetti quantitativi nelle trasformazioni chimiche.	Utilizzare i concetti di massa relativa e di quantità di sostanza. Comprendere la necessità di considerare un numero costante di unità strutturali per qualunque sostanza: la costante di Avogadro. Usare la quantità di sostanza come ponte tra il livello macroscopico delle sostanze ed il livello microscopico.	Massa relativa all'idrogeno di alcuni gas
Periodicità e tavola periodica. Studio delle analogie e differenze nel comportamento di sostanze semplici e composte.	Interpretare la tavola di Mendeleev mettendo in risalto le scelte coraggiose, i problemi che ha posto, le prospettive di ricerca che ha dato.	Comportamento dei metalli e dei non metalli. Come varia la reattività dei metalli lungo il periodo e lungo il gruppo nella tavola

CONOSCENZE	ABILITÀ	ATTIVITÀ (esempi)
Il contesto di scoperta della legge periodica. Il concetto di periodicità e il lavoro di Mendeleev.	Riconoscere ed esprimere il concetto di periodicità dalle caratteristiche degli elementi e utilizzarle per formulare previsioni di comportamento chimico e fisico delle sostanze semplici.	periodica.
Leggi dei gas	Descrivere le trasformazioni dei gas ideali attraverso le grandezze pressione, temperatura, volume	Relazione tra pressione e volume di una certa massa di gas posto a una temperatura costante. Relazione tra V e T di una certa massa di gas posto a P costante.
Moti del punto materiale; leggi della dinamica; impulso; quantità di moto.	Utilizzare sistemi di riferimento per descrivere situazioni di moto in sistemi inerziali. Comprendere i moti attraverso l'analisi delle forze.	Studio delle relazioni tra spazio e tempo nel moto rettilineo uniforme. Relazione tra velocità e tempo nel moto uniformemente accelerato. Esperimenti con rotaia a cuscino d'aria.
Energia, lavoro, potenza; attrito e resistenza del mezzo. Calore, capacità termica, calore specifico e calore latente.	Descrivere situazioni in cui l'energia meccanica si presenta come cinetica e come potenziale. Descrivere diversi modi di trasferire, trasformare e immagazzinare energia.	Lavoro ed energia. Esperimenti di calorimetria.
Conservazione dell'energia meccanica e della quantità di moto in un sistema isolato	Saper applicare il principio di conservazione dell'energia in un sistema meccanico	Esperienza sul pendolo a lametta
I moti ondulatori. Proprietà ondulatorie: riflessione e rifrazione. Spettro elettromagnetico, frequenza e lunghezza d'onda della luce.	Osservare e descrivere moti ondulatori. Riconoscere e analizzare proprietà della riflessione e della rifrazione. Classificare onde elettromagnetiche in base a lunghezza d'onda e frequenza.	Esperienze di riflessione e rifrazione della luce. Studio di spettri di emissione e di assorbimento.
Le particelle fondamentali dell'atomo e del nucleo. I concetti di numero atomico, numero di massa, isotopo. Le evidenze sperimentali del modello atomico a strati o gusci e l'organizzazione elettronica degli elementi. Nuovo concetto di elemento alla luce del modello atomico nucleare.	Spiegare la struttura elettronica a livelli di energia dell'atomo, utilizzando i dati sui valori delle energie di prima ionizzazione degli elementi della tavola periodica. Ampliare il modello particellare con le scoperte dell'elettrone e del nucleo. Utilizzare le nuove conoscenze per interpretare la tavola periodica moderna.	Saggio alla fiamma. Simulazioni PhET.

CONOSCENZE	ABILITÀ	ATTIVITÀ (esempi)
Modello atomico di Lewis, regola dell'ottetto, valenza. Principali legami chimici e forze intermolecolari, scala di elettronegatività, forma delle unità strutturali microscopiche.	Mettere in relazione le osservazioni macroscopiche con le caratteristiche dei legami. Mettere in relazione i diversi legami intermolecolari con le proprietà fisiche delle sostanze. Prevedere le caratteristiche di polarità o non polarità, alla luce della disposizione spaziale.	Polarità, miscibilità. Attività con modelli per disposizione spaziale.
Corrente elettrica; elementi attivi e passivi in un circuito elettrico; effetto Joule.	Analizzare semplici circuiti elettrici in corrente continua, con collegamenti in serie e parallelo di elementi passivi. Descrivere l'effetto Joule attraverso semplici esperienze termoelettriche.	Prima e seconda legge di Ohm. Resistenze in serie e parallelo. Misura dell'effetto Joule.
Campo gravitazionale e campo elettromagnetico (interazioni magnetiche; induzione elettromagnetica).	Descrivere i campi gravitazionale ed elettromagnetico, riconoscendo analogie e differenze. Osservare fenomeni di interazione magnetica e di induzione elettromagnetica.	
L'equilibrio chimico, legge di azione di massa, principio dell'equilibrio mobile. Cenni di cinetica chimica.	Scrivere la costante di equilibrio. Valutare la composizione di un sistema all'equilibrio e prevedere l'evoluzione a seguito di perturbazioni. Individuare quali sono i fattori che influenzano la velocità di reazione, alla luce anche del modello particellare.	Studio di una reazione all'equilibrio e perturbazione dello stesso.
Le sostanze acide e le sostanze basiche. Sostanze di uso comune utilizzabili come indicatori acido-base. Cenni al concetto di pH. Costruzione di modelli a partire dalla reattività con reagenti specifici.	Usare gli indicatori per individuare acidità e basicità di soluzioni diluite. Utilizzare le osservazioni macroscopiche per costruire modelli di acido e di base.	Verifica sperimentale delle soluzioni acide e basiche. Gli indicatori. Titolazioni acido base.
Nozioni sulle reazioni di ossido riduzione	Saper bilanciare semplici reazioni di ossido-riduzione. Costruire una pila a concentrazione.	Scala di ossidoriduzione dei metalli

4. Unità di apprendimento: elementi caratterizzanti

di Claudia Cattani

In questa sezione vengono proposte alcune riflessioni di carattere metodologico che riguardano le Unità di Apprendimento presentate nella seconda parte di questo elaborato.

4.a Progettazione per competenze

Le Unità di Apprendimento proposte nel presente testo sono state progettate con un occhio di riguardo alle competenze, costruito complesso che, come recita la definizione ministeriale (documento tecnico 2007), comprende, oltre alle conoscenze (il sapere teorico e pratico), anche le abilità disciplinari specifiche (il saper fare), in questo caso dell'ambito fisico/chimico, intese come la capacità di applicare conoscenze e di usare know-how per portare a termine compiti e risolvere problemi; oltre a queste, il concetto di competenza comprende anche la disposizione personale (il saper essere), cioè le abilità trasversali, sociali, metodologiche nel lavoro e nello studio. La competenza comprende, infine, il pensiero metacognitivo: saper osservare sé stessi e il proprio modo di imparare e fare, al fine di incrementare le proprie competenze, imparando dall'esperienza, avere consapevolezza dei propri punti forti e deboli, di ciò che si sa e si sa fare, nonché delle risorse e strategie utili per superare le difficoltà. (riferimenti: Life skills secondo l'OMS (1997), le competenze chiave di cittadinanza secondo le raccomandazioni del parlamento europeo (2006), Competenze per vivere e lavorare nel XXI secolo, secondo il rapporto della Commissione europea *The future of learning: preparing for change* (2011)).

Lavorare sulle competenze richiede al docente un'attenzione particolare alla scelta dell'approccio didattico, perché è evidente che, per raggiungere obiettivi di competenza, è necessario proporre in classe modalità didattiche che privilegino la partecipazione diretta degli studenti, il loro coinvolgimento attivo, facendo vivere situazioni di apprendimento in cui ogni studente possa mettersi in gioco, sperimentando sul campo, e possa imparare facendo. Perché questo avvenga, è importante dunque costruire un ambiente di apprendimento idoneo che favorisca il coinvolgimento e che stimoli negli/nelle studenti/studentesse la motivazione allo studio, che sia accogliente e non giudicante.

A questo proposito, sono illuminanti le considerazioni di Le Boterf (2008), che sottolinea che sono necessarie tre condizioni perché l'alunno/a riesca ad apprendere e consolidare le sue competenze: che l'alunno/a sappia agire, abbia cioè le risorse di conoscenze, le abilità per fare; che l'alunno/a voglia agire, posseda dunque una motivazione personale che influenzi la qualità dell'impegno e la perseveranza nel portare a termine un compito; che l'alunno/a possa agire lavorando in un contesto che consenta e legittimi l'assunzione di responsabilità e il correre rischi, potendosi confrontare con gli altri (G. Pozzo, "Quale ambiente di apprendimento per le competenze?" in AAVV, 2011, Il profilo di uscita del soggetto competente, CIDI, Dossier Insegnare).

4.b Una didattica attenta alle competenze

Ma che cosa cambia veramente in una didattica per competenze? A questa domanda risponde con efficacia Graziella Pozzo (2011) che definisce con estrema chiarezza le peculiarità di una didattica basata sulle competenze:

- cambia la domanda: non che cosa insegnare, ma quali condizioni creare perché lo studente impari? (spostamento del focus, cambio di prospettiva)
- cambia la formulazione degli obiettivi che diventano descrittori di competenza e sono espressi in linguaggio concreto, operativo, trasparente, in modo che possano essere capiti e controllati anche dallo studente che si può chiedere che cosa so e non so, che cosa so o non so fare
- cambia la natura dell'attività: accanto alle esercitazioni per segmenti che portano per lo più a risposte convergenti, si proporranno compiti complessi, situazioni problematiche di natura aperta che non richiedono risposte precostituite
- cambia il ruolo dello studente: ruolo attivo e propositivo, teso verso una meta condivisa, finalizzato alla ricerca di soluzioni, attivatore di strategie e di processi cognitivi superiori
- cambia il ruolo dell'insegnante: da decisore assoluto, diventa mediatore, facilitatore, guida e sostegno nel processo di apprendimento
- cambia l'uso del tempo: oltre il tempo del fare è previsto il tempo per fermarsi e riflettere sul fare, per rilevare punti di forza ed errori (momento metacognitivo)
- cambia il modo di considerare l'errore: da aspetto da sottoporre a giudizio, o peggio, a censura, l'errore diventa risorsa e 'finestra' sul mondo cognitivo dell'allievo
- cambia l'idea stessa di valutazione: che riguarderà non solo gli esiti ma anche i processi; non solo le conoscenze acquisite, ma anche l'uso che un alunno sa fare delle risorse e le strategie che sa mettere in campo per superare ostacoli e difficoltà...

(Pozzo G. (2011), *Costruire competenze a scuola - Introduzione alla rivista Imparare per competenze*, n.11 Loescher)

4.c Ambiente di apprendimento

Costruito entrato nel linguaggio delle scienze dell'educazione da quando è avvenuto il passaggio, in ambito psico-pedagogico, dal paradigma dell'insegnamento a quello dell'apprendimento, cioè da una visione centrata sul che cosa insegnare ad una prospettiva focalizzata sul soggetto che apprende e quindi sui processi (come facilitare, guidare, accompagnare gli allievi nella costruzione dei loro saperi e perciò quali situazioni organizzare per favorire l'apprendimento).

Accezione, dunque, dai contorni ampi: luogo/spazio fisico o virtuale, spazio mentale, culturale, organizzativo, emotivo/affettivo, quindi l'insieme delle componenti presenti nella situazione in cui vengono messi in atto i processi di apprendimento (Cfr. Silvana Loiero, *Ambiente di apprendimento*, testo online). Il concetto di ambiente di apprendimento presuppone, dunque, l'idea della scuola non come luogo in cui si trasmette un sapere universale e statico, ma come luogo in cui vengono proposte attività situate in cui le competenze disciplinari e trasversali si possono sviluppare in un contesto socialmente ricco, aperto all'esplorazione e alla scoperta, alla condivisione e al confronto.

Come ambiente di apprendimento si intende, dunque, un contesto di attività strutturate,

predisposto intenzionalmente dal docente in cui si organizza l'insegnamento affinché il processo di apprendimento che si intende promuovere avvenga secondo modalità attese; ambiente come 'spazio di azione' creato per stimolare e sostenere la costruzione di conoscenze, abilità, motivazioni, atteggiamenti. In tale 'spazio di azione' si verificano interazioni e scambi tra allievi, oggetti del sapere e insegnanti, sulla base di scopo e interessi comuni e gli allievi hanno modo di fare esperienze significative sul piano cognitivo, affettivo/emotivo, interpersonale/sociale.

4.d Attenzioni metodologiche da parte del docente

In generale, L'UDA, nel suo sviluppo, prevede frequenti momenti di partecipazione degli studenti, con micro-attività partecipative/dialogiche, alternando momenti di protagonismo dei docenti a momenti in cui protagonisti sono gli studenti (individualmente, in coppia, in gruppo). In particolare per facilitare l'apprendimento è utile (Calvani 2014):

- strutturare le conoscenze attorno ai concetti chiave ed ai principi portanti delle discipline
- focalizzare in concetti essenziali rispetto al tema scelto (attenzione al sovraccarico cognitivo)
- verificare la comprensione del linguaggio usato ('ciò che si intende con...')
- accompagnare e dare supporto all'apprendimento ed alla motivazione, attraverso feedback in itinere e la valutazione formativa
- fare frequenti domande stimolo per attivare in itinere riflessioni, discussioni, approfondimenti (in un'attività individuale/in coppia/in piccolo gruppo)
- utilizzare strategie metacognitive al fine di facilitare l'apprendimento
- attivare micro-attività aggregative per rendere la lezione dialogica e partecipata
- fare attenzione al clima del gruppo e operare affinché sia non giudicante e favorisca la partecipazione di tutti gli studenti
- accogliere favorevolmente l'errore, visto come una 'finestra' da cui capire meglio il proprio percorso di apprendimento, come un'occasione per migliorare, non come un segno di fallimento

Il momento di avvio dell'unità di apprendimento è molto importante, perché se l'incipit del docente è ben scelto e interessante per lo studente, può catturare la sua curiosità, la sua voglia di conoscere e approfondire e dunque la sua motivazione. Attivare l'interesse sul tema, co-costruire con gli studenti un senso condiviso rispetto all'argomento dell'UDA possono avvenire scegliendo un 'testo di ingresso' (scritto, iconico, una domanda stimolo, ecc...) accattivante, che colpisca la curiosità, l'emotività, un bisogno formativo degli studenti inespresso, ma presente sotto traccia.

Anche la condivisione degli obiettivi di apprendimento da perseguire (che cosa ciascuno conoscerà e saprà fare a fine percorso), presentandoli agli studenti con un linguaggio comprensibile, è un passaggio necessario per renderli consapevoli del percorso che stanno per intraprendere, e quindi più coinvolti e responsabili rispetto al processo di apprendimento. È dimostrato infatti che l'apprendimento è facilitato quando chi apprende capisce bene che cosa deve imparare ed è messo nelle condizioni di poter utilizzare ciò che conosce per costruire nuovi significati (cfr. Calvani, Come fare una lezione efficace, Carocci 2014).

Ad avvio dell'attività, è efficace, inoltre, il recupero delle conoscenze pregresse necessarie per inoltrarsi in nuovi apprendimenti, attraverso domande stimolo, costruzione di mappe cognitive

(individuali e/o di gruppo) e partire da quanto emerso per costruire nuova conoscenza (Ausubel (1968) Educazione e processi cognitivi).

Anche la conclusione dell'unità dovrà prevedere un'uscita efficace, dedicando del tempo al recupero ed al consolidamento dei passaggi chiave ed agli apprendimenti acquisiti, sia a livello di conoscenze che di abilità. Il docente guiderà questo processo facilitando negli studenti la riflessione metacognitiva attraverso modalità di varia natura (lavoro di gruppo o di coppia ecc...) e accompagnando la ripresa dei concetti/delle conoscenze imprescindibili. In questa fase finale avverrà la valutazione degli apprendimenti acquisiti attraverso modalità progettate ex ante, ed in coerenza con gli apprendimenti da testare. Nelle UDA qui presentate una delle modalità di verifica prevalente è la relazione di laboratorio, fatta stendere agli studenti, attraverso un lavoro di gruppo, a conclusione del laboratorio esperienziale. Tale relazione sarà organizzata secondo un format dato dal docente e costruita dagli alunni attraverso un lavoro cooperativo. Questo prodotto finale sarà dal docente valutato secondo criteri espliciti, condivisi con gli alunni. E presentati con un linguaggio comprensibile, in modo da permettere agli studenti di comprenderli, acquisendo maggior consapevolezza rispetto al proprio percorso di apprendimento.

4.e Il laboratorio

"Si impara molto facendo. Ma si impara ancora meglio se si combina il fare con il parlare di quello che si è fatto e con il riflettere su quanto si è fatto" (Seymour Pappert). Questa affermazione ben introduce una modalità didattica, il laboratorio, che caratterizza le Unità di Apprendimento presentate più avanti nel presente scritto.

Il laboratorio è un'attività intenzionale che promuove apprendimenti di alto livello in cooperazione con altri individui. Si parte da una situazione problema, da una domanda di ricerca, da cui scaturisce un processo dinamico e costruttivo in cui gli studenti operano da protagonisti, ed in autonomia, in una dimensione concreta, significativa e collaborativa.

Alla base della didattica laboratoriale c'è il concetto dell'indissolubilità del sapere e del saper fare, di Theoria e di Techne, perché per ogni persona la «cultura» è sempre unitaria e onnicomprensiva: il 'senso' delle cose viene da un fare ed un sapere intrecciati ed agiti da un soggetto in situazione.

Nel Laboratorio si abbandona la logica della ri-produzione del sapere (Frabboni 2004) per fare spazio alla re-invenzione della conoscenza.

La didattica laboratoriale:

- è attiva e centrata sugli studenti
- favorisce la contestualizzazione di conoscenze teoriche per lo svolgimento di attività pratiche
- procede per problemi che coinvolgono conoscenze, abilità e competenze anche trasversali
- si basa sulla co-costruzione di conoscenza
- prevede il coinvolgimento diretto degli studenti in attività pratiche e momenti di riflessione su quanto si è fatto (è importante il fare, ma ancora più importante è il saper raccontare e capire in profondità quanto si è fatto e perché)

5. La codocenza

di Claudia Cattani

5.a Di che cosa parliamo

Nelle unità di apprendimento presentate più avanti nel testo, è sempre prevista, come già accennato precedentemente, la codocenza tra un insegnante teorico ed un insegnante tecnico/pratico, referenti ciascuno di una delle due discipline (fisica e chimica).

Qui di seguito alcune brevi riflessioni più generali relative alla pratica didattica della codocenza al fine di inquadrare l'esperienza di insegnamento integrato fisica/ chimica all'interno di una cornice teorica di riferimento.

La codocenza è una grande opportunità per i docenti, ma nella scuola è ancora un'attività poco diffusa o praticata con non sufficiente consapevolezza. Può rappresentare, viceversa, un aiuto significativo per gli/le insegnanti a tanti livelli: progettare insieme, attivare una didattica partecipativa/laboratoriale, differenziare la didattica e renderla più inclusiva, gestire la classe curandone il clima, costruire/adattare materiali, gestire in modo condiviso i comportamenti problema, ecc... tutto questo è ancora più vero nel caso dell'insegnamento integrato di chimica e fisica, in cui la codocenza è tra un docente teorico ed un docente tecnico/pratico, referenti delle due discipline di insegnamento. In questo caso un valore aggiunto in più è dato dal fatto che i docenti appartenenti a due ambiti disciplinari diversi, progettando insieme gli interventi e lavorando insieme in classe, favoriscono l'interdisciplinarietà e l'integrazione dei saperi, andando oltre la parcellizzazione, caratteristica soprattutto dell'insegnamento secondario.

La codocenza richiede, tuttavia, competenze specifiche nella progettazione, organizzazione, gestione e, soprattutto, devono essere presenti, perché possa realizzarsi con efficacia, alcune condizioni imprescindibili: che i docenti sappiano confrontarsi in modo aperto tra loro, abbiano fiducia reciproca, voglia di sperimentare, forte motivazione, percepiscano la differenza come valore che favorisce il mutuo apprendimento e, dunque, siano mossi dalla convinzione che collaborare in modo cooperativo, condividendo idee, esperienze e materiali, rappresenti un valore aggiunto concreto per la loro professione.

Anche la ricerca sottolinea l'efficacia dell'insegnamento in codocenza, considerato un valido metodo di supporto all'apprendimento che produce miglioramento delle performance e maggior partecipazione degli studenti alla lezione. Permette la creazione di diversi prodotti di apprendimento ed è risorsa per la gestione positiva della classe (osservazione, gestione dei comportamenti problematici, negoziazione e gestione delle regole). È ritenuta inoltre occasione di sviluppo professionale continuo degli insegnanti (per approfondimenti su questo tema, cfr. Ianes Cramerotti (a cura di) (2015), *Compresenza didattica inclusiva*, pag.88 e seg.).

5.b Attenzioni nella gestione della codocenza

La compresenza di più insegnanti in classe richiede, come accennato, co-progettazione, co-gestione della classe, co-insegnamento, co-valutazione. Ognuno di questi momenti deve vedere i docenti lavorare in stretta collaborazione e all'unisono.

In particolare prima dell'intervento in classe:

- la codocenza richiede, per essere realmente efficace, una progettazione attenta che definisca obiettivi di apprendimento, modalità didattiche, attività, ruoli (chi fa cosa), tempi, materiali; questa condivisione della progettazione tra codocenti, tra l'altro, rende più consapevole e intenzionale la pratica didattica in classe.

Durante lo svolgersi del lavoro in classe:

- i docenti devono saper gestire concretamente in situazione la compresenza secondo le modalità concordate in fase di progettazione
- è importante fare attenzione a interpretare di volta in volta ruoli diversi per non proporsi alla classe con una gerarchia di importanza tra docenti e dunque a non togliersi autorevolezza reciprocamente (i docenti devono lavorare come gruppo o coppia e questo deve essere percepito dalla classe)
- osservare quello che avviene tra i banchi, i bisogni della classe e dei singoli, cercando di capire criticità e momenti di difficoltà
- fare attenzione al gruppo, prendersene cura, secondo modalità decise insieme
- aggiustare il tiro in itinere, se si osserva l'insorgere di qualche problema e insieme trovare soluzioni condivise (riprogettazione sul campo, perché la progettazione ex ante deve essere aperta e flessibile)

Nella parte finale dell'attività in classe:

- nel momento della valutazione, le modalità di verifica, già concordate in fase di progettazione, dovranno essere idonee e coerenti con gli apprendimenti da testare; dovranno essere espliciti e trasparenti i criteri di valutazione, dovrà essere chiaro che il team docente valuta insieme

A conclusione dell'attività è utile:

- rivedersi, anche brevemente, tra colleghi (non far passare troppo tempo perché questo fa dimenticare quello che è realmente accaduto) per fare una valutazione sull'attività svolta (come è andata, come ha reagito la classe, che cosa è andato bene, le criticità, ecc...)
- a valle di queste considerazioni, progettare le attività successive, distribuendosi ruoli e responsabilità
- se tra i docenti qualcosa non ha funzionato durante la lezione, è preferibile scambiarsi reciprocamente la percezione che ognuno ha avuto dell'esperienza vissuta, quello che non è andato bene, quello che c'è da migliorare, al fine di affrontare al più presto e in modo costruttivo eventuali incomprensioni o conflitti (il conflitto è un fenomeno 'carsico', che se non viene gestito adeguatamente può produrre perdita di fiducia reciproca e distacco)

5.c Ruoli e attività possibili nella codocenza

La gestione della codocenza può avere declinazioni diverse, in relazione al tipo di attività da svolgere in classe. Qui di seguito si accenna brevemente ad alcuni esempi (lanes Cramerotti, op.cit.) che possono essere più realizzabili nell'esperienza di insegnamento integrato di chimica e fisica:

- insegnamento in team in cui i docenti insegnano simultaneamente, in un dialogo a più voci, integrando le reciproche conoscenze
- un docente insegna e l'altro è di supporto agli studenti, avvicinandosi ai banchi dando

indicazioni, rispondendo ad eventuali domande, riprendendo concetti meno chiari, ecc...

- un docente insegna mentre l'altro osserva la classe e raccoglie dati in base alle esigenze didattiche e di gestione (dinamiche all'interno del gruppo classe, grado di partecipazione e coinvolgimento degli studenti all'attività, difficoltà individuali nell'apprendere qualche concetto, ecc...)

5.d Bibliografia di approfondimento

- Cacciamani S. Giannandrea L. (2004), La classe come comunità di apprendimento, Carocci
- Ellerani P. (2017), Costruire l'ambiente di apprendimento, Lisciani scuola
- Calvani A. (2014), Come fare una lezione efficace, Carocci Faber
- Bonaiuti G. (2014), Le strategie didattiche, Carocci Faber
- Dreyer E. Harder K. (2012), 99 idee per lavorare in gruppo, Erickson, le Guide
- Perrenoud P. (2012), Costruire competenze a partire dalla scuola, Anicia
- Pozzo G. (2011), Costruire competenze a scuola - Introduzione alla rivista Imparare per competenze, n.11 Loescher (in rete)
- Pozzo G. Quale ambiente di apprendimento per le competenze? in AAVV, 2011, Il profilo di uscita del soggetto competente, CIDI, Dossier Insegnare
- Le Boterf G. (2008), Costruire competenze individuali e collettive. Agire e riuscire con competenza. La risposta a 100 domande. Guida
- Novak J. (2001), L'apprendimento significativo (le mappe concettuali per creare e usare la conoscenza), Erickson
- Calvani (2014), Come fare una lezione efficace, Carocci
- lanes D. Cramerotti S. (a cura di) (2015), Compresenza didattica inclusiva - indicazioni metodologiche e modelli operativi di co-teaching, Erickson

SECONDA PARTE

1. Struttura tipo delle unità di apprendimento (UdA) che verranno presentate

In questa seconda parte vengono proposte delle UdA, elaborate da docenti (teorici e ITP) che si sono occupati di insegnamento integrato di chimica/fisica per anni e che hanno quindi sperimentato ampiamente le attività proposte. In questa sezione viene presentato e commentato il format che è stato usato dai docenti per compilare le schede riguardanti le UdA. Rimane inteso che le attività permetteranno da parte del docente una fruizione personalizzata, in relazione ai vincoli del contesto (le caratteristiche dell'istituto e della singola classe, le conoscenze pregresse degli studenti, etc...) e verranno date indicazioni riguardo la possibilità di approfondire alcuni contenuti attraverso delle indicazioni bibliografiche. Ecco quindi lo schema adottato per l'elaborazione delle UdA:

Titolo dell'Unità di Apprendimento

Autore/autrice

Abstract

Poche righe di descrizione dell'UdA

Tempo: durata dell'UdA

COMPETENZE DA PROMUOVERE	
▶ Lista di competenze	

CONOSCENZE	ABILITÀ
▶ Lista di conoscenze	▶ Lista di abilità

PREREQUISITI
▶ Che cosa lo studente deve sapere e saper fare (conoscenze e competenze pregresse a cui poter agganciare nuovo sapere)

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO NEL PERCORSO FORMATIVO
Perché è importante sviluppare questo percorso e perché in un dato momento del biennio

FASE DI AVVIO

Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo.
Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.

Racconto di cosa fa e dice l'insegnante	Note per gli insegnanti (il perché, le attenzioni metodologiche, i rischi...)
---	---

SVILUPPO DELL'UNITÀ

Narrazione delle varie fasi dell'unità e delle metodologie adottate (attività del docente, modalità di coinvolgimento degli studenti, esperimenti, esercitazioni...)

Racconto di cosa fa e dice l'insegnante e che cosa sono chiamati a fare gli studenti	Note per gli insegnanti
--	-------------------------

FASE CONCLUSIVA

Ricostruzione del percorso compiuto, fissazione dei concetti, verifica e valutazione

Racconto di cosa fa e dice l'insegnante	Note per gli insegnanti
---	-------------------------

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Riferimenti a testi, siti, articoli...
Altri possibili percorsi disciplinari e interdisciplinari

2. Esempi di Unità di Apprendimento: lo stato gassoso

Vengono in questa sezione presentate le UdA elaborate dai docenti esperti di insegnamento integrato di chimica/fisica. Le UdA sono state scelte dall'intero gruppo di lavoro una volta individuato un macro-tema comune che fosse ben rappresentativo di questo tipo di insegnamento e che quindi ben si prestasse ai fini di questo lavoro. Il macro-tema scelto è stato lo stato gassoso, in quanto per sua natura coinvolge ampiamente l'insegnamento sia della fisica che della chimica nel biennio degli ITT. In quanto all'inquadramento temporale di queste UdA, esse possono essere utilizzate in ordine cronologico (per quanto questo non sia necessario), a partire dai primissimi giorni di scuola della prima. Lo stato gassoso infatti ben si presta ad introdurre il passaggio da un indagare il mondo da un punto di vista macroscopico (tipico dell'esperienza ben nota agli studenti) ad uno microscopico, un passaggio tanto delicato quanto fondamentale per poter creare una base solida sulla quale costruire l'insegnamento della chimica e della fisica sia al biennio sia agli anni di studio successivi.

- A. Aspetti macroscopici dello stato gassoso (di Paola Bosco)
- B. Aspetti microscopici dello stato gassoso (di Paola Bosco)
- C. Torricelli e dintorni (di Alberto Giraldi)
- D. L'elasticità dell'aria: Boyle-Mariotte (di Alberto Giraldi)
- E. Volume molare dei gas (di Sonia Tamanini)
- F. Stima della densità dell'aria con materiali poveri (di Alberto Giraldi)
- G. Massa relativa del gas degli accendini (di Paolo Cavagna)
- H. La leggerezza dell'aria: Gay Lussac (di Sandro Caneppele)
- I. Velocità di diffusione dei gas (di Paolo Cavagna)

A. Aspetti macroscopici dello stato gassoso

di Paola Bosco

Abstract

Scopo delle attività proposte in questo modulo è quella di costruire le caratteristiche dello stato gassoso, partendo dallo studio del comportamento dell'aria.

Tempo: 8 ore comprensive di rielaborazione scritta da parte degli studenti

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Comprendere come funziona l'approccio scientifico di indagine della natura
- ▶ Riconoscere che i concetti scientifici sono i risultati dell'azione dell'immaginazione e dell'intelligenza umana, e non sono oggetti tangibili o scoperte
- ▶ Capire che i concetti e le teorie scientifiche sono mutevoli e provvisori, e non definitivi e inalterabili
- ▶ Acquisire e utilizzare un linguaggio scientifico

CONOSCENZE

- ▶ L'aria è materia
- ▶ L'aria in quanto materia, occupa dello spazio
- ▶ L'aria in quanto materia, possiede una massa
- ▶ Se è presente un corpo, un altro corpo non può occupare lo stesso spazio
- ▶ L'aria è visibile in bolle quando fuoriesce da un liquido
- ▶ L'aria diminuisce di volume se sottoposta a compressione
- ▶ Ci sono molti corpi che si comportano come l'aria e vengono detti appunto aeriformi
- ▶ I gas non posseggono forma propria e assumono la forma del contenitore che li contiene
- ▶ Vi sono delle grandezze che cambiano nel corso della trasformazione e grandezze che rimangono inalterate: queste ultime sono delle invarianti.

ABILITÀ

- ▶ Manipola i corpi gassosi e fa degli esperimenti
- ▶ Riconosce i gas quando sono immersi nei liquidi
- ▶ Verbalizza il fenomeno osservato
- ▶ Sa generalizzare
- ▶ Classifica utilizzando le categorie di cui ha fatto esperienza

PREREQUISITI

- ▶ Conoscere grandezze fisiche qualitative come la forma e quantitative come la massa e il volume
- ▶ Conoscere la definizione di materia, cioè tutto ciò che possiede un volume e una massa
- ▶ Conoscere la massa, cioè la quantità di materia presente in un corpo

- ▶ Conoscere il volume, cioè lo spazio occupato da un corpo
- ▶ Conoscere la differenza tra deformabilità e compressibilità
- ▶ Conoscere gli aspetti macroscopici dei solidi e dei liquidi (non indispensabile ma consigliato)

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

Le attività proposte possono essere considerate di "accoglienza" per gli studenti che entrano nel primo biennio della scuola secondaria. Lo stato gassoso è lo stato della materia che più sfugge dai nostri sensi in particolare al tatto e alla vista. Proprio per questo motivo è lo stato che più genera misconcezioni negli studenti. Tuttavia le proprietà macroscopiche dei gas sono liquidate dai manuali scolastici in poche righe, mescolando spesso aspetti microscopici e macroscopici, creando ulteriore confusione.

Il percorso è volto a favorire la concettualizzazione fenomenologica dello stato gassoso, la comprensione cioè di alcune caratteristiche distintive di questo stato della materia che possano permettere di definirlo. Per lo studente l'acqua e l'aria rivestono un ruolo particolare, rappresentando il prototipo rispettivamente dei liquidi e dei gas. Per questo motivo le attività proposte prendono il via dallo studio del comportamento dell'aria per poi passare alla generalizzazione dello stato gassoso. In realtà, lo studente a questo livello di scolarizzazione ha assimilato alcuni nomi di gas (ossigeno, azoto, anidride carbonica, metano..), ma essi rappresentano dei nomi ai quali difficilmente vengono associate caratteristiche distintive. Questo difficile processo di consapevolezza delle caratteristiche dello stato gassoso non deve meravigliare, poiché le proprietà dell'aria connesse ai nomi di Torricelli e Boyle sono tutt'altro che autoevidenti; basti ricordare che Galileo stesso, nonostante avesse affrontato il problema, continuò a ragionare in termini di paura del vuoto. La comprensione di queste proprietà dell'aria costituisce quindi il prerequisito per costruire la generalizzazione dello stato gassoso, per potere comprendere ed osservare altre arie, cioè altri gas.

Alcuni degli esperimenti proposti costituiscono delle basi per poter costruire, in tempi successivi, il modello particellare della materia.

L'approccio didattico con il quale viene proposta la sequenza è un approccio costruttivista. Per ogni attività, viene sottoposto all'attenzione della classe un fenomeno che è, a seconda delle situazioni, o oggetto di sperimentazione diretta da parte degli allievi o oggetto di dimostrazione da parte dell'insegnante. Per ogni fenomeno preso in esame, gli allievi sono invitati a rispondere ad alcuni quesiti. Colui che apprende è visto come un soggetto che ha sviluppato proprie interpretazioni del mondo e dei suoi fenomeni, propri modi di ragionare che, essendo spesso intrisi di senso comune, possono costituire un ostacolo all'apprendimento. Diventa importante quindi invitare l'allievo a esplicitare le sue idee: da una parte perché ne prenda coscienza, dall'altra perché l'insegnante possa progettare il lavoro in modo da favorirne l'evoluzione e la trasformazione. Ecco il motivo per cui si chiede di affrontare le situazioni problematiche con le proprie concezioni, dando agli studenti l'occasione di rendersi personalmente conto dei limiti e delle insufficienze di queste ultime, in modo da invogliarli a modificarle, oppure ad abbandonarle per sostituirle con altre più efficaci già disponibili.

PRIMA PARTE - L'ARIA OCCUPA UNO SPAZIO

FASE DI AVVIO

Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo. Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.

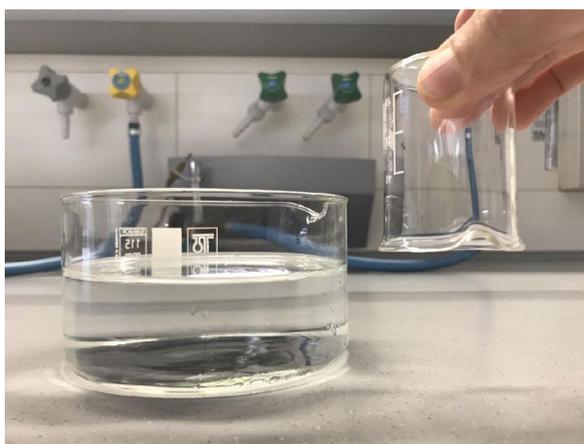
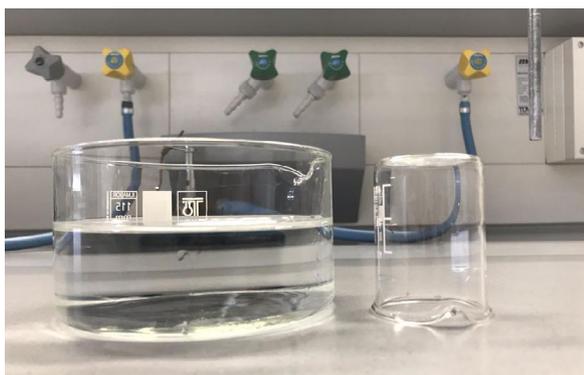
L'UDA inizia con il presentare un semplice esperimento agli studenti e con il chiedere loro di fare una previsione:

- ▶ si prepara una bacinella piena d'acqua e un bicchiere o becher
- ▶ si chiede agli studenti cosa c'è nel bicchiere
- ▶ si chiede se l'acqua entrerà in esso quando viene immerso (con il fondo verso l'alto e perpendicolarmente alla superficie dell'acqua contenuta nella bacinella).

Note per gli insegnanti

Gli studenti alla prima domanda (cosa c'è nel bicchiere) risponderanno che è vuoto, non c'è nulla. Si può far riflettere gli studenti sulla differenza tra il linguaggio comune (vuoto = non vedo nulla) e quello scientifico (vuoto = privo di materia)

Una metà classe risponderà che nel bicchiere entrerà l'acqua. Aggiungeranno che la quantità di acqua che entra nel bicchiere dipenderà dall'altezza dell'acqua nella bacinella esterna.



SVILUPPO DELLA PRIMA PARTE

Per poter vedere meglio se l'acqua entra nel bicchiere e per poter evidenziare l'altezza di acqua che eventualmente bagna la carta, si propone attaccare sul fondo del bicchiere una striscia di carta.



Note per gli insegnanti

Per evitare di giungere a conclusioni sbagliate, la striscia deve essere più corta del becher o bicchiere in modo che l'acqua non la bagni.

È importante che si introduca verticalmente il becher nell'acqua evitando così la fuoriuscita dell'aria (questo passaggio si farà in seguito in modo guidato).

Quando si fa fuoriuscire l'aria dal becher gli studenti mostrano idee diverse sull'origine del gas: la maggior parte dice aria, ma appaiono risposte tipo ossigeno, idrogeno (sono fieri di sapere che la formula dell'acqua è H₂O).

In questo caso la fuoriuscita dell'aria permette all'acqua di entrare e bagnare la striscia di carta.

Si può chiedere agli studenti perché pensano che l'aria fuoriesca dal liquido (alcuni di loro risponderanno perché è "leggera" intendendo con questo che ha densità inferiore).

- ▶ Si introduce verticalmente il becher nella bacinella e si prende nota se la striscia di carta appare o meno bagnata
- ▶ si introduce nuovamente il becher inclinando un poco quando viene inserito, in modo che appaiano delle bolle che fuoriescono dallo stesso
- ▶ si chiede agli studenti da cosa potrebbero essere costituite le bolle
- ▶ si osserva e si prende nota nuovamente cosa accade alla striscia di carta
- ▶ si chiede agli studenti di verbalizzare per iscritto una spiegazione del fenomeno osservato

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Altre domande / esperimenti mentali o reali:

- ▶ Tappare con plastilina l'entrata della bottiglia dopo aver inserito imbuto e provare a riempirla con acqua: cosa accadrà?
- ▶ Praticare due fori in un coperchio di un vaso da marmellata e riempire il vaso parzialmente con acqua. Capovolgere il vaso mantenendo il coperchio in orizzontale, parallelo al pavimento: l'acqua uscirà?
- ▶ Inclinare ora il vaso: cosa accade?

L'acqua non riuscirà ad entrare(o entrerà con difficoltà a secondo di quanto si chiude in modo efficace con la plastilina) poiché lo spazio è occupato dall'aria.

La prima situazione è l'equivalente della situazione descritta con il becher, la seconda dove può sfuggire l'aria farà posto all'entrata dell'acqua.

- ▶ Usando una siringa senza stantuffo immergere tenendo tappata l'uscita dove era inserito l'ago e poi rifare lasciando aperto.
- ▶ Cosa accade?
- ▶ Appoggiare una candelina accesa su un vetro portaoggetti e adagiarlo sulla bacinella contenente acqua. Coprire ora con il bicchiere capovolto e spingere il tutto verso il basso, nella bacinella contenente acqua. Cosa accadrà?

La candelina è d'effetto ma si può usare anche una pallina da ping pong o qualunque altro oggetto che galleggi sull'acqua.

SECONDA PARTE - L'ARIA POSSIEDE UNA MASSA

FASE DI AVVIO

L'aria possiede una massa?

Si mostra agli studenti un contenitore (ad esempio una bottiglia di plastica da 1,5 L con un tappo nel quale è stata inserita una valvola da camera d'aria o un imbuto separatore chiuso e munito di rubinetto).



Si chiede agli studenti cosa c'è nel contenitore. Si pompa un po' d'aria all'interno del contenitore e si chiede agli studenti se il fatto di aver pompato aria all'interno farà variare la massa, e in tal caso se sarà aumentata o diminuita.

ISTRUZIONI PER COSTRUIRE IL TAPPO VALVOLA:

Procedura - Bucare nel centro sia il tappo (con il trapano con punta di diam. 7 mm) che un eventuale dischetto sull'interno del tappo (questo passaggio è necessario solo se il tappo non contiene già la guarnizione); infilare la valvola con la punta verso l'esterno, inserire rondella e dado e stringere.

Anche a questo livello di scolarità ci sono molti studenti che pensano che i gas in quanto copi "leggeri" non abbiano massa. Capita anche di sentire che avranno massa negativa esprimendo con questa frase l'associazione di idee con il palloncino pieno di "aria speciale" che va verso l'alto.

SVILUPPO DELLA SECONDA PARTE

Massiamo l'aria nella bottiglia.

- ▶ Si massa la bottiglia con tappo prima di pompare aria all'interno e si annota il valore della massa
- ▶ si pompa un po' di aria (tre pompate complete fatte con pompa da bicicletta) e si rimassa
- ▶ si chiede agli studenti di verbalizzare per iscritto una spiegazione del fenomeno osservato



Note per gli insegnanti

Gli studenti rimangono molto stupiti che l'aria possieda una massa e sono ancora più confusi quando deducono che la prima massa registrata (bottiglia prima di pompare aria all'interno) è la massa del contenitore e dell'aria in esso contenuto.

Ciò che si misura nella seconda pesata quindi è la massa di aria aggiunta in più rispetto all'aria normalmente presente.

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Si può fare lo stesso esperimento utilizzando materiale diverso: due palloni gonfiabili da spiaggia tre pezzi di spago e una asta di legno.

Dopo aver pompato in modo uguale i due palloni (massarli per maggiore sicurezza), appenderli alle due estremità dell'asta e appendere con il terzo pezzo di spago la "bilancia a due bracci" in modo che il sistema sia all'equilibrio.

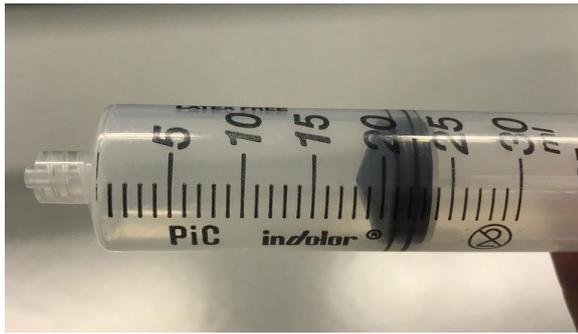
Sgonfiare successivamente un pallone aprendo la sua valvola. Il sistema uscirà dalla situazione di equilibrio e si potrà concludere, dalla posizione dell'asta, che è uscita materia e che quindi l'aria, come i gas, possiede una massa.

Note per gli insegnanti

TERZA PARTE - L'ARIA VARIA IL SUO VOLUME SE COMPRESSA

FASE DI AVVIO

Si mostra agli studenti una siringa con stantuffo. Si chiede agli studenti se con quel sistema sia possibile comprimere l'aria dopo averla intrappolata tappando il foro con un dito.



Note per gli insegnanti

SVILUPPO DELLA TERZA PARTE

Si mostra agli studenti cosa succede veramente.

- ▶ Aspirare l'aria con una siringa fino a circa metà corsa dello stantuffo
- ▶ tappare il foro d'uscita e spingere con forza il pistone.
- ▶ verbalizzare per iscritto una spiegazione del fenomeno osservato



Quando si spinge lo stantuffo, si può far notare che lo si deve tenere premuto per tenerlo in quella posizione. Appena si lascia, lo stantuffo ritorna di scatto nella posizione iniziale come una molla (proprietà elastiche dell'aria).

Note per gli insegnanti

Molti studenti rimangono sorpresi nel constatare che non riescono a far entrare completamente lo stantuffo nella siringa, pensano cioè la compressibilità come possibilità di schiacciare completamente il gas, di ridurre a zero il volume che occupa (permane quindi l'idea che poiché non si vede nulla vuol dire che non c'è nulla, quindi non c'è materia).

Si impegnano molto a far scendere lo stantuffo... bisogna fare attenzione che non si facciano male. Questo dato sperimentale sarà importante per costruire il modello particellare.

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Si possono fare due ulteriori esperimenti con la siringa:

1. esperimento per introdurre il concetto di "vuoto" e per far capire che l'aria "spinge" sulle superfici (esercita una pressione) - si spinge lo stantuffo fino in fondo e si chiude il foro con un dito. Si solleva lo stantuffo fino quasi alla fine senza estrarlo e si lascia andare. Lo stantuffo lasciato andare ritorna sempre al punto di partenza, proprio in fondo alla siringa.
2. esperimento per spiegare ciò che tutti gli studenti faranno appena si ritrovano fra le mani una siringa - Si spinge lo stantuffo fino in fondo e si chiude il foro con un dito. Si estrae lo stantuffo, sempre tenendo chiuso il foro. Estruendo del tutto lo stantuffo, si sente un botto.

Note per gli insegnanti

Quasi tutti gli studenti diranno che quando si solleva lo stantuffo l'aria entra (nonostante il foro tappato!). Alla fine dovranno ammettere che in quello spazio che riescono a vedere c'è il vuoto.

A questo punto si può chiedere: se dentro non c'è nulla che richiami lo stantuffo perché ritorna alla base? Non diventerà difficile pensare che c'è qualcosa fuori che spinge e introdurre così il germe del concetto di pressione atmosferica. Per rafforzare il concetto di pressione atmosferica si può fare l'esperimento del bicchiere pieno d'acqua e cartoncino.

L'aria esterna entra di colpo nella siringa facendo vibrare le pareti e producendo rumore)

QUARTA PARTE - L'ARIA SI SPOSTA

FASE DI AVVIO

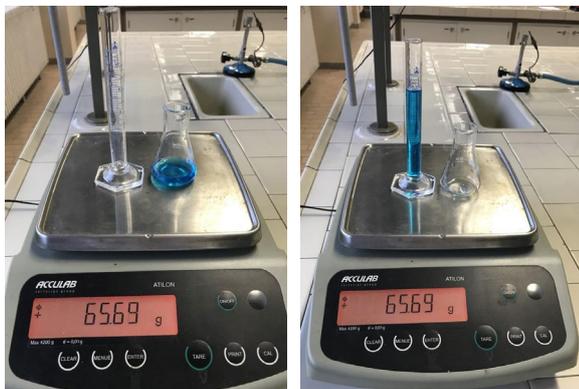
Ragioniamo sui concetti di massa, volume e forma riguardo ai gas.

Quando spostato un corpo solido da un recipiente ad un altro posso constatare che massa, volume e forma non cambiano.

Note per gli insegnanti



Quando sposto un corpo liquido da un recipiente ad un altro posso constatare che massa e volume non cambiano, mentre cambia la forma.



Cosa accade quando sposto un gas?

SVILUPPO DELLA QUARTA PARTE

Svolgiamo un esperimento per rispondere alla domanda.

- ▶ Pompate aria all'interno di una bottiglia munita di tappo con valvola
- ▶ inserire un palloncino sulla valvola (qui abbiamo inserito un guanto di lattice) e chiudere bene in modo da garantire un sistema chiuso (passare un po' di nastro isolante)
- ▶ massare il sistema
- ▶ aprire la valvola (premere con la punta di una matita o penna sulla valvola)
- ▶ massare nuovamente il sistema

Note per gli insegnanti



Far rispondere agli studenti per iscritto alle seguenti domande:

- ▶ Cosa succede al palloncino (o al guanto di lattice)?
- ▶ Cosa accade alla massa del sistema?

- ▶ Lo spazio occupato dal gas aria prima dell'apertura della valvola e dopo l'apertura della valvola è lo stesso?
- ▶ Posso affermare che parte del gas aria contenuto nella bottiglia si è spostato nel guanto di lattice? Qual è la prova empirica che sostiene questa tesi?
- ▶ La forma assunta dal gas aria prima dell'apertura della valvola e dopo l'apertura della valvola è la stessa?
- ▶ La massa del sistema prima dell'apertura della valvola e dopo l'apertura della valvola è la stessa?

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Introdurre il concetto di invariante è auspicabile perché negli argomenti successivi si affrontano le trasformazioni fisiche (i passaggi di stato fisico) e quelle chimiche. Questi tipi di trasformazioni sono profondamente diverse dal punto di vista degli invarianti. Se nelle trasformazioni fisiche è l'identità della sostanza che si conserva, nelle reazioni chimiche le sostanze si trasformano ed è l'elemento l'invariante del fenomeno.

Credo sia importante distinguere tra invariante e costante.

Invariante: quantità che ha lo stesso valore quando viene misurata in diversi sistemi di riferimento.

Costante: è qualcosa che non cambia nel tempo.

Articolo di approfondimento: La nozione di invariante (C. Bernardini) in La fisica della scuola Quaderno 25 anno XLVII n.1 , 2014

QUINTA PARTE - ALTRE "ARIE"

FASE DI AVVIO

Abbiamo visto che l'aria è materia, occupa uno spazio, possiede una massa, è inoltre comprimibile.

Conosci altri corpi che si comportano come l'aria?

Si pone la domanda agli studenti, e dopo qualche minuto di discussione si mostra il seguente video: <https://www.youtube.com/watch?v=EDTF6I2WhYo>

A questo punto si tratta di generalizzare quanto appreso riguardo l'aria

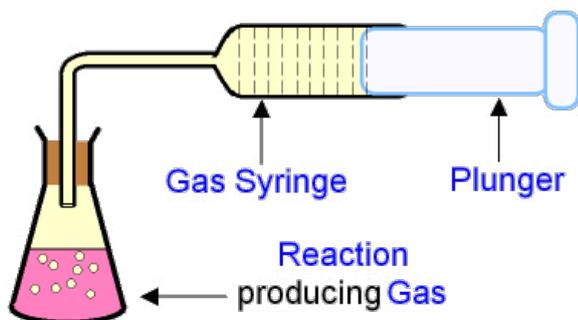
SVILUPPO DELLA QUINTA PARTE

Si raccontano agli studenti le seguenti riflessioni.

1. Nel filmato abbiamo visto dei palloncini gonfiati con un'aria speciale. La bombola mostrata in figura contiene un corpo di nome Elio. L'elio occupa uno spazio, è comprimibile, assume la forma del contenitore che lo contiene e nello spostamento occupa tutto lo spazio a disposizione.
2. Il corpo Elio si comporta come l'aria.
3. Aria e Elio sono GAS.



4. Facendo reagire magnesia effervescente Brioschi e acqua, si ottiene un corpo (colorato in giallo nell'immagine) che occupa lo spazio che ha a disposizione nei contenitori, è in grado di spingere sullo stantuffo della siringa e di spostarlo, visto che è un corpo materiale.
5. Il corpo prodotto si chiama anidride carbonica o diossido di carbonio e si comporta anch'esso come l'aria.
6. Aria e diossido di carbonio sono GAS.

**Note per gli insegnanti**

Qualche studente potrebbe portare l'attenzione sul vapore acqueo. Spesso si fa una certa confusione tra i concetti di gas e di vapore, utilizzando questi termini un po' come sinonimi l'uno dell'altro. In verità entrambe le condizioni di esistenza della materia – comunemente definita "aeriforme" – sono accomunate dal fatto che entrambi tendono ad occupare virtualmente "tutto" il volume nel quale sono confinati, hanno massa e non conservano la forma se spostati. Quindi dal punto di vista degli stati di aggregazione non c'è tra i due nessuna differenza. Tuttavia vi sono differenze da un punto di vista della grandezza temperatura da un punto di vista empirico.

Si parla di gas quando esso si trova ad una temperatura superiore a quella nota come "temperatura critica", mentre è considerato vapore quando si trova ad una temperatura inferiore a questa.

Da un punto di vista sperimentale, un gas non è condensabile, cioè non può essere portato allo stato liquido comprimendolo a temperatura costante. Al contrario, un vapore diventa liquido quando è sufficientemente compresso a temperatura costante.

Quest'ultima reazione discussa potrebbe essere la reazione di avvio per introdurre la cattura dei gas prodotti in una reazione chimica

FASE CONCLUSIVA*Ricostruzione del percorso compiuto, fissazione dei concetti, verifica e valutazione*

È possibile riassumere l'UDA con gli studenti procedendo per punti:

- ▶ nel bicchiere c'è della materia allo stato gassoso. Quando questa è intrappolata nel bicchiere non può entrare l'acqua. Quando con il linguaggio comune parliamo di vuoto, intendiamo che con la vista non vediamo nulla; questo non significa che non ci sia nulla, ci potrebbe essere della materia "invisibile". Se si fa uscire l'aria si fa posto per l'acqua che può entrare e bagnare la carta
- ▶ l'aria è invisibile ma occupa uno spazio: infatti finché essa è presente all'interno del bicchiere la carta non si bagna, la bottiglia non può essere riempita, l'acqua non può uscire dal barattolo...
- ▶ pompando aria nella bottiglia tramite la pompa per biciclette si nota un aumento di massa. Questo evidenzia che il gas aria è dotato di massa. è quindi materia (cioè dotato di massa e volume)
- ▶ premendo con forza sullo stantuffo l'aria si può comprimere, cioè l'aria contenuta nella siringa occupa uno spazio inferiore sotto l'azione di una forza
- ▶ l'aria tende ad occupare tutto lo spazio che ha a disposizione (l'aria della bottiglia quando la valvola del tappo è aperta, fuoriesce e occupa il guanto gonfiandolo). Non ha forma definita in quanto assume quella del recipiente che la contiene (prima aveva la forma della sola bottiglia, poi della bottiglia e del guanto). Le grandezze considerate (forma e volume) variano durante la trasformazione, mentre la massa non varia durante la trasformazione (tanta aria c'era prima dell'apertura della valvola, tanta aria c'è dopo l'apertura)
- ▶ la massa in queste trasformazioni si dice essere una grandezza invariante
- ▶ l'aria è un gas, così come gas sono altri corpi (anidride carbonica, metano, elio, idrogeno...)

Note per gli insegnanti

- ciò che caratterizza un corpo aeriforme: occupa tutto lo spazio che ha a disposizione, non ha un volume proprio, non possiede una forma propria ma assume la forma del contenitore che li contiene. Se viene spostato cambia quindi sia la forma che il volume. Ciò che non varia è la sua massa

Gli esperimenti proposti hanno un approccio costruttivista e in tale contesto la didattica laboratoriale è da intendersi come modalità di conduzione del processo insegnamento-apprendimento centrata sul ruolo attivo degli studenti nella costruzione della conoscenza. La strategia didattica per giungere al risultato è l'esplicitazione, da parte degli allievi, delle idee che già possiedono, (verbalizzazione individuale scritta) la messa in discussione delle idee iniziali grazie all'uso di controesempi, di eventi critici che evidenziano anomalie in grado di creare uno stato di insoddisfazione, la costruzione di nuove idee, che dovrebbero risultare comprensibili e plausibili, con le quali sia possibile superare e risolvere le anomalie e quindi sostituire le idee precedenti. L'applicazione delle nuove idee in contesti differenti da quelli in cui sono state introdotte (competenze) e il confronto delle nuove idee con quelle iniziali, in modo che gli allievi si rendano conto del cambiamento che si è prodotto nella loro struttura concettuale possono essere oggetti di valutazione, così come il suo livello di partecipazione attiva alla discussione iniziale, la modalità con cui conduce le attività sperimentali, la collaborazione con i compagni.

Il momento chiave di questa strategia didattica è la destabilizzazione delle idee iniziali dell'allievo; lo stato di insoddisfazione nei loro confronti è l'ingrediente fondamentale per innescare il «conflitto cognitivo» che lo porterà a modificare le proprie idee.

B. Aspetti microscopici dello stato gassoso

di Paola Bosco

Abstract

Scopo delle attività proposte in questo modulo è quella di costruire il modello particellare partendo dallo studio del comportamento macroscopico dei gas e da alcuni assiomi ben definiti.

Tempo: 6 ore comprensive di rielaborazione scritta da parte degli studenti

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Comprendere come funziona l'approccio scientifico di indagine della natura
- ▶ Riconoscere che i concetti scientifici sono i risultati dell'azione dell'immaginazione e dell'intelligenza umana, e non sono oggetti tangibili o scoperte
- ▶ Capire che i concetti e le teorie scientifiche sono mutevoli e provvisori, e non definitivi e inalterabili
- ▶ Acquisire e utilizzare un linguaggio scientifico
- ▶ Inserire le conoscenze in un contesto storico

CONOSCENZE

- ▶ Conoscere il concetto di assioma
- ▶ Familiarizzare con il concetto di modello in contesto scientifico
- ▶ Conoscere il modello particellare per interpretare lo stato gassoso

ABILITÀ

- ▶ Distinguere l'esistenza di evidenze empiriche (mondo macroscopico) con l'interpretazione delle stesse (mondo microscopico)
- ▶ Costruire un modello partendo da assiomi
- ▶ Implementare il modello in base alle osservazioni sperimentali
- ▶ Operare delle generalizzazioni e fare previsioni di fenomeni macroscopici utilizzando il modello

PREREQUISITI

- ▶ Aspetti macroscopici dei gas: i gas sono corpi dotati di massa, occupano tutto il volume che hanno a disposizione, assumono la forma del contenitore che li racchiude
- ▶ Il concetto di massa come quantità di materia
- ▶ Il concetto di volume come spazio occupato

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

"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: tutti gli oggetti sono formati da particelle piccolissime che si muovono in ogni direzione, senza mai fermarsi" - Richard Feynman

Il dualismo macroscopico/microscopico costituisce uno dei principali ostacoli cognitivi all'apprendimento delle scienze. La difficoltà nasce sia per la persistenza di nozioni legate a luoghi comuni, sia per la mancanza di una effettiva comprensione della natura particellare della materia. Tali difficoltà sono accentuate dal fatto che spesso i libri di testo e gli insegnanti stessi passano da un registro all'altro senza esplicitare il passaggio. Un modello particellare è un insieme di proposizioni di natura ipotetica, di congetture che permettono di interpretare e prevedere fenomeni di natura fisica e/o di natura chimica. Qualsiasi modello particellare comporta un'ipotesi fondamentale: l'esistenza di particelle come unità costitutive della materia. Inoltre, per essere operativo, il modello richiede altre ipotesi relative alle caratteristiche delle particelle, sia quelle intrinseche (forma, massa, dimensione, ecc.), sia quelle relazionali (disposizione delle particelle nello spazio, vincoli tra particelle, ecc.). Il modello è utile per rappresentare i sistemi prima e dopo una trasformazione (per studiare quindi gli stati del sistema) e anche per fare previsioni su fenomeni empirici. A seconda degli ambiti, fisico o chimico presi in considerazione, il tipo di particelle può essere diverso (molecole, atomi, elettroni, ecc.) ma anche le caratteristiche delle stesse in termini di energia e di interazione tra le particelle.

Se si limita inizialmente il campo dei fenomeni a quelli fisici e si costruisce un modello semplice nel quale si può ricorrere unicamente all'idea di particella, sarà più semplice per gli studenti appropriarsi del modello. Solo quando gli studenti padroneggeranno tale modello, sarà possibile allargare il campo empirico alle reazioni chimiche e chiedersi come debba essere modificato il primo modello per disporre di uno strumento utilizzabile sia per le trasformazioni fisiche che per quelle chimiche. In effetti, questi due tipi di trasformazioni sono profondamente diversi dal punto di vista delle invarianti. Se nelle trasformazioni fisiche è l'identità della sostanza che si conserva, nelle reazioni chimiche le sostanze si trasformano ed è l'elemento l'invariante del fenomeno. È possibile portare gli allievi ad appropriarsi di questo criterio per distinguere i due tipi di trasformazioni solo dopo un lungo percorso che prevede la costruzione di molti concetti: sostanza, molecola, atomo, elemento, ecc.

L'unità qui proposta può essere sviluppata subito dopo aver indagato gli aspetti macroscopici della materia. Di solito questo si affronta al primo anno del biennio, nei primi mesi di lezione. Poiché i modelli macroscopico e microscopico della materia vengono affrontati con un approccio costruttivista, sono un ottimo strumento didattico per conoscere la classe, per stabilire le regole di partecipazione e per lavorare in assetto laboratoriale anche in aula. Le attività proposte potranno essere costruite in classe come in laboratorio.

Nelle unità descritte si propone di guidare gli allievi nella costruzione del modello particellare, cosa profondamente diversa dall'espone agli studenti lo stesso modello. Le attività proposte si limitano a studiare lo stato gassoso. Analoghe attività possono essere usate per gli altri stati della materia.

FASE DI AVVIO

Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo.

Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.

Introduzione in forma di racconto per gli studenti:
Nel V° secolo a.C., nella Grecia antica, i filosofi Democrito e Aristotele proposero due concezioni differenti della struttura della materia.

Note per gli insegnanti

Democrito sosteneva che la struttura della materia fosse discontinua. Secondo la sua idea, dividendo un pezzetto di argento in porzioni sempre più piccole, a un certo punto non si sarebbe più potuto proseguire nella suddivisione. Si sarebbe ottenuto un pezzetto minuscolo non riducibile in pezzetti più piccoli. Democrito, infatti, riteneva che l'argento, come tutti gli altri corpi, solidi, liquidi e gassosi, fosse costituito di particelle minutissime, impossibili da vedere a occhio nudo, indivisibili e indeformabili.

Aristotele sosteneva che la materia non fosse costituita di particelle ma possedesse una struttura continua e riempisse completamente lo spazio. Riteneva quindi che la materia fosse estesa in lunghezza, larghezza e profondità per cui occupava tutti gli spazi immaginabili. Dato che la materia per Aristotele era continua, essa era divisibile all'infinito; quindi non esisteva un limite oltre il quale non si poteva più dividere.

Il docente pone quindi la seguente domanda stimolo:

Con quale filosofo ti trovi in accordo e perché?

Il docente raccoglie le idee emerse e scrive alla lavagna le motivazioni proposte dagli studenti. Sfruttando il legame con qualche risposta racconterà loro che gli scienziati (i filosofi della natura moderni) non si limitano a prendere atto di ciò che succede in natura, ma tentano di spiegare il mondo che ci circonda, proponendo meccanismi che permettano di comprendere le cause degli eventi.

In particolare, gli scienziati dicono che un corpo (una piccola porzione di materia) è costituito di particelle molto piccole. Tali particelle per un corpo puro assumono le seguenti proprietà:

- 1. una particella conserva sempre la propria forma, è indeformabile**
- 2. una particella conserva sempre le proprie dimensioni**
- 3. una particella occupa sempre la stessa quantità di spazio (ha sempre lo stesso volume)**
- 4. una particella di un determinato tipo ha sempre la stessa quantità di materia, diversa da quella di particelle di un altro tipo**

Fra le due ipotesi ha prevalso quella di Aristotele e fino al XVII° secolo i "filosofi della natura" nella loro grande maggioranza hanno rifiutato l'esistenza sia delle particelle indivisibili sia del vuoto (fino a quando Torricelli fece il suo esperimento)

Da un punto di vista storico, gli assiomi corrispondono, almeno parzialmente, alle proprietà che Dalton attribuiva agli atomi

Può essere d'aiuto anche riflettere sul significato di modello in questo contesto specifico (è uno strumento interpretativo che consente di rappresentare, mediante un determinato

Questi sono degli assiomi cioè dei principi certi per immediata evidenza e costituenti la base per una ulteriore ricerca.

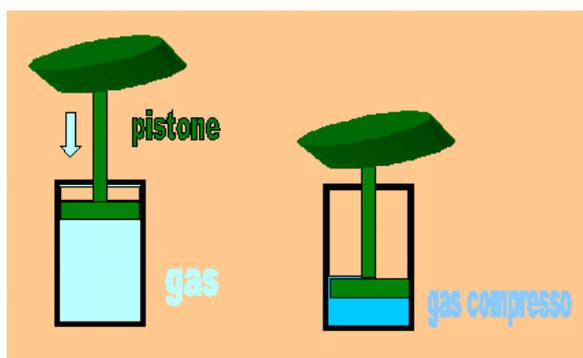
Da ciò si può partire per costruire il modello partecellare.

linguaggio, la porzione di mondo a cui ci stiamo interessando, nonché di studiarne e prevederne il comportamento)

SVILUPPO DELL'UNITÀ - PRIMA PARTE

L'insegnante propone di studiare il fenomeno della compressione di un gas e di rappresentare la situazione sperimentale utilizzando gli assiomi del modello appena enunciati.

L'attività si può condurre in classe o in laboratorio. Nel primo caso si ragiona sulla situazione proposta nell'immagine a sinistra, in laboratorio si ragiona sulla compressione del gas come proposto in quella di destra.



Il docente illustra alla classe la seguente situazione: *“In un cilindro a tenuta si trova un gas puro. Il cilindro è chiuso nella parte superiore da un pistone mobile. Quando il pistone si abbassa il gas che si trova nel cilindro viene compresso.”*

L'insegnante verifica che non vi sia più nessuno che confonde il concetto di massa e di volume e che vi sia accordo che non vi possa essere materia che entra o esce.



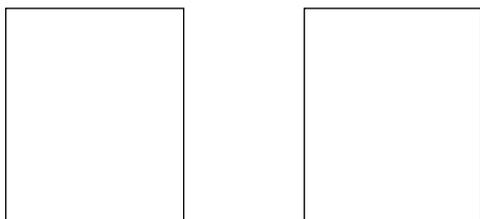
Note per gli insegnanti

L'esperimento proposto potrebbe richiamare un'esperienza vista in precedenza nelle attività macroscopiche.

L'attività permette di iniziare una ginnastica mentale molto importante, un continuo salto tra il mondo macroscopico (di cui possiamo fare esperienza) e quello microscopico (aspetto mentale interpretativo)

Il docente chiede quindi agli alunni di rappresentare nei riquadri sottostanti le situazioni sopra descritte utilizzando dei simboli iconici per rappresentare le particelle di gas.

Proposta di rappresentazione:
prima della compressione dopo la compressione



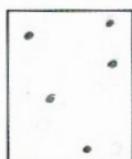
L'insegnante commenta le raffigurazioni degli alunni, facendo notare che alcuni aspetti non sono rilevanti (quante particelle disegnano o quale icona serve per rappresentarle) ed evidenziando invece quelli più importanti.

Tra questi:

- ▶ il numero di particelle prima e dopo la compressione (deve mantenersi uguale a indicare la conservazione della quantità di materia)
- ▶ a seguito della prima compressione il volume diminuisce. Per interpretare questo comportamento macroscopico gli allievi devono utilizzare le proprietà delle particelle, ammettendo che, prima della compressione, queste non siano a contatto e che, dopo la compressione, esse siano più vicine di quanto non lo fossero prima (le particelle sono indeformabili e occupano sempre lo stesso volume)
- ▶ in seguito alla compressione il volume diminuisce e le particelle sono più vicine ma non a contatto (non ho liquefatto il gas)

Esempio di rappresentazione:

prima della compressione



dopo la compressione



Per quanto riguarda le rappresentazioni si preferisce non mescolare gli aspetti macro con quelli micro (cilindro con dentro rappresentazione gas), intendendo quindi i riquadri proposti come un ingrandimento di una piccola porzione del gas racchiuso nel cilindro.

Vedi commento precedente: è fondamentale non mescolare i concetti macro e micro!

L'insegnante riassume alla lavagna:

Livello Macroscopico	Livello Microscopico
Stesso gas	Un solo tipo di particelle
Stessa massa di gas	Stesso numero di particelle
Diminuzione notevole di volume	Particelle si avvicinano, esistono fra le particelle spazi molto più grandi delle loro dimensioni

Dato che la diminuzione di volume è notevole, appare logico ammettere che **nel gas gli spazi tra le particelle siano molto più grandi di queste ultime.**

Partendo da questa affermazione l'insegnante pone un nuovo problema, chiedendo agli allievi di esprimere le proprie idee a proposito di questa affermazione:

Cosa c'è tra una particella e l'altra?

Gli studenti risponderanno oralmente o per iscritto. Il docente stimola la partecipazione e le argomentazioni provenienti dagli studenti, accogliendo senza giudizio tutte le risposte.

Sarà sorprendente verificare come l'horror vacui sia ancora presente nelle menti degli studenti del XXI secolo!

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Può essere di interesse riflettere sul concetto di vuoto. Il vuoto ha da sempre spaventato e interessato l'uomo. Non è solo un concetto fisico ma spesso è associato a profondi sentimenti dell'animo umano (vedi vuoto in filosofia, in arte, in architettura etc.)



Note per gli insegnanti

Per quanto riguarda il vuoto in fisica può essere interessante approfondire la pompa a vuoto (posso raggiungere in laboratorio il vuoto o è anch'esso un concetto limite a cui tendere?)

Come funziona e cosa accade quando si usa la pompa da vuoto (aspetti macro e microscopici). Alcuni video con pompa da vuoto e oggetti contenenti gas:

- ▶ video Zanichelli con pompa da vuoto: <https://www.youtube.com/watch?v=ZaNp6o03rvM>
- ▶ video palloncino in pompa da vuoto: <https://www.youtube.com/watch?v=RkIAA3DKcFo>
- ▶ video marshmallow in pompa da vuoto: <https://www.youtube.com/watch?v=MsZOq-CnRgw>

Con i suoi studi Torricelli si inserì nella millenaria polemica fra "vacuisti" e "pienisti" e mostrò che in natura il vuoto esiste.

L'esistenza del vuoto porta di conseguenza a supporre che potrebbe essere accettabile la concezione di Democrito sulla struttura della materia, basata proprio sull'esistenza del vuoto come spazio nel quale non ci sono particelle.

SVILUPPO DELL'UNITÀ - SECONDA PARTE

Per stimolare gli studenti ad usare i punti visti del modello ed arricchirlo con altre proprietà, viene proposto di studiare la diffusione dei gas.

Si mostrano pochi istanti del filmato https://www.youtube.com/watch?v=_oLPBnhOCjM (start a 30 secondi stop 57 secondi).

L'insegnante chiede agli studenti di rappresentare microscopicamente una situazione analoga a quella vista nel filmato. Vi sono due cilindri, uno riempito di un gas puro colorato, l'altro di un gas incolore. I due cilindri sono separati da un setto. Successivamente il setto viene tolto.



Note per gli insegnanti

Si può richiamare un esperimento che può essere stato proposto in precedenza, in cui il gas diffondeva dalla bottiglia al guanto e viceversa, benché in quel caso non si avessero due gas puri separati

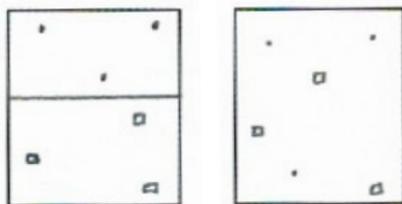


L'insegnante commenta le raffigurazioni proposte dagli alunni.

Tra gli aspetti rilevanti ai quali il docente deve porre attenzione:

- ▶ essendo due i gas puri si devono rappresentare due tipi di particelle
- ▶ osservando macroscopicamente che i gas occupano tutto lo spazio che hanno a disposizione deve emergere che le particelle non sono vincolate tra di loro, anzi si possono muovere e senza vincoli si muoveranno di moto caotico. Le particelle potranno andare in tutte le direzioni possibili, anche verso l'alto.

Esempio di rappresentazione prima e dopo aver tolto il setto:



L'insegnante riassume alla lavagna i punti più importanti che sono emersi finora riguardo alle caratteristiche dei livelli micro/macro:

Livello Macroscopico	Livello Microscopico
Inizio: in ogni contenitore vi è un gas puro.	In ogni contenitore vi è un solo tipo di particelle.
Fine: i due contenitori assumono la stessa colorazione.	Le particelle dei gas si sono mescolate quindi le particelle non sono vincolate tra di loro, hanno un movimento caotico.
I due contenitori rappresentano un sistema chiuso.	Il numero complessivo delle particelle prima e dopo deve rimanere lo stesso.



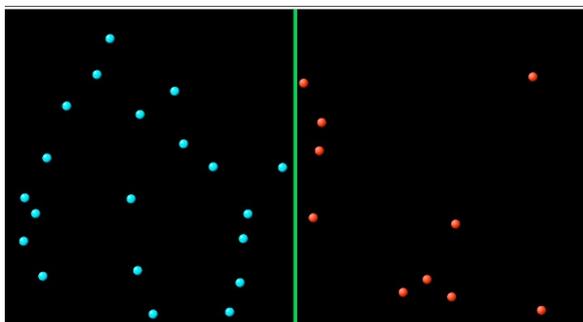
È importante far notare agli studenti che il gas colorato si sposta dal basso verso l'alto, quindi si muove in verso opposto rispetto alla gravità della terra.

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Può essere interessante proseguire con la visione del filmato usato all'inizio dell'unità 2. Verranno in questo caso prese in considerazione altre situazioni problematiche (massa delle particelle e velocità di diffusione del gas e reazione tra vapori).

Per aiutare la comprensione del fenomeno e studiare le variabili può essere utile utilizzare la simulazione proposta:

https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_it.html



Questa simulazione può aiutare anche a introdurre altre variabili come la temperatura e la pressione che potrebbero essere molto utili per interpretare la successiva situazione problematica.

Note per gli insegnanti

La visione del filmato e l'utilizzo della simulazione possono essere dei germi per affrontare il concetto di miscuglio a livello microscopico.

Sarà anche l'occasione per proporre agli studenti alcuni miscugli gassosi, ad esempio l'aria.

SVILUPPO DELL'UNITÀ - TERZA PARTE

Lo scopo di questa attività è di usare il modello particellare per interpretare la dilatazione del gas.

L'insegnante mostra l'immagine e chiede cosa accadrà quando il gas racchiuso viene riscaldato.



Note per gli insegnanti

Alternative: mettere una bottiglietta di plastica schiacciata in freezer poi portarla a temperatura ambiente o metterla su un termosifone o riscaldarla con phone... (i rumori sono sinistri...)

In alternativa vi sono delle situazioni sperimentali da poter fare in laboratorio a gruppi: di seguito ne viene descritta una a titolo di esempio.

Si prende una beuta di vetro contenente aria, e viene chiusa da con tappo in gomma, dove in precedenza è stato infilato l'ago di una siringa. Si pone la beuta su una reticella spargifiamma e si procede a riscaldare.

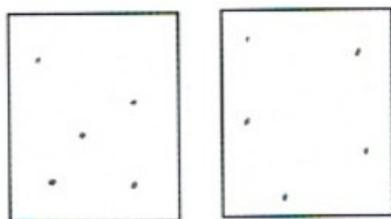


L'insegnante avvia la discussione a livello fenomenologico, sottoponendo agli allievi quesiti relativi alla quantità di aria contenuta nel sistema e al volume da questa occupato, prima del riscaldamento.

Si procede a riscaldare e l'insegnante ripropone agli studenti i quesiti visti in precedenza, relativi alla massa (quantità di aria), e allo spazio occupato (volume) dopo il riscaldamento.

Esaurita la fase della discussione del fenomeno a livello empirico, l'insegnante chiede agli studenti di rappresentare la situazione a livello microscopico prima del riscaldamento e alla fine del riscaldamento.

Esempi di rappresentazione prima e dopo il riscaldamento:



L'insegnante anche in questo caso riassume alla lavagna le osservazioni empiriche e la loro interpretazione microscopica:

In questo esperimento, non è necessario scaldare a lungo o molto intensamente per provocare il movimento verso l'alto del pistone della siringa. Occorre evitare di causare l'espulsione del pistone, per mantenere il sistema chiuso e quindi garantire la conservazione del numero di particelle.

Può accadere che alcuni allievi non abbiano ancora superato la concezione che le particelle possano deformarsi ("...le particelle si sdoppiano...; "...le particelle si gonfiano...") oppure che non dominino ancora il concetto di sistema chiuso, proponendo rappresentazioni del dopo con molte più particelle.

Può accadere che alcuni studenti introducano altri concetti (agitazione termica) o il concetto di pressione etc., ma per il momento vengono tralasciati, concentrando la propria attenzione sulla costruzione e utilizzo del modello.

Livello Macroscopico	Livello Microscopico
Il volume del gas è aumentato (il gas si dilata)	Le particelle si allontanano tra loro
Lo stantuffo si è alzato	Le particelle urtano sulle pareti dello stantuffo spingendolo verso l'alto

L'insegnante chiede agli allievi di aggiungere al germe del modello fornito inizialmente (i quattro assiomi) le proprietà delle particelle a cui si è fatto ricorso per interpretare i fatti fin qui indagati. L'insegnante deve guidare la discussione avendo ben presente quali sono i punti del modello che ritiene opportuno incrementare. Si potranno aggiungere delle proprietà intrinseche e relazionali delle particelle richiamando le raffigurazioni delle situazioni viste in precedenza (es. due gas puri due tipi di particelle; 3 particelle all'inizio, 3 particelle alla fine della trasformazione significa che la massa si è conservata, se si comprime le particelle si avvicinano, se si dilata le particelle si allontanano quindi le particelle si possono muovere liberamente perché non sono legate tra loro...). Si potrà scrivere ad esempio:

- 5. Un solo tipo di particella individua un corpo gassoso puro**
- 6. Un determinato numero di particelle dello stesso tipo equivale sempre alla stessa quantità di un corpo gassoso puro**
- 7. Tra le particelle di un corpo gassoso vi sono spazi vuoti molto grandi rispetto alle dimensioni delle particelle**
- 8. Le particelle di un corpo gassoso non sono vincolate le une alle altre e sono in continuo movimento**
- 9. Le particelle di un corpo gassoso sono libere di muoversi e di spostarsi**
- 10. Le particelle di un corpo gassoso sono disposte in modo disordinato**

**SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI
CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE**

Questi video mostrano come un gas o del vapore, dilatandosi, possano gonfiare un palloncino:
<https://www.youtube.com/watch?v=MEaxoGIONFs>
<https://www.youtube.com/watch?v=qWc6Z-NEjRO>

Note per gli insegnanti

C. Torricelli e dintorni

di Alberto Giraldi

Abstract

Scopo delle attività proposte in questo modulo è quello di introdurre sperimentalmente l'esperimento di Torricelli, per consolidare ed ampliare le potenzialità del modello particellare e di altri strumenti ritenuti fondamentali per il pensiero scientifico e per l'interpretazione dei fenomeni fisici e chimici in ambienti controllati.

Questa UDA fa parte di un ciclo di 3 UDA (C., D. ed F.), che possono essere svolte singolarmente o in serie, il cui scopo è quello di costruire un percorso sperimentale che dalla triplice rivisitazione dell'esperimento di Torricelli e dall'esperienza riguardante la legge di Boyle permetta, attraverso un manometro a siringa auto-costruito, di effettuare una stima della densità della miscela di gas contenuti nell'aria utilizzando materiali di facile reperibilità.

Tempo: 2-3 ore

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Favorire un approccio al pensiero scientifico basato sull' 'imparare facendo' per incentivare un metodo che favorisca le definizioni operative come strumento di supporto all'utilizzo di modelli per pensare ed operare.
- ▶ Comprendere come funziona l'approccio ed il metodo scientifico di indagine della natura
- ▶ Acquisire e utilizzare un approccio e un metodo scientifico
- ▶ Riconoscere che i concetti, modelli e le teorie scientifiche sono i risultati dell'azione dell'immaginazione e dell'intelligenza umana
- ▶ Comprendere che attraverso le teorie scientifiche è possibile modellizzare e spiegare alcuni fenomeni e fare previsioni empiriche che sono il banco di prova delle medesime (principio di falsificazione o possibilità di confutazione / rivoluzione scientifica)
- ▶ Capire che i concetti e le teorie scientifiche hanno una loro storia e un ben preciso dominio di validità
- ▶ Utilizzare il modello particellare come strumento concettuale per modellare e comprendere gli esperimenti di Torricelli e Boyle

CONOSCENZE

- ▶ Conoscere e comprendere la pompa a vuoto come macchina che può creare un sistema chiuso ove immettere o togliere particelle di aria

ABILITÀ

- ▶ Manipola i corpi gassosi e fa degli esperimenti in ambienti controllati
- ▶ Verbalizza i fenomeni osservati

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ Conoscere e comprendere l'esperimento di Torricelli come strumento 'trasduttore' che permette di misurare la pressione tramite una misura di altezza della colonna di acqua e/o mercurio. ▶ Conoscere l'esperimento di Boyle (relazione tra il volume e la pressione di un gas intrappolato a temperatura costante) | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Classifica utilizzando le categorie di cui ha fatto esperienza ▶ Effettua analisi, sintesi e generalizzazioni ▶ Sa effettuare misure dirette ed indirette di grandezze fondamentali e derivate tenendo conto anche della propagazione degli errori ▶ Elabora, tramite opportune tabelle, le misure dirette ai fini di determinare valori costanti o invarianti anche come misure indirette e/o come indicatori di proporzionalità diretta o inversa tra grandezze fisiche e chimiche ▶ Disegna a mano o tramite appositi software (foglio di calcolo, geogebra) un grafico cartesiano riguardante due grandezze variabili. Utilizza tale strumenti per cogliere relazioni di proporzionalità diretta o inversa |
|--|--|

PREREQUISITI

- ▶ Grandezze fisiche qualitative come la forma e quantitative come la massa, la superficie, il volume, la forza peso, la pressione
- ▶ Il volume, cioè lo spazio occupato da un corpo
- ▶ La definizione di materia, cioè tutto ciò che possiede un volume e una massa
- ▶ La differenza tra deformabilità e compressibilità
- ▶ La massa, cioè la quantità di materia presente in un corpo, distinta dalla forza peso di un corpo
- ▶ L'aria come stato della materia che occupa uno spazio e possiede una massa.
- ▶ Le caratteristiche delle grandezze vettoriali e la loro rappresentazione grafica
- ▶ Il grafico cartesiano delle principali funzioni matematiche (retta, ramo iperbole)
- ▶ Pendenza di una retta come indicatore di relazione tra grandezze e/o parametro fisico chimico
- ▶ Le relazioni di proporzionalità diretta (es. massa e forza peso) ed inversa (es. leva bilaterale) tra grandezze
- ▶ Il concetto generale di pressione come rapporto tra la forza e la superficie
- ▶ Il principio di Pascal
- ▶ La legge di Stevino

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

La sequenza proposta si basa su un **approccio costruzionista** secondo il quale il soggetto che apprende costruisce modelli mentali per comprendere i fenomeni che lo circondano in maniera più efficace quando avviene un apprendimento di tipo esperienziale attraverso la costruzione di **oggetti o ambienti tangibili**.

L'insegnamento delle scienze come la fisica e la chimica si presta a creare **sequenze di esperimenti**, che a volte può essere utile rendere **ridondanti**, proprio per fornire agli studenti diverse occasioni di **ancoraggio** come spunti per superare le **misconcezioni** riguardanti lo stato gassoso e favorirne così la concettualizzazione.

Il barometro di Torricelli diviene così non solo **uno strumento di misura**, ma anche un **oggetto tangibile** che visto da punti di vista diversi può permetterci di esplorare lo stato gassoso e le sue principali grandezze come la pressione atmosferica.

Nella seconda parte della sequenza (**UdA D - "L'elasticità dell'aria: Boyle-Mariotte"**) viene proposto uno dei possibili sistemi per studiare la **relazione tra la pressione ed il volume** di un certo quantitativo di aria imprigionata. La raccolta e l'elaborazione dei dati ci portano alla conferma sperimentale della **legge di Boyle-Mariotte** che risulta fondamentale anche per comprendere il funzionamento del **manometro a siringa auto costruito che diviene anch'esso un oggetto tangibile**.

Nell'ultima parte (**UdA F - "Stima della densità dell'aria con materiali poveri"**) viene utilizzato il **manometro a siringa** come strumento per **misurare la pressione all'interno di una bottiglia di plastica da 1,5 L** sul cui tappo è stata posta una valvola di bicicletta. L'incontro di questi materiali poveri modificati e una pompa di bicicletta risultano sinergici al punto di **creare un nuovo ambiente controllato e tangibile** che permette la **stima della densità dell'aria**.

Gli esperimenti proposti costituiscono delle basi per poter consolidare e rafforzare **il modello particellare** della materia come **strumento mentale di interpretazione dei fenomeni**.

Per dare ulteriore valore all'approccio utilizzato nella sequenza proposta possiamo brevemente ripercorrere i principali avvenimenti storici riguardanti la cosiddetta legge di Boyle contestualizzandola ricordando **le tappe del pensiero scientifico prima e dopo la sua formulazione**.

Le parole poste tra virgolette singole ci ricordano quanto sia difficile ragionare di pensiero e conoscenza scientifica nei termini di contributi individuali/collettivi e/o pratici/teorici.

Prima della legge di Boyle:

- ▶ 1643 Evangelista Torricelli 'inventa' il barometro. Prima di lui il matematico Gasparo Berti aveva svolto esperimenti riguardanti il fatto che una pompa aspirante non riuscisse a sollevare l'acqua ad un'altezza superiore ai 10 m
- ▶ 1648 Blaise Pascal e suo cognato 'dimostrano' con un barometro che la pressione dell'aria diminuisce con l'altitudine
- ▶ 1650 – 1657 Otto von Guericke 'realizza', una macchina pneumatica o pompa a vuoto con la quale effettua esperimenti con l'aria ed il vuoto (emisferi di Magdeburgo)
- ▶ Robert Boyle viene a conoscenza degli esperimenti e commissiona a Robert Hooke la realizzazione di una pompa pneumatica

Durante:

- ▶ 1660 Robert Boyle pubblica "Nuovi esperimenti fisico-meccanici intorno all'elasticità dell'aria e ai suoi effetti"
- ▶ Richard Towneley e Henry Power eseguono esperimenti con il barometro torricelliano e sono probabilmente i primi ad enunciare la legge di Boyle (controversia scientifica)
- ▶ 1662 Boyle esamina una bozza del lavoro dei due scienziati e dopo aver verificato sperimentalmente i risultati li conferma pubblicando un articolo dal titolo "L'ipotesi di Mr Towneley" come parte della replica alle critiche mosse al suo operato scientifico
- ▶ 1663 Towneley e Power pubblicano i risultati dei loro esperimenti

Dopo:

- ▶ 1738 Il fisico svizzero Daniel Bernoulli pubblica il testo "Hydrodynamica" esponendo una prima versione della teoria cinetica dei gas
- ▶ Nel 1871 Ludwig Boltzmann è l'ultimo di una cordata di illustri scienziati (Clausius, Maxwell e altri) a contribuire ad una versione 'definitiva' della teoria cinetica dei gas
- ▶ All'inizio del XX secolo, molti fisici consideravano gli atomi come delle particelle ipotetiche, si deve ad Albert Einstein ed a Marian Smoluchowsky un contributo significativo alla comprensione del moto browniano basato sulla teoria cinetica dei gas

FASE DI AVVIO

Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo.

Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.



Note per gli insegnanti

L'insegnante mostra la strumentazione rappresentata in figura alla classe: si tratta di una pompa collegata a una campana di vetro. Azionando la pompa, si può immettere o estrarre aria. La pressione (e la densità) dell'aria all'interno della campana varieranno.

L'insegnante pone la seguente domanda stimolo:

Come varia la pressione all'interno della campana immettendovi o estraendovi aria?

L'insegnante guiderà la discussione affinché tutti gli studenti arrivino alla conclusione che estraendo aria la densità e la pressione della stessa all'interno della campana diminuisce, viceversa se si immette anziché estrarne.

SVILUPPO DELL'UNITÀ - PRIMA PARTE (pompate aria per far entrare acqua)

Le seguenti attività potranno essere proposte agli studenti con diverse modalità, come esperimenti mentali, come situazioni problematiche sorte in seguito alla visione di un filmato... o potranno essere eseguite alla cattedra dal tecnico di laboratorio o dagli insegnanti. Viene qui descritto un possibile percorso sperimentale utilizzabile nei laboratori muniti di pompa da vuoto.

Esiste un interessante esperimento (nota: è già stato introdotto nella prima UDA, nel caso in cui sia già stato affrontato in classe basterà ricordarlo agli studenti) basato su una bacinella con acqua e un becher con incollata una strisciolina di carta sul proprio fondo che può essere presentato alla classe all'inizio dell'anno scolastico, quando vengono affrontati gli aspetti macroscopici dello stato gassoso (vedi nella colonna a destra). Se questo esperimento è stato precedentemente realizzato in classe, l'insegnante lo ricorda alla classe, altrimenti lo presenta per la prima volta.



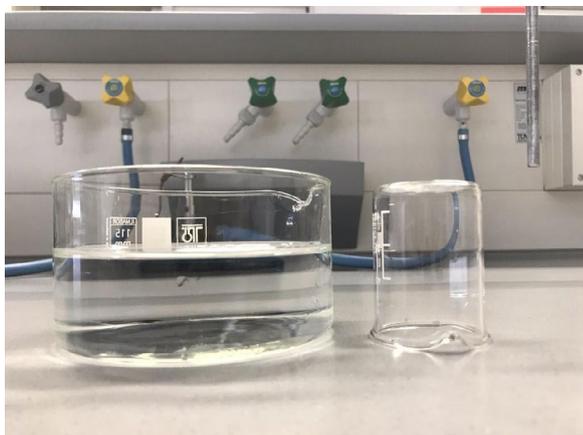
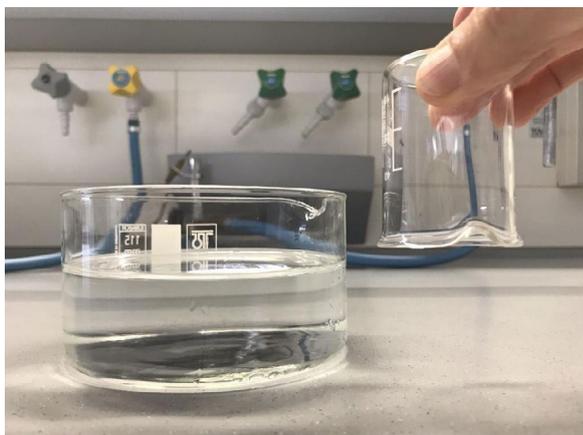
L'insegnante descrive alcune situazioni chiedendo agli studenti di fare delle previsioni, che verranno in seguito discusse dopo averle testate per via sperimentale. Pone dunque le seguenti domande:

- Cosa accade se si riproduce l'esperimento del bicchiere capovolto con strisciolina di carta all'interno della campana dove è stata immessa ulteriore aria?

Note per gli insegnanti

Questo esperimento consiste nel fissare una strisciolina di carta in un becher. Questo viene capovolto e immerso in una bacinella piena d'acqua. Come si osserva una volta estratto il becher, la strisciolina è rimasta perfettamente asciutta.

L'esperimento permette agli studenti di verificare che l'aria occupa uno spazio e dunque l'acqua non può risalire nel bicchiere e bagnare la strisciolina di carta finché c'è dell'aria che la circonda.



- Potresti supportare le tue previsioni servendoti del modello particellare?

L'insegnante raccoglie le idee proposte dagli studenti (essenzialmente: non cambia nulla, l'acqua bagna la strisciolina di carta perché risale di più nel bicchiere, l'acqua non bagnerà mai la strisciolina di carta) e riassume le motivazioni microscopiche presentate.

Dopo questo momento di brainstorming l'insegnante esegue alla cattedra l'esperimento dimostrativo. Gli studenti descrivono sul loro quaderno quanto osservato sperimentalmente distinguendo gli aspetti macroscopici da quelli microscopici:

- La bacinella contenente acqua e bicchiere capovolto vengono posti nella campana a vuoto.
- La pompa viene azionata in modo da immettere aria all'interno della campana di vetro.
- Si osserva che il livello di acqua che entra nel bicchiere si alza a mano a mano che viene introdotta aria.

L'insegnante guida la spiegazione del fenomeno osservato utilizzando i registri macroscopico e microscopico.

Gli studenti riassumono e concludono:

Immettendo aria nel sistema si aumenta la densità e la pressione dell'aria contenuta nella campana. L'aumento di pressione esercitata dall'aria sul pelo libero dell'acqua presente nella bacinella si trasmette a tutta la massa di acqua, anche a quella presente sotto l'apertura del bicchiere. Questa maggior forza (per unità di superficie) spingerà l'acqua più in alto dentro il bicchiere, bagnando la carta e comprimendo l'aria racchiusa nel bicchiere.

Possiamo interpretare il fenomeno pensando che immettendo particelle di aria nella campana vi saranno più particelle di aria che spingeranno sulla superficie libera dell'acqua. Questa forza maggiore si trasmette a tutta l'acqua che risalirà nel bicchiere spingendo le particelle di aria verso l'alto. Queste ultime saranno costrette ad avvicinarsi tra di loro, a occupare quindi meno spazio.

SVILUPPO DELL'UNITÀ - SECONDA PARTE (togliere aria per far uscire acqua)

Si propone ora di eseguire l'esperimento del bicchiere pieno d'acqua sigillato e rovesciato e di estendere poi il ragionamento alla situazione che si verifica sotto la campana da vuoto. In questo caso si estrae aria dalla campana, si diminuiscono densità e pressione.

L'insegnante propone agli studenti il seguente esperimento dimostrativo che viene eseguito alla cattedra:

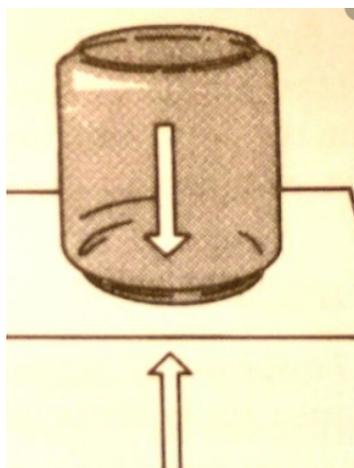
- ▶ Si introduce acqua in un bicchiere riempiendolo completamente, si sigilla con vetro o plastica in modo che nell'acqua non siano presenti bolle di aria.
- ▶ Si rovescia il sistema

Note per gli insegnanti



L'insegnante chiede agli studenti perché l'acqua non fuoriesca dal bicchiere in presenza del sigillo.

Gli studenti dovrebbero argomentare valutando che il sistema è immerso nell'aria e che quindi deve essere coinvolta la pressione atmosferica. Se il sigillo non si stacca liberando l'acqua vuol dire che l'aria esercita una pressione superiore alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua. La pressione atmosferica agisce in tutte le direzioni secondo il principio di Pascal.



L'insegnante introduce ora il bicchiere sigillato in una bacinella contenente acqua, e chiede se l'acqua contenuta nel bicchiere potrà uscire una volta tolto il sigillo all'interno della bacinella.

Dopo aver raccolto le idee degli studenti e aver discusso le loro argomentazioni a sostegno delle previsioni, l'insegnante procede togliendo il sigillo.

L'insegnante chiede agli studenti di spiegare il perché l'acqua non esce.

Gli studenti argomentano spiegando che l'aria preme sulla superficie dell'acqua nella vaschetta. Questa pressione, per il principio di Pascal, si trasmette anche all'acqua che si trova all'imboccatura della bottiglia, spingendola verso l'alto: di conseguenza l'acqua che è nella bottiglia non può fuoriuscire.

L'insegnante ora chiede in quali condizioni di pressione si potrebbe ottenere la fuoriuscita dell'acqua dal bicchiere.

Il docente guida la discussione degli studenti che infine proporranno di diminuire la pressione esistente sulla superficie dell'acqua contenuta nella bacinella.

Si inseriscono dunque il bicchiere pieno d'acqua e la bacinella nella campana a vuoto. Si estrae aria finché il livello di acqua nel bicchiere scende.

Gli studenti schematizzano e verbalizzano per iscritto i fenomeni osservati. Esempio di schematizzazione:

Attività	Osservazione sperimentale	Spiegazione
Bicchiere pieno d'acqua viene sigillato e rovesciato	Osservo che non fuoriesce l'acqua dal sigillo	L'aria in cui è immerso il bicchiere e il sigillo esercita in tutte le direzioni una pressione e in questo caso la pressione esercitata dall'aria è maggiore della pressione esercitata dalla colonna d'acqua presente nel bicchiere (pressione idrostatica)
Bicchiere pieno di acqua sigillato in bacinella, dove viene tolto il sigillo	Osservo che non fuoriesce l'acqua	Se l'acqua non fuoriesce deve esserci una forza di verso opposto alla forza di gravità che la mantiene all'interno del bicchiere. Tale forza è la forza esercitata dall'aria sulla superficie di liquido acqua presente nella vaschetta.

		Questa forza, secondo il principio di Pascal si trasmette a tutta la massa del liquido, quindi anche a quello presente sotto l'imboccatura del bicchiere, impedendo all'acqua di uscire.
Bicchiere pieno di acqua in vaschetta con acqua sotto campana di vetro a pressione inferiore a quella atmosferica	L'acqua scende dal bicchiere	Diminuendo la pressione dell'aria, diminuisce anche la pressione sulla superficie libera del liquido. La pressione inferiore si manifesta come forza inferiore che non è più in grado di vincere la pressione esercitata dalla colonna di liquido contenuto nel bicchiere. In questo caso l'acqua uscirà.

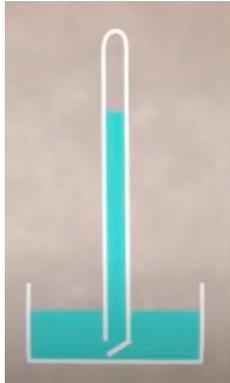
SVILUPPO DELL'UNITÀ - TERZA PARTE (costruire un barometro ad acqua)

Possiamo ora proporre delle varianti del famoso esperimento di Torricelli prima utilizzando acqua ed infine mercurio (quest'ultimo come esperimento mentale per ragioni di sicurezza). Ricordiamo che tale esperimento ha permesso di concepire e costruire lo strumento per misurare la pressione atmosferica.

Si propone di ragionare sull'altezza della colonna di liquido che contrasta la pressione atmosferica. Si ragiona inoltre sul concetto di vuoto.

L'insegnante richiama l'esperimento precedente all'interno della campana a vuoto. Si è visto che diminuendo la densità e la pressione dell'aria il livello dell'acqua contenuto nel tubo o bicchiere scende.

Note per gli insegnanti



L'insegnante chiede agli studenti quanto dovrebbe essere alto il tubo di vetro contenente acqua qualora si operi a pressione atmosferica e non a pressione inferiore a quella atmosferica.

Gli studenti per poter rispondere devono ricordare che la pressione idrostatica esercitata dal liquido deve superare la pressione atmosferica. Si tratta quindi di applicare la legge di Stevino:

$$p_0 = dgh \text{ e quindi } h = p_0/dg = 101325 \text{ N/m}^2 / 1000 \text{ Kg/m}^3 * 9,8 \text{ N/Kg} = 10,34 \text{ m di acqua.}$$

L'insegnante propone quindi di utilizzare un tubo di gomma e acqua per verificare questa altezza. Ad esempio, questo esperimento può essere effettuato nella tromba delle scale della scuola. Si procede utilizzando il tubo trasparente chiuso a un'estremità con una pinza. Il tubo viene riempito con acqua e portato in fondo alle scale dove è presente un secchio contenente acqua (l'equivalente della bacinella e del bicchiere). A questo punto si chiederà di sollevare il tubo e portarlo verso i piani alti. Solo quando gli studenti saranno oltre i 10 m di altitudine dal secchio si vedrà la colonnina di acqua abbassarsi.

L'insegnante farà notare che si è stimata l'altezza della colonna di liquido partendo dal presupposto che la pressione atmosferica sia 101325 N/m^2 , la quale però potrebbe variare a seconda di dove sia situata la scuola. Misurando quindi l'altezza del liquido con una corda metrica si può risalire alla pressione esterna. Si è costruito quindi un vero e proprio strumento di misura della pressione (barometro).

L'insegnante chiede ora cosa accadrebbe alla stessa situazione sperimentale se venisse effettuata con un liquido diverso dall'acqua avente densità maggiore, ad esempio il mercurio ($d_{\text{Hg}} = 1358 \text{ Kg/m}^3$). Per rispondere, gli studenti dovranno calcolare:

Il primo barometro della storia fu il barometro ad acqua, sviluppato ufficialmente nel 1641 da Giovanni Battista Baliani; tuttavia sembrerebbe che tale strumento, sebbene in versioni più rudimentali, fosse già in utilizzo dai Padri Pellegrini durante le navigazioni verso il Nuovo Mondo.

Sicuramente lo strumento aveva già una grande diffusione in Europa nella seconda metà del Seicento grazie all'abilità raggiunta dai mastri vetrai.

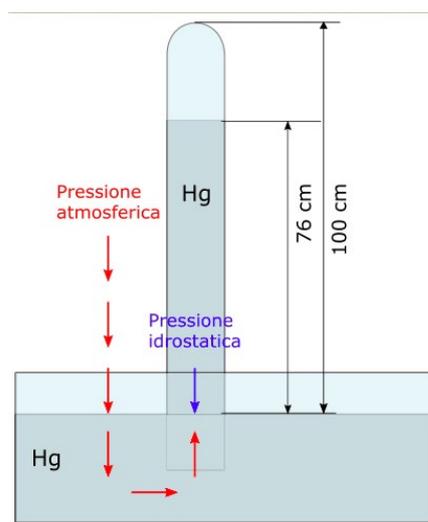
Questo barometro oggi è conosciuto con il nome di barometro di Goethe, in quanto ne fu trovato uno nella camera dove morì il grande pensatore tedesco. Si tratta di uno strumento molto semplice ma infallibile nel funzionamento, sebbene approssimativo nella lettura.

L'altezza dipende dalla pressione atmosferica ma è da considerare anche che nella parte alta del tubo, in cui idealmente dovrebbe esserci il vuoto, è presente del vapore acqueo dovuto all'evaporazione dell'acqua. Tale vapore acqueo esercita una sua pressione, che si somma alla pressione idrostatica.

$p_0 = dgh$ e quindi $h = p_0/dg = 101325 \text{ N/m}^2 / 1358 \text{ Kg/m}^3 * 9,8 \text{ N/Kg} = 0,761 \text{ m}$ di mercurio

L'insegnante chiede cosa c'è sopra la colonna di mercurio presente nella provetta.

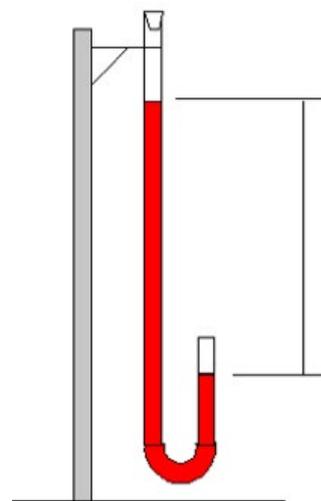
Come altre volte detto sarà difficile per gli studenti accettare quello che un tempo veniva chiamato "vuoto pneumatico".



Come conclusione l'insegnante propone la visione del seguente filmato che riassume il percorso sperimentale proposto e le controversie scientifiche del periodo storico:

<https://www.youtube.com/watch?v=EkDhlzA-lwl>
(The history of the barometer (and how it works) - Asaf Bar-Yosef)

Alternativa a questo esperimento è usare il tubo a U. Ad esempio si può agganciare una estremità del tubo al cavo di un'alzabandiera e lo si issa fino al culmine. Si incurva la parte bassa del tubo fino a formare una U. A questo punto si toglie il tappo all'estremità bassa del tubo e si osserva che solo una parte dell'acqua fuoriesce, poi il livello si stabilizza nei due rami. La misura dell'altezza del dislivello dà informazione sulla pressione atmosferica.



SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

- ▶ Seymour Papert, Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education - A proposal to the National Science Foundation, Cambridge, MIT, 1989
- ▶ Guido Pegna, Paola Grosso, Pesare l'aria, La fisica nella Scuola, XXXVI, 1, 2003
- ▶ Gerardo Pastore, Il lato oscuro della Knowledge Society: elementi per una lettura critica dei processi di mutamento nelle società contemporanee, Rivista Trimestrale di Scienza dell'Amministrazione – <http://www.rtsa.eu> – ISSN 0391-190X ISSNe 1972-4942
- ▶ Francesco Sylos Labini, Rischio e previsione. Cosa può dirci la scienza sulla crisi

D. L'elasticità dell'aria: Boyle-Mariotte

di Alberto Giraldi

Abstract

Scopo delle attività proposte in questo modulo è quello di introdurre sperimentalmente la legge di Boyle-Mariotte, per consolidare ed ampliare le potenzialità del modello particellare e di altri strumenti ritenuti fondamentali per il pensiero scientifico e per l'interpretazione dei fenomeni fisici e chimici in ambienti controllati.

Questa UDA fa parte di un ciclo di 3 UDA, che possono essere svolte singolarmente o in serie. Vedi la presentazione dell'intero ciclo nell'UDA C. Torricelli e dintorni.

Tempo: 2-3 ore

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Favorire un approccio al pensiero scientifico basato sull' 'imparare facendo' per incentivare un metodo che favorisca le definizioni operative come strumento di supporto all'utilizzo di modelli per pensare ed operare.
- ▶ Comprendere come funziona l'approccio ed il metodo scientifico di indagine della natura
- ▶ Acquisire e utilizzare un approccio e un metodo scientifico
- ▶ Riconoscere che i concetti, modelli e le teorie scientifiche sono i risultati dell'azione dell'immaginazione e dell'intelligenza umane
- ▶ Comprendere che attraverso le teorie scientifiche è possibile modellizzare e spiegare alcuni fenomeni e fare previsioni empiriche che sono il banco di prova delle medesime (principio di falsificazione o possibilità di confutazione / rivoluzione scientifica)
- ▶ Capire che i concetti e le teorie scientifiche hanno una loro storia e un ben preciso dominio di validità
- ▶ Utilizzare Il modello particellare come strumento concettuale per modellare e comprendere gli esperimenti di Torricelli e Boyle

CONOSCENZE

- ▶ Conoscere e comprendere la pompa a vuoto come macchina che può creare un sistema chiuso ove immettere o togliere particelle di aria
- ▶ Conoscere e comprendere l'esperimento di Torricelli come strumento 'trasduttore' che permette di misurare la pressione tramite una misura di altezza della colonna di acqua e/o mercurio.
- ▶ Conoscere l'esperimento di Boyle (relazione tra il volume e la pressione di un gas intrappolato a temperatura costante)

ABILITÀ

- ▶ Manipola i corpi gassosi e fa degli esperimenti in ambienti controllati
- ▶ Verbalizza i fenomeni osservati
- ▶ Classifica utilizzando le categorie di cui ha fatto esperienza
- ▶ Effettua analisi, sintesi e generalizzazioni
- ▶ Sa effettuare misure dirette ed indirette di grandezze fondamentali e derivate tenendo conto anche della propagazione degli errori
- ▶ Elabora, tramite opportune tabelle, le misure dirette ai fini di determinare valori costanti o invarianti anche come misure indirette e/o come indicatori di proporzionalità diretta o inversa tra grandezze fisiche e chimiche

- ▶ Disegna a mano o tramite appositi software (foglio di calcolo, geogebra) un grafico cartesiano riguardante due grandezze variabili. Utilizza tale strumenti per cogliere relazioni di proporzionalità diretta o inversa

PREREQUISITI

- ▶ Grandezze fisiche qualitative come la forma e quantitative come la massa, la superficie, il volume, la forza peso, la pressione
- ▶ Il volume, cioè lo spazio occupato da un corpo
- ▶ La definizione di materia, cioè tutto ciò che possiede un volume e una massa
- ▶ La differenza tra deformabilità e compressibilità
- ▶ La massa, cioè la quantità di materia presente in un corpo, distinta dalla forza peso di un corpo
- ▶ L'aria come stato della materia che occupa uno spazio e possiede una massa.
- ▶ Le caratteristiche delle grandezze vettoriali e la loro rappresentazione grafica
- ▶ Il grafico cartesiano delle principali funzioni matematiche (retta, ramo iperbole)
- ▶ Pendenza di una retta come indicatore di relazione tra grandezze e/o parametro fisico chimico
- ▶ Le relazioni di proporzionalità diretta (es. massa e forza peso) ed inversa (es. leva bilaterale) tra grandezze
- ▶ Il concetto generale di pressione come rapporto tra la forza e la superficie

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

La sequenza proposta si basa su un approccio costruzionista secondo il quale il soggetto che apprende costruisce modelli mentali per comprendere i fenomeni che lo circondano in maniera più efficace quando avviene un apprendimento di tipo esperienziale attraverso la costruzione di oggetti o ambienti tangibili.

Questa UdA si inserisce come seconda parte della sequenza iniziata con l'UdA C - "Torricelli e dintorni", e viene qui proposto uno dei possibili sistemi per studiare la relazione tra la pressione ed il volume di un certo quantitativo di aria imprigionata. La raccolta e l'elaborazione dei dati ci portano alla conferma sperimentale della legge di Boyle-Mariotte che risulta fondamentale anche per comprendere il funzionamento del manometro a siringa auto costruito che diviene anch'esso un oggetto tangibile.

L'ultima parte della sequenza viene descritta nell'UdA F - "Stima della densità dell'aria con materiali poveri".

Gli esperimenti proposti costituiscono delle basi per poter consolidare e rafforzare il modello particellare della materia come strumento mentale di interpretazione dei fenomeni.

FASE DI AVVIO

Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo. Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.

Si propone agli studenti l'esperienza di Boyle - Mariotte tramite un sistema composto da una siringa con volume regolabile collegata ad un manometro. Nel sistema è possibile imprigionare dell'aria a pressione atmosferica tramite una valvola di chiusura. Si prende nota della pressione e della temperatura dell'aria leggendole su un barometro e su un termometro. Agendo sul pistone/stantuffo mediante una vite provvista di volantino è possibile variare il volume dell'aria contenuta nel cilindro/siringa e leggere la pressione del gas aria imprigionato.



L'apparato sperimentale originale utilizzato consiste in un tubo a U contenente mercurio avente la possibilità di imprigionare l'aria in uno dei due rami che risulta chiuso. L'altro ramo aperto e sottoposto alla pressione atmosferica ambientale è mobile e permette, variandone l'altezza, di comprimere il gas aria imprigionato. Esistono anche varianti 'moderne' del sistema per raccogliere i dati di pressione e volume con siringhe e trasduttori di pressione/tensione. Si possono trovare anche animazioni e applet java che simulano l'esperienza sulla legge di Boyle.

Lo scopo dell'esperienza è quello di trovare la relazione esistente tra la pressione ed il volume del fluido aria rinchiuso

Gli studenti devono portare lo stantuffo a inizio corsa; girare il rubinetto (la leva rossa) in modo da chiudere l'aria nel cilindro, che sarà quindi a pressione ambiente; avvitare.

Note per gli insegnanti

La raccolta dati con il sistema proposto richiede di organizzare una tabella dove la lettura delle misure del volume del gas aria imprigionato non dovrebbe risultare problematica.

Per la pressione dobbiamo invece tener conto della pressione iniziale dell'aria letta su un barometro classico alla quale verrà aggiunta la pressione letta sul manometro del sistema di misura. Purtroppo i manometri a disposizione del laboratorio non sono azzerabili dunque si dovrà tener conto delle posizioni di partenza ed arrivo del manometro ed aggiungere le opportune differenze di pressione alla pressione atmosferica iniziale. Particolare attenzione dovrà essere fatta anche alle unità di misura della pressione che dovranno essere dello stesso tipo effettuando le opportune trasformazioni di unità di misura.

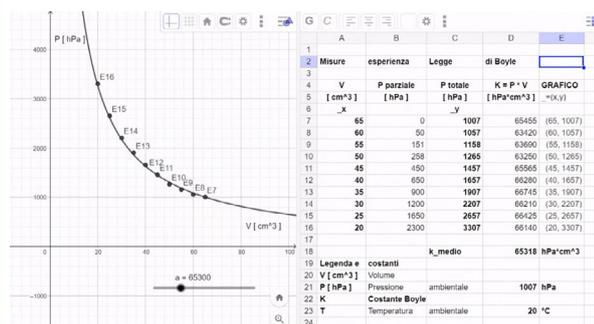
Se gli studenti sono stati abituati a riflettere in anticipo sul tipo di relazione che potrebbe esserci tra le misure raccolte di pressione e volume possono essere invitati ad utilizzare il prodotto delle due variabili in tabella come colonna di controllo che dovrebbe poter garantire per ogni riga e coppia di grandezze che stiamo procedendo correttamente nella fase di raccolta dati.

L'insegnante potrebbe anche posizionare lo stantuffo a metà del volume: in questo modo sarebbe possibile sia misurare una compressione che una depressione.

SVILUPPO DELL'UNITÀ

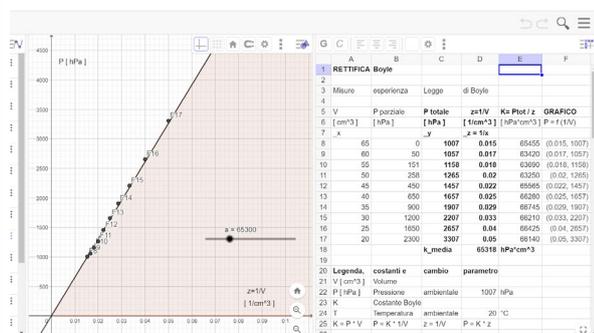
Narrazione delle varie fasi dell'unità e delle metodologie adottate (attività del docente, modalità di coinvolgimento degli studenti, esperimenti, esercitazioni...)

- Elaborare i dati in tabella per verificare la presenza di una relazione di proporzionalità inversa tra pressione e volume introducendo una colonna che verifichi che il prodotto delle due grandezze prese in considerazione risulti costante. (ossia che i prodotti e le loro incertezze risultino tra di loro compatibili).
- Elaborare graficamente i dati raccolti facendo costruire a mano e/o tramite foglio di calcolo o programma di geometria interattiva (geogebra) il grafico della pressione in funzione del volume. Valutare l'eventuale visualizzazione grafica delle barre di errore da associare alle misure.



File GeoGebra con elaborazione dati sperimentali

- Proporre come ulteriore elaborazione grafica la rettificazione del ramo di iperbole introducendo sull'asse x un parametro z pari al reciproco o inverso del volume $z = 1 / \text{volume}$.



File GeoGebra con rettificazione

Note per gli insegnanti

L'elaborazione dati in tabella procede verificando che i prodotti del volume e della pressione per ogni coppia di misure e le loro incertezze risultino tra di loro compatibili. A questo punto si procede con la media dei prodotti e la semi dispersione. Questo valore potrà eventualmente essere confrontato con la pendenza della rettificazione del ramo d'iperbole. Si può inoltre ribadire l'importanza che l'esperimento venga svolto a temperatura costante e così stimolare un ragionamento su dove possa spostarsi il ramo d'iperbole se dovesse cambiare la temperatura per dare la possibilità di intuire cosa si intende per famiglia di curve che (isoterme). L'aggettivo isoterma viene dato anche al tipo di azione e trasformazione al quale abbiamo sottoposto il gas imprigionato.

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Utilizzare i grafici come strumento mentale per sintetizzare, ragionare e comprendere il campo di validità delle relazioni trovate ribadendo così la differenza tra gas ideali e reali.

Il valore medio ritrovato attraverso l'elaborazione dei dati in tabella può essere stimato anche graficamente come pendenza del grafico rettificato ricavato dal ramo d'iperbole sperimentale. Ritroviamo questo valore anche nella parte sinistra dell'equazione di stato dei gas perfetti $P V = n R T$.

L'equazione di stato dei gas perfetti è stata inizialmente formulata come sintesi dalle leggi empiriche di Avogadro, Boyle, Charles e Gay-Lussac.

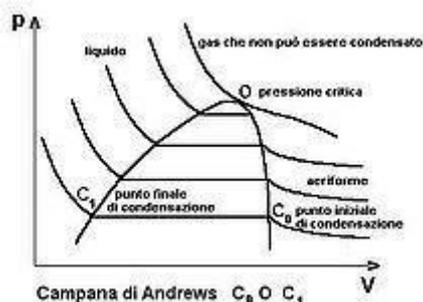
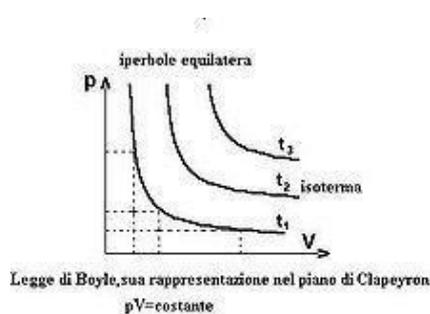
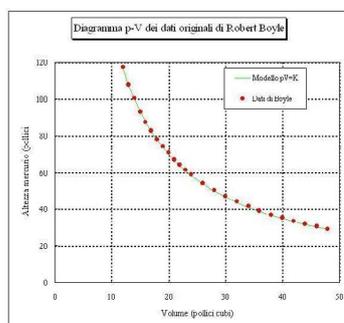
Uno dei possibili percorsi potrebbe riguardare una stima della costante universale dei gas R tenendo conto della temperatura e della quantità di sostanza del gas imprigionato.

Un altro esperimento da proporre può riguardare quello di studiare cosa accade al volume di un gas imprigionato al variare della temperatura (prima legge di Gay Lussac).

Affermazioni come quelle che seguono prese dalla voce wikipedia riguardanti i limiti della legge di Boyle-Mariotte possono trovare una loro espressione sintetica in forma grafica.

“La legge di Boyle e Mariotte è sperimentalmente verificata per gas che si comportano come gas ideali, oppure gas in condizioni di pressione non elevate (gas rarefatti) e temperature non troppo prossime alla temperatura di liquefazione. La legge non è valida per i liquidi, il cui volume varia assai poco con il variare della pressione”.

Rappresentazione grafica di queste condizioni è la campana di Andrews.



Bibliografia:

- ▶ Seymour Papert, Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education - A proposal to the National Science Foundation, Cambridge, MIT, 1989
- ▶ Guido Pegna, Paola Grosso, Pesare l'aria, La fisica nella Scuola, XXXVI, 1, 2003
- ▶ Gerardo Pastore, Il lato oscuro della Knowledge Society: elementi per una lettura critica dei processi di mutamento nelle società contemporanee, Rivista Trimestrale di Scienza dell'Amministrazione – <http://www.rtsa.eu> – ISSN 0391-190X ISSN 1972-4942
- ▶ Francesco Sylos Labini, Rischio e previsione. Cosa può dirci la scienza sulla crisi

E. Volume molare dei gas*di Sonia Tamanini***Abstract**

Scopo dell'esperienza è determinare il volume molare di un gas (H_2) grazie alla reazione chimica tra una quantità nota di Magnesio (Mg) e l'acido cloridrico presente in eccesso.

Tempo: 4-6 unità orarie + stesura relazione a casa

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Indagare un fenomeno scientifico attraverso la formulazione di ipotesi
- ▶ Scegliere le procedure laboratoriali appropriate per verificare le ipotesi
- ▶ Organizzare i dati raccolti e saperli elaborare
- ▶ Esprimersi utilizzando il linguaggio scientifico specifico

CONOSCENZE

- ▶ Significato di STP
- ▶ Significato di volume molare

ABILITÀ

- ▶ Maneggiare la vetreria presente nel laboratorio di chimica
- ▶ Saper riempire una buretta in modo corretto e saper leggere il volume evitando l'errore di parallasse.
- ▶ Maneggiare la strumentazione presente nel laboratorio di chimica
- ▶ Leggere uno strumento di misura individuando la sua portata e la sua sensibilità
- ▶ Utilizzare gli strumenti di misura relativi alla temperatura, pressione e volume come ad esempio il barometro e il termometro.
- ▶ Applicare le formule ed eseguire i calcoli necessari

PREREQUISITI

- ▶ Conoscere grandezze fisiche quali massa, numero di moli, temperatura, pressione e volume con le relative unità di misura.
- ▶ Conoscere le proprietà che caratterizzano gli stati fisici della materia e, in particolare, lo stato gassoso.
- ▶ Saper distinguere tra un gas ideale e uno reale
- ▶ Conoscere le leggi dei gas ideali e saperle applicare
- ▶ Conoscere e saper individuare in una reazione chimica il reagente limitante

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

L'esperienza è proposta durante il secondo anno della scuola d'istruzione di secondo grado quando gli studenti hanno già acquisito alcuni concetti fondamentali della chimica e della fisica. L'attività risulta particolarmente interessante in quanto permette agli studenti di incrementare significativamente la loro abilità manuale e, nel contempo, acquisire una visione più generale del comportamento dei gas. I/le ragazzi/e, infatti, hanno già studiato le proprietà dei gas nonché le principali leggi che governano il loro comportamento. (Boyle, Charles, Gay-Lussac, Dalton, Principio di Avogadro).

Il lavoro che gli studenti dovranno eseguire in laboratorio consiste nella misurazione del volume di un gas sviluppato da una reazione chimica conoscendo le quantità dei reagenti coinvolti. Applicando le formule già in loro possesso, potranno risalire alla determinazione del volume molare di un gas.

La tecnica utilizzata si basa sullo spostamento di un liquido dovuto allo sviluppo di un gas non particolarmente solubile in acqua come l'idrogeno.

L'attività può essere sviluppata anche in modalità CLIL in lingua inglese.

FASE DI AVVIO

Il docente spiega ai ragazzi con parole semplici il senso dell'argomento che si affronterà e i vari passaggi che la caratterizzano, facendo anche un accenno agli obiettivi di apprendimento (descritti in modo concreto es: alla fine di questo percorso voi saprete, saprete fare...).

Questa fase di avvio ha lo scopo di rendere consapevoli gli studenti di quello che andranno a imparare, e nel contempo di creare curiosità e interesse e motivazione.

Setting: laboratorio (fare attenzione ai DPI)

Materiali e strumenti:

- buretta
- cilindro da 1000 mL
- cilindro graduato 50 mL
- cilindro da 10 mL
- sostegno con pinza
- tappo con spirale in rame, con forellino
- sostegno e pinza per imbuto
- bilancia tecnica o analitica
- sostanze e reattivi:

Note per gli insegnanti

- magnesio (striscia)
- soluzione di HCl 3M
- acqua deionizzata
- DPI (occhiali, guanti)

Il docente fa lavorare gli studenti a coppie per eseguire in laboratorio una semplice reazione chimica, propedeutica alle fasi successive, al fine di capire come riconoscere i sintomi delle reazioni che sviluppano sostanze allo stato gassoso.

Una possibile reazione è quella che utilizza acqua e una qualsiasi sostanza effervescente facilmente recuperabile in qualsiasi supermercato. Una parte dei prodotti della reazione sono gassosi.

Il docente ricorda agli studenti la Legge della conservazione della materia facendo le opportune pesate prima e dopo la reazione.

L'insegnante pone la seguente domanda:

“Come si può misurare il volume del gas che si è sviluppato alla temperatura di lavoro e alla pressione atmosferica?”

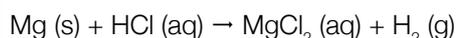
Si raccolgono le varie ipotesi e poi si chiede agli studenti come poterle verificare in laboratorio con la strumentazione che è stata preparata sul bancone.

SVILUPPO DELL'UNITÀ - PRIMA PARTE

Gli studenti misurano la quantità di H₂ che si sviluppa in seguito alla reazione proposta e confrontano i dati con quelli calcolati teoricamente al termine dell'attività laboratoriale. Gli studenti possono individuare il reagente limitante facendo gli opportuni calcoli stechiometrici.

L'insegnante spiega i vari passaggi dell'esperienza di laboratorio agli studenti chiedendo loro di prendere appunti.

Il docente scrive alla lavagna la seguente reazione chimica che avviene tra un metallo e un acido:



Il docente fa bilanciare la reazione e specifica il significato dei coefficienti stechiometrici.

Prima dell'esperimento gli studenti devono togliere l'ossido di colore nero che eventualmente si è formato sul metallo e che, se rimasto anche in parte, interferisce nelle pesate.

Note per gli insegnanti

Possibile richiamo a una conoscenza pregressa: Il docente può chiedere qual è il criterio più comunemente adottato per classificare le reazioni chimiche e in quanti gruppi le reazioni vengono classificate.

La quantità di Mg non deve superare quanto indicato poiché si svilupperebbe una quantità eccessiva di gas il cui volume fuoriuscirebbe dalla buretta.

Uno studente pesa una striscia di magnesio lunga 1 m e poi uno studente per coppia taglia un pezzetto lungo 2 cm e ne calcola la relativa massa.

Gli studenti in coppia pesano un pezzetto lungo 2 cm con una bilancia analitica o una bilancia tecnica, in base alla disponibilità della strumentazione. Il docente spiega l'uso corretto della bilancia usata e le accortezze da utilizzare.

Gli studenti misurano circa 20 mL di una soluzione di HCl, $M_{\text{HCl}} = 3 \text{ mol/L}$ utilizzando il cilindro graduato 50 mL.

Il pezzettino di Mg viene piegato dentro una spirale di Cu inserita in un tappo forato.

Per determinare il "Volume Morto", ossia il volume fuori scala della buretta, si inserisce nella buretta acqua deionizzata fino alla tacca dei 50 mL. Si pone il cilindro da 10 mL sotto la buretta e si apre il rubinetto. Il volume dell'acqua raccolta e misurata nel cilindro indica il "Volume morto".

Chiuso il rubinetto della buretta, si introduce con attenzione la soluzione preparata di HCl e poi utilizzando la spruzzetta si inserisce acqua fino al suo completo riempimento.

Tappare la buretta con il tappo forato, chiudendo con un dito (Usare i guanti!) il foro.

Capovolgere la buretta nel cilindro graduato da 1000 mL precedentemente riempito per circa 2/3 con H_2O . Non è indispensabile che il cilindro sia graduato.

Togliere il dito e fissare la buretta capovolta all'asta di sostegno.

HCl scende lungo la buretta incontrando Mg e la reazione inizia.

Si nota infatti lo sviluppo di bollicine e, nel contempo, il liquido fuoriesce dal tappo forato.

È possibile una discussione con gli studenti sul perché HCl reagisce con Mg e non con Cu.

Un termometro permette la rilevazione della temperatura dell'acqua del cilindro.

Una fonte di errore è costituita dal taglio impreciso della lamina di Magnesio.

La bilancia analitica è uno strumento molto sensibile ($S = 0,0001 \text{ g}$). Al fine di avere un valore della massa corretto gli studenti devono maneggiare tale bilancia con molta cura.

La bilancia tecnica è meno sensibile ($S = 0,01 \text{ g}$), tuttavia anch'essa va utilizzata con cura.

La soluzione è già presente nel laboratorio.

Attenzione ai DPI.

Mg deve essere fermamente bloccato nella spirale di Cu al fine di evitare che durante l'attività esso sia trascinato in alto dal gas che si sviluppa.

Il tappo deve essere forato per permettere la fuoriuscita del liquido contenuto nella buretta.

Ogni buretta ha un proprio volume "morto" quindi tutti i gruppi devono determinarlo.

L'aggiunta di H_2O va fatta con particolare attenzione perché i due liquidi avendo densità diversa, non devono mescolarsi bensì stratificarsi.

Inoltre l'idrogeno che si sviluppa dalla reazione è un gas infiammabile e quindi si deve operare lontano da fonti di calore.

È indispensabile aspettare alcuni minuti prima di fare la lettura del volume del gas poiché la temperatura della buretta si stabilizzi con quella dell'acqua contenuta nel cilindro.

La lettura della pressione ambiente viene fatta con un barometro.

Il docente fa notare che il volume del gas all'interno della buretta varia al variare della pressione e quindi del dislivello tra il liquido interno ed esterno la buretta.

Per misurare il volume del gas alla pressione pari a quella esterna bisogna spostare la buretta in alto e in basso all'interno del cilindro finché il livello del liquido interno alla buretta coincide con quello del liquido presente nel cilindro.

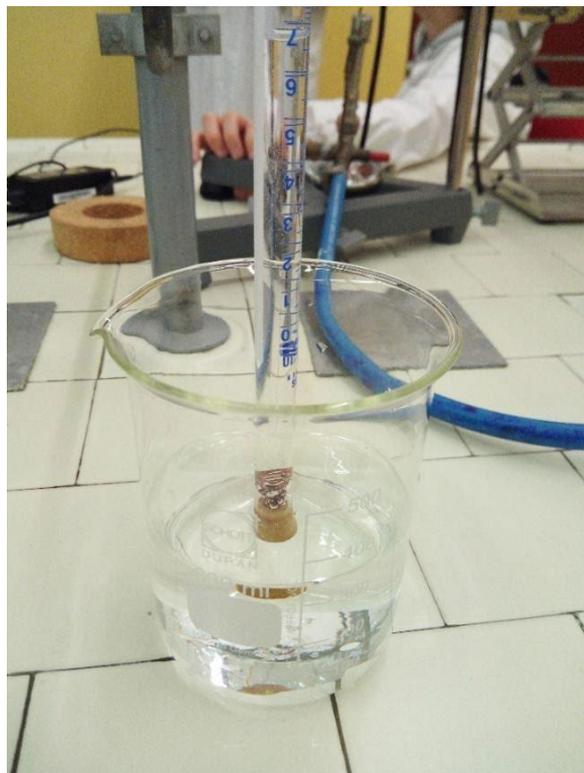
Leggere sulla buretta la tacca della scala che corrisponde al livello del liquido.

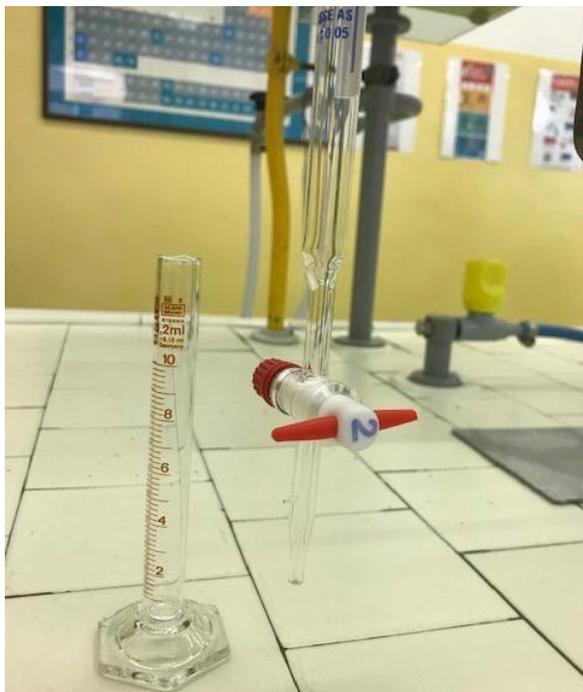
Nella lettura delle grandezze con gli strumenti di misura si deve sempre prestare attenzione agli errori di parallasse.

Particolare attenzione alle unità di misura.

Il docente, se non svolto precedentemente, può affrontare la spiegazione inerente all'equilibrio dinamico liquido/vapore e alla tensione di vapore.

Inoltre si può prendere in esame la Legge di Dalton.





Ogni coppia raccoglie i dati in una tabella, ogni studente scrive i risultati sul proprio quaderno. I dati di ogni coppia vengono raccolti su una tabella scritta alla lavagna:

Gli studenti individualmente calcolano il volume di idrogeno sviluppato dalla reazione

Gli studenti individualmente calcolano il volume molare di H₂.

Mg	H ₂				
Massa (g)	T ₁ Temperatura del gas (°C)	P ₁ Pressione del gas (mbar)	V _m Volume morto (mL)	V ₁ 50 mL -tacca letta sulla scala (mL)	V _{H2} = V _m + V ₁ Volume del gas prodotto (mL)

SVILUPPO DELL'UNITÀ - SECONDA PARTE

Narrazione delle varie fasi dell'unità e delle metodologie adottate (attività del docente, modalità di coinvolgimento degli studenti, esperimenti, esercitazioni...)

Il docente riassume i passaggi significativi dell'esperienza, sottolineando che il gas raccolto è formato in parte anche da vapore acqueo che si forma a temperatura ambiente. Infatti, ad ogni temperatura, l'acqua presenta una definita tensione di vapore e tale valore si può desumere da tabelle che i ragazzi possono trovare online.

Fa inoltre notare che la pressione parziale dell'idrogeno è uguale alla differenza tra la pressione del gas all'interno della buretta (valore che coincide con la pressione ambiente rilevata con il barometro) e la tensione di vapore del vapore acqueo alla temperatura ambiente ricavata dalla tabella.

$$P_{\text{Atmosferica}} = P(\text{H}_2) + P(\text{H}_2\text{O})$$

Ogni studente svolge i seguenti calcoli usando i dati raccolti e la seguente formula scritta alla lavagna, trovando V_{H2}.

VOLUME DELL'IDROGENO IN CONDIZIONI STP:

$$P_1 V_{\text{H}_2} / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

Poiché P₂ = 101,325 kPa (760 mm di Hg) e T₂ = 273 K, dalla uguaglianza si ricava V₂ che corrisponde al volume di idrogeno H₂ a STP.

Note per gli insegnanti

Il docente può chiedere cosa accade all'altro prodotto di reazione.

SVILUPPO DELL'UNITÀ - TERZA PARTE

Narrazione delle varie fasi dell'unità e delle metodologie adottate (attività del docente, modalità di coinvolgimento degli studenti, esperimenti, esercitazioni...)

<p>Gli studenti cercano la massa molare del Mg e, applicando la relativa formula, trovano il corrispondente numero di moli che coincide con quello di H₂ considerati i coefficienti stechiometrici.</p> <p>Con una proporzione calcolano il volume molare, cioè il volume occupato da una mole di idrogeno. Ogni gruppo fa due esperienze e poi utilizza il valore medio per fare tutti calcoli. Infine calcola l'errore percentuale.</p> $\text{Er}\% = \left V_{\text{sperimentale}} - V_{\text{teorico}} \right 100 / (V_{\text{teorico}})$ <p>Volume molare H₂ = 22,41 L/mol a STP</p> <p>Il confronto dei dati ricavati dai vari gruppi permette di capire l'accuratezza con cui è stata eseguita questa esperienza.</p>	<p>Note per gli insegnanti</p>
---	---------------------------------------

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Un'altra esperienza possibile, collegata a questa, consiste nel determinare il volume molare a STP della CO₂ utilizzando carbonato di sodio e acido cloridrico. In tal modo è possibile verificare che, indipendentemente dalla specifica identità chimica del gas utilizzato, il volume molare a STP rimane sempre uguale.

L'attività sviluppata in questa unità potrebbe essere sviluppata in lingua inglese e, a tale proposito, si suggerisce questo video per fare i calcoli:

<https://youtu.be/R4s338ai0CE>

F. Stima della densità dell'aria con materiali poveri

di Alberto Giraldi

Abstract

Scopo delle attività proposte in questo modulo è quello di ottenere una stima quantitativa della densità dell'aria, per consolidare ed ampliare le potenzialità del modello particellare e di altri strumenti ritenuti fondamentali per il pensiero scientifico e per l'interpretazione dei fenomeni fisici e chimici in ambienti controllati.

Questa UDA fa parte di un ciclo di 3 UDA, che possono essere svolte singolarmente o in serie. Vedi la presentazione dell'intero ciclo nell'UDA C. Torricelli e dintorni.

Tempo: 2-3 ore

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Favorire un approccio al pensiero scientifico basato sull' 'imparare facendo' per incentivare un metodo che favorisca le definizioni operative come strumento di supporto all'utilizzo di modelli per pensare ed operare.

- ▶ Comprendere come funziona l'approccio ed il metodo scientifico di indagine della natura
- ▶ Acquisire e utilizzare un approccio e un metodo scientifico
- ▶ Riconoscere che i concetti, modelli e le teorie scientifiche sono i risultati dell'azione dell'immaginazione e dell'intelligenza umana
- ▶ Comprendere che attraverso le teorie scientifiche è possibile modellizzare e spiegare alcuni fenomeni e fare previsioni empiriche che sono il banco di prova delle medesime (principio di falsificazione o possibilità di confutazione / rivoluzione scientifica)
- ▶ Capire che i concetti e le teorie scientifiche hanno una loro storia e un ben preciso dominio di validità
- ▶ Utilizzare il modello particellare come strumento concettuale per modellare e comprendere gli esperimenti di Torricelli e Boyle

CONOSCENZE

- ▶ Conoscere e comprendere la pompa a vuoto come macchina che può creare un sistema chiuso ove immettere o togliere particelle di aria
- ▶ Conoscere e comprendere l'esperimento di Torricelli come strumento 'trasduttore' che permette di misurare la pressione tramite una misura di altezza della colonna di acqua e/o mercurio.
- ▶ Conoscere l'esperimento di Boyle (relazione tra il volume e la pressione di un gas intrappolato a temperatura costante)

ABILITÀ

- ▶ Manipola i corpi gassosi e fa degli esperimenti in ambienti controllati
- ▶ Verbalizza i fenomeni osservati
- ▶ Classifica utilizzando le categorie di cui ha fatto esperienza
- ▶ Effettua analisi, sintesi e generalizzazioni
- ▶ Sa effettuare misure dirette ed indirette di grandezze fondamentali e derivate tenendo conto anche della propagazione degli errori
- ▶ Elabora, tramite opportune tabelle, le misure dirette ai fini di determinare valori costanti o invarianti anche come misure indirette e/o come indicatori di proporzionalità diretta o inversa tra grandezze fisiche e chimiche
- ▶ Disegna a mano o tramite appositi software (foglio di calcolo, geogebra) un grafico cartesiano riguardante due grandezze variabili. Utilizza tale strumenti per cogliere relazioni di proporzionalità diretta o inversa

PREREQUISITI

- ▶ Grandezze fisiche qualitative come la forma e quantitative come la massa, la superficie, il volume, la forza peso, la pressione
- ▶ Il volume, cioè lo spazio occupato da un corpo
- ▶ La definizione di materia, cioè tutto ciò che possiede un volume e una massa
- ▶ La differenza tra deformabilità e compressibilità
- ▶ La massa, cioè la quantità di materia presente in un corpo, distinta dalla forza peso di un corpo

- ▶ L'aria come stato della materia che occupa uno spazio e possiede una massa.
- ▶ Le caratteristiche delle grandezze vettoriali e la loro rappresentazione grafica
- ▶ Il grafico cartesiano delle principali funzioni matematiche (retta, ramo iperbole)
- ▶ Pendenza di una retta come indicatore di relazione tra grandezze e/o parametro fisico chimico
- ▶ Le relazioni di proporzionalità diretta (es. massa e forza peso) ed inversa (es. leva bilaterale) tra grandezze
- ▶ Il concetto generale di pressione come rapporto tra la forza e la superficie
- ▶ Il principio di Pascal
- ▶ La legge di Stevino

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

Questa sequenza completa il ciclo iniziato nell'**UdA C - "Torricelli e dintorni"**. In questa UdA viene utilizzato **il manometro a siringa** come strumento per **misurare la pressione all'interno di una bottiglia di plastica da 1,5 L** sul cui tappo è stata posta una valvola di bicicletta. L'incontro di questi materiali poveri modificati e una pompa di bicicletta risultano sinergici al punto di **creare un nuovo ambiente controllato e tangibile** che permette la **stima della densità dell'aria**.

Gli esperimenti proposti costituiscono delle basi per poter consolidare e rafforzare **il modello particellare** della materia come **strumento mentale di interpretazione dei fenomeni**.

PREPARAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Per svolgere l'UdA è necessario preparare della strumentazione apposita: qui ne descriviamo il procedimento.

Serve anzitutto modificare un contenitore chiuso (ad esempio una bottiglia di plastica da 1,5 L) con un tappo nel quale è stata inserita una valvola della camera d'aria di una bicicletta.



All'interno della bottiglia viene inserito un manometro a siringa autocostruito (DIY) attraverso il quale potremo misurare la pressione dell'aria all'interno della bottiglia.

Utilizzare una siringa da 10 cm³ da posizionare sulla sua portata massima di volume.



Quando lo stantuffo risulta posizionato correttamente si sigilla con un accendino ed una pinza il foro d'uscita della siringa ove di solito viene posizionato l'ago e si imprigionano 10 cm^3 di aria.

Tagliare entrambe le alette della siringa con una forbice robusta da elettricista o con un tronchesino. La siringa senza alette potrà essere agevolmente inserita all'interno della bottiglia di plastica da 1,5 L che poi verrà tappata con il tappo modificato con la valvola di bicicletta.

Qualora la siringa venga sigillata con il pistone in posizione scorretta sarà possibile 'stappare' la siringa ed infilare un sottile filo di rame tra lo stantuffo ed il corpo della siringa. Questo accorgimento permetterà anche successivi riposizionamenti del manometro a siringa. Il filo di rame, recuperato da un cavo elettrico, può essere facilmente sfilato senza spostare lo stantuffo.

FASE DI AVVIO

Scopo dell'UDA è quello di massare una bottiglia di plastica prima e dopo avervi pompato dentro dell'aria. Naturalmente per ricavare il valore della densità dell'aria è importante sapere quanta aria viene immessa nella bottiglia. La densità di un corpo può venire misurata facendo il rapporto tra la sua massa e il volume. Per la massa ci possiamo servire di una bilancia. In questa prima fase, lasciamo gli studenti familiarizzare con la strumentazione sperimentale, per poi porre loro una domanda stimolo.

La classe viene divisa in coppie o gruppi di tre studenti.

Viene distribuito un apparato completo (bottiglia con all'interno il manometro a siringa) per ogni gruppo.

Si lascia del tempo agli studenti per familiarizzare con la strumentazione, illustrando loro come è stata costruita. L'intero apparato autocostruito può essere visto come ambiente e/o oggetti tangibili che possono contribuire ad un'interazione esperienziale significativa in grado di favorire la comprensione di fenomeni riguardanti i fluidi.

Note per gli insegnanti

Solitamente gli studenti del secondo anno possono aver già avuto occasioni di incontrare il modello particellare applicato allo stato gassoso ed aver anche pompato aria nella bottiglia con valvola sapendo che vi sarà un incremento di particelle dei gas che costituiscono l'aria e di conseguenza possono prevedere un aumento della massa della miscela di gas contenuta nel sistema chiuso.

Il docente pone quindi la seguente domanda stimolo:

Come potreste misurare il volume di aria introdotto sfruttando la legge di Boyle, cioè misurando la pressione esercitata dall'aria e ricavando il volume corrispondente?

SVILUPPO DELL'UNITÀ

Narrazione delle varie fasi dell'unità e delle metodologie adottate (attività del docente, modalità di coinvolgimento degli studenti, esperimenti, esercitazioni...)

Il lavoro procede a gruppi. Ciascun gruppo ha a disposizione una bottiglia con manometro e tappo.

Gli studenti massano la bottiglia con tappo prima di pompare aria all'interno. Annotano il valore della massa.

Successivamente pompano un po' di aria (tre pompage complete fatte con pompa da bicicletta) e massano nuovamente il sistema.

L'insegnante chiede agli studenti di osservare cosa accade al manometro a siringa mentre si pompa aria nella bottiglia. L'insegnante invita a fornire possibili interpretazioni del fenomeno osservato servendosi del modello particellare relativo allo stato gassoso.

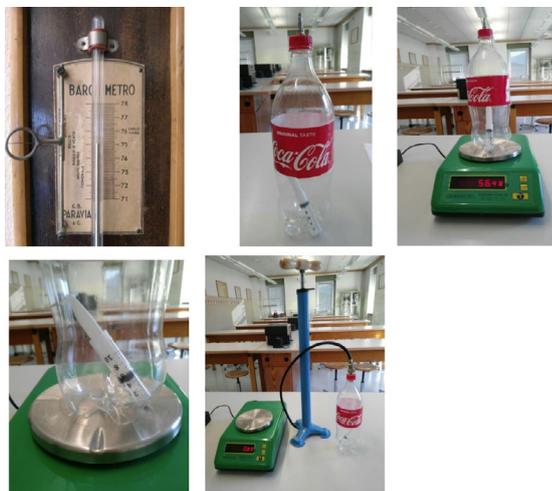
Gli studenti pompano aria all'interno della bottiglia fino a che il manometro a siringa segnerà 5 mL e annoteranno la massa del gas introdotto.

Successivamente si pomperà aria fino a che il manometro a siringa segnerà 3,3 mL, masseranno e successivamente pomperanno aria per arrivare a 2,5 mL. In tal modo introdurranno ogni volta 1,5 L di aria.

Note per gli insegnanti

Gli studenti possono rimanere stupiti rispetto all'azione delle particelle di aria nei confronti del manometro a siringa. L'aumento di particelle di aria introdotte con la pompa dall'esterno, della loro densità e della pressione (bottiglia più dura) sono in grado di agire sul manometro a siringa spingendo avanti lo stantuffo.

Possano così essere fatte le prime ipotesi riguardanti un aumento degli urti delle particelle orientando il modello particellare verso una rivisitazione in chiave cinetica (teoria cinetica dei gas).





Si elaborano i dati stimando così la densità dell'aria ad una certa temperatura e pressione ambientali.

Posizione del pistone del manometro a siringa	Pressione interna bottiglia	Volume Aria immessa nella bottiglia	Massa	Δ Massa	Densità fluido aria	Errore assoluto Densità fluido aria
[cm ³]	[unità arbitrarie]	[dm ³]	[g]	[g]	[g/cm ³]	[g/cm ³]
$\pm 0,5$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$		
10	1	0,0	56,48	/	/	/
5	2	1,5	58,42	1,94	1,29	0,10
3,3	3	3,0	60,48	4,00	1,33	0,05
2,5	4	4,5	62,47	5,99	1,33	0,03
Pressione atmosferica ambientale = (752 \pm 1) mm Hg = 0,989 atm						
Densità media fluido Aria		1,32	g/cm³			
Semidisersione		0,02	g/cm³			

La raccolta e conseguente elaborazione dati può essere fatta in una tabella con l'uso della calcolatrice o utilizzando un foglio di calcolo elettronico. Particolare attenzione dovrà essere posta alle colonne che riguardano la posizione del pistone del manometro a siringa

FASE CONCLUSIVA

Ricostruzione del percorso compiuto, fissazione dei concetti, verifica e valutazione

La costruzione di un manometro a siringa inserito in un sistema chiuso con valvola di bicicletta, viene utilizzato per misurare la pressione all'interno di una bottiglia di plastica da 1,5 L permettendo di stimare la densità del fluido aria, utilizzando materiali di facile reperibilità e basso costo. Come si può evincere dai valori di densità dell'aria tabulati la stima è assai accurata (1,225 Kg/m³) a P = 1 atm e T = 15°C riferita ad aria secca).

Nell'attività proposta lo studente deve utilizzare sia una dimensione disciplinare, intesa come padronanza di saperi scientificamente impostati, sia una dimensione cognitiva, legata all'uso di strategie di pensiero. Inoltre come accennato in precedenza, l'esperienza si pone come importante spunto per spiegare i fenomeni osservati utilizzando il modello particellare e per ripetere e consolidare le conoscenze relative alla densità dei gas e alla sua dipendenza da variabili esterne, come la pressione e la temperatura. Potrà essere l'occasione per approfondire anche il concetto di aria umida e secca e ragionare sulle differenze di densità e quindi di massa. Ciò per evidenziarne la valenza dal punto di vista multidisciplinare.

L'intera sequenza presenta il vantaggio di offrire svariati punti di ancoraggio e una riproposizione circolare di alcune tematiche ritenute centrali in grado di favorire le diverse e possibili modalità di accesso agli argomenti proposti riguardanti lo stato gassoso della materia. Tale approccio è frutto delle esperienze dirette sul campo e si discosta, in parte, dagli approcci psico-pedagogici basati sulle competenze.

Con gli studenti del secondo anno si può tentare di spiegare che le tappe percorse sono solo alcune delle tessere necessarie affinché si possa creare un corpus teorico come la teoria cinetica dei gas. Per disporre di una teoria che permetta di fare previsioni ci vogliono molti anni, a volte secoli, e svariati contributi teorici e/o sperimentali che devono essere prima sintetizzati e poi messi alla prova per verificarne di continuo la validità. Tutte le teorie hanno un loro dominio di validità e permettono di fare previsioni solo all'interno di determinate classi di fenomeni.

Per la verifica e la valutazione degli apprendimenti gli strumenti utilizzati sono: verifiche scritte (esercizi, test, schematizzazioni, tabelle, grafici e relazioni di laboratorio), orali ed osservazione del lavoro di gruppo delle attività proposte anche con apposite schede di lavoro da compilare.

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

File GeoGebra pronto per l'elaborazione dei dati: <https://www.geogebra.org/classic/gum4cerq>

Bibliografia:

- ▶ Seymour Papert, *Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education - A proposal to the National Science Foundation*, Cambridge, MIT, 1989
- ▶ Guido Pegna, Paola Grosso, *Pesare l'aria, La fisica nella Scuola*, XXXVI, 1, 2003
- ▶ Gerardo Pastore, *Il lato oscuro della Knowledge Society: elementi per una lettura critica dei processi di mutamento nelle società contemporanee*, *Rivista Trimestrale di Scienza dell'Amministrazione* – <http://www.rtsa.eu> – ISSN 0391-190X ISSN 1972-4942
- ▶ Francesco Sylos Labini, *Rischio e previsione. Cosa può dirci la scienza sulla crisi*

G. Massa relativa del gas degli accendini

di Paolo Cavagna

Abstract

L'esperienza si presta a diversi scopi, che dipendono dalle competenze pregresse e del momento didattico:

- ▶ determinare la densità di un gas
- ▶ mettere in relazione densità di gas diversi (alle stesse condizioni di temperatura e pressione)
- ▶ osservare il passaggio di stato di un gas liquefatto (da liquido a gassoso)
- ▶ osservare il gas che espandendosi sposta il liquido (acqua) da un contenitore ad un altro
- ▶ interpretare il fenomeno in termini di modello particellare

Tempo: 3 ore (due per la spiegazione del lavoro, la discussione dei risultati e l'elaborazione dei dati; una per l'esecuzione dell'esperienza. Il tempo necessario per redigere la relazione di laboratorio a casa non è compreso).

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Individuare possibili soluzioni tecniche per svolgere esperienze atte a raccogliere dati o ad osservare in modo controllato un fenomeno
- ▶ Sviluppare le capacità di osservazione di fenomeni legati al passaggio di stato fisico
- ▶ Essere in grado di utilizzare grandezze assolute e grandezze relative, e comprendere che sono state utilizzate anche dagli scienziati che ci hanno preceduto
- ▶ Saper cogliere la coerenza dei dati sperimentali con quelli teorici (verificabile)
- ▶ Saper organizzare i dati raccolti e saperli elaborare
- ▶ Saper usare i termini scientifici corretti, sia nell'esposizione verbale che nella relazione di laboratorio

CONOSCENZE

- ▶ Gli stati fisici della materia
- ▶ La densità
- ▶ Il concetto di densità assoluta e di densità relativa
- ▶ Teoria cinetica dei gas

ABILITÀ

- ▶ Abilità manuali per le attività laboratoriali
- ▶ Iniziare a visualizzare ed immaginare il modello particellare (particelle di gas che spostano particelle di liquido spingendolo fuori dal recipiente)
- ▶ Saper eseguire semplici calcoli matematici
- ▶ Misurare volumi, masse, calcolare densità
- ▶ Il saper calcolare gli errori assoluti e relativi

PREREQUISITI

- ▶ Misurare masse e volumi
- ▶ Grandezze fisiche quali: massa, volume, densità, massa molecolare relativa
- ▶ Le proprietà dello stato fisico gassoso (il gas non ha volume proprio...)
- ▶ Passaggi di stato (soprattutto da liquido a gassoso)
- ▶ Concetto di molecola biatomica
- ▶ Ipotesi di Avogadro (volumi uguali di gas diversi alla medesima pressione e temperatura, contengono lo stesso numero di molecole)
- ▶ Conoscere i DPI necessari per l'esperienza e le principali regole di sicurezza in laboratorio (sapere leggere l'etichettatura dei reagenti, ecc.)

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

L'esperienza può essere utile per abituare gli alunni a trovare soluzioni alternative nel risolvere difficoltà sperimentali, aggirando i limiti di misura incontrati nel lato pratico. Un esempio: se non si possono effettuare misure dirette assolute di qualcosa (la massa di una molecola in questo caso), si può aggirare l'ostacolo mettendo in relazione la massa di una moltitudine di molecole di un gas con la massa della stessa identica moltitudine (lo stesso numero) di particelle di un altro gas, di cui si conoscono sperimentalmente più dati.

In altre parole, l'esperienza può essere utile per mettere in relazione grandezze microscopiche con grandezze macroscopiche.

Gli alunni hanno anche una conferma visiva che dove c'è una sostanza, sia essa liquida o gassosa, non ce ne può stare un'altra.

Questa esperienza può essere eseguita sia nella seconda parte del primo anno, che nella prima parte del secondo anno, in funzione della propria programmazione.

L'attività è svolta a gruppi di due o al massimo tre alunni, gli studenti devono possedere abilità manuali di base, indispensabili per eseguire l'esperienza in totale sicurezza. L'insegnante comunica le istruzioni operative indispensabili per poter operare in tal senso.

FASE DI AVVIO

Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo. Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.

Setting: laboratorio (fare attenzione ai DPI)

Materiali e strumenti:

- beuta 500 ml o bottiglia per gas
- tappo di gomma con 2 tubi di vetro o tappo per bottiglia per gas
- accendino piccolo
- tettarella per pipetta pasteur di vetro (vedi foto)
- cilindro graduato (port. 100 cm³; risoluzione 1 cm³)
- bilance (risoluzione minima 0,01 g)
- termometro [$p = 50^{\circ}\text{C}$; $r = 1^{\circ}\text{C}$]
- barometro [$p = 790 \text{ mm Hg}$; $r = 1 \text{ mm Hg}$]



DPI:

- occhiali
- camice

Il docente fa un ripasso con gli studenti riguardo l'**ipotesi di Avogadro** e ne fa un esempio di applicazione per aiutarli a comprendere le attività sviluppate nell'UdA.

L'ipotesi di Avogadro afferma che: "Uguali volumi di gas diversi, alle stesse condizioni di temperatura e pressione, contengono lo stesso numero di molecole." Così 1 litro (o ml o altra unità di volume) di ossigeno contiene lo stesso numero di molecole di 1 litro (o ml o altra unità di volume) di idrogeno o di qualsiasi altro gas.

L'ipotesi di Avogadro permette di determinare il peso relativo delle molecole (peso molecolare) di gas. La logica è la seguente:

Il peso di 1 litro di qualsiasi gas è il peso di tutte le molecole in 1 litro del gas.

Un litro di qualsiasi gas contiene lo stesso numero di molecole di un litro di un qualsiasi altro gas.

Note per gli insegnanti

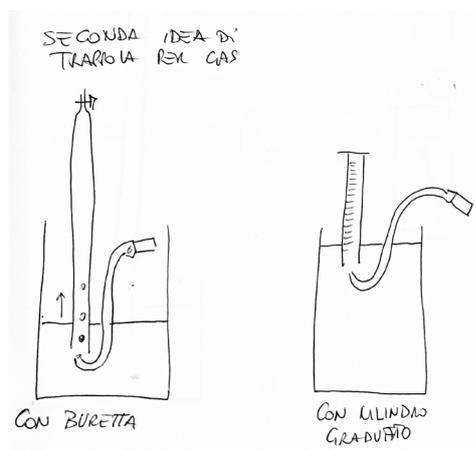
Quindi se un litro di gas pesa il doppio di un litro di un altro gas, è perché ciascuna molecola del primo gas pesa il doppio di ciascuna molecola del secondo gas. In questo caso, il peso molecolare del primo gas sarà il doppio di quello del secondo gas. In generale, il peso relativo delle molecole di tutti i gas può essere determinato dal confronto di volumi equivalenti di gas.

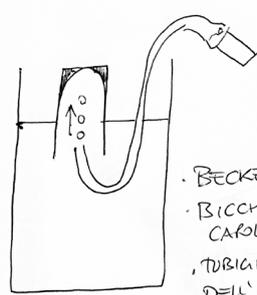
Per esempio: 1 litro di ossigeno pesa 1,43 g e 1 litro di monossido di carbonio pesa 1,25 g. Dall'ipotesi di Avogadro, 1 litro di monossido di carbonio contiene lo stesso numero di molecole di 1 litro di ossigeno. Da ciò una molecola di monossido di carbonio pesa $1,25/1,43$ volte di una molecola di ossigeno. Di conseguenza, se poniamo il peso dell'ossigeno uguale a 32, il peso dell'ossido di carbonio è $1,25/1,43 \times 32 = 28$.

Il docente pone agli studenti la seguente domanda:

“Come posso riuscire a catturare del gas che esce da un contenitore, e misurarne il volume e la massa?”

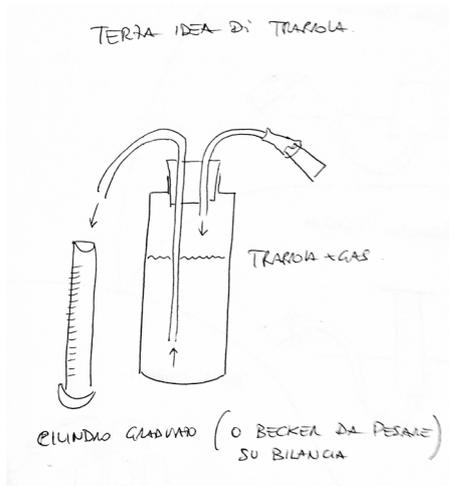
Dopo aver sentito qualche intervento e qualche idea, il docente sposta l'attenzione degli alunni sul contenitore (accendino) e sul gas (contenuto nello stesso). Da qui indirizza gli interventi in modo da ipotizzare alcune trappole per gas come quelle di seguito indicate.





PRIMA TRAPPOLA
PER GAS

- BECKER CON ACQUA
- BICCHIERE RIEMPIUTO D'ACQUA E CAROVOLTO
- TUBIGLIO COLLEGATO ALLA PROPAGANDA DELL'ACCENDINO



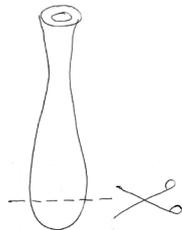
TERZA IDEA DI TRAPPOLA

TRAPPOLA + GAS

CILINDRO GRADUATO (O BECKER DA PESARE)
SU BILANCIA



PROPAGANDA IN
GOMMA



TAGLIARE IL FONDO



INCAVOCIARE
L'ACCENDINO

SVILUPPO DELL'UNITÀ

L'obiettivo di questa serie di attività è quello di determinare la massa relativa al diidrogeno e all'idrogeno, del gas contenuto negli accendini. Gli studenti misurano il volume di una certa massa di gas, calcolano la densità del gas e con i dati ottenuti mettono in relazione la densità sperimentale con la densità tabellata dell'idrogeno.

ATTIVITÀ 1

Gli studenti allestiscono e preparano il materiale per eseguire l'esperienza. La parte più importante è la trappola per i gas.

Se la scuola ha a disposizione il materiale necessario, la trappola da preferire è senz'altro la terza.

Prima di collegare il tutto, si fa determinare la massa dell'accendino, completo della parte in gomma. Si prende nota della massa al centesimo di grammo (se bilancia tecnica) o a seconda della sensibilità della bilancia analitica.

Si collega la parte libera della tettarella in gomma al raccordo collegato alla trappola del gas (o beuta).

Si riempie la trappola con acqua fino all'orlo e poi si chiude tappandola.

Si fa fuoriuscire il gas dall'accendino, che andrà nella trappola e "sposterà" l'acqua facendola raccogliere nel cilindro graduato, fino ad arrivare a circa 40 mL (trasformare i mL in cm^3)

Si determina nuovamente la massa dell'accendino, completo della parte in gomma (nello stesso modo di prima). Si fa notare che il livello del gas (liquido) contenuto nell'accendino, sarà diminuito. La diminuzione corrisponde alla variazione della massa "persa".

Si prende nota della temperatura e della pressione ambientale, al momento dell'esperienza, per poter fare riferimento alla densità dell'idrogeno nelle stesse condizioni di temperatura e pressione.

Note per gli insegnanti

Si può lasciar usare il cellulare per scattare delle fotografie.

Porre attenzione all'uso dei DPI.

Se si desidera calcolare il volume di acqua spostata, tramite la formula della densità dell'acqua, si dovrà pesare il cilindro graduato vuoto e poi pieno, determinare la temperatura dell'acqua e poi fare i relativi calcoli, con la densità tabellata.

NOTA IMPORTANTE: i 40 cm^3 di volume, sono un giusto compromesso per evitare dislivelli o altezze che il liquido deve percorrere per uscire dalla trappola del gas. Si potrebbe anche inclinare (senza far uscire liquido) la trappola, per ridurre l'altezza del liquido nel tubicino di scarico. (vedi legge di Stevino).

Si ragiona insieme sul fatto che si deve relazionare la massa molecolare del gas incognito, con la massa di un atomo di idrogeno e non con la massa di una molecola di diidrogeno (che contiene due atomi). Di conseguenza la d dell'idrogeno è la metà della d del diidrogeno.

Si ricalcola la d del gas incognito

Nota: alla quarta colonna, se il volume è stato calcolato mediante l'uso della formula della densità dell'acqua, l'errore sarà diverso (più piccolo)

ATTIVITÀ 2

Si calcola la densità del gas usando la formula $d = m / V$ (massa in grammi, volume in cm^3)

Si mette in relazione la d del gas degli accendini con la d del diidrogeno, ovviamente alle stesse condizioni di temperatura e di pressione.

Esempio di tabella per la raccolta dei dati:

Massa [g] iniziale accendino $\pm 0,0001\text{g}$	12,9804
Massa [g] finale accendino $\pm 0,0001\text{g}$	12,8825
Massa [g] GAS $\pm 0,0002\text{ g}$	0,09790
Volume [cm^3] GAS $\pm 1\text{ cm}^3$	40
Densità [g/cm^3] GAS	0,00245
E a densità	0,00006
Temperatura [$^{\circ}\text{C}$] $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$	21
Pressione [mmHg] $\pm 1\text{ mm Hg}$	750
Densità [g/cm^3] diidrogeno	$0,0818 \cdot 10^{-3}$

Esempio di calcoli da svolgere:

$$d = m/V \quad E a_d = (E_{rm} + E_{rv}) \cdot d$$

$$d = 0,09790 / 40 = 0,00245 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$E a d = [(0,0001/0,09790) + (1/40)] \cdot 0,00245 = 0,00006 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$M \text{ relativa a } H_2 = d \text{ gas} / d \text{ diidrogeno} = 0,00245 / 0,0818 \cdot 10^{-3} = 29,95$$

$$M \text{ relativa a H} = d \text{ gas} / d \text{ idrogeno} = d \text{ gas} / (d \text{ diidrogeno} / 2)$$

$$= 0,00245 / (0,0818 \cdot 10^{-3} / 2) = 59,90$$

ATTIVITÀ 3

Gli studenti cercano la massa molare degli elementi che compongono il gas e calcolano la massa molecolare del gas contenuto nell'accendino.

Ricavano una massa che è molto vicina a quella del Butano.

si può procedere per tentativi: prima un atomo di C (CH_4 , il metano), poi due atomi di C (C_2H_6 , etano), poi 3... e così via, fino a scoprire quale è il gas giusto.

NOTA 1: è possibile introdurre nozioni relative agli idrocarburi, iniziando dalla molecola costituita da un solo atomo di carbonio e andare avanti....

NOTA 2: in realtà lo scopo dell'esperienza non è quello di identificare il gas, in quanto non si tratta di un gas puro, ma di una miscela di idrocarburi gassosi, in percentuali variabili.

Per ulteriori approfondimenti, fare riferimento alla scheda dell'UdA "Volume molare dei gas"

ATTIVITÀ 4 (opzionale)

Al posto di usare una tabella con i dati della densità del gas idrogeno, si può utilizzare il volume di idrogeno prodotto dalla reazione $\text{Mg} + \text{HCl}$, mentre per quanto riguarda la massa si rimanda ai calcoli stechiometrici della reazione (partendo dalla massa di Mg).

NOTA: considerare la possibilità di utilizzare $PV=nRT$ per trovare la quantità di sostanza (n) e conseguentemente la massa dell'idrogeno prodotto.

**SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI
CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE**

Eventuali collegamenti la velocità di diffusione dei gas possono essere svolti utilizzando le applet gratuite disponibili sul sito PhET (<https://phet.colorado.edu/it/>)

Note per gli insegnanti

FASE CONCLUSIVA

Ricostruzione del percorso compiuto, fissazione dei concetti, verifica e valutazione

Gli studenti stendono a casa la relazione di laboratorio secondo lo schema dato dall'insegnante che valuterà lo scritto in base a degli indicatori di qualità che avrà precedentemente condiviso con gli studenti.

FORMAT RELAZIONE DI LABORATORIO

- 1) Nome e cognome dello studente, classe e data.
- 2) Titolo
- 3) Scopo
- 4) Richiami teorici
- 5) Materiali utilizzati
- 5) Strumentazioni e apparati di laboratorio
- 6) Metodica utilizzata
- 7) Dati ottenuti dall'esperienza
- 8) Elaborazione dei dati
- 9) Grafici e/o disegni
- 10) Conclusioni

H. La leggerezza dell'aria: Gay-Lussac

di Sandro Caneppele

Abstract

Scopo dell'esperienza è verificare la legge di Gay-Lussac: a pressione costante il volume e la temperatura (in gradi Kelvin) di un gas sono direttamente proporzionali.

Tempo: 4-6 unità orarie + stesura relazione a casa

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Comprendere il comportamento termico dei gas a pressione costante.
- ▶ Collegare il comportamento al variare della temperatura (dilatazione) dei gas a quello dei solidi e dei liquidi
- ▶ Sapere interpretare un grafico, estrapolando le misure effettuate per conoscere situazioni fisiche altrimenti non raggiungibili sperimentalmente (lo zero termico)
- ▶ Allargare una conoscenza acquisita in uno specifico fenomeno ad altri già incontrati (dilatazione termica dei solidi)
- ▶ Immaginare modelli fisici ideali, non presenti in natura (gas ideale)
- ▶ Inquadrare il periodo storico della legge di Gay-Lussac
- ▶ Organizzare un elaborato scritto e grafico con ordine, precisione e correttezza formale
- ▶ Comprendere le relazioni tra le grandezze fisiche e il significato della rappresentazione grafica, compresi i punti intercette tra retta e assi cartesiani
- ▶ Comunicare in forma scritta, verbale e digitale
- ▶ Sviluppare la capacità di eseguire le istruzioni necessarie per svolgere l'esperienza
- ▶ Sviluppare la capacità di lavorare in gruppo

CONOSCENZE

- ▶ Volume, pressione e temperatura di un gas
- ▶ Gas ideale
- ▶ Perché un gas si espande all'aumentare della temperatura
- ▶ Scale termometriche
- ▶ Primo significato di zero assoluto

ABILITÀ

- ▶ Dimestichezza con un apparecchio (di Guy-Lussac) non conosciuto
- ▶ Utilizzo del termometro con una certa sensibilità
- ▶ Disegnare e interpretare un grafico

PREREQUISITI

- ▶ Lo studente deve avere conoscenza di cos'è un gas e le sue proprietà elastiche, studiate con la legge di Boyle
- ▶ Conoscere la pressione
- ▶ Comprendere la natura della pressione atmosferica e la sua misura
- ▶ Conoscere la temperatura e saperla correttamente misurare
- ▶ Avere dimestichezza con i grafici e saperli interpretare

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

All'inizio del XIX secolo Joseph Gay-Lussac, sulla base di misure sperimentali, enunciò: " Riscaldando un gas a pressione costante si provoca un aumento del suo volume. Ad ogni grado centigrado di aumento di temperatura corrisponde un incremento di $1/273$ del volume occupato dal gas a 0°C ". La legge fu in realtà scoperta anni prima Charles e in seguito da Volta senza, tuttavia, che questi pubblicassero le loro ricerche. È interessante far notare agli studenti il lungo tempo che intercorre dalla formulazione della legge di Boyle, quasi 150 anni.

Una riflessione in tal senso è doverosa: all'epoca lo sviluppo della tecnica metteva a disposizione degli scienziati numerose macchine pneumatiche e apparecchiature per la manipolazione dei diversi gas; fu così possibile sperimentare su intervalli più ampi di volume e pressione e su gas diversi.

Dopo lo studio della legge di Boyle, diventa naturale intraprendere lo studio della legge di Gay-Lussac e proporre agli studenti anche questa esperienza sui gas. Da notare che spesso facciamo riferimento a un gas "ideale", è interessante osservare che, malgrado tutti i gas del mondo fisico siano "reali", si utilizza questo aggettivo per distinguere i gas reali dai gas ideali, concetto astratto, utile per uno studio del tutto teorico dei gas. Fortunatamente per Boyle e Gay-Lussac (e quindi per tutti noi), in condizioni non estreme di pressione e di temperatura (situazione standard) i gas si comportano approssimando, più o meno, il gas ideale.

La legge di Gay Lussac viene molto spesso proposta nei laboratori di fisica e di chimica alla fine del primo anno o all'inizio del secondo anno. Non presenta grosse difficoltà tecniche e la sua riuscita, se si seguono con cura le varie fasi dell'esperienza, è praticamente assicurata. Negli Istituti dove la fisica e la chimica sono insegnate separatamente, il rischio che venga ripetuta nei due laboratori è piuttosto elevato e questo comporta naturalmente una ripetizione non molto utile.

FASE DI AVVIO

Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo. Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.

Setting: laboratorio

Materiali e strumenti:

- apparecchio di Gay-Lussac
- becker 800mL:
- termometro;

DPI:

- camice

Per incuriosire il docente introduce l'attività narrando le difficoltà che uno scienziato può incontrare nella sua ricerca, difficoltà che inducono anche ad avventure curiose, come questa del giovane

Note per gli insegnanti

Gay-Lussac che nel 1802 ha ideato un sistema per misurare il coefficiente di dilatazione dei gas compiendo un paio di memorabili ascensioni in pallone areostatico a scopo di ricerca scientifica.

Nel bel film "Balloon Il vento della libertà", viene raccontata la storia vera di una famiglia che decide di lasciare la Germania dell'Est e superare il Muro utilizzando un pallone areostatico.

La visione di uno spezzone del film in cui il pallone viene gonfiato viene usato per raccogliere opinioni da parte dei ragazzi sul perché è possibile volare con questo dispositivo.

Non tutti sanno che gas deriva dalla parola caos. il medico fiammingo van Helmont ritenne che le sostanze aeriformi avessero qualcosa in comune con il "caos" dei greci, la sostanza originaria, informe, che diede origine all'universo e chiamò, appunto, i suoi vapori caos, che in fiammingo divenne gas.

Per svolgere l'esperienza si utilizza l'apparecchio di Gay-Lussac rappresentato in figura, che racchiude del gas da studiare all'interno dell'ampolla.



Il liquido nell'apparecchio di Gay Lussac non arriva allo zero della graduazione. Questo accorgimento permette, una volta chiuso il rubinetto, di raffreddare l'acqua del becker con del ghiaccio, quindi l'aria diminuisce di volume e il livello del liquido si porta sullo zero. Si può naturalmente non adottare questo accorgimento, ma il numero delle misure sarà inferiore.

Dopo la descrizione dell'apparecchio di Gay Lussac è bene ragionare su alcune situazioni. All'inizio l'apparecchio ha il rubinetto aperto e contiene aria. Il gas che andiamo a considerare è quindi una miscela di vari gas.

Una domanda da rivolgere alla classe può essere: che pressione ha l'aria? Quando chiudo il rubinetto la pressione dell'aria cambia?

SVILUPPO DELL'UNITÀ

Narrazione delle varie fasi dell'unità e delle metodologie adottate (attività del docente, modalità di coinvolgimento degli studenti, esperimenti, esercitazioni...)

Ciascun gruppo prepara un apparecchio di Gay-Lussac: lasciando aperto il rubinetto centrale e utilizzando uno dei tubi laterali ed un imbutino, gli studenti versano nell'apparecchio della glicerina, o acqua colorata, fino a raggiungere il livello dello zero della scala in mL segnata sul tubo centrale. Da notare che si deve conoscere il volume del palloncino in mL.

Si pone l'apparecchio di Gay-Lussac, nel becker da 800 mL e si versa nello stesso acqua fredda, magari con alcuni cubetti di ghiaccio, controllando che il palloncino dell'apparecchio risulti completamente immerso. Si lascia riposare per qualche minuto.

Gli studenti immergono il termometro nel becker, con il bulbo all'altezza del palloncino, dopo qualche minuto e misurano la temperatura e chiudono il rubinetto. Prendono nota del volume iniziale, V_i .

A questo punto gli studenti procedono al riscaldamento dell'acqua nel becker e di conseguenza anche dell'aria contenuta nel palloncino, agitando in modo da avere una certa omogeneità in tutti i punti. Ad aumenti regolari di volume, ad esempio ogni 0,5 mL, gli studenti misurano l'incremento di temperatura del gas.

Quando arrivano alla massima dilatazione del gas, prima della fuoriuscita del liquido, gli studenti aprono il rubinetto e spengono l'elemento riscaldante.

Gli studenti suddivisi svolgono l'esperienza e raccolgono i dati sperimentali utilizzando la seguente tabella:

Note per gli insegnanti

L'uso della glicerina è poco consigliata per una questione pratica. È indicata invece una soluzione acquosa colorata per favorire la lettura del volume sulla scala graduata.

I tecnici spesso preparano l'apparecchio di Gay Lussac avendo cura di misurare il volume del ramo centrale.

L'utilizzo del ghiaccio non è indispensabile.

Importante è che si raggiunga l'equilibrio termico tra acqua e gas. La chiusura del rubinetto fissa il volume iniziale del gas.

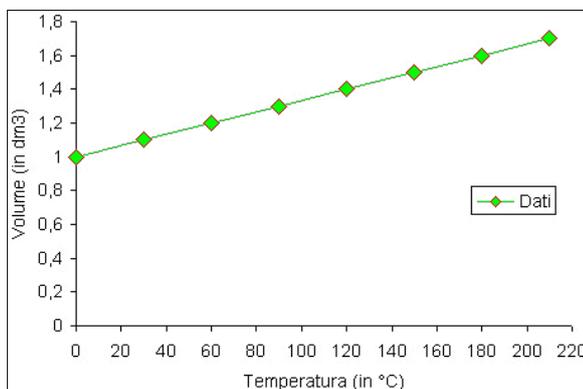
È più indicato scegliere l'incremento regolare del volume del gas (0,5 mL) e la misura della relativa temperatura piuttosto di un aumento regolare della temperatura.

$\Delta V(\text{mL})$	$t(^{\circ}\text{C})$	$V(\text{mL})=V_i+\Delta V$

Dove ΔV è l'incremento del volume del gas e V_i è il volume del gas all'inizio dell'esperienza.

Ognuno completa individualmente la tabella, e riporta su un grafico le misure. Le temperature in $^{\circ}\text{C}$ sull'asse delle ascisse ed i corrispondenti valori dei volumi del gas in mL sull'asse delle ordinate.

Il risultato grafico sarà un insieme di punti ($V(\text{mL})$; $t(^{\circ}\text{C})$) abbastanza allineati, la linea di regressione che si ottiene mostra una legge del tipo $V = V_0 + kt$.



L'attività richiesta si sposta ora sulla interpretazione del grafico. Si può iniziare a chiedere se abbiamo già incontrato un grafico simile, sperando che i ragazzi ricordino la dilatazione termica dei solidi.

A questo punto possiamo scrivere la legge fisica (viene scritta alla lavagna e ognuno la trascrive sul quaderno) e determinare il volume a zero gradi centigradi V_0 e la costante K . Si prosegue con il significato del punto di intersezione (solo immaginato) con l'ascissa. Con una semplice proporzione possiamo proporre ai ragazzi di ricavare la temperatura alla quale si ha l'intercetta con l'ascissa.

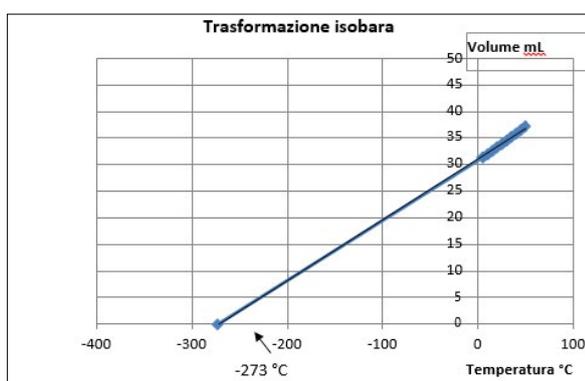
Si otterrà, approssimativamente, il valore di -273°C . Da qui una buona riflessione sulla scala Kelvin, in onore di sir William Thomson altrimenti noto come Lord Kelvin (1824-1807) matematico e ingegnere britannico che fu il primo a determinare il valore corretto dello zero assoluto a cinque cifre significative: $0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$.

L'apertura del rubinetto interrompe la risalita del liquido evitando la sua fuoriuscita.

Una domanda: il gas mantiene la stessa pressione durante l'esperienza? Qualche studente più capace potrebbe osservare che il dislivello del liquido nell'apparecchio produce una variazione della pressione. Facciamo calcolare questa differenza con la pressione atmosferica. In questo caso facciamo riferimento alla legge di Stevino.

A questo punto si può far riflettere gli studenti sulla differenza tra il dato estrapolato ed un dato misurato, in questo caso l'intercetta ha un significato teorico di volume nullo che nella realtà non si può ottenere.

Ricordando la frase iniziale “ad ogni grado centigrado di aumento di temperatura corrisponde un incremento di $1/273$ del volume occupato dal gas a 0°C ”, facciamo calcolare ai ragazzi la pendenza della retta e la dividiamo per il volume a zero gradi centigradi, il risultato si avvicina a quello misurato da Gay Lussac. Il grafico allargato a valori negativi di temperatura mostra l'incontro con l'ascissa nel punto a “volume zero” del gas, caratterizzato dall'assenza di movimento delle particelle.



La proporzione da utilizzare risulta essere $T_0K = V_0(\Delta T / \Delta V)$ dove T_0K dovrebbe risultare intorno ai 273°C .

SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE

Un sito di simulazione abbastanza interessante:

<https://phet.colorado.edu/it/simulation/gas-properties>

Un articolo utile di Marco Taddia (Dipartimento di Chimica “Giacomo Ciamician” Università di Bologna): http://www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2007_6_142_ca.pdf

È interessante notare come sia possibile la verifica della legge di Gay Lussac anche con una attrezzatura più semplice. Con una becker contenente dell'acqua, un termometro e un cilindro graduato opportunamente riempito, fino a un certo livello, di acqua. Tenendo tappato con un dito il cilindro, lo si capovolge nel becker, si ottiene una situazione come nella foto, con il volume di aria imprigionato e pronto ad essere espanso aumentando la temperatura dell'acqua nel becker.



FASE CONCLUSIVA

Alla fine dell'esperienza di laboratorio è opportuna una rivisitazione di quanto fatto insieme agli studenti. Il docente guida gli studenti a fissare lo scopo e il risultato ottenuto. La riflessione sul significato della legge e la sua riscrittura in termini di temperatura in gradi Kelvin. Anche il significato dell'intercetta con l'ascissa e la pendenza della retta sono argomenti da fissare bene. Tutti i gas con qualsiasi volume tendono allo stesso punto abbassando la temperatura (come saranno i grafici con volumi diversi?)

Per quanto riguarda la verifica delle competenze, conoscenze e capacità, si parte dall'osservazione degli studenti durante l'attività di laboratorio. Sebbene sia un lavoro di gruppo l'insegnante deve tener nota di quanto fanno i singoli ragazzi per una valutazione puntuale delle abilità dimostrate.

Anche la relazione scritta è suscettibile di valutazione, con l'analisi del linguaggio adottato dallo studente, della chiarezza nella descrizione dell'esperimento e delle sue conclusioni.

I. Velocità di diffusione dei gas

di Paolo Cavagna

Abstract

L'esperienza permette di raggiungere diversi obiettivi in funzione delle conoscenze, abilità e competenze pregresse e del momento didattico:

- ▶ studiare le reazioni chimiche che coinvolgono dei gas
- ▶ osservare come sostanze gassose incolori (e quindi invisibili), possono formare altre sostanze solide e colorate (e quindi visibili)
- ▶ osservare che gas diversi si muovono a velocità diverse
- ▶ calcolare la velocità di diffusione dei gas HCl e NH₃
- ▶ studiare il tipo di relazione esistente fra la velocità di diffusione del gas e la massa molecolare delle particelle che lo costituiscono
- ▶ interpretare il fenomeno in termini di modello particellare

Tempo: 3 ore (due per la spiegazione del lavoro, la discussione dei risultati e l'elaborazione dei dati; una per l'esecuzione dell'esperienza. Il tempo necessario per redigere la relazione di laboratorio a casa non è compreso).

COMPETENZE DA PROMUOVERE

- ▶ Comprendere l'essenza del metodo scientifico che parte dal chiedersi il perché dei fenomeni osservati fino a raggiungere delle spiegazioni plausibili
- ▶ Ricercare le possibili varianti dell'esperienza o altri esperimenti simili (esempio: la velocità di diffusione di un profumo in un'aula, altro...)
- ▶ Comprendere l'importanza dell'analisi dei dati sperimentali e del confronto con quelli teorici, individuandone la coerenza
- ▶ Utilizzare il modello particellare per analizzare ed interpretare i dati sperimentali ottenuti

- ▶ Sapere organizzare i dati raccolti e saperli elaborare
- ▶ Sapere usare i termini scientifici corretti, sia nell'esposizione verbale che nella relazione di laboratorio

CONOSCENZE

- ▶ Teoria cinetica dei gas
- ▶ Il legame tra energia cinetica e temperatura
- ▶ Il concetto di reazione di sintesi
- ▶ La legge di Graham

ABILITÀ

- ▶ Saper eseguire semplici calcoli matematici
- ▶ Calcolare le velocità
- ▶ Il saper calcolare gli errori assoluti e relativi

PREREQUISITI

- ▶ Misurare tempi e lunghezze
- ▶ Grandezze fisiche quali: velocità, massa, massa molecolare
- ▶ Le proprietà dello stato fisico gassoso (il gas non ha volume proprio...)
- ▶ Cosa sono le reazioni chimiche (almeno la definizione di reagenti e di prodotti)
- ▶ I sintomi delle reazioni chimiche (variazione di colore, formazione di un solido, variazione temperatura, formazione di gas)
- ▶ La solubilità dei gas in acqua, concetto di saturazione del soluto nel solvente (spiegare perché le soluzioni sature di ammoniaca o di acido cloridrico sono "fumanti")
- ▶ Conoscere i DPI necessari per l'esperienza e le principali regole di sicurezza in laboratorio (sapere leggere l'etichettatura dei reagenti, ecc.)

DESCRIZIONE DEL SENSO DELL'UNITÀ E DEL SUO INQUADRAMENTO

L'esperienza ha molteplici utilità. Per esempio può essere usata come introduzione alle esperienze per lo studio dei gas, Boyle, Charles e Gay-Lussac. Gli studenti in questo modo iniziano a "credere verificando" che anche dove sembra non esserci nulla, c'è della materia allo stato gassoso, che può rimanere inerte oppure che può reagire formando altra materia, diversa dalla prima.

L'esperienza inoltre può servire da introduzione allo studio delle masse relative e all'enunciato della Legge di Avogadro (volumi uguali di gas diversi, alle identiche condizioni di pressione e di temperatura, contengono un numero uguale di particelle).

Non ultime sono le possibilità di spiegare le caratteristiche delle molecole biatomiche di alcuni gas e di introdurre la legge di Dalton.

Questa esperienza può essere eseguita sia nella seconda parte del primo anno, che nella prima parte del secondo anno, in funzione della propria programmazione.

L'attività è dimostrativa, gli studenti quindi non devono possedere abilità manuali indispensabili per eseguire l'esperimento in totale sicurezza. Gli studenti, muniti di cronometro, misureranno il tempo impiegato dai gas per percorrere il tratto di tubo prima di incontrarsi. Ad incontro avvenuto e quindi al deposito sulle pareti interne del NH_4Cl (solido bianco), gli studenti muniti di righello, misureranno la lunghezza tra i batuffoli di cotone imbevuti di sostanza e l'anello formatosi, ottenendo così le lunghezze percorse dai gas.

FASE DI AVVIO	
<p><i>Questa fase ha lo scopo di creare curiosità e interesse nello studente e motivarlo. Si usa un'immagine, uno scritto, un video, una domanda stimolo per aprire il racconto.</i></p>	
<p>Setting: laboratorio (fare attenzione ai DPI)</p> <p>Materiali e strumenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tubo in vetro lunghezza 80 cm (o 100 cm, 120 cm...) • 2 tappi in gomma • 2 pinzette • 2 vetrini orologio • batuffoli di cotone • cartoncino nero • stativi e morsetti vari • sostanze e reattivi: • soluzione di HCl al 37% (con relativa scheda di sicurezza) • soluzione di NH_4OH concentrata (con relativa scheda di sicurezza) • cronometro (sensibilità al centesimo di secondo) • asta metrica da 120,0 cm (sensibilità 0,1 cm, anche se conviene prendere le misure con un errore di 1 cm) <p>DPI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • occhiali • guanti <p>Il docente, in classe, pone agli studenti la seguente domanda:</p> <p><i>“se apro un profumo in un angolo della stanza, nell’angolo opposto lo sentirò immediatamente, dopo un po’ o mai? Oppure se vernicio con vernice apposita il modellino da collezione in una stanza, sentirò l’odore di vernice nell’ambiente attiguo e se sì, quando?”</i></p> <p>Gli studenti in coppia provano a rispondere alla domanda, e poi rispondono in plenaria.</p> <p>Seconda domanda stimolo: “come fareste per misurare la velocità con cui il gas arriva all’angolo opposto della stanza?”</p>	<p>Note per gli insegnanti</p> <p><i>A seconda del tempo a disposizione, il docente può effettivamente eseguire l’esperimento in classe, spruzzando un profumo su dei batuffoli di cotone e ponendoli in un angolo dell’aula. Man mano che gli studenti sentono il profumo alzano la mano.</i></p>

SVILUPPO DELL'UNITÀ

L'obiettivo di questa parte è di far misurare agli studenti il tempo e lo spazio percorso dai gas nel tubo di vetro; con i dati ottenuti calcolano poi la velocità dei due rispettivi gas. Sapendo la formula chimica dei due gas, calcolano infine le masse molecolari di ognuno.

ATTIVITÀ 1

L'insegnante, con l'attrezzatura montata sotto cappa, come da foto, descrive mentre li effettua, i vari passaggi dell'esperienza di laboratorio.

Gli studenti disegneranno l'attrezzatura montata e prenderanno appunti.

L'insegnante scrive alla lavagna la reazione chimica fra i gas, spiegando che il prodotto che si formerà, sarà solido e si depositerà sulle pareti interne del tubo di vetro.

La reazione è la seguente:



Il docente fa notare che la reazione è già bilanciata.

L'insegnante fa osservare agli studenti, che le due soluzioni acquose concentrate (alla saturazione), sono fumanti, cioè che i gas disciolti tendono a fuoriuscire dalla soluzione e si presentano o sono visibili come del "fumo".

ATTIVITÀ 2

Fissare il tubo di vetro trasparente, perfettamente pulito, alla struttura portante, formata da due stativi, usando dei morsetti a ragno.

Fare attenzione che il tubo in vetro sia perfettamente orizzontale.

Note per gli insegnanti



Lavorando sotto cappa, predisporre due vetrini da orologio sui quali mettere un batuffolo di cotone. Versare sui rispettivi batuffoli la soluzione di HCl e NH_3 . Con la pinzetta imbevverne i due batuffoli. In collaborazione con un altro insegnante o assistente, inserire i due batuffoli nelle due estremità del tubo in vetro. L'operazione deve essere rapida e in contemporanea.

A questo punto l'insegnante chiede la previsione del punto in cui si formerà il solido.



Chiudere le due estremità con i due tappi di gomma.

Gli alunni faranno partire il cronometro che dovranno bloccare non appena nel tubo sarà possibile osservare l'anello bianco formato dalla sostanza prodotta dalla reazione fra i due gas.

La formazione dell'anello si osserva aiutandosi con un cartoncino nero, da appoggiare appena dietro il tubo di vetro.

Si può lasciar usare il cellulare per scattare delle fotografie.

Se l'obiettivo dell'esperienza è quello di studiare le reazioni di sintesi, non sarà necessario fornire agli studenti informazioni sul prodotto di reazione.

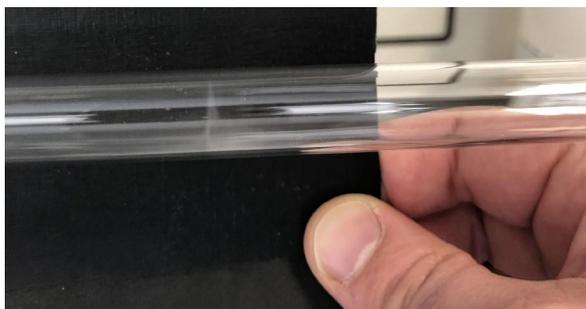
Eventualmente il docente può spiegare i coefficienti stechiometrici (che in questo caso sono uguali)

Si può intingere la cartina tornasole, bagnata, nell'acido e mostrare che diventa dello stesso colore se ne sventoliamo un'altra sopra al contenitore dell'acido stesso. Lo stesso accade per l'ammoniaca.

Il tubo di vetro deve essere perfettamente pulito. Si consiglia di lavarlo con una soluzione di NaOH per sgrassarlo, risciacquarlo con acqua distillata e asciugarlo con acetone.

Per accelerare i tempi, la struttura a sostegno del tubo di vetro, potrà essere già montata sotto cappa, a cura dell'insegnante o degli eventuali assistenti di laboratorio.

Una possibile variante può essere quella di montare un secondo tubo in vetro, identico al primo, dove verranno inseriti i batuffoli di cotone imbevuti di NH_3 e HCl ai lati opposti al primo tubo (invertendo così il verso di diffusione). In questo modo si può confermare che lo spazio percorso da un gas è verificabile in più occasioni e che la maggior o minore velocità di diffusione dei due gas, non cambia variando il senso di marcia.

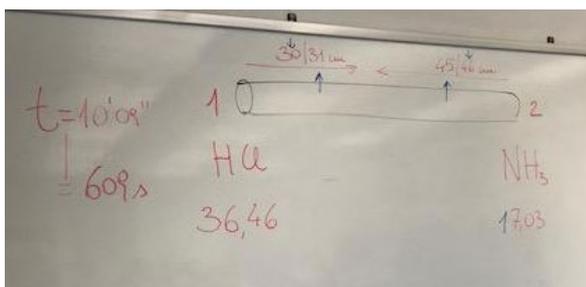


Gli studenti misureranno la distanza dall'anello al batuffolo imbevuto delle due soluzioni. Ogni studente scrive i risultati sul proprio quaderno.

Dati sperimentali:

distanza percorsa da HCl [cm] ± 1	
distanza percorsa da NH ₃ [cm] ± 1	
Tempo [s] ± 1	
Velocità diffusione HCl [cm/s]	
Velocità diffusione NH ₃ [cm/s]	
$K_{\text{NH}_3} = MM \cdot v^2$	
$K_{\text{HCl}} = MM \cdot v^2$	

ATTIVITÀ 3



Gli studenti cercano la massa molare degli elementi che compongono i gas e calcolano la massa molecolare.

Calcolano la velocità di diffusione dei due gas.

L'insegnante pone la domanda stimolo:

“secondo voi qual è la causa della differenza di velocità dei due gas?”

Gli studenti arrivano alla conclusione che la causa è la differenza di massa molecolare.

I vapori sono umidi, per togliere l'eventuale acqua presente, si può inserire nel tubo di vetro qualche granulo di CaCl₂ anidro. In questo caso le misure di spazio e quindi di velocità sono più accurate. Personalmente preferisco non inserire nulla per non “distrarre” gli alunni osservatori. L'esperienza viene ugualmente.

Porre attenzione all'uso dei DPI.

**SPAZIO PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI/COLLEGAMENTI
CON ALTRI TEMI/ARGOMENTI/DISCIPLINE**

ATTIVITÀ 4 (opzionale)

L'insegnante scrive e spiega la legge di Graham, mostrando la formula semplificata alla lavagna. La formula si può scrivere come:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

in cui:

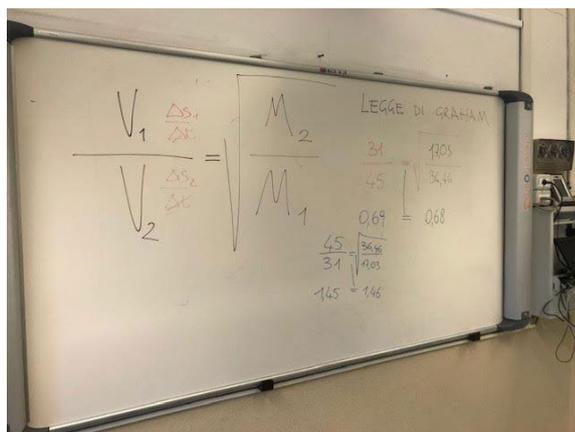
V_1 è la velocità di effusione del primo gas

V_2 è la velocità di effusione del secondo gas

M_1 è la massa molare del primo gas

M_2 è la massa molare del secondo gas

La legge di Graham è tanto valida per l'effusione quanto per la diffusione.



Notando che la temperatura dei gas è la stessa, anche le energie cinetiche sono le stesse. Con semplici passaggi si può ricavare la legge di Graham.

È infine possibile sfruttare questa esperienza per un ripasso sulla proporzionalità quadratica.

Note per gli insegnanti

Se c'è tempo si calcola alla lavagna l'errore

Sul sito PhET sono disponibili delle applet gratuite che simulano la velocità di diffusione dei gas.

Si può far ragionare gli studenti sul fatto che il rapporto delle velocità equivale al rapporto delle distanze, essendo uguale il tempo di percorrenza.

“Questa relazione fu formulata da Graham proprio quando la teoria cinetica dei gas cominciava ad essere scoperta, e costituì quindi una forte evidenza della sua validità”. [Giuseppe Dalba, La teoria cinetica dei gas, in http://www.science.unitn.it/~fisica1/fisica1/appunti/termo/teoria_gas.pdf (consultato il 10 ottobre 2021)]

FASE CONCLUSIVA

Ricostruzione del percorso compiuto, fissazione dei concetti, verifica e valutazione

Gli studenti elaborano a casa la relazione di laboratorio secondo lo schema dato dall'insegnante che valuterà lo scritto in base a degli indicatori di qualità che avrà precedentemente condiviso con gli studenti.

FORMAT RELAZIONE DI LABORATORIO

- 1) Nome e cognome dello studente, classe e data.
- 2) Titolo
- 3) Scopo
- 4) Richiami teorici
- 5) Materiali utilizzati
- 5) Strumentazioni e apparati di laboratorio
- 6) Metodica utilizzata
- 7) Dati ottenuti dall'esperienza
- 8) Elaborazione dei dati
- 9) Grafici e/o disegni
- 10) Conclusioni

Riflessioni conclusive

di Tommaso Rosi e Claudia Cattani

In questa sezione riportiamo una raccolta di riflessioni dei docenti autori delle Unità di apprendimento e del presente scritto che sottolineano e ribadiscono, a valle del lavoro di progettazione e di sperimentazione sul campo portate avanti in questi anni, le ragioni principali per cui l'insegnamento integrato di chimica e fisica rappresenta, secondo il loro punto di vista, un'occasione di apprendimento veramente significativo per gli studenti e un'esperienza professionale e di studio particolarmente interessante per gli insegnanti.

Vi sono anzitutto delle riflessioni legate al **valore aggiunto rappresentato dalla collaborazione stretta tra docenti di discipline diverse** che hanno potuto confrontarsi sugli obiettivi di apprendimento, sui contenuti imprescindibili, sulle modalità didattiche più efficaci per ciascuna delle due discipline coinvolte, fisica e chimica.

"Lavorare insieme, tra docenti di discipline diverse, è un arricchimento. Ormai comincio ad orientarmi bene nei nuclei fondanti di entrambe le discipline; incontrare la fisica, dopo anni in cui ho insegnato solo chimica è stato molto stimolante perché la didattica della fisica è diversa dalla didattica della chimica... la contaminazione, la messa in discussione di paradigmi diversi sono stati un profondo apprendimento. In questa esperienza è successo che si è cercato di tirar fuori l'essenziale delle due discipline."

"Concordo; incontrare l'approccio dell'insegnamento della fisica con la mia personale esperienza di laboratorio di chimica per me è stato illuminante; il rigore delle esperienze di fisica dove tutto è prevedibile è meraviglioso! È illuminante mettere insieme i pilastri della fisica con le variabili della chimica, è arricchente anche dal punto di vista della propria personalità."

"Aspetto positivo è il fatto di sedersi insieme e di arrivare all'essenza delle due discipline, nel senso di fare sintesi delle due discipline e costruire un excursus temporale logico perché gli studenti possano capire meglio e in modo più semplice".

Anche la **codocenza** è stata considerata un'esperienza molto interessante perché...

"...è un luogo di confronto con i colleghi in cui, mettendosi in gioco, si può discutere e fare sintesi."

"Essendo in due in aula è più facile riuscire a catturare, ad affascinare gli studenti; questo è uno dei vantaggi della codocenza."

"Nell'insegnamento integrato è importante che i docenti non deleghino l'uno all'altro la progettazione; ci deve essere contaminazione e questo avviene solo se ci si mette veramente in gioco."

"Ci sono anche le misconcezioni dei docenti... Con l'insegnamento integrato, lavorando

con un collega di fisica, ci si aiuta reciprocamente a correggere qualche errore... È stata un'esperienza arricchente!."

"Il codocente può dare delle dritte specifiche al/la collega per la comprensione di argomenti non chiari."

"Si diventa come un motore bicilindrico."

Questo continuo confronto tra docenti teorici e tecnico/pratici afferenti a discipline diverse e con diverse competenze ha avuto come risvolto concreto la **riprogettazione di cosa viene insegnato e come, partendo da un approccio fortemente interdisciplinare** che supera la concezione delle materie di studio come compartimenti stagni.

"Nel corso degli anni la programmazione è stata fatta a partire dal bisogno di introdurre i concetti importanti nel giusto ordine temporale/concettuale. In questo modo, una disciplina diventa al servizio dell'altra."

"Anche per me questa esperienza è stato un lavoro di eliminazione dei doppioni (molte considerazioni si facevano due volte), e ancora più importante è il discorso dell'introduzione delle grandezze fisiche nel giusto ordine temporale. Prendiamo il caso dell'energia che in chimica si usa presto, di solito senza averla introdotta a dovere in fisica. Sono poche le grandezze fisiche fondamentali che vengono introdotte nel biennio, però devono essere introdotte in modo adeguato e al momento giusto. Prima venivano sicuramente usate, ma spesso a sproposito. I programmi vanno studiati a partire dalle grandezze fisiche."

"Più volte abbiamo discusso sul perché spesso alcune esperienze 'non venivano', e invece non esiste un'esperienza che 'non viene'! Abbiamo problemi complessi da risolvere che possono solo essere risolti con approcci interdisciplinari. In questo insegnamento c'è un nucleo importante, anche impreciso se vogliamo, su cui poi possiamo attaccare i vari pezzi."

"[L'insegnamento integrato fisica chimica] è un giocattolo che si può smontare e rimontare in tanti modi diversi. Ci sono molti concetti ponte (calore, energia...) che si prestano benissimo ad essere i punti di partenza per questa riprogettazione."

Naturalmente questo lavoro di riprogettazione ha richiesto uno **sforzo importante di studio e ricerca** da parte degli insegnanti. Il docente deve avere voglia di mettersi in gioco e di vivere l'esperienza pienamente, con continua rimessa in discussione. Questo sforzo viene naturalmente lenito prevedendo un adeguato lavoro di **formazione**, che diventa fondamentale al fine di avere un corpo docente competente per affrontare l'insegnamento integrato:

"Nessuno fa questo insegnamento allo stesso modo da un anno all'altro. Questo comporta una disponibilità che non tutti hanno voglia di garantire."

"È un'attività difficile, si cambia la programmazione durante diversi anni di sperimentazione. È una costruzione che avviene con tanta sperimentazione".

“È importante porre attenzione alla formazione dei docenti per l'insegnamento integrato. Lo abbiamo già vissuto con dei supplenti che rimangono spiazzati da questo insegnamento.”

“La formazione è importante per non disperdere l'esperienza fatta.”

“Attenzione però che la formazione obbligatoria non aiuta la motivazione personale che è un aspetto fondamentale. Ci sono delle paure all'inizio che sono comprensibili. Spaventa il laboratorio se non c'è formazione.... C'è il timore di non essere preparati di fronte alla classe.”

Per rispondere ad una critica riguardante l'importanza che ogni disciplina venga insegnata solo da chi possiede quella **formazione specifica** viene ricordato che:

“...indipendentemente dall'insegnamento integrato, già ora non è così: ad esempio i biologi possono insegnare sia fisica che chimica, e non solo loro. La formazione specifica ha la sua importanza, ma non è l'unico modo per arrivare a insegnare quella disciplina. L'altra faccia è data dall'impegno personale e da una adeguata formazione che permettono di superare queste difficoltà.”

Infine, l'insegnamento integrato offre un'importante occasione per uscire dalla microprogettazione disciplinare delle singole esperienze e degli specifici contenuti, tornando a guardare più da distante quali sono **le finalità/gli obiettivi profondi** che si vogliono perseguire in questo percorso biennale.

“Nella complessità che ci circonda questo approccio multidisciplinare dovrebbe essere fatto. Si può lavorare assieme per arrivare ad un nucleo fondante.”

“Andiamo verso l'essere esperti, il sapere tanto, ma di pochissimo, anziché il contaminarsi. E questo è ciò che accade agli studenti, che rischiano di perdere il vero senso delle cose e della scienza nello specifico.”

“L'insegnamento integrato permette proprio di mostrare diversi approcci allo stesso problema. L'importante è condividere con gli studenti, alla fine del percorso biennale, una riflessione sul perché di questo tipo di percorso, sul valore aggiunto che può aver rappresentato, prima di iniziare il triennio dove tutto torna ad essere a compartimenti stagni.”

“Parlando dell'approccio scientifico alle cose, diviene importante far capire agli studenti l'importanza del cercare di modellizzare qualcosa di complesso e varrebbe la pena di ragionarci esplicitamente con gli studenti prima del triennio. Alla fine della seconda classe è utile fare dunque, come detto, alcune considerazioni conclusive di condivisione sul metodo scientifico e le diverse discipline.”

“Il biennio ha proprio il compito di dare un'educazione scientifica, un'educazione che aiuti a “ragionare sull'errore e sul suo perché.”

*“Ciò che è importante è che si alleni il pensiero scientifico, si alleni lo studente all'approccio alle scienze. **Il compito del biennio è di formare il pensiero scientifico**”.*

*“È importante, dunque, **insegnare la chimica e la fisica in modo integrato per far capire agli studenti che è meglio avere due lenti diverse per guardare la realtà. I problemi vengono risolti più efficacemente usando approcci multidisciplinari.**”*

Lasciamo, dunque, la conclusione di queste riflessioni a Edgar Morin che afferma: “si può dire che la storia delle scienze non è soltanto quella della costituzione e proliferazione delle discipline, ma è nello stesso tempo quella della rottura delle frontiere disciplinari, degli sconfinamenti di un problema da una disciplina in un’altra, della circolazione dei concetti, della formazione di discipline ibride che finiranno per rendersi autonome; **infine è anche la storia della formazione di complessi in cui differenti discipline si aggregano o si agglutinano. In altri termini, se la storia ufficiale della scienza è quella della disciplinarietà, un’altra storia, legata e inseparabile, è quella delle inter-poli-trans-disciplinarietà.**” (*La testa ben fatta - riforma dell’insegnamento e riforma del pensiero* (2000) pag. 114.)