

Evaporazione ed ebollizione: come i corsisti SSIS comprendono i fenomeni

RAFFAELE PENTIMALLI (*)

Riassunto

Questo lavoro ha lo scopo di indagare la comprensione di semplici ma fondamentali concetti scientifici come evaporazione ed ebollizione da parte di docenti in formazione. Ne emergono carenze significative che portano a riflessioni sulla preparazione disciplinare e sulle presunzioni di comprensione da parte degli stessi docenti.

Abstract

This study explores student teachers understanding of evaporation and boiling. The Lack of understanding by Science student teachers of some very basic science is significant and implications include the subject knowledge requirements for initial teachers training and the need for a more critical perspective on the understanding that teachers think to have.

Introduzione

I fenomeni della evaporazione ed ebollizione sono stati argomento di indagine circa la loro comprensione da parte di allievi delle prime fasce di età scolari (1) e anche per studenti di scuola secondaria (2) evidenziando come la loro piena acquisizione non sia soddisfacente. Eppure la relativa semplicità dei fenomeni fa sì che questi vengano dati per acquisiti nei livelli scolari successivi e non ci si "attardi" su questi concetti soprattutto a partire dalle scuole superiori. Il risultato è che gli studenti si portano dietro una serie di misconcezioni gravissime: i due fenomeni sono spesso confusi e trattati come se in realtà coincidessero. Ci si dovrebbe aspettare che i futuri docenti debbano avere una buona familiarità con questi processi e una comprensione qualitativamente completa dei modelli che sottostanno alla spiegazione scientifica dei fenomeni. Non dovrebbero cioè avere problemi a spiegare l'evaporazione di un liquido puro in qualunque condizione di temperatura, così come dovrebbero sapere interpretare adeguatamente il fenomeno di ebollizione di un liquido in diverse condizioni di pressione.

Questo studio si è prefisso lo scopo di indagare questa ipotesi presso studenti delle SSIS, futuri docenti di scienze nella scuola secondaria di primo e secondo grado, prendendo le mosse da una serie di analoghe ricerche condotte su docenti in formazione (4,5,7) che hanno ampiamente dimostrato che, non sempre, la capacità di spiegare in termini corretti fenomeni chimici e fisici semplici, alla luce

di teorie scientifiche elementari come quella cinetico-molecolare, si possa considerare acquisita.

Il campione

L'indagine è stata svolta nel I semestre degli anni accademici 2003/2004 e 2004/2005 nei corsi di Didattica della Chimica e Laboratorio di Didattica della Chimica. Sono stati sottoposti ad indagine 70 futuri docenti frequentanti le SSIS di Aosta e Pavia, le cui lauree coprivano quasi l'intero panorama di quelle che danno accesso alle classi 059-060, con prevalenza di quelle in Scienze Biologiche (35%) e Scienze naturali (28%) seguite da Scienze Geologiche, Biotecnologie, Agraria, Scienze Forestali, Chimica, Matematica, Scienze Ambientali.

Il campione è risultato così costituito per Ateneo e classe di concorso

Ateneo	Classe 059	Classe 060
Aosta	7 (2004/2005)	—
Pavia	—	21 (2003/2004)
Pavia	19 (2004/2005)	23 (2004/2005)

La metodologia

Sono stati utilizzati sei brevi filmati e un questionario già utilizzati nei precedenti studi e prodotti dall'University of Manchester (5,7), gentilmente forniti per lo scopo di questa ricerca.

Le sequenze video riguardano:

- 1) Evaporazione da un contenitore aperto : in due contenitori sono posti uguali volumi di acqua ed esano che vengono sistemati sotto cappa e lasciati evaporare spontaneamente per circa 3 ore. Alla fine l'esano è praticamente scomparso, l'acqua risulta diminuita di circa un quinto del volume.
- 2) Evaporazione forzata : viene fatta passare aria compressa attraverso un volume di 10 cm³ di esano contenuti in un becker che è stato posato su di un pezzo di legno bagnato; alla fine l'esano è evaporato e il becker risulta essersi "incollato" al legno a causa del congelamento dell'acqua interposta
- 3) Acqua che bolle: un campione di acqua viene fatto bollire in vaso aperto e si mettono in evidenza i fenomeni che accadono
- 4) Si riduce la pressione su un campione di acqua in contenitore chiuso a temperatura ambiente: un campione di acqua è posto in un pallone collegato ad una pompa aspirante che produce un vuoto spinto
- 5) Acqua nella siringa : si preleva con una siringa una piccola quantità di acqua a circa 40°C ; si chiude ermeticamente con plastilina la bocca della siringa e si muove il pistone verso l'alto e verso il basso osservando cosa accade

6) Apertura di lattine di cola : due lattine di cola sono lasciate indisturbate a T ambiente; poi vengono aperte con cautela, una dopo essere stata agitata e l'altra senza aver subito alcuno scuotimento. La prima produce abbondante schiuma la seconda no.

Dopo avere visionato ciascuna sequenza video i partecipanti allo studio hanno completato un breve questionario composto da alcune domande che richiedono di spiegare

i fenomeni osservati. Le domande sono riportate con le percentuali di risposte considerate corrette nella tabella 2; tali risposte sono state considerate corrette in quanto "scientificamente valide" in accordo con modelli consolidati di interpretazione dei fenomeni.

Risultati

La tabella 2 mostra la percentuale di risposte corrette in questo studio rispetto a quelle rilevate nello studio del 2003 (7)

Domanda	Risposta corretta	Questo studio % risposte corrette	Goodwin 2003 % risposte corrette
Evaporazione da contenitore aperto			
1.1 Dove sono andati i liquidi	Sono evaporati Sono passati nell'aria	86	100
1.2 Spiegate perché l'esano è evaporato più dell'acqua	L'esano: è più volatile; ha maggior tensione di vapore; ha una temperatura di ebollizione più bassa	46	92
1.3 a Quali molecole sono più grandi	Esano	76	94
1.3 b Quale liquido dovrebbe evaporare maggiormente	Acqua	47	58
1.4 Come varia la temperatura di un liquido mentre evapora	Diminuisce	24	31
Evaporazione forzata			
2.1 Quale effetto hanno le bolle d'aria che passano sull'evaporazione dell'esano	Aumentano la velocità di evaporazione	44	75
2.2 L'esano sta bollendo	No	71	73
2.3 Perché l'acqua sul legno gela	L'evaporazione abbassa la temperatura sotto il punto di congelamento	60	73
2.4 Da cosa deriva la condensa esterna le becker	Condensazione di umidità presente nell'aria	31	87
2.5 Ci sarebbe ugualmente anche in assenza di acqua sul legno	Si	36	92
Acqua che bolle			
3.1 Disegnate un grafico che illustri la variazione della temperatura durante l'esperimento	Andamento crescente con plateau a 100°C, senza prosecuzione in salita oltre tale T	66	92
3.2 A cosa pensate siano dovute le piccole bolle che si vedono all'inizio	A gas disciolti nell'acqua (aria e simili)	30	60
3.3 A che cosa sono dovute le grandi bolle che si osservano durante l'ebollizione	Vapore acqueo	43	50
3.4 Da cosa deriva la condensa che si osserva sul becker all'inizio	Umidità dovuta alla combustione del gas usato per riscaldare	27	79
3.5 Da dove traggono origine le bolle che si formano sui lati del becker	Imperfezioni del vetro che fungono da centri di enucleazione per il vapore	7	37
Ebollizione a pressione ridotta			
4.1 a L'acqua è calda	No	83	92
4.1 b L'acqua sta bollendo	Si	53	73
4.2 A che cosa sono dovute le grandi bolle che si osservano	Vapore acqueo	33	45
4.3 Come varia la temperatura del liquido	Diminuisce all'avanzare dell'ebollizione	24	31
Acqua nella siringa			
5.1 Il fenomeno sarebbe lo stesso se fosse rimasta aria nella siringa	Si	31	38
5.2 Che variazioni di temperatura dell'acqua ci si aspetta mentre la siringa sale/scende	Raffreddamento mentre sale e riscaldamento mentre scende	21	29
Apertura di lattine di cola			
6.1 Quale gas è coinvolto nel fenomeno	Biossido di carbonio	100	100
6.2 a La pressione è la stessa prima dello scuotimento	Si	86	100

6.2 b La pressione è la stessa dopo lo scuotimento	Si; vi è una piccola variazione di Temperatura per lo scuotimento ma non intacca apprezzabilmente la pressione	16	18
6.3 Perché l'agitazione induce una così grande variazione nel comportamento all'apertura	L'agitazione distribuisce piccole bolle di gas nel liquido che agiscono come nuclei di aggregazione che, all'apertura, innescano la forte fuoriuscita del gas	11	8
6.4 La bibita che fuoriesce sta bollendo	Si	9	4

Alcune risposte "corrette" necessitano di un qualche approfondimento. La risposta 1.4 merita attenzione perché gli intervistati sembrano non riconoscere la endotermicità del fenomeno "evaporazione" mentre una maggior percentuale riconosce questo fatto per l'evaporazione forzata alla domanda 2.3. Probabilmente l'evidenza dell'acqua che gela li ha fatti riflettere maggiormente sugli effetti termici della evaporazione. L'argomento ritorna, sotto altra forma, a proposito della ebollizione sotto vuoto nelle domande 4.3 e 5.2 dove le risposte corrette sono molto basse (24 e 21 % rispettivamente) riprendendo il trend poco soddisfacente della 1.4; sono anche sostanzialmente gli stessi che danno la risposta corretta. Le domande relative alla formazione di condensa sul contenitore danno parimenti risultati diversificati: la 2.4 presenta 17% di risposte corrette e la 3.4 il 27. Solo in alcuni casi le risposte corrette sono dovute agli stessi intervistati. Sembra che nei due casi i fenomeni siano visti da punti di vista diversi.

Una percentuale non soddisfacente di risposte corrette ricevono la domanda 1.2, 1.3 b, 2.1, 3.2, 3.3 che dimostrano conoscenze molto approssimative dei fenomeni da parte della maggioranza degli intervistati, ponendosi a valori molto più bassi di risposte corrette rispetto allo studio di Goodwin.

Un commento a parte meritano le risposte alle domande 6.2 b, 6.3, 6.4. Infatti in questo caso siamo nel campo di una sottile conoscenza dei fenomeni. Lo scuotimento della lattina prima dell'apertura porta ad una fuoriuscita esplosiva di gas e bibita che convince molti del fatto che la pressione debba essere aumentata se non altro a causa del trasferimento di energia che l'agitazione produce; questa induce un aumento di temperatura che si ripercuote sulla pressione. In effetti il trasferimento di energia è minimo rispetto a quella che sarebbe necessaria per giustificare l'aumento di temperatura e quindi pressione; pertanto la risposta giusta deve trovare spiegazione nella differente velocità con la quale il fenomeno avviene. Le piccole bollicine di gas distribuite nella soluzione agiscono come nuclei di addensazione per formare bolle di maggiore dimensione che producono il fenomeno osservato (3).

Ancora più controversa la risposta alla domanda 6.4 per la quale è data come corretta la soluzione che spiega il fenomeno in termini di ebollizione della cola. Al riguardo il dibattito è aperto e si rimanda alla letteratura (6). Le premesse di tale dibattito sono che la CO_2 debba considerarsi parte integrante della soluzione e che il fenomeno non si riduca al semplice rilascio di gas da parte della soluzione ma che si tratti di una vera e propria ebollizione di una soluzione costituita da diversi componenti, uno dei quali è l'anidride carbonica, e che quindi a questo sistema vadano applicate le regole di Raoult sulla ebollizione di soluzioni. In breve:

1) Nella lattina sigillata a temperatura ambiente: il sistema è all'equilibrio, la soluzione è al suo punto di ebollizione alla pressione del gas che è contenuto nelle bollicine (acqua e anidride carbonica)

2) La lattina viene aperta: la pressione sulla superficie della soluzione si riduce drasticamente cosicché la soluzione viene a trovarsi al di sopra del suo punto di ebollizione

3) Allora: la soluzione bolle fino a quando la concentrazione dell'anidride carbonica disciolta non scende a quella che definisce il punto di ebollizione a temperatura e pressione ambiente

4) Infine: continua l'evaporazione di anidride carbonica e acqua fino a quando le pressioni parziali dei due gas non uguagliano quelle esistenti nell'atmosfera esterna

Alcune considerazioni conclusive

Appare in qualche modo preoccupante, anche in relazione ai risultati dello studio originale citato, la bassa percentuale di risposte corrette ad alcune domande. Si conferma l'ipotesi di partenza che ha mosso l'Autore a svolgere lo studio: si tratta di fenomeni che troppo spesso vengono considerati minori, acquisiti per definizione quando si arriva agli studi superiori, per non parlare di quelli universitari, e pertanto non meritevoli di alcun approfondimento. I risultati, purtroppo, dicono che il gap di conoscenze è grave, particolarmente se consideriamo la futura professione di coloro che hanno risposto: insegnanti, coloro che dovrebbero chiarire questi concetti ai futuri allievi. Quali risultati ci possiamo aspettare? Se le cose stanno così sulle cose "banali" come staranno su quelle importanti? La preoccupazione cresce. Soprattutto se si considera come molti libri di testo affrontano l'argomento: esperienze standard, spesso descritte, definizioni, schemi da mandare a memoria sui passaggi di stato, senza alcuna riflessione su quello che accade e nessuna interpretazione particellare del fenomeno che coniughi aspetti strutturali ed energetici.

Se a tutto questo si aggiunge la crescente "tosatura" alla quale le ore di insegnamento dedicate alle discipline scientifiche stanno per andare incontro, la tentazione di far confluire nello stesso insegnamento (vedi scuola secondaria di primo grado) scienza e tecnologia, dove l'informatica la farà da padrona, credo ci sia veramente da preoccuparsi per il futuro della conoscenza scientifica sempre più patrimonio di una ristretta élite. E gli obiettivi della UE fissati a Lisbona circa l'aumento della percentuale di giovani che scelgano carriere nel settore scientifico e tecnologico? Su quali basi di conoscenze consolidate pogeranno?

Bibliografia

- 1) R.J. Osborne, M.M. Cosgrove, *Journal of Research in Science Teaching* 1983, **20**, 825-838
- 2) A. Borsese, R. Pentimalli, *Nuova Secondaria* 1985, **VII** (3), 80 - 86
- 3) D.W. Deamer, B.K. Selinger, *Journal of Chemical Education*, 1988, **65**, 518
- 4) A.J. Goodwin, *School Science Review* 1995, **76**, 100-109
- 5) A.J. Goodwin, Y. Orlik, *Revista de Education en Ciencias*, 2000, **1**, 118-123
- 6) A.J. Goodwin, *Journal of Chemical Education*, 2001 **78**, 385-387
- 7) A.J. Goodwin, *School Science Review*, 2003, **84**, 131-141