

catenati, verifiche implicite derivano dalla stessa continuità apprenditiva degli studenti. Verifiche numerose e diversificate facilitano la valutazione di tale continuità rendendo più oggettiva l'attribuzione periodica e finale di un giudizio e consentendo l'accertamento in itinere non solo della congruità e coerenza degli obiettivi definiti nell'ambito della programmazione, ma dell'intero processo curricolare.

#### 6.2.13. LABORATORIO DI FISICA E DI CHIMICA

vedi: Finalità a pag. 115  
Obiettivi di apprendimento e contenuti a pag. 201

Il tempo dedicato al lavoro sperimentale in laboratorio deve essere almeno il 50% del tempo complessivo.

#### Indicazioni generali

Il termine 'laboratorio' sta ad indicare il carattere operativo di questo insegnamento. Naturalmente 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.

A questo scopo è necessaria una stretta integrazione tra l'attività pratica e gli aspetti culturali propri dei diversi temi; anzi, i concetti-base previsti dal corso devono emergere dall'azione in situazioni create in modo da poter costruire insieme agli studenti le categorie del conoscere.

Partendo dalle più semplici esperienze e scegliendo di conseguenza gli esperimenti più adatti, gli studenti vengono guidati ad acquisire metodologie e procedure proprie dell'indagine scientifica: saper progettare, saper eseguire e interpretare, alla luce del progetto iniziale, le attività sperimentali. Gli aspetti di progettazione e di interpretazione, tra loro indissolubili e contestuali all'esecuzione responsabile, sono indispensabili per il raggiungimento delle finalità e degli obiettivi del corso.

La progettualità è una vera e propria attività trasversale a cui corrispondono come contenuti specifici l'analisi dei problemi e lo studio degli esperimenti e come abilità la costruzione degli schemi a blocchi e diagrammi di flusso, con l'indicazione delle variabili in entrata, intermedie e in uscita. Caso per caso il docente costruisce con gli studenti questi diagrammi di flusso o schemi a blocchi in modo che l'attività di laboratorio sia rigorosamente programmata. Ogni fase di lavoro deve essere riconosciuta dallo studente come parte di un itinerario di ricerca precostruito, ma che può richiedere adattamenti e decisioni durante la realizzazione. Mettere in luce i gradi di libertà delle esperienze serve a rendere gli studenti consapevoli di quali scelte siano consentite all'interno del protocollo di lavoro. È bene abituare gli studenti a prevedere tra le variabili anche l'errore e l'imprevisto, perché possono essere utili per migliorare il progetto di ricerca con successive approssimazioni e per ulteriori esplorazioni.

Per quanto riguarda la fase esecutiva è opportuno che gli studenti lavorino in piccoli gruppi: nel lavoro di gruppo svolge infatti un ruolo essenziale l'interazione 'tra pari', Esperienze eseguite dal docente possono essere motivate da problemi di sicurezza o logistici. La descrizione delle tecniche strumentali risulta più concreta e accessibile agli studenti se viene svolta in laboratorio davanti alla

strumentazione,

Fin dall'inizio del corso occorre sensibilizzare gli studenti ai problemi di sicurezza illustrando adeguatamente la natura dei rischi e i mezzi di difesa ed esigendo uno scrupoloso rispetto delle norme. E' evidente che le scuole devono essere dotate delle strutture necessarie perché i problemi di sicurezza non impediscano di fatto lo svolgimento di esperienze significative.

E' opportuno che la fase di interpretazione sia limitata all'uso di semplici modelli adeguati allo sviluppo cognitivo degli studenti e coerenti con gli obiettivi del corso. Modelli matematici astratti sono più facilmente compresi ed utilizzati nel triennio, dove le conoscenze relative alle due discipline possono raggiungere una sistemazione rigorosa sul piano concettuale. E' importante invece curare la rappresentazione dei risultati ottenuti con linguaggi adeguati (matematico, grafico ecc.) e la loro eventuale formalizzazione, così da poterne sviluppare le potenzialità esplicative e preduttive. Sono inoltre momenti didattici molto formativi la valutazione dei pregi e dei limiti dell'esperimento rispetto agli obiettivi prefissati, la discussione della coerenza dei risultati e la ricerca delle eventuali cause di errore.

L'esperienza di laboratorio può anche aver lo scopo di far emergere domande ed esigenze di chiarificazione. Nell'affrontare i vari temi può essere utile una prima fase di carattere esplorativo in cui gli studenti 'interrogano la natura' e gradualmente imparano 'a far domande'. Poi, una volta emerso un concetto importante, è indispensabile vederne le implicazioni, ad esempio attraverso la conferma o meno delle previsioni che l'utilizzazione del concetto permette di fare.

Man mano che vengono costruite nuove conoscenze è opportuno utilizzarle oltre che in nuove situazioni sperimentali anche in esercizi e problemi, scelti non per applicare banalmente le formule, ma per stimolare e verificare le capacità progettuali dello studente attraverso l'analisi della situazione reale, la scelta delle modalità più opportune per conseguire il risultato e la giustificazione logica delle varie fasi della soluzione.

In casi simili a quelli studiati sperimentalmente è bene che gli studenti siano gradualmente portati a fare previsioni dell'ordine di grandezza del risultato prima ancora di effettuare i calcoli.

L'elaboratore elettronico può svolgere in questo corso un ruolo di rilievo, soprattutto per l'elaborazione dei dati e come ausilio nella redazione di relazioni. L'uso dell'elaboratore per la simulazione e per l'interfacciamento agli strumenti presenta dei rischi e vi si deve quindi ricorrere con un'acerta cautela. La simulazione di esperienze non deve essere introdotta prima del secondo anno, in modo che gli studenti abbiano già chiaro il rapporto tra mondo reale e modellizzazione e non rischino di confondere la simulazione (che è comunque un modello semplificato) con la realtà; inoltre è opportuno che abbiano ben chiaro attraverso quale modello operata simulazione e quali sono le approssimazioni e le schematizzazioni utilizzate. L'interfacciamento diretto dell'elaboratore agli strumenti di misura può servire per aumentare la velocità di acquisizione e/o la mole di dati sperimentali raccolti, ma solo a condizione che gli studenti si siano già in precedenza familiarizzati con le tecniche di misura in questione ed abbiano un'idea sufficientemente chiara del rapporto tra misura mediante lettura dello strumento e mediante elaboratore, in particolare per quanto riguarda le incertezze di misura e le caratteristiche del misurando.

Anche l'uso di film e audiovisivi può trovare una sua opportuna collocazione per mostrare situazioni non gestibili direttamente a scuola o per ampliamenti, ma non come surrogato dell'esperienza in laboratorio o sostituto della lezione.

La verifica dei corsi di laboratorio è un problema docimologico tuttora aperto. Una verifica che passi soltanto attraverso la comunicazione verbale non può adeguatamente rendere conto dell'acquisizione di abilità operative che sono obiettivi essenziali del corso.

E' buona norma che dopo ogni esperienza gli studenti stendano (anche a gruppi) una relazione sul lavoro fatto, esponendo sinteticamente gli scopi, le modalità, i dati raccolti e i risultati. Questa relazione ha lo scopo primario di costringere ad un riesame

delle ragioni per cui si è operato in un certo modo, ad una riconsiderazione del grado di tollerabilità accettabile sulle incertezze di misura per giungere a conclusioni significative, ad una verifica sulla coerenza dei risultati, eventualmente individuando le cause di errori macroscopici. Le relazioni devono essere esaminate dal docente e discusse (più che corrette) per giungere progressivamente ad una comunicazione sempre più puntuale ed essenziale.

In sede di valutazione formativa, il docente deve tenere nel dovuto conto sia queste relazioni sulle esperienze che i contributi nelle discussioni, il comportamento in laboratorio, il successo nella soluzione di problemi. Per tutti questi elementi occorre predisporre delle griglie di analisi delle risposte e dei comportamenti, senza di che il margine di soggettività risulta troppo ampio e molte indicazioni utili possono andare perse. È possibile anche predisporre qualche questionario, limitatamente alla verifica degli obiettivi cognitivi e previa attenta validazione.

Al termine di ciascun blocco di contenuti occorre una valutazione sommativa comprendente sia una prova scritta che una semplice prova pratica. Un eventuale colloquio può essere utile per discutere in casi dubbi l'esito di prove scritte e pratiche o per evidenziare le modalità di ragionamento e le preconcezioni esistenti; anche in questi casi, tuttavia, è preferibile ricorrere allo strumento della discussione informale, anche a gruppi, piuttosto che a quello della interrogazione individuale 'alla cattedra', che richiede un tempo eccessivo, non è stimolante per lo studente e molto spesso non dà informazioni migliori di quelle che sono ricavabili da opportune prove scritte.

#### Indicazioni sui contenuti

Per alcuni contenuti si danno qui di seguito indicazioni specifiche, suddivise per i grandi temi in cui il programma è articolato, allo scopo di chiarificare le scelte fatte.

1. La collocazione all'inizio del corso di operazioni di misura di varie grandezze ha lo scopo di fornire strumenti essenziali per il seguito, ma viene motivata agli studenti da un problema reale,

quello dello studio delle caratteristiche dei corpi e dei materiali; pertanto non si pretende di acquisire fin dall'inizio tutte le competenze operative relative alla misura, ma soltanto ciò che è necessario per il problema che si affronta. Su problemi di misura e relativi approfondimenti si ritorna poi per tutto il corso.

La distinzione fra massa e peso è notoriamente delicata, ma a questo livello è importante.

Conviene distinguere le grandezze intensive che caratterizzano i materiali e gli stati fisici da quelle estensive che fanno piuttosto riferimento ai corpi e a questo scopo è utile evidenziare l'additività di queste ultime (due corpi uguali presi insieme hanno massa doppia di uno solo, ma non densità o temperatura doppia ...).

Fin dalle prime leggi che si incontrano è necessario evidenziare subito i limiti di applicabilità ad evitare che esse vengano prese dagli studenti come verità assolute, per poi rigettarle (psicologicamente) in blocco quando si scoprono situazioni in cui non valgono. La legge di Hooke si presta facilmente allo scopo.

L'aria secca in condizioni normali si descrive abbastanza bene come gas perfetto; l'equazione di stato può quindi essere ottenuta come estrapolazione ragionevole di una serie di osservazioni sperimentali, e non come deduzione matematica da altre leggi.

2. Per 'definizione operativa di sostanza pura' si intende quella sperimentalmente associabile ad una sostanza al livello massimo di purificabilità in funzione degli scopi d'uso a cui è destinata.

3. Solubilità, saturazione e sovrasaturazione risultano contenuti a cui è associata una definizione operativa che scaturisce dalle esperienze previste in corrispondenza.

L'effetto della temperatura sulla solubilità di solidi e/o gas, quantitativamente verificabile, risponde alla necessità di far emergere dall'esperienza il fatto che le grandezze che permettono di caratterizzare le sostanze sono utilizzabili in tal senso solo quando siano fissate le condizioni esterne (ad esempio, per la solubilità, la temperatura).

Con 'costruzione delle curve di solubilità in acqua di un gas in funzione della temperatura' si intende, ad esempio, il lento riscaldamento di un quantitativo standard di una bibita gassata rac-

coogliendo e misurando la CO<sub>2</sub> che si libera al variare della temperatura. L'esperienza costituisce un'occasione propizia per proporre agli studenti alcune considerazioni sulla solubilità dell'ossigeno in acqua a varie temperature e dunque parlare dell'inquinamento termico.

La raccolta, la catalogazione e l'interpretazione delle etichette dei prodotti di uso comune ha lo scopo di far scoprire agli studenti ciò che sta quotidianamente sotto gli occhi di tutti ma che solo raramente viene osservato con attenzione: la chimica quantitativa delle concentrazioni può fornire informazioni utili al consumatore attento. Da qui è facile passare al progetto di preparazione di soluzioni a titolo noto (ad es.: KMnO<sub>4</sub>(aq) come anticrittogamico oppure soluzioni di saccarosio per la preparazione di liquori da usarsi in famiglia, o ancora per preparare reattivi che verranno utilizzati nel seguito del corso).

4. Le esperienze di elettrostatica sono difficilmente realizzabili in modo quantitativo con mezzi elementari. L'idea di carica elettrica può essere introdotta attraverso l'osservazione di fenomeni di interazione (attrattiva e repulsiva) in diverse circostanze. Non si suggerisce di giungere sperimentalmente alla legge di Coulomb. Conviene tuttavia enunciarla non solo a causa della sua analogia con la legge di gravitazione che, probabilmente, gli studenti hanno già studiato alla scuola media, ma soprattutto per comprendere la natura delle interazioni tra cariche, che svolgono un ruolo essenziale nel modello microscopico. All'idea di potenziale si può giungere anche mediante modelli idraulici intuitivi.

La comprensione dell'idea fondamentale che il processo di misura influisce sul sistema in esame si ottiene piuttosto facilmente nel caso degli strumenti elettrici (voltmetro e milliamperometro). L'uso dello strumento universale, oltre ad avere un evidente interesse pratico, consente di evidenziare la differenza operativa fra le grandezze in esame attraverso le modalità d'uso, sostanzialmente diverse nei vari casi,

L'uso dell'oscilloscopio a raggi catodici non è indispensabile per le ulteriori esperienze, ma è conveniente sia per l'estrema generalità d'impiego dello strumento, sia perché offre un'altra occasione di utilizzo del modello microscopico per comprendere il

funzionamento di massima dello strumento.

5.a. Nello studio degli stati di aggregazione è opportuno evidenziare che le loro definizioni 'classiche' (certamente studiate alla scuola media) si riferiscono a casi estremi, in condizioni particolari: la realtà è più sfaccettata. Si studiano quindi anche situazioni meno classiche ma ugualmente interessanti, come la gelificazione di un colloide o la fusione di una sostanza impura o amorfa,

La reversibilità menzionata nei contenuti si riferisce naturalmente a processi che possono avvenire in due versi, non a quella delle trasformazioni reversibili studiate in termodinamica che non trovano spazio in questo corso.

5.b. Il concetto di reazione chimica viene sviluppato gradualmente, dapprima in modo qualitativo come comparsa e simultanea scomparsa di sostanze, quindi in modo quantitativo attraverso la verifica della conservazione della massa e dei rapporti di combinazione, esaminando infine l'aspetto cinetico e, nel tema 6. gli scambi di energia con l'ambiente,

Il concetto di valenza viene introdotto in modo operativo, come rapporto tra pesi di combinazione. Si può ora parlare di diversi 'stati di valenza' per gli elementi polivalenti.

Dietro a questo concetto sta un'idea elementare di modello particellare della materia che si rifà alle idee di Dalton. Non è necessario andare oltre questa soglia di modellizzazione, mentre è importante proporre alla verifica dello studente gli aspetti esplicativi e quelli predittivi offerti da questo modello.

Sia la reazione di formazione del rame da  $\text{Cu}_2\text{O}$  o  $\text{CuO}$  mediante la fiamma riducente che quella di ossidazione del rame all'aria si prestano bene alla verifica sperimentale della legge di Proust. Si tratta di far pesare ai vari gruppi di studenti quantità diverse di reagente e di riscaldare la sostanza con fiamma Bunsen fino a peso costante. Calcolando il rapporto tra i pesi di prodotto e di reagente e successivamente la media fra tutti i rapporti ottenuti dalla classe si nota che essi sono indipendenti dal peso iniziale di reagente e in tutti i casi risultano costanti a meno dell'errore sperimentale.

Acidi e basi si introducono in modo operativo legando questo



criterio di classificazione ad un comportamento chimico segnalato da un adatto indicatore (cartine universali del pH o pHmetro). Il pH viene proposto come scala di valori legati al tenore di acidità e basicità senza parlare di logaritmi.

Le reazioni acido-base e redox vengono introdotte come due aspetti della trasformazione chimica nelle prime viene scambiata la carica positiva ( $\text{CH}^+$ ), nelle seconde la carica negativa ( $\text{e}^-$ ). Nel caso delle reazioni redox conviene parlare di 'stato di ossidazione' in corrispondenza col concetto di 'stato di valenza' già visto a suo tempo.

L'esperienza proposta per verificare l'equilibrio come trasformazione reversibile è la disidratazione per riscaldamento in recipiente aperto, del  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (di colore azzurro intenso) a  $\text{CuSO}_4$ , (bianco grigiastro). Aggiungendo a quest'ultimo alcune gocce d'acqua si ha il ripristino del sale pentaidrato e del colore azzurro. Se il riscaldamento del  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  si compie in provetta chiusa da un batuffolo di cotone, si ha a caldo la decolorazione, ma, raffreddando, la condensazione del vapore dell'acqua di cristallizzazione riforma il sale idrato con il colore azzurro.

La reazione tra  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  e  $\text{KSCN}$  si presta bene allo studio dell'equilibrio essendo il prodotto rosso mentre i reagenti sono incolore. L'equilibrio si sposta verso destra (il colore rosso si intensifica) aggiungendo al sistema un eccesso di uno dei reagenti e verso sinistra (decolorazione) complessando il Fe con  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Da questa esperienza può essere dedotto il principio di Le Chatelier.

Dall'equilibrio come stato finale si può intuire il senso comune del termine 'velocità di reazione' (legato al tempo necessario per raggiungere lo stato di equilibrio). Questo concetto viene poi chiarito nel lavoro sperimentale.

La determinazione della velocità di decomposizione può essere eseguita usando  $\text{NaClO}_2$  e raccogliendo su acqua  $\text{IO}_2$  che si libera. La reazione risulta lenta. Ripetendo l'esperienza in presenza di catalizzatore (soluzione di  $\text{CO}(\text{NO}_3)_2$ ) e ponendo il recipiente di reazione in bagno d'acqua fredda o tiepida si possono studiare le influenze del catalizzatore e della temperatura sulla velocità di reazione. Diluendo la soluzione iniziale di  $\text{NaClO}_2$  si verifica infine l'influenza della concentrazione.

6. La misura del tempo, pur banale su un piano operativo, presenta caratteristiche concettuali molto peculiari non essendo possibile neppure idealmente qualsiasi processo di confronto diretto con un'unità di misura: occorrono fenomeni periodici che svolgano la funzione di 'orologi'; e d'altra parte la definizione di fenomeno periodico implica la misura del tempo. Non è il caso di entrare nei risvolti di ordine logico o storico del problema, ma vale la pena di attirare l'attenzione sul fatto che il problema esiste, confrontando fra loro alcuni fenomeni percepiti intuitivamente come periodici.

Per le misure calorimetriche si può far notare allo studente la differenza tra i processi a volume costante (in recipienti chiusi) e quelli a pressione costante (in recipienti aperti) rifacendosi, ad esempio, all'esperienza col  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . La misura del calore di reazione o di soluzione in recipienti aperti può essere fatta in vasi Dewar (o in thermos a tutti familiari). È opportuno condurre gli studenti a verificare che il calore dipende dalla massa di sostanza e dalla variazione di temperatura. Facendo esperienze su quantità uguali di sostanze diverse si può introdurre il concetto di calore specifico. Il fatto che il calore liberato nelle trasformazioni fisiche e chimiche possa risultare positivo o negativo è un'occasione per sottolineare il rapporto tra il sistema e l'ambiente.

Alla prima idea del concetto di energia si perviene notando anzitutto l'esistenza di interscambi fra processi apparentemente diversi, come il movimento, il riscaldamento, la circolazione di cariche elettriche, e così via: questi interscambi possono essere oggetto di discussione in classe confrontando vari tipi di macchine\* e dispositivi di uso corrente che producono qualcuno di questi processi, ma richiedono sempre qualche altra 'cosa' in ingresso. Si cerca anche di quantificare - con gli ovvi limiti dovuti alle dispersioni ineliminabili con semplici attrezzature scolastiche - questi interscambi confrontando i risultati che si ottengono per varie vie a partire dagli stessi elementi (motore elettrico acceso per un certo tempo, corpo che scende di un certo dislivello, perno la cui temperatura si innalza di un certo valore.).

(\*) Conviene studiare sperimentalmente modelli di macchine piuttosto che macchine 'vere', non solo per motivi di costo e ingombro, ma anche perché i primi sono ridotti all'essenziale e quindi più facilmente interpretabili nel loro funzionamento.

L'espressione 'forme di energia meccanica' è rimasta volutamente indeterminata per lasciare spazio a livelli diversi di approfondimento in relazione alla risposta effettiva degli studenti. Si deve in ogni caso giungere all'idea che nei fenomeni meccanici si ha comunque interscambio fra una forma di energia associata al movimento ed una associata alla presenza di forze legate alla posizione. L'opportunità di dare un'espressione matematica a queste forme di introdurre il difficile concetto di lavoro meccanico viene lasciata caso per caso alla responsabile valutazione del docente. Si deve tuttavia giungere almeno ad un'idea di energia potenziale come qualcosa che dipende dalla posizione nell'interazione con altri corpi, perché ciò ne consente un utilizzo qualitativo nell'ambito del modello microscopico.

Dopo aver condotto una serie di attività sul movimento e l'energia e ancor meglio dopo aver costruito la pila Daniell, è possibile far emergere una prima idea di base di 'legame chimico' inteso come interazione di tipo elettromagnetico. Quando tale interazione si modifica [variazione della situazione di legame nel passaggio da una situazione iniziale (reagenti) ad una finale (prodotti)] si ha manifestazione di calore e/o lavoro, che testimoniano la variazione di energia propria del sistema chimico.

#### 6.2.14. GRECO

vedi: *Finalità* a pag. 117

*Obiettivi di apprendimento e contenuti* a pag. 213

Lo studio del greco non deve ridursi all'apprendimento astratto e meccanico delle strutture grammaticali. Pur essendo l'acquisizione del sistema linguistico uno degli obiettivi primari del corso, il posto centrale è occupato dall'approccio con il testo. E il testo, a sua volta, deve motivare l'interesse dello studente per la civiltà greca. A partire da questa osservazione di carattere generale si possono suggerire le seguenti indicazioni didattiche.