

# LO "STUDIO DI CASO", METODOLOGIA EFFICACE NELLA DIDATTICA DELLA CHIMICA

## Parte II

MARIA ANTONIETTA CARROZZA\*, GIANNI MICHELON\*\*

\* Supervisore di tirocinio SSIS, docente SSIS di Laboratorio di Didattica della Chimica

\*\* Dipartimento di Chimica, Università ca'Foscari di Venezia

*Il presente lavoro costituisce la prosecuzione di quello presentato nel precedente numero di CnS (4/2007, pp 121 – 134). Il lavoro completo è stato diviso in due parti per esigenze di spazio.*

### 6. Riflessione metacognitiva sui concetti e progettazione delle attività di laboratorio

Dopo avere esaminato criticamente il fenomeno delle croste nere, gli studenti, per mezzo di compiti di apprendimento (allegato 5, compito di apprendimento 5) sono stati invitati a due operazioni successive:

- 1) **formulazione di una scheda** che sintetizzasse tutti i concetti chimici già appresi e a cui si è fatto ricorso per intraprendere le nuove conoscenze, ma anche i concetti nuovi che l'attività di studio di caso aveva aperto, cioè i *problem solving* e le domande in attesa ancora di soluzioni (allegato 4, compito di apprendimento 4).

Tutto questo allo scopo di rendere consapevoli gli studenti che, essendo reticolare la struttura della conoscenza, questa ha bisogno di relazioni tra i concetti: sono queste relazioni tra i concetti -che ciascuno deve trovarsi e sottoporre a controllo e verifica continua- che danno i significati ai concetti stessi. La proposta di questa attività rientra nel quadro dell'attività metacognitiva che in questa fase didattica è stata impostata sui concetti in possesso e su come questi sono stati utili per lo studio delle nuove conoscenze.

- 2) La **progettazione delle attività** di laboratorio e la esecuzione delle stesse, relative al degrado chimico dei materiali lapidei.

#### 6.1. Risultati emersi dal primo compito di apprendimento

I risultati ottenuti dall'esecuzione del compito di apprendimento su indicato della fase metacognitiva e progettuale, sono riportati nella scheda 3 (Allegato Scheda 3).

#### 6.2. Fase della progettazione e dell'esecuzione dell'attività di laboratorio

Questa fase (allegato 6, compito di apprendimento 6 e allegato 7, compito di apprendimento 7), svolta adottando la metodologia del *cooperative learning*, serve per metter gli studenti in condizione attiva e cioè nella condizione della scuola-laboratorio che adotta la filosofia del "fa e impara".

il "fa e impara", in questo caso, non è l'usuale esecuzione di protocolli di lavoro, ma è *procedurale*. l'allievo, cioè, pensa e prende decisioni sulla scelta delle attività, dei materiali, dei percorsi operativi che hanno preso spunto da contesti concreti da cui si è generata la motivazione alla conoscenza; poi sono stati oggetto di ricerche e analisi attente per conoscere le cause e gli effetti del fenomeno. dopo aver compreso, allo scopo di approfondirlo meglio, il fenomeno, dopo averlo smembrato nei suoi processi chiave questi, sono stati ricreati in laboratorio, allo scopo di sviluppare capacità progettuali.

In primo luogo, nella fase di progettazione occorre:

- operare una analisi delle risorse disponibili (materiali, attrezzature, tempi, ecc.).
- prevedere un momento di discussione in cui si condividono la scelta delle operazioni da compiere, il percorso da seguire, la distribuzione dei ruoli
- prevedere una forma e una modalità di comunicazione dei risultati

In questa fase si sviluppa la creatività degli studenti che possono criticare le tipologie di azione che vengono attuate e, soprattutto, pensare a soluzioni razionali anche diverse o complementari rispetto ad esse. La scelta della serie di attività

Lo "studio di caso", metodologia efficace nella didattica della chimica

soprattutto, pensare a soluzioni razionali anche diverse o complementari rispetto ad esse. La scelta della serie di attività da svolgere in laboratorio è stata proposta dagli studenti al docente che, in questa fase, assume la funzione di facilitatore e di aiuto:

- ponendo loro domande stimolo nella organizzazione della sequenza delle operazioni, ma senza mai fornire risposte;
- fornendo, su richiesta, informazioni sulle risorse disponibili nella scuola, nel caso non fossero riusciti a reperirle autonomamente.

Poiché il laboratorio scolastico, dal punto di vista strumentale, non era molto attrezzato, avendo a disposizione solo strumenti molto semplici (ad esempio, bilance, pHmetri,...) e non strumenti che permettessero analisi spettrometriche o l'adozione di tecniche analitiche, gli allievi hanno proposto alcune reazioni di laboratorio che utilizzavano reagenti di basso costo e facilmente reperibili.

### **6.3. Risultati emersi dall'esecuzione del compito di apprendimento 5 (allegato 5) relativo alla fase di progettazione del lavoro di laboratorio**

La scheda elaborata dagli studenti è riportata come Allegato Scheda 4

#### **7. Relazione conclusiva e riflessione metacognitiva**

Gli studenti sono stati invitati a riflettere su *come* e *cosa* hanno appreso, di Chimica, durante il progetto sviluppato. L'attività è stata sviluppata secondo le linee guida fornite agli studenti, che vertevano sui seguenti punti chiave:

1. narrazione della valutazione dell'esperienza di apprendimento (cosa ho fatto e perché....)
2. individuazione delle difficoltà e delle strategie impiegate per risolverle
3. narrazione di eventuali cambiamenti e motivazioni
4. conclusioni derivanti dal caso di studio: cosa ho imparato

Dalla lettura delle schede è emersa una valutazione molto positiva dell'esperienza fatta.

Sono state ricorrenti frasi come: *...è stato coinvolgente il fatto che eravamo progettuali noi; ...abbiamo potuto essere finalmente protagonisti e non esecutori; ...potevamo porci domande senza paura di sbagliare purché ci trovassimo le risposte; ...è stato molto positivo il fatto che l'insegnante non ci imboccava, ma ci rispondeva con altre domande, così potevamo risponderci; ...abbiamo imparato a organizzare la mente nella ricerca di risposte; ...abbiamo potuto partire da ciò che ci interessava; ...anche se abbiamo faticato molto, vista la posizione assunta dall'insegnante, di indicarci la strada per arrivare a conoscere le cose, ma di non darci le soluzioni, siamo stati soddisfatti perché abbiamo capito di esserne capaci.*

Alla domanda: cosa ho imparato, gli studenti hanno risposto in modo unanimemente *...molta chimica, senza accorgerci e quasi da soli, imparando a leggere non solo il libro ma a pensare a come operare; ...molti collegamenti con fisica e scienze della Terra, molti anche con biologia; ...ho imparato a collaborare con i colleghi ascoltando le loro ragioni; ...ho imparato che ci sono menti più astratte e menti più concrete; ...ho imparato a farmi le mie opinioni, soprattutto rilevando le posizioni alternative di documenti.*

#### **7.1. Idee finali dallo studio dei documenti del restauro.**

Data la ristrettezza di spazio, in questa sede si riportano semplicemente i punti salienti dei risultati emersi.

Gli studenti hanno trovato articoli sul degrado dei materiali lapidei e su tutti i processi implicati nel degrado, hanno trovato inoltre articoli di carattere ambientalista che, secondo loro, estremizzavano la situazione ambientale, imputando alla chimica tutti i mali dell'ambiente: questa posizione era anche la posizione in entrata degli studenti. Le conclusioni sono state ben diverse: quella ambientale è più una questione di gestione politico-economica che chimica, hanno avuto infatti modo di studiare in questo campo come proprio la chimica venga incontro a problemi di deterioramento dei manufatti.

Hanno potuto rilevare che il degrado è comunque un processo naturale di ogni tipo di materiale lapideo, molto dipendente dal tipo di materiale utilizzato oltre che dal clima e dall'inquinamento che perciò è un fattore rilevante, ma non è l'unico.

Hanno potuto documentarsi sulle operazioni necessarie da effettuare per un corretto intervento di restauro, che prima di tutto prevede una corretta diagnosi, e poi gli interventi. Hanno potuto informarsi sulle tecniche più moderne che oggi vengono impiegate.

E, soprattutto, hanno trovato motivazioni forti per affrontare temi di chimica che sono, normalmente, considerati astratti e non significativi nella vita reale.

#### **Riferimenti bibliografici**

- R.Yin "Case Study research: Design and Methods", Newbury Park, Thousand Oaks, Sayel 1994
- Robert Eastlake "The Art of Case Study research", Sage London 1995
- Michael Bassey "Case Study in educational settings", Open University Press, Buckingham, Philadelphia 2000

- L.Cecconi (a cura di) “La ricerca qualitative in educazione”, Franco Angeli, Milano 2002
- H.Simmons “Towards a Science of a Singular Essays about Case Study in Educational and Research and Case Study in International Encyclopaedia of Education
- Evaluation”, Centre for Applied in Education, University of East Anglia Case Study in International Encyclopaedia of Education
- G.Michelon, M.A.Carrozza, S.Rodato, S.Zanetti et al. “Tirocinio e Ricerca nell’indirizzo Scienze Naturali della SSIS Veneto: Biotecnologie in comunicazione”, Formazione & Insegnamento, 1,2, 2004, Pensa Multimedia

## ALLEGATI

### Allegato 5

#### Compito di apprendimento 5

Ora che ti sei documentato relativamente alle cause del degrado chimico dei materiali lapidei ed in particolare dei materiali carbonatici e dei marmi, progetta, considerando le disponibilità dell’ attrezzatura e di materiali del nostro laboratorio, le attività di laboratorio che ti aiutino nella spiegazione concreta del fenomeno.

Quel che devi fare, partendo dalle conoscenze teoriche del fenomeno, è:

1. fare una ricognizione dei materiali e degli strumenti a disposizione del laboratorio che possano essere utilizzati per comprendere il fenomeno oggetto di studio
2. individuare alcune reazioni significative per una migliore comprensione dei processi coinvolti
3. costruire dei protocolli sperimentali, indicando il tipo di aspetto del processo che vuoi indagare: qualitativo o quantitativo
4. interpretare i risultati e generalizzare le conclusioni cui arrivi

### Allegato 6

#### Compito di apprendimento 6

##### Premessa

Avete proposto una attività di laboratorio relativa al comportamento del carbonato in ambiente acido, poiché dalla discussione nel gruppo classe sono emerse posizioni contrastanti,

##### quel che dovete fare è:

riunendovi in piccoli gruppi e seguendo le linee guida che vi propongo, discutere e trovare una mediazione tra le differenti posizioni, poi confrontare i risultati ottenuti dalla mediazione dei piccoli gruppi nel gruppo classe e negoziare in modo da arrivare ad un’unica proposta condivisa.

##### Linee guida:

Indicate in modo dettagliato quali reazioni relative al comportamento del carbonato vorreste eseguire

Illustrate lo scopo per cui vorreste eseguire le reazioni

Illustrate il motivo per cui ritenete inutile l’esecuzione delle attività proposte da alcuni di voi

Illustrate la posizione emersa e le conclusioni

### Allegato 7

#### Compito di apprendimento 7

##### Premessa

Avete proposto di eseguire in laboratorio delle reazioni di ossidazione, prima di passare alla progettazione del protocollo,

##### quel che dovete fare è:

1. individuare i concetti di cui avete bisogno per affrontare le attività che proponete
2. individuare quali concetti non conoscete e proporre una strategia per appropriarvene cioè come posso fare per conoscere
3. identificare e scrivere con linguaggio chimico appropriato le reazioni relative al caso di studio che volete eseguire
4. illustrare con chiarezza lo scopo per cui volete eseguirle

## Schede Allegate

### SCHEDA 3

#### I concetti già noti:

- stati della materia: solido, liquido e gassoso e le proprietà dei differenti stati, ad esempio per lo stato liquido: caratteri generali sulla struttura e le proprietà dei liquidi; equilibrio liquido-vapore: tensione di vapore di un liquido;
- soluzioni come sistemi omogenei, tipo di soluzioni (stato fisico), e tipi chimici (soluzioni molecolari ed elettrolitiche), espressione della composizione di una soluzione (% in peso, frazioni molari, molarità); solubilità di un soluto in un solvente (acqua); proprietà fisiche delle soluzioni (conducibilità, tensione di vapore), soluzioni e cambiamento di fase (variazioni ebullioscopiche e crioscopiche di una soluzione rispetto al solvente puro);
- composti chimici (monossido di carbonio, biossido di carbonio, acido carbonico, carbonato di calcio, bicarbonato di calcio, anidride solforosa e solforica, acido solforico, solfati di calcio), la maggior parte dei composti ci erano noti dagli anni precedenti di studio della chimica, avevamo più volte operato con essi in laboratorio.

#### Perché e come questi concetti ci sono stati utili

Questi concetti ci sono stati utili per la relazione che li lega al degrado chimico e a quello chimico-fisico e biologico. Infatti in occasione della comprensione dei processi chimici e fisici implicati, se non avessimo avuto idea di cosa fossero le soluzioni, non avremmo compreso il processo di solubilizzazione della calcite e le variabili da cui dipende. A proposito della calcite, sono confluiti, con questo studio, concetti di altre discipline. Ad esempio, avevamo studiato in scienze della Terra le rocce e i minerali e li avevamo riconosciuti e classificati; una delle operazioni per il riconoscimento dei calcari si basa proprio sull'effervescenza che l'acido cloridrico (come altri acidi) provoca sui calcari. Ci siamo resi conto soltanto con questo studio dell'importanza della formazione di soluzioni acide per i processi naturali di dissoluzione dei calcari perciò è stato facile concentrarsi sulla ricerca di come questi acidi in natura si potessero formare; questa intuizione è stata la chiave risolutiva del problema, chiave che abbiamo usato come criterio per la scelta dei tantissimi materiali che andavamo accumulando. Grazie allo studio di caso proposto dall'insegnante, abbiamo potuto collegare e chiarire maggiormente concetti esplorati in altre discipline. Sempre dalle scienze della Terra abbiamo tratto le proprietà dei marmi e quelle del minerale costituente: la calcite. La cosa curiosa, relativamente a questo punto è stato il fatto che in molti documenti ricercati, i marmi venivano considerati rocce sedimentarie, mentre sono metamorfiche.

Senza i concetti di cui eravamo in possesso, non avremmo neanche compreso il processo di ricristallizzazione per evaporazione del solvente. Con questo studio abbiamo, infatti, chiarito che molti processi chimici sono reversibili, ad esempio quello della rideposizione della calcite per evaporazione del solvente. Per noi è stata una scoperta in quanto, visto le attività eseguite al biennio in laboratorio, avevamo interiorizzato che i processi chimici vanno sempre in una direzione: quella dai reagenti ai prodotti (le reazioni chimiche svolte erano state: la formazione della ruggine, la formazione dell'ossido di magnesio a partire dal nastro di magnesio sottoposto a calore, ecc.).

Restano aperti, ancora due problemi che ci riserviamo di indagare appena concludiamo lo studio di questo caso.

- a) come mai molti processi chimici possono tornare indietro mentre altri no (es formazione della ruggine)
- b) risolvere la diatriba che si è originata in classe. Infatti una parte di noi è convinta che il processo di soluzione del biossido di carbonio ( $\text{CO}_2$ ) in acqua sia da considerare una semplice soluzione di un gas in acqua e perciò un processo fisico, mentre un'altra parte di noi sostiene che il processo sia chimico.

Abbiamo deciso di fare ulteriori ricerche per accertare chi ha ragione e risolvere la diatriba. L'insegnante ci ha detto che lo scorso anno, cioè in terza, studiando la solubilità abbiamo studiato una legge, che nessuno si ricorda, quella di Henry, la cui premessa contiene affermazioni che possono essere controllate eventualmente sperimentalmente, che possono aiutarci a risolvere la diatriba.

I concetti di termoclastismo e crioclastismo, trattati in scienze della Terra a proposito dell'alterazione fisica delle rocce, nonché il concetto di anisotropia dei minerali, ci hanno aiutato a comprendere i processi fisici veri e propri che sottostanno al degrado fisico dei materiali.

Relativamente ai processi di degrado biologico, la loro comprensione è stata agevole in quanto abbiamo ritrovato concetti studiati in biologia, come il metabolismo e in particolare il catabolismo che ci ha aiutato a comprendere gli effetti che i cataboliti possono avere sui materiali lapidei.

#### Concetti da esplorare o esplorati nel contesto

##### Le proprietà degli acidi e delle basi

Abbiamo imparato che le proprietà caratteristiche di quei composti che definiamo acidi o basici, si manifestano in soluzione, infatti acidi come l'acido cloridrico (comune acido muriatico), l'acido solforico, l'acido acetico, l'acido carbonico, allo stato puro non sono composti ionici, ma covalenti. Essi formano ioni solo quando miscelati con

l'acqua. In questo caso manifestano proprietà caratteristiche che permettono il loro riconoscimento.

Abbiamo imparato che non tutti gli acidi sono corrosivi (infatti con tutto il limone che mangiamo dovremmo non avere ormai più mucose), ma solo alcuni acidi lo sono, gli acidi di uso comune, come l'aceto e il succo di limone, hanno sapore aspro, altri acidi come acido cloridrico e solforico, meglio non assaggiarli visto che sono corrosivi.

Tutti gli acidi reagiscono con lo zinco e il ferro sviluppando idrogeno (abbiamo seguito lo sviluppo in laboratorio, per controllare questa proprietà negli acidi); fanno cambiare colore ad alcuni coloranti di natura organica, ad esempio, il tornasole a contatto con una soluzione di un acido diventa rosso. Reagendo con il calcare sviluppano biossido di carbonio gassoso. Reagendo con le basi formano sali ed acqua.

Le basi invece hanno proprietà completamente diverse, ad esempio, reagiscono con oli e con il grasso, al contatto col tornasole determinano un cambiamento di colore al blu. Sono saponose.

Abbiamo imparato comunque che queste proprietà si riferiscono **non alla composizione** degli acidi e delle basi, ma **al comportamento**.

### **Solubilità di sali e variabili che la influenzano.**

Sul concetto di solubilità abbiamo imparato che:

- non si può parlare di solubilità di un qualsiasi composto senza riferire la temperatura alla quale il processo si è verificato. Pertanto nella sua definizione occorre riferirsi alla quantità massima di soluto che, ad una data temperatura, si discioglie in una data quantità di solvente;
- un composto si definisce **insolubile** in acqua anche quando si scioglie in acqua una piccola quantità, per cui il significato di "insolubile" in chimica non è equivalente a "per nulla solubile". Le prove di solubilità in laboratorio ci hanno fatto capire questo concetto;
- una soluzione si dice **saturo** quando una quantità specifica di solvente contiene la quantità massima di soluto che si può disciogliere, ad una data temperatura, in quel dato solvente. La quantità massima possibile è riconoscibile dalla presenza di **precipitato** o **corpo di fondo**. Perciò in una soluzione saturo esiste un equilibrio dinamico tra il soluto in soluzione e il soluto indisciolto presente come corpo di fondo;
- in laboratorio abbiamo comparato la solubilità in acqua di parecchi sali ma anche di altri composti (es. HCl,  $Mg(OH)_2$ , ecc.) esprimendola in g soluto/100g  $H_2O$ , facendo queste prove abbiamo raggruppato classi di composti solubili e classi di composti insolubili ( $AgCl$ ,  $PbSO_4$ ,  $Mg(OH)_2$  hanno tra tutti solubilità molto basse e perciò sono insolubili);
- facendo le prove di solubilità di molti composti ionici inorganici, abbiamo potuto notare alcune *regolarità* interessanti, che ci hanno consentito di generalizzare i risultati. Ad esempio, considerando i seguenti anioni:  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ , essi formano composti solubili ad eccezione di quando sono combinati con  $Ag^+$   $Hg^{2+}$ ; mentre  $PbCl_2$  e  $PbBr_2$  sono leggermente solubili; gli anioni  $NO_3^-$ ,  $ClO_3^-$ ,  $ClO_4^-$  unendosi a tutti i tipi di cationi formano composti solubili, ad eccezione di  $KClO_4$  che è leggermente solubile.  $SO_4^{2-}$  combinato con tutti i tipi di cationi forma composti solubili ad eccezione del  $Pb^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  e  $Sr^{2+}$ ; combinato con  $Ca^{2+}$  e  $Ag^+$  forma composti leggermente solubili. Lo ione  $CO_3^{2-}$  combinato con tutti i cationi forma composti insolubili ad eccezione di quando è combinato con cationi derivanti dai metalli del primo gruppo;
- la solubilità di un sale in soluzione acquosa è influenzata dalla temperatura, dalle prove di laboratorio abbiamo potuto vedere che la solubilità della maggior parte dei solidi aumenta al crescere della temperatura, ma anche questa regola ha le sue eccezioni. Ad esempio tra tutti i sali controllati, il solfato di litio ( $Li_2SO_4$ ) fa eccezione, la sua solubilità in soluzione acquosa diminuisce all'aumentare della temperatura.

### **Problem solving risolti in laboratorio grazie all'incident sulla chimica del restauro**

Come facciamo quando una esperienza di laboratorio richiede l'uso ad esempio di 300 ml di una soluzione 0.30 M, ma la soluzione disponibile in laboratorio del dato composto è di 0.70 M?

Abbiamo imparato a risolvere problemi di diluizione, cioè a usare soluzioni concentrate e preparare, partendo da queste, soluzioni diluite. Abbiamo imparato una strategia molto utile che ci evita la fatica di preparare ogni volta una soluzione dello stesso componente ex novo, abbiamo perciò imparato che possiamo evitare gli sprechi conservando soluzioni concentrate che usiamo spesso.

**Le "buone" domande a cui abbiamo dovuto dare risposte sorte dall'attività**

**Cos'è una reazione chimica?**

Abbiamo capito che una reazione chimica è un processo spontaneo che comporta sempre un cambiamento nella **natura** delle sostanze coinvolte, un cambiamento nelle proprietà, spesso fisiche, ma sempre chimiche. Un processo di questo tipo coinvolge energia nella trasformazione dei reagenti nei prodotti e che l'energia in gioco comporta la spontaneità o meno del processo.

Le reazioni dipendono sempre dalla natura dei reagenti e possono essere lente e veloci, a tale scopo alcune sostanze, possono accelerare la velocità delle reazioni chimiche; le sostanze in grado di accelerare un processo chimico si chiamano **catalizzatori**.

**Problemi aperti che ci riserviamo di studiare: le buone domande a cui ci riserviamo di dare una risposta**

Come avvengono le reazioni?

In che modo l'energia cinetica di una molecola si trasforma in energia potenziale?

Cosa succede se le molecole in collisione non hanno energia cinetica sufficiente alla reazione? In che modo è possibile intervenire sulla reazione?

Quali fattori o variabili hanno influenza sulla velocità di reazione?

In che modo agisce un catalizzatore per accelerare una reazione?

Una reazione non procede sempre in un verso, quello dei prodotti, a volte può ritornare a dare nuovamente i reagenti; nel caso in cui va dai reagenti ai prodotti, si arresta quando i prodotti si sono formati?

Quando gli acidi, allo stato puro, vengono mescolati con l'acqua dando luogo a ioni, originano un processo fisico o chimico?

In che modo gli acidi neutralizzano le basi?

Come mai l'insalata si condisce normalmente con il limone o con l'acido acetico e non con il vetriolo o acido per batterie (il nome chimico è acido solforico)?

La guida alla risposta: gli acidi possono differenziarsi in forti e deboli, quando un acido è forte e quando è debole?

Come si esprime scientificamente l'acidità di una soluzione?

Sappiamo che il punto di neutralità di una soluzione è fissato a pH 7 e che pH minori di 7 determinano ambienti acidi e pH maggiori di 7 determinano ambienti basici ma qual è la relazione tra pH e acidità?

Come possiamo prevedere il decorso di una reazione acido base in soluzione?

Le reazioni acido base coinvolgono sempre acqua?

**Problem solving**

Cosa succede ad una soluzione contenente un catione se ad essa viene mescolata una soluzione contenente un anione con il quale esso formerebbe un composto insolubile? Sotto quale categoria far rientrare il processo? È un processo fisico o chimico?

**SCHEDA 4**

La progettazione in gruppo del nostro lavoro di laboratorio ha visto un primo momento di discussione in cui abbiamo condiviso le fasi della progettazione:

- fase della organizzazione
- fase procedurale
  - a) discussione della strutturazione delle schede di lavoro e loro stesura
  - b) esecuzione dell'attività in laboratorio
- fase dell'elaborazione e comunicazione dei risultati

**Fase dell'organizzazione**

In questa fase abbiamo espresso individualmente le nostre idee relative alla organizzazione da darci per svolgere in modo efficace il compito, per cui abbiamo formulato le "buone domande" per assolvere il compito, articolando delle risposte.

*Quali risorse abbiamo a disposizione?* molti composti chimici, e tra essi anche quelli che ci occorrono per eseguire in laboratorio la reazione da cui è possibile far derivare il carbonato di calcio, cioè idrossido di calcio e  $\text{CO}_2$ . Mancano strumentazioni sofisticate come quelle utilizzate per l'indagine tecnica analitica o spettrometrica, quindi non possiamo pensare di progettare indagini di questo tipo.

**1. Formazione del carbonato**

*Quali reazioni ci conviene eseguire e perché?* quella di sintesi del carbonato. Lo scopo è quello di ottenere carbonato

di calcio “di sintesi” di cui confrontare poi il comportamento rispetto al carbonato di calcio “naturale”, cioè polvere di marmo, materiale lapideo utilizzato nei manufatti.

### Fase procedurale

Introdotta da un *problem solving*, ha preso corpo da domande

Il *problem solving*:

*come facciamo a preparare il carbonato di calcio per via sintetica?*

Abbiamo fatto delle ricerche ed abbiamo appurato che il carbonato di calcio può essere preparato a partire da acqua di calce  $\text{Ca(OH)}_2$  + anidride carbonica

*Come svolgiamo la reazione?* viene fatta gorgogliare  $\text{CO}_2$  (generandola per trattamento di calcare o di bicarbonato sodico con acidi) in acqua di calce limpida (soluzione di  $\text{Ca(OH)}_2$  filtrata); In queste condizioni precipita carbonato di calcio che è filtrato e seccato in stufa. Se si parte da 1 L di acqua di calce (vedi tabella finale) vista la solubilità dell'idrato di calcio in acqua, si ottiene circa 1 g di carbonato.

### Progettazione del protocollo ed esecuzione dell'esperienza

Per svolgere la reazione abbiamo preparato in gruppo, dopo averlo condiviso, il seguente protocollo:

#### Sintesi del carbonato di calcio da acqua di calce e $\text{CO}_2$

##### Materiali occorrenti

1 litro di acqua di calce

Alcuni pezzi di marmo

HCl al 36% (anche se più diluito va bene)

Cilindro da 250cc

Pallone a fondo piatto da 500cc

Tappo forato (a 2 fori)

Un tubicino di vetro

un tubicino di plastica

un tubo imbuto

Becher da 1l

Stufa o essiccatore per essiccare.

##### Procedimento

Preparare in un becher 1l di acqua di calce, aggiungendo idrossido di calcio in acqua, e dopo averla filtrata, lasciarla pronta per l'uso. Inserire nel pallone due o tre spatole di carbonato di calcio (alcuni gruppi hanno usato bicarbonato sodico poiché hanno trovato che si sviluppa lo stesso  $\text{CO}_2$  trattandolo con acido, per cui volevamo confrontare i risultati). Coprire con il tappo forato, e inserire in un foro un tubicino di vetro collegato con un tubicino di plastica trasparente. Nell'altro foro inserire il tubo imbuto, sistemare i due in modo che la porzione rigonfiata del tubo imbuto sia leggermente sollevata rispetto al tubicino di vetro così da lasciare agevolmente passare il tubicino di plastica trasparente che verrà fatto giungere al becher contenente l'acqua di calce. Lasciare fluire nel pallone lentamente, a filo, una certa quantità di HCl (avendo usato un pallone da 500cc, abbiamo usato circa 250cc di HCl) che precedentemente è stato versato in un cilindro graduato, è possibile versare l'acido anche in più riprese. Eseguire tutta l'operazione sotto cappa aspirante (perciò a gruppi di due), muniti di guanti e di occhiali.

##### Descrizione degli eventi

Appena l'acido arriva a contatto con il carbonato o il bicarbonato sodico, si libera vigorosa effervescenza e il pallone mostra i segni evidenti della presenza di un gas, appare fortemente annebbiato e si formano “bolle di schiuma”. Anche nella soluzione dell'acqua di calce si manifestano, dopo pochi minuti, cambiamenti, l'acqua di calce perde la “lattescenza” cominciando a schiarirsi mentre compare un precipitato flocculento.

##### Elaborazione dei risultati

Il marmo è costituito quasi totalmente da carbonato di calcio che trattato con acido cloridrico libera anidride carbonica, il gas che ci serviva per formare il carbonato di sintesi facendolo gorgogliare nell'acqua di calce. Qui si verifica una reazione tra la base idrossido di calcio e l'acido carbonico con formazione di carbonato di calcio che essendo insolubile, precipita.

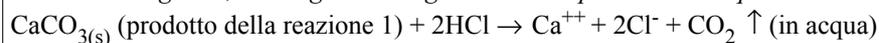
## 2. Comportamento del carbonato in ambiente acido

Per questo secondo gruppo di reazioni proposte dagli studenti, vi è stata accesa discussione in classe, si sono venute a delineare due posizioni che dagli studenti stessi sono state etichettate come: la posizione degli "sperimentalisti" e la posizione degli "intellettuali". La prima riuniva un gruppo ampio di studenti che mostrava l'atteggiamento di "voler toccar con mano" prima di affidarsi esclusivamente alle fonti scritte, il secondo gruppo, costituito da una minoranza, mostrava un atteggiamento ricettivo del sapere, arroccato sul sapere consolidato che non deve mai essere messo in discussione. L'azione didattica in questo contesto è stata quella di non assumere la posizione di giudice allorché gli studenti hanno chiesto che il docente prendesse una decisione a riguardo, di non soffocare i conflitti, ma di farli emergere allo scopo di attivare gli studenti nella ricerca di strategie di mediazione per la risoluzione dei conflitti. Poiché era evidente che i conflitti si erano generati per i livelli di ascolto reciproco che nell'occasione si erano mantenuti tendenzialmente bassi, è stata fornita agli studenti una scheda di orientamento che li aiutasse a organizzare ed esprimere reciprocamente le proprie idee. La scheda è stata compilata separatamente dagli "intellettuali" e dagli "sperimentalisti", scambiata tra le "fazioni", che, tramite un delegato, hanno letto e ripetuto ciò che avevano compreso delle ragioni dell'altro; infine sono stati invitati a organizzarsi in gruppo e a elaborare una proposta condivisa. Le due ore per questa attività, poiché fuori dalla progettazione iniziale, sono state ritagliate, su proposta degli studenti, dalle ore previste per le assemblee di classe, ore in cui gli studenti hanno richiesto la muta presenza del docente.

### Risultati emersi dalla scheda 4 (allegato 5, compito di apprendimento 6) sulle Linee guida:

**Indicate in modo dettagliato quali reazioni relative al comportamento del carbonato vorreste eseguire**

*Le reazioni seguenti, e le vogliamo eseguire solo dal punto di vista qualitativo*



### Illustrate lo scopo per cui vorreste eseguire le reazioni.

Scopo per cui vorremmo eseguire le due reazioni parallele è di evidenziare se il carbonato di sintesi e quello naturale esibiscono lo stesso comportamento al trattamento con acido cloridrico; le informazioni a riguardo ci sono pervenute solo da fonti scritte, in nessun caso abbiamo avuto modo di osservare questo comportamento, allora abbiamo ragionato innanzitutto sul fatto che se il marmo è carbonato di calcio naturale, questo deve avere lo stesso comportamento di quello in laboratorio, fatto salvo il fatto che lo stato di suddivisione (vedi fattori da cui dipende la velocità di reazione) o la granulometria, potrebbero far cambiare la velocità di reazione ma non la qualità della reazione stessa. Inoltre è fondamentale il controllo anche per vedere se la reazione di sostituzione dello ione carbonato con il solfato proveniente dall'acido solforico interessa sia il carbonato naturale che quello di sintesi. Riteniamo, per questo motivo, utile eseguire le reazioni anche per verificare concretamente ciò che in letteratura è riportato e per confermare e consolidare le nostre conoscenze.

### Illustrare il motivo per cui ritenete inutile l'esecuzione delle attività proposte da alcuni di voi

Il motivo dell'inutilità di eseguire queste reazioni in parallelo, sta nel fatto che nei libri di scienze della Terra, è riportato che il marmo è una roccia metamorfica monomineralica, il cui costituente è carbonato di calcio, per cui è evidente che se il costituente è questo, il comportamento della roccia e del componente sintetico deve essere lo stesso.

### Illustrate la posizione emersa e le conclusioni

Dalla discussione, è emersa la posizione degli "sperimentalisti" mentre quella degli "intellettuali" è stata abbandonata per il seguente motivo: è giusto verificare con mano i fenomeni, perché criticamente è possibile cogliere aspetti nuovi o differenti di un fenomeno che potrebbero aprire nuovi campi di interesse.

#### Protocollo

#### Comportamento del carbonato di calcio in ambiente acido.

#### Materiali occorrenti

0,5 g di carbonato di calcio prodotto dalla reazione 1, quella di sintesi da acqua di calce, 0,5g di polvere di marmo, 300cc di acido cloridrico concentrato al 36%

2 provette

2 tappi a un foro

2 tappi a due fori

2 tubi imbuto

4 tubicini a squadra di vetro

2 tubicini di plastica trasparente

2 palloni a fondo piatto da 250cc (alcuni gruppi hanno usato quelli da 500cc)  
 martello  
 mortaio e pestello di marmo  
 2 aste di sostegno, 2 morsetti e 2 pinze

### **Procedimento**

Pesare 0.5 g di carbonato di calcio ottenuto dalla reazione di sintesi tra acqua di calce e  $\text{CO}_2$ , inserire questa quantità in uno dei due palloni a fondo piatto. Munirsi di martello e con vigore frantumare i pezzi di marmo bianco usando come base una piattaforma di legno appoggiata al pavimento e preparata per l'occasione, allo scopo di proteggere dai colpi il piano di lavoro. Raccogliere i pezzi piccolissimi e tutta la polvere, trasferirli nel mortaio di marmo e pestarli con il pestello in modo da ridurli quasi a polvere: occorre molta pazienza e tenacia, l'operazione va fatta così perché occorre partire da un materiale avente più o meno la stessa granulometria. Pesare 0.5g di polvere di marmo e inserirli nel secondo pallone a fondo piatto. Chiudere il pallone con il tappo di gomma infilando in un foro il tubicino di vetro a squadra e nell'altro foro il tubo imbuto, sistemati in modo che non si diano fastidio l'un l'altro, eventualmente usare un'ulteriore asta di sostegno con morsetto e pinza per fissare il pallone. Collegare al tubicino di vetro a squadra un tubicino di plastica trasparente. Montare all'asta di sostegno un morsetto e la pinza, fissare la provetta alla pinza, chiudere la provetta con un tappo di plastica, inserire nel tappo il tubicino a squadra di vetro e collegare all'altra estremità del tubicino di plastica trasparente, avendo l'accortezza di non lasciare troppo spazio tra il tubo a squadra del pallone e quello della provetta (un percorso troppo lungo non serve); in teoria la provetta dovrebbe servire come luogo di raccolta del gas che si sviluppa dalla reazione del carbonato con l'acido cloridrico. Ripetere tutto il montaggio per l'altra reazione che deve essere condotta in parallelo. Dividere l'acido cloridrico in quantità uguali in due cilindri graduati, versare a filo, usando il tubo imbuto, l'acido cloridrico (150cc) in ogni pallone, registrare ciò che avviene. Eseguire tutte le operazioni sotto cappa aspirante, proteggendosi con guanti e occhiali. Lasciare andare per qualche tempo la reazione, poi prelevare le due provette e saggiarne il contenuto introducendo nella provetta uno spago acceso (sufficientemente lungo, reso rigido all'estremità per mezzo di una piccola porzione di filo di ferro fissato allo spago con un filo di cotone, allo scopo di essere facilitati nell'introduzione), con brace viva mantenuta soffiando, ma senza fiamma. Registrare ciò che avviene.

### **Risultati e conclusioni**

Quando l'acido concentrato viene a contatto con i due materiali contenuti nei due palloni, in entrambi si verifica effervescenza, segno dello sviluppo di un gas. Non si notano differenze di comportamento evidenti nei due palloni. L'effervescenza è, a occhio, identica.

Dall'esecuzione del saggio finale, risulta che in entrambe le provette, quando si introduce lo spago acceso, l'estremità si spegne, la prova è stata ripetuta più volte e il risultato era lo stesso. Abbiamo introdotto successivamente lo spago con una piccola fiammella, che accennava a spegnersi appena veniva introdotta nella provetta, mentre si ravvivava se repentinamente veniva estratta, anche questa prova è stata ripetuta più volte e il risultato non è cambiato. Poiché i gas contenuti nelle due provette manifestavano lo stesso comportamento, cioè quello di sfavorire la combustione, allora si tratta plausibilmente dello stesso gas ed è presumibilmente  $\text{CO}_2$ , i risultati hanno confermato perciò che sia il carbonato di sintesi che il marmo si comportano con gli acidi allo stesso modo, entrambi sviluppano  $\text{CO}_2$  se trattati con acido cloridrico.

### **Problemi aperti dall'indagine eseguita:**

#### ***Problem solving***

Cosa succede se trattiamo il marmo e il carbonato sintetico con acidi diversi dall'acido cloridrico?

Le nostre ipotesi: anche gli altri acidi avranno lo stesso comportamento, sviluppano a contatto con il marmo e con il carbonato di calcio di sintesi evidente effervescenza con produzione di  $\text{CO}_2$ .

L'ipotesi andrebbe verificata, e solo in questo caso è possibile generalizzare i risultati.

Abbiamo deciso di sospendere momentaneamente la verifica perché dovevamo concludere lo studio del nostro fenomeno mantenendo i tempi della progettazione iniziale. Ci riserviamo di riprendere il problema in un secondo momento.

### **2. Ossidazione dello ione solfito a solfato**

La terza prova di laboratorio proposta dagli studenti, è stata la reazione di ossidazione del solfito a solfato, la reazione è stata proposta sulla base dello studio dei materiali raccolti sulle croste nere e schematizzati da loro stessi nella scheda

1. Come sempre per attivare la riflessione degli studenti e la consapevolezza delle conoscenze, è stata proposta loro

una scheda in gruppo in cui richiedevo lo scopo preciso della proposta (allegato 6). Gli allievi hanno ricevuto la scheda e l'hanno consegnata dopo 2 lezioni, dopo essersi documentati e aver discusso tra loro. I risultati emersi sono stati interessanti e originali, e sono riportati integralmente.

#### **Risultati emersi dall'esecuzione del compito di apprendimento 7 (allegato6)**

1. individuare i concetti di cui avete bisogno per affrontare le attività che proponete

*I concetti di cui abbiamo bisogno sono quelli di ossidoriduzione e di catalisi*

2. individuare quali concetti non conoscete e proponete una strategia per appropriarvene, cioè chiedersi come posso fare per conoscere

- *possiamo documentarci sul libro di testo o ricercare in internet il materiale tramite parole chiave, studiare a casa il materiale, fare schemi, cercare esempi concreti che conosciamo, esporre in classe ciò che abbiamo capito e confrontarci tra noi e con il nostro docente*
- *possiamo proporre di eseguire delle prove in laboratorio per osservare concretamente per cogliere personalmente aspetti significativi del fenomeno.*

3. identificare e scrivere, dopo esservi documentati, con linguaggio chimico appropriato le reazioni relative al caso di studio che volete eseguire

*Ossidazione dello ione solfito a solfato*

4. illustrare con chiarezza lo scopo per cui volete eseguirle

*il motivo per cui vogliamo eseguire la reazione proposta e cioè di ossidazione del solfito a solfato, risiede nel fatto che vogliamo ricreare in laboratorio una situazione simile a quella che presumibilmente avviene sulla superficie dei materiali carbonatici esposti all'acqua e all'azione ossidante dell'ossigeno dell'aria in presenza dei catalizzatori presenti sulle croste nere. Vorremmo cioè creare una situazione analoga a quella naturale. Siamo però in difficoltà perché non sappiamo oltre allo ione solfito, che potremmo ottenere dal sale solfito sodico, visto che questo composto c'è in laboratorio, quale reagente oltre a questo possiamo usare per avere la formazione dello ione solfato.*

*Professoressa ci potrebbe aiutare per favore?*

Come si può vedere, gli studenti a questo punto hanno richiesto insistentemente l'intervento del docente, che non è stato fornito in modo espositivo e frontale, nella convinzione che l'apprendimento è significativo quando ci si attiva per la costruzione della conoscenza.

A questo scopo, poiché gli studenti si erano documentati su cosa fossero le reazioni redox, e si erano esercitati molto bene sui significati di ossidante e riducente e su quelli di "specie ossidata" e "specie ridotta", sono stati invitati a riflettere sul fatto che dovendo eseguire una reazione che come reagente avesse lo ione solfito e che questo dovesse ossidarsi dando come prodotto una specie ossidata e cioè il solfato, dovevano individuare la **natura** del secondo reagente, cioè il problema che dovevano risolvere era duplice:

1. se il secondo reagente doveva essere un ossidante o un riducente

2. individuare, dopo aver risolto il primo problema, nella categoria il composto più facilmente reperibile.

Dopo una breve ricerca in internet dove gli studenti, rassegnati a dovere rinunciare anche questa volta a indicazioni precostituite, hanno visitato i seguenti siti:

[http://web.tiscali.it/next\\_environment/vocab\\_o.htm](http://web.tiscali.it/next_environment/vocab_o.htm)

<http://www.dima.unimo.it/servizi/codifica.htm>

[http://www.ingce.unibo.it/corsi\\_studio/2002-03/piano\\_studi/prog\\_02-03/fond\\_chimica\\_l/pdf/composti\\_inorganici.pdf](http://www.ingce.unibo.it/corsi_studio/2002-03/piano_studi/prog_02-03/fond_chimica_l/pdf/composti_inorganici.pdf)

trovando la seguente risposta:

il secondo reagente doveva essere un ossidante, e tra tutti gli ossidanti la specie facilmente reperibile tra i materiali del laboratorio è il perossido d'idrogeno perché si decompone facilmente perdendo ossigeno e perciò agendo come ossidante.

#### **Protocollo**

##### **Ossidazione del solfito a solfato**

##### **Materiali occorrenti**

Solfito sodico

Acqua ossigenata

Pallone a fondo piatto da 500cc

Acqua distillata

100cc di Acqua ossigenata a 128 volumi, essa contiene il 39%(p/V) di acqua ossigenata

Contagocce

Agitatore magnetico e magnetino

##### **procedimento**

portare in soluzione acquosa una spatola di solfito sodico ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) nel pallone a fondo piatto sotto agitazione magne-

tica, aggiungere successivamente con contagocce acqua ossigenata.

### Risultati ottenuti e conclusioni

Dalla reazione così eseguita non si notano fenomeni evidenti, la soluzione ottenuta verrà utilizzata nella successiva reazione.

Poiché l'acqua ossigenata è un potente ossidante ed è in grado di ossidare il solfito a solfato, come si può evidenziare dai valori di  $E^\circ$ :  $E^\circ = +0,682\text{V}$  per  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ ;  $E^\circ = -0,93\text{V}$  per  $\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_3^{2-}$  per le coppie redox

presumibilmente si ottiene:  $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

### 2. Precipitazione di solfato di calcio

Questo è il 4° gruppo di reazioni proposto dagli studenti.

Anche questa volta la richiesta è stata rivolta all'individuazione precisa delle reazioni da eseguire e dello scopo per cui eseguirle; gli studenti hanno risposto nel seguente modo:

#### Le reazioni da eseguire:

due reazioni da svolgere in parallelo partendo da uguali volumi, di cui

1. una reazione tra gli ioni carbonato in soluzione (ottenuti dal trattamento del carbonato di sintesi con HCl) e il solfato di sodio ottenuto dalla precedente reazione di ossidazione del solfito con acqua ossigenata;
2. una reazione tra ioni carbonato (ottenuto dal trattamento di polvere di marmo naturale e marmo nat) con HCl e una soluzione di solfato di sodio preparata in laboratorio.

#### I risultati attesi:

in entrambi i casi si forma lo stesso precipitato

Reazione di ossidazione (r.ox) del solfito a solfato:  $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

1.  $\text{Ca}^{++}$  (da sintesi + HCl) +  $\text{SO}_4^{2-}$  (da r.ox.)  $\rightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow$
2.  $\text{Ca}^{++}$  (da marmo nat + HCl) +  $\text{SO}_4^{2-}$  (da soluzione preparata in lab.)  $\rightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow$

**Scopo delle due reazioni parallele** è di evidenziare analogo comportamento tra:

- la soluzione ottenuta dal prodotto di ossidazione del solfito a solfato che presumibilmente contiene in soluzione solfato sodico e perciò ioni solfato, e la soluzione di ioni calcio ottenuta dal trattamento del carbonato di sintesi con HCl;
- una soluzione preparata in laboratorio partendo da solfato sodico +  $\text{H}_2\text{O}$  a cui si aggiunge la soluzione ottenuta dal trattamento del carbonato naturale con HCl.

#### Conclusioni

Poiché in entrambi i casi si forma lo stesso precipitato, che è solfato di calcio, allora per analogia la soluzione della reazione di ossidazione contiene sicuramente ioni solfato.

Per dimostrare che il precipitato è lo stesso, abbiamo filtrato, essiccato il precipitato delle due reazioni e volevamo usarlo per due prove di confronto di solubilità con il carbonato di calcio, naturale e sintetico. Queste ultime prove sono state eseguite anche per renderci conto del fatto che la solubilità del solfato (prodotto del degrado) è molto superiore rispetto a quella del carbonato (materiale iniziale) e che perciò il prodotto può essere dilavato molto più facilmente dal substrato di partenza. Accanto a queste prove abbiamo voluto eseguire in parallelo anche quella con i prodotti che avevamo in laboratorio, allo scopo di avere un controllo, in quanto per le prime i gruppi avevano risultati diversi.

Questa parte è di seguito riportata.

Sulla base dei dati di solubilità della tabella, abbiamo pesato circa 1g di solfato di calcio (che avevamo in laboratorio) e lo abbiamo versarlo in 1L di acqua; abbiamo pesato analogamente 1 g di carbonato di calcio (che avevamo in laboratorio) e lo abbiamo versato in un altro litro di acqua. Il solfato si dissolve completamente dato che la quantità pesata è inferiore alla solubilità in acqua espressa in  $\text{g}/\text{dm}^3$  mentre il carbonato apparentemente resta insolubilizzato. Questo dimostra che il solfato può essere dilavato molto più facilmente del carbonato; la pioggia asporta perciò quantità consistenti di materiale dal manufatto.

Tabella delle solubilità delle sostanze poco solubili utilizzate (ricavata da ricerche)

sostanza	massa formula (uma)	solubilità*(mol/dm <sup>3</sup> )	solubilità* (g/dm <sup>3</sup> )
CaCO <sub>3</sub>	100,1	≈ 7x10 <sup>-5</sup>	≈ 7x10 <sup>-3</sup>
Ca(OH) <sub>2</sub>	74,1	≈ 1,1x10 <sup>-2</sup>	≈ 8x10 <sup>-1</sup>
CaSO <sub>3</sub>	120,1	≈ 5,5x10 <sup>-4</sup>	≈ 6,6x10 <sup>-2</sup>
CaSO <sub>4</sub>	136,1	≈ 8,3x10 <sup>-3</sup>	≈ 1,1
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	172,1	≈ 8,3x10 <sup>-3</sup>	≈ 1,4

\* i dati sono approssimati anche a causa della diversità di alcuni valori a seconda della fonte; per scopi didattici si ritiene più che ragionevole tale approssimazione



Combustion de l'arsenic  
dans le chlore.