



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



Indice

- 5 Editoriale
L'acqua del mare rinforza il sistema immunitario
Luigi Campanella
- 7 Dalla Copertina
Peter J. Fensham
Liberato Cardellini
- 11 Dal volume molare alla solubilità della CO₂ in acqua
Giuseppe D'Angelo
- 29 La Chimica per la Luce: un percorso storico didattico
attraverso la storia delle reazioni chimiche sfruttate
dall'uomo per ottenere luce
Elena Lenci
- 43 Altre esperienze dal progetto PROFILES: la chimica in cucina
*Daniela Bianchini, Francesca Maria Foresi,
Giovanna Paccazzocco, Cinzia Principi, Liberato Cardellini*

L'acqua del mare rinforza il sistema immunitario

Una ditta spagnola ha messo in commercio bottiglie di acqua di mare ultra-filtrata o alternativamente purificata e rivitalizzata per ovvi motivi di sicurezza igienica che non sarebbe garantita da acqua di mare non trattata.

Quali le possibili applicazioni reclamizzate a giustifica di questa commercializzazione?

Innanzitutto gastronomiche utilizzando quest'acqua in luogo di quella corrente per la cottura soprattutto di pesce, ma anche per produrre pane ed originali birre o per essere utilizzata negli alimenti in luogo del sale. Da chimici è logico porgersi qualche domanda circa la relazione fra le proprietà chimico fisiche dell'acqua di mare ed i suoi usi, ovviamente accettato il principio della necessaria purificazione prima di qualsiasi impiego che la porti a contatto con l'organismo umano. Si tratta innanzitutto di una soluzione matura e stabilizzata di soluti diversi, quindi capace di rilasciare tali soluti. Essendo poi una soluzione a concentrazione variabile, ma intorno mediamente a 35 g/L essa risulta influenzata dall'effetto sale (se fosse a concentrazione tripla l'effetto prevalente sarebbe quello salatura con risultati completamente diversi); questo effetto comporta un aumento della solubilità in essa di tutte le specie ioniche; inoltre la capacità del sale a coordinare l'acqua rappresenta un inconveniente alla sua assunzione diretta che può produrre effetti molto negativi sulla pressione degli ipertesi: effetti che non si osservano se il sale viene sostituito nella preparazione e cottura degli alimenti da una sua soluzione, quale è appunto l'acqua di mare, che è anche antibatterica, stimolante del metabolismo, attiva contro reumatismi e dolori articolari; si può anche usare nelle trasfusioni, ed è il miglior mezzo di coltura. Solo in quest'acqua vivono i globuli bianchi (esperimento realizzato 100 anni fa e riprodotto all'Università di Alicante nel 2012).

Tra i più interessanti benefici dell'acqua di mare c'è anche quello che riguarda il drenaggio dei liquidi, da essa favorito grazie ad un processo di osmosi. Questo spiega perché fare il bagno in questa

acqua regala molti vantaggi sia per la salute della pelle, sia per l'azione vitalizzante e detergente.

Voglio concludere con una riflessione: avremmo un tesoro gratuito, invece lo degradiamo e poi lo ricompriamo a costi improponibili! Credo che questo processo meriterebbe un'attenzione particolare al livello della formazione per le ricadute didattiche e sociali possibili

Dalla Copertina

a cura di Pasquale Fetto
(pasquale.fetto@didichim.org)

Peter J. Fensham

Melbourne ottobre 1927

**di
Liberato Cardellini**



Peter J. Fensham

Una breve biografia

Il professore emerito Peter J. Fensham è attualmente un professore aggiunto alla School of Mathematics, Science and Technology Education, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia. Peter James Fensham è nato a Melbourne, Australia nell'ottobre del 1927, nello stesso anno in cui la prima persona, Charles Lindbergh, volò in solitaria attraverso l'Atlantico. A quel tempo, l'istruzione secondaria non era per tutti, eppure Peter, come studente gifted, ha trovato la strada per l'istruzione superiore ottenendo una borsa di studio alla Melbourne Grammar School, una scuola privata di alto livello. All'età di 17 anni, si è immatricolato per studiare scienze all'università. Dopo aver ricevuto la laurea, ha completato un master di ricerca. Nel 1949 veniva premiato con la prestigiosa Exhibition 1851 Research Scholarship (borsa di studio), che gli ha permesso di andare all'Università di Bristol, nel Regno Unito, a lavorare per un dottorato di ricerca in chimica dello stato solido.

A Bristol, Fensham ha incontrato Christine Fairweather e si sono sposati tre anni dopo, nel 1954. Nel 1952, andò a lavorare come postdoctoral fellow con il professore Hugh Stott Taylor, un chimico fisico alla Princeton University, negli Stati Uniti. Mentre era a Princeton, tramite il professore Hadley Cantrill, incontrò Sir Frederic C. Bartlett, uno psicologo di Cambridge, U.K. Dietro suo incoraggiamento, Fensham fece richiesta e ottenne una Nuffield Scholarship a Cambridge per intraprendere studi e ricerche in psicologia sociale. Nel 1956, ha completato il suo secondo dottorato di ricerca nell'area delle scienze sociali.

Vagliando le opportunità per tornare in Australia, gli fu offerta una posizione presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Melbourne nel campo della chimica dello stato solido. La sua ricerca in chimica fisica insieme ad alcuni studi minori nell'educazione hanno portato alla sua promozione come reader di chimica fisica. Nel 1967, gli è stata assegnata una cattedra in science education, la prima mai assegnata in Australia. A settembre di quell'anno, Fensham si trasferì alla Monash University, dove iniziò a sviluppare studi e ricerche nel settore dell'educazione scientifica. Rapidamente costituì un solido gruppo di ricerca che in breve guadagnò una reputazione internazionale per la sua università. Ha guidato questo gruppo di ricerca per 25 anni durante i quali i suoi interessi si sono estesi dall'equità nell'educazione in generale all'apprendimento concettuale delle scienze e alla politica del curriculum scientifico.

A livello internazionale, la Monash University divenne sinonimo di educazione scientifica; anche con Richard White, Paul Gardner e Richard Gunstone nel gruppo, molti prestigiosi colleghi da tutto il mondo furono attirati a spendere qualche tempo in quella università. Nel 1971, Fensham divenne il primo presidente nazionale dell'Australian Science Teachers' Association, e poco dopo iniziò quello che divenne una lunga collaborazione di lavoro con l'UNESCO nei paesi in via di sviluppo. L'ICASE (International Council of Associations for Science Education) ha riconosciuto i suoi contributi agli insegnanti di scienze, sia a livello locale che a livello internazionale, assegnandogli il premio Distinguished Service Award nel 1988.

Fensham è stato un visiting professor in un certo numero di università prestigiose in tutto il mondo, essendo il suo nome associato alla necessità di una riforma dell'istruzione scientifica e del cambiamento del programma scolastico nella direzione del suo articolo fondamentale, Science for All (La scienza per tutti) [1]. La scienza per tutti è una richiesta di accessibilità della scienza per tutti gli studenti, in contrasto con per solo o fondamentalmente per una minoranza di studenti, che potrebbero diventare i potenziali futuri scienziati. Il contenuto dell'istruzione scientifica dovrebbe possedere un significato utile per la maggioranza degli studenti, e costruire in essi un inte-

resse permanente e l'apprezzamento per le scoperte scientifiche.

Negli anni '90 ha lavorato nel Comitato Consultivo TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) per la Scienza, ed è stato un membro dello Science Expert Group degli studi PISA (Programme for International Student Achievement) dell'OCSE, dalla sua fondazione fino al 2009. In questo modo è rimasto in contatto con le problematiche più scottanti dell'istruzione scientifica mondiale. Attraverso la sua appartenenza ai comitati consultivi TIMSS e PISA, è divenuto un esperto della valutazione dell'apprendimento della scienza in vari ambienti. Nel 1998, è stato premiato con il Distinguished Researcher Award della National Association for Research in Science Teaching (NARST).

Nel 2010, in onore di Peter J. Fensham, la RACI (Royal Australian Chemical Institute) ha introdotto la Fensham Medal for Outstanding Contribution to Chemical Education per riconoscere i membri che hanno dato importanti contributi all'insegnamento della chimica e della scienza per un lungo periodo. È stato detto: *Peter Fensham's life and work has been characterized by two features: an enduring sense of inner commitment to the notion that science education matters; and a grave dissatisfaction with existing provision.* [2, p. 37]

Nel 1970, Fensham ha curato un libro, *Rights and Inequalities in Australian Education* [3], che ha assunto un'importanza fonamentale quando il nuovo governo australiano ha intrapreso importanti riforme del sistema educativo, oltre al rendere l'istruzione universitaria gratuita. Nel 1982, Fensham divenne Preside della Facoltà di Scienze della Formazione di Monash, una posizione che ha ricoperto per sette anni prima di riprendere il suo ruolo di professore di educazione scientifica. Mentre era preside, ha svolto un ruolo importante negli sviluppi delle riforme del programma scolastico raccomandate al governo dello stato di Victoria nel Blackburn Report, che, nel 1985 ha portato al Victorian Certificate of Education, una valutazione approfondita sul senso dell'educazione secondaria superiore.

Nel 1986 gli è stato assegnato l'AM (Member of the Order of Australia, la più alta onorificenza Australiana) come riconoscimento per il servizio reso alla comunità e all'istruzione.

Da allora, ha pubblicato molti articoli e diversi libri, molti noti, sull'istruzione scientifica, compresi *The Content of Science* (Con Gunstone e White) [4], *Defining an Identity* [5], e *Developments and Dilemmas in Science Education*, pubblicato nel 1988. [6]

Bibliografia

[1] P. J. Fensham, *J. Curric. Stud.*, **1985**, 17 (4), 415-435.

[2] J. Osborne, Making science matter. In R. Cross, (Ed.), *A vision for science education: Responding to the work of Peter Fensham* (pp. 37-50). RoutledgeFalmer: New York, 2003.

- [3] P. J. Fensham, (Ed.). *Rights and inequalities in Australian education*. Cheshire: Melbourne, 1970.
- [4] P. J. Fensham, R. F. Gunstone, R. T. White, (Eds.). *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*. The Falmer Press: London, 1994.
- [5] P. J. Fensham, *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2004.
- [6] P. J. Fensham, (Ed.). *Developments and dilemmas in science education*. The Falmer Press: London, 1988.

Dal volume molare alla solubilità della CO₂ in acqua

Giuseppe D'Angelo

sitdang@teletu.it

Introduzione

Uno dei maggiori pregi della Chimica è il fatto che si tratta di una Scienza sostanzialmente sperimentale strettamente legata alla realtà. Da questo punto di vista le sue leggi, potendo essere dimostrate sperimentalmente, si rendono facilmente comprensibili anche da coloro che muovono i primi passi in questo specifico mondo scientifico. Proporre lo studio delle leggi sui gas e il concetto operativo di mole a degli studenti di un biennio di scuola superiore non sempre scatena grande entusiasmo e consenso se non lo si accompagna a significative esperienze di laboratorio in grado di dimostrare che non si tratta di concetti astratti da mandar giù e basta (magari a memoria).

In questo breve lavoro si vuole semplicemente condividere una serie di esperienze tra esse correlate in grado di dimostrare, ai nostri allievi, la grande importanza pratica dei concetti sopra ricordati. Sfruttando così il concetto di volume molare si propone inizialmente un'esperienza in grado di dimostrare praticamente come una mole di un qualsiasi gas occupi sempre lo stesso volume a parità di temperatura e pressione. La stessa strumentazione utilizzata per dimostrare il volume molare viene poi usata per misurare la solubilità in acqua dell'anidride carbonica.

Idea progettuale

Il piano operativo di questo percorso laboratoriale prevede più fasi. Inizialmente con la strumentazione scolastica, più avanti descritta, si predispone la verifica del volume molare facendo sviluppare una certa quantità di CO₂ dalla reazione tra carbonato di calcio e acido cloridrico:

$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (1). Lo scopo dell'esperienza è quello di verificare se, data una determinata quantità di carbonato di calcio, il volume di CO₂ previsto secondo il rapporto stechiometrico indicato dalla reazione corrisponde a quello reale misurato sperimentalmente.

Successivamente si eseguono una serie di test nei quali la medesima reazione la si fa avvenire in quantità d'acqua distillata di volta in volta aumentate di 20 mL. Lo scopo è quello di verificare la quantità di gas che rimane disciolto nell'acqua in condizioni di saturazione a pressione atmosferica. Tale quantità viene dedotta dalla differenza di volume di gas liberato e misurata tra una prova e l'altra. Se la quantità di gas liberato tra la

prima prova e quella successiva diminuisce poiché la reazione avviene in una quantità maggiore di acqua (ad es. doppia) vuol dire che una maggiore quantità di anidride rimane disciolta in tale quantitativo d'acqua.

Ciò esprime in ultima analisi la solubilità del gas medesimo in acqua.

Ambiente e strumenti

Prima di iniziare le nostre attività sperimentali abbiamo misurato la temperatura ambiente dell'aula laboratorio che variava leggermente nel corso della mattinata da 20 e 21 °C a causa della riaccensione dell'impianto di riscaldamento centralizzato.

La messa a punto dell'apparecchiatura per la misurazione del volume molare e della solubilità della CO₂ è stata un po' laboriosa perché bisognava assicurarsi che non ci fossero neanche minime perdite di pressione.

La struttura alla fine realizzata è quella delle foto di seguito riportate. In esse è possibile notare alcuni importanti accorgimenti utilizzati. Due beute codate (beuta A e beuta B) da 0,5 litri sono state collegate con un tubo di gomma lungo circa 10 cm. Una pipetta da 2mL, ritagliata su misura, è stata poi inserita in un tappo di gomma forato di idonea dimensione ed il foro è stato sigillato, dal lato inferiore, con della pellicola di paraffina che colmava l'intercapedine tra pipetta e tappo (Foto 1).

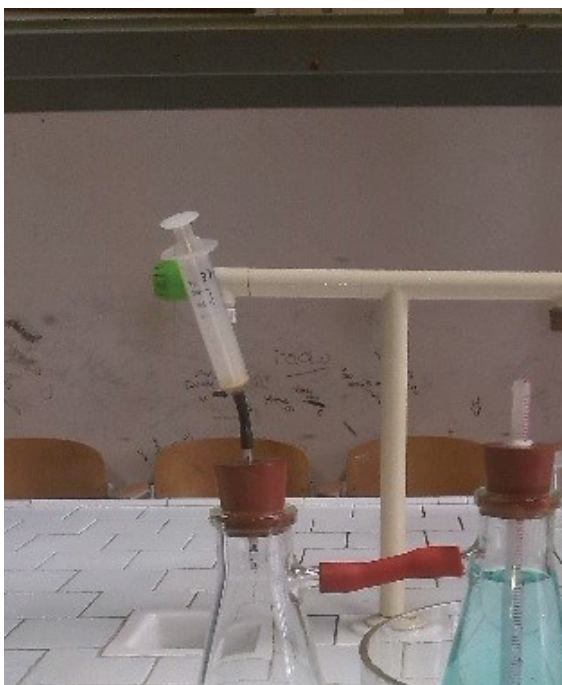


Foto 1 - Apparecchiatura utilizzata: a sinistra beuta A, a destra beuta B

All'estremità superiore di questa pipetta venne inserito un breve tubicino di plastica al quale veniva collegata poi una siringa per antibiotici utilizzata, di volta in volta, per iniettare l'acido cloridrico nella beuta A (Foto 2). Nella beuta B è stato pure inserito un altro tappo nel quale un adatto foro permetteva di accogliere una pipetta più ampia (da 10 mL), anch'essa ritagliata su misura. La pipetta più ampia, utilizzata in questa seconda beuta, serviva a far uscire l'acqua nel momento in cui questa veniva spinta dal volume di CO₂ che si sviluppava nella beuta A come conseguenza della reazione tra acido cloridrico e carbonato di calcio.



Foto 2- Tappo con pipetta da 2 mL per la beuta A

Al fine di assicurare una maggiore precisione nella procedura di prelievo dell'acido cloridrico è stata utilizzata una buretta alla quale, tramite un breve tubicino di gomma inserito all'estremità inferiore, è stata collegata una siringa (Foto 3). Una volta riempita la buretta con l'acido la si tappava debolmente per ridurre l'evaporazione dell'acido stesso. Il prelievo veniva effettuato dal basso per aspirazione, dopo aver aperto il rubinetto. In tal modo il volume di acido iniettato nella beuta A era sostanzialmente costante di prova in prova.

Il principio di funzionamento dell'apparecchiatura realizzata è molto semplice. Nella beuta A si fa avvenire la reazione tra acido cloridrico e carbonato di calcio. Il gas prodotto, espandendosi, esercita una certa pressione sull'acqua presente nella beuta B che risale lungo la pipetta inserita nel tappo di quest'ultima e si versa nella bacinella sottostante. L'acqua continuerà a salire lungo la pipetta finché non sarà raggiunto l'equilibrio tra pressione atmosferica e pressione della CO₂ all'interno della beuta A.

Raggiunto l'equilibrio la pipetta nella beuta B resterà colma d'acqua fino all'orlo. Il volume d'acqua spostato si potrà misurare raccogliendo in un cilindro graduato l'acqua versatasi nella bacinella.



Foto 3- Buretta per il prelievo di HCl

Modalità operative

Prima di aggiungere l'acido al carbonato nella beuta A, la beuta B è stata riempita con acqua prelevata dal rubinetto del laboratorio. La stessa è stata riempita fino al beccuccio¹. Inserito il tappo di gomma con la pipetta l'acqua riempiva quest'ultima fino all'altezza del beccuccio della beuta restando invece vuota per la parte superiore. Il volume di tale tratto vuoto era di circa 4,6 mL.

1, Nelle differenti prove che sono state condotte è stato importante controllare che il livello raggiunto dall'acqua venisse ripristinato fedelmente. Ciò perché una lieve differenza di altezza nella beuta B può determinare una variazione di qualche mL di acqua tra una misurazione e l'altra. Poiché le differenze di volume cercate tra le varie prove sono dell'ordine di pochi mL, la precisione nel ripristinare il livello di partenza diventa dunque essenziale. A tal fine è opportuno che all'inizio della prima prova si segni con un pennarello sulla beuta il livello raggiunto dall'acqua (puntando l'attenzione sul menisco formato). Così sarà più facile ad ogni prova ripristinare fedelmente il livello iniziale.

E' bene ricordarsi di questo volume quando, a reazione completata, si raggiunge l'equilibrio pressorio. Infatti, in questo caso, tale tratto di pipetta rimane pieno d'acqua pertanto bisognerà considerare tutto il volume della parte emersa della pipetta della beuta B, e tale volume va sommato a quello dell'acqua presente nella bacinella perché si tratta comunque di acqua spostata dal gas prodotto. Tenuto conto però che i 4,6 mL rimangono comunque colmati alla fine di ciascuna misurazione si potrebbe anche evitare di computarli considerando invece soltanto il volume della pipetta compreso tra il raggiunto livello finale dell'acqua nella beuta B e quello di partenza. Questo volume infatti è diverso in ogni prova. Abbiamo comunque optato per il primo metodo tenendo in considerazione tutto il volume della parte sopra livello della pipetta.

Il protocollo seguito prevedeva una serie di misurazioni secondo lo schema riportato in tabella 1. In tal modo si intendeva verificare la solubilità della CO₂ in acqua distillata facendo la media dei volumi dell'acqua spostata dalla beuta B. Più esattamente si calcolava la differenza del volume di acqua spostata tra una misurazione e quella successiva (minore della precedente) e poi, di tali volumi differenza, veniva calcolato il valore medio. Ogni volume differenza rappresentava la quantità di CO₂ disciolta in 20 mL di acqua distillata². Ciò perché in ogni prova successiva veniva utilizzato un volume d'acqua pari a quello precedente aumentato di 20 mL.

Tabella 1 - Schema di protocollo operativo seguito

| Test | g di CaCO ₃ | mL HCl | mL di H ₂ O distillata utilizzata | Tempi di attesa |
|------|------------------------|--------|--|-----------------|
| 1 | 0,5 | ≈ 2 | 0 | pochi minuti |
| 2 | 0,5 | ≈ 2 | 20 | 1 h / 2h |
| 3 | 0,5 | ≈ 2 | 40 | 1 h / 2h |
| 4 | 0,5 | ≈ 2 | 60 | 1 h / 2h |

Variabili operative

Nel realizzare l'esperienza abbiamo dovuto tenere in debita considerazione due importanti variabili ambientali che sono la temperatura e la pressione atmosferica. In particolare la temperatura, nell'ambiente di laboratorio, variava di circa 1°C nel corso della mattinata e a volte anche di 2°C a causa

2. Cioè il minor volume d'acqua spostata (volume differenza) tra una prova e quella successiva era dovuto alla quantità di CO₂ che si era disciolta nella maggiore quantità d'acqua presente nella beuta A che quindi non contribuiva più a spostare acqua dalla beuta B.

dell'impianto di riscaldamento scolastico che riprendeva a funzionare la mattina e a causa delle cangianti condizioni climatiche esterne. La pressione atmosferica subiva spesso variazioni di alcuni millibar (a volte anche più di 10) da un giorno all'altro e di qualche mb anche durante il corso della mattinata. L'influenza dei suddetti fattori sulle misurazioni fatte è stata notevole. In particolare la pressione atmosferica ha rappresentato per noi un parametro non controllabile perché non potevamo mantenerlo costante. In effetti piccole variazioni termiche (spesso in aumento) modificano l'equilibrio pressorio e permettono di raccogliere un volume maggiore d'acqua dalla beuta B. Analogamente la variazione della pressione atmosferica durante la misurazione (che nelle prove preliminari durava anche diverse ore) determina una variazione della quantità di acqua raccolta. Sono state quindi effettuate una serie di prove preliminari al fine di verificare l'influenza della durata della misurazione sui volumi di acqua raccolta nella bacinella derivanti dalla beuta B. Si tenga conto, peraltro, che nelle prove preliminari effettuate per saggiare il comportamento del sistema è stato possibile eseguire solo una misurazione giornaliera. Quindi tutte queste misurazioni sono avvenute in giorni differenti con condizioni bariche cangianti. Si può facilmente comprendere che già una variazione in diminuzione di 3 mb nel corso della misurazione comporta una variazione di 3,059 cm di colonna d'acqua nella pipetta della beuta B ($300 \text{ Pa}/101325 \text{ Pa/atm} * 1033,227 \text{ cm}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{atm}$)³ corrispondenti a circa 1,39 mL nel caso della pipetta da noi utilizzata. Il che significa che l'acqua continua a fuoriuscire finché non si raggiunge un nuovo equilibrio pressorio con il nuovo valore della pressione atmosferica. Con la variazione di volume così ottenuta varia anche la solubilità della CO₂ nella beuta A e il delicato equilibrio dinamico tra CO₂ in fase liquida (soluzione satura!) e CO₂ in fase gassosa si sposta a favore di quest'ultima facendo aumentare la quantità di gas presente nella beuta A medesima. Questa nuova quantità di CO₂ gassosa espandendosi alla temperatura vigente (20/21°C) genera una ulteriore spinta e un ulteriore versamento di acqua dalla beuta B. Infatti se l'equilibrio liquido/gassoso della CO₂ non venisse alterato e la quantità di CO₂ libera presente nella beuta A rimanesse costante il versamento aggiuntivo d'acqua si completerebbe non appena si versano i 3,059 cm di colonna d'acqua dalla pipetta della beuta B. Ma a causa dell'ulteriore gassificazione il fenomeno continua a più riprese. In tutte le nostre prove non è stato possibile mantenere stabili temperatura e pressione contemporaneamente durante le misurazioni. Per quanto riguarda la temperatura si è riusciti a ridurre significativamente la sua variazione collocando l'apparecchiatura sperimentale con le due beute all'interno di una camera di crescita termostata (in

3 confrontata con: [3]

nostra dotazione) che isolava il nostro sistema dagli sbalzi termici esterni (vedi foto 4). Per quanto riguarda la pressione atmosferica abbiamo preso in considerazione le misurazioni fatte in condizioni bariche simili. Alcune misurazioni sono state ripetute diverse volte. Ciò nonostante le misurazioni effettuate erano sempre affette da inevitabili piccole differenze a parità di tipologia di prova. Buona parte di tali differenze vengono però compensate dalla media dei valori registrati. Sarebbe opportuno ripetere le misurazioni avendo a disposizione un ambiente controllato anche per quanto riguarda la pressione, cosa pressoché impossibile per un laboratorio scolastico. Comunque avendo a disposizione una stazioncina meteo o un semplice barometro da parete (come nel nostro caso) si può aspettare di fare le prove ogni volta che si ripresentano più o meno identiche le condizioni climatiche. Le considerazioni fatte in merito alla variazione della pressione atmosferica durante le misurazioni e i riscontri oggettivi delle prove preliminari ci hanno orientato a stabilire tempi di esecuzione delle prove finali relativamente brevi, così come riportato in tabella 1.



Foto 4 - Camera di crescita utilizzata come ambiente isolato termicamente dove far avvenire le misure di solubilità.

Calcolo del volume molare

Per tutte le prove si è impiegata una quantità di acido cloridrico pari a circa 2 mL (2,1 per la precisione) che rappresenta il volume realmente iniet-

tato nella beuta A. In pratica si prelevavano ogni volta 3 ml di acido con la siringa dei quali però soltanto 2,1 mL andavano a finire nella beuta mentre la rimanente parte restava adesa dentro il tubicino di plastica. Da un semplice calcolo si può verificare che la quantità era più che sufficiente a far reagire gli 0,5 grammi di carbonato aggiunto (vedi tabella di seguito riportata).

Tabella 2 – Calcolo mL di acido necessari per 0,500 grammi di carbonato

| g CaCO ₃ | PM CaCO ₃ | moli CaCO ₃ | moli HCl (2xmoli CaCO ₃) | PM acido | g HCl | densità acido | conc. HCl | g di HCl/mL | mL HCl da utilizzare | mL HCl in eccesso | moli HCl in eccesso |
|---------------------|----------------------|------------------------|---|----------|-------|---------------|-----------|-------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| 0,500 | 100,1 | 4,996x10 ⁻³ | 9,99x10 ⁻³ | 36,46 | 0,364 | 1,116 | 0,37 | 0,439 | 0,130 | 1,27 | 1,58x10 ⁻² |

Al fine di verificare il volume molare è stato realizzato il seguente protocollo.

FASE 1

Inizialmente è stato misurato, a pressione di 1013 mb, il volume d'acqua spostato dalla beuta B come semplice conseguenza dell'immissione dell'acido cloridrico nella beuta A. L'immissione dell'acido provoca una variazione di volume a causa della gassificazione dello stesso⁴. Tale volume ammontava a circa 7,8 mL come è stato possibile misurare direttamente sulla scala graduata della pipetta. La variazione di volume così misurato va considerata per correggere eventualmente il volume ottenuto con la misurazione della fase successiva.

FASE 2

Avendo operato alla temperatura di 20 °C e alla pressione di 1013 mb (giornata con condizioni ambientali standard!) il volume di CO₂ atteso era il seguente:

Tabella 3 – Calcolo del volume di gas CO₂ sviluppato

| P (atm.) | V (L) | n (moli) | R (L atm/K mol) | T (K) |
|----------|-------|------------------------|-----------------|-------|
| 1,00 | 0,120 | 4,996x10 ⁻³ | 0,0821 | 293 |

Si pesano quindi 0,5 g di carbonato di calcio e si pongono nella beuta A. Con una pipetta si lascia cadere qualche goccia d'acqua (poche) per far sciogliere il sale di calcio al fine di una migliore e rapida miscelazione con l'acido che viene aggiunto successivamente.

4. In effetti l'acido cloridrico ha una elevata tensione di vapore (190 hPa a 20 °C. Confronta con: [1]) pertanto genera una certa pressione di espansione quando liberato in un recipiente più grande.

Con la siringa si prelevano 3 mL di acido cloridrico dalla buretta e si versano nella beuta A dopo essersi assicurati della perfetta chiusura dei tappi di entrambe le beute ⁵. Ecco i dati ottenuti, riportati nella seguente tabella:

Tabella 4

| Data | Temperatura °C | Pressione atmosferica (mb) | mL Acqua versata | mL Altezza acqua pipetta | mL Acqua residua | Totale mL acqua |
|------------|----------------|----------------------------|------------------|--------------------------|------------------|-----------------|
| 06/02/2018 | 20 | 1013 | 113,5 | 8,1 | ≈ 1,5 | 123 |

I millilitri versati nella bacinella furono 113,5 e il volume della pipetta rimasto colmo d'acqua era in totale 8,1 mL (il livello dell'acqua nella beuta B si era abbassato). Nella bacinella e sulla beuta rimanevano però numerose gocce d'acqua adese. Si è stimato che il loro volume complessivo fosse di circa 1,5 mL. Quindi complessivamente il volume d'acqua spostato ammontava a 123 mL.

La differenza registrata rispetto al valore teorico atteso è da ricercare nell'espansione per gassificazione dell'acido iniettato nella beuta A. Va preso in considerazione il fatto che anche il valore teorico atteso va rivisto perché la pressione atmosferica esterna non è uguale a quella all'interno della beuta A. Infatti si deve aggiungere al valore pressorio esterno quello della colonna d'acqua della pipetta della beuta B. Poiché la variazione di volume misurata in quest'ultima è stata di 8,1 mL che corrispondono a: $8,1 \text{ mL} / 1,39 \text{ mL} / 3,059 \text{ cm} = 17,826 \text{ cm}^6$ di colonna d'acqua si ha che la pressione aggiuntiva di questa colonna d'acqua ammonta a 17,48 mb⁷. Quindi la pressione reale alla quale avviene l'equilibrio sarà: $1013 \text{ mb} + 17,48 \text{ mb} = 1030,47 \text{ mb}$. In queste condizioni il volume teorico diventa:

Tabella 5 – Calcolo del volume di gas CO₂ sviluppato (a pressione reale)

| P (atm) | V (L) | n (moli) | R (L atm/K mol) | T (K) |
|---------|-------|------------------------|-----------------|-------|
| 1,017 | 0,118 | $4,996 \times 10^{-3}$ | 0,0821 | 293 |

Si tratta quindi di circa 5 mL (123 mL - 118 mL) di acqua spostata in più rispetto al valore teorico. Quindi i 7,8 mL di acqua spostata dalla semplice gassificazione dell'acido misurati nella prova senza carbonato si sono ridotti a circa tre.

5. Prima di iniettare l'acido, sulla pipetta della beuta B è bene avvicinare un becher capovolto al fine di non far schizzare l'acqua fuori dalla bacinella per evitare perdite difficilmente recuperabili.

6. Confronta con quanto specificato al paragrafo "Variabili operative".

7. $1013_{(\text{mb/atm})} / 1033,227_{(\text{cm/atm})} * 17,826 \text{ cm} = 17,48 \text{ mb}$

Il motivo di questa riduzione può essere ricercato in differenti cause: errori accidentali non individuati, disomogeneità della reazione per presenza di grumi di carbonato di calcio che non fanno procedere la reazione con velocità uniforme⁸, consumo immediato dell'acido dalla reazione con il carbonato con conseguente diminuzione di tensione di vapore.

Tuttavia ritenendo di poter escludere perdite di gas per sfiato dai tappi o dal tubicino e vista la significativa precisione delle quantità d'acido prelevate dalla buretta è ragionevole ipotizzare che la variazione residua di volume dovuta alla gassificazione dell'acido, tenuto conto dell'abbassamento di tensione di vapore come risultato del consumo immediato dell'acido stesso durante la reazione, sia individuabile in quei circa 3 mL di differenza (in eccesso) che distanziano il nostro risultato da quello teorico (120 mL).

Misura della solubilità ⁹

Lo schema operativo presentato in tabella 1 ha richiesto numerose prove per essere individuato e adottato. Infatti escludendo la prima prova volta ad accertare soltanto il volume molare e che quindi non prevedeva l'aggiunta di acqua nella beuta A, tutte le altre prove richiedevano tempi di attesa variabili e piuttosto lunghi affinché si raggiungesse l'equilibrio pressorio. In particolare le prove con 40 e 60 mL di acqua richiedevano tempi molto lunghi, anche più di quattro ore di attesa ciascuna, per poter apprezzare l'avvenuto equilibrio. Però il variare dei volumi d'acqua raccolti a parità di tempo impiegato e di tipologia di prova ci ha fatto riflettere sull'influenza esercitata dai valori cangianti della pressione durante le prove stesse. La prova con 20 mL ad esempio richiedeva solo circa 1,5 ore per raggiungere l'equilibrio a differenza delle altre due che davano risultati cangianti da una misurazione all'altra. Sembrava intanto che la quantità di acqua presente nella beuta A influisse sui tempi necessari a raggiungere l'equilibrio. Però ripetendo una medesima prova per lo stesso tempo si ottenevano volumi d'acqua a volte significativamente differenti. E' evidente che per raggiungere l'equilibrio pressorio è necessario che la reazione tra acido cloridrico e carbonato di calcio presente in soluzione sia completata ed è altrettanto evidente che la velocità di questa reazione dipende dalla concentrazione dei reagenti. Quindi più acqua c'è minore è la concentrazione e minore sarà la velocità di reazione.

8. Ciò provoca cali di pressione interna con abbassamento del livello d'acqua nella pipetta o rallentamento della risalita della stessa. Con la ripresa della reazione si ha poi un nuovo guadagno pressorio con emissione di ulteriore acqua. Ma questo procedere altera la misura degli effettivi ml d'acqua spostati.

9. Va precisato che esistono altri metodi alternativi e di certo anche più sbrigativi per determinare la solubilità dei gas in acqua (confronta con [4]). Tuttavia abbiamo ritenuto che fosse comunque interessante proporre un percorso alternativo diverso dai soliti.