

SIMULAZIONE SEMISERIA DI UN INCENERITORE PER RIFIUTI

Riassunto

In laboratorio è possibile costruire un rudimentale "inceneritore" per rifiuti: con questo si possono evidenziare sia alcuni aspetti energetici riguardanti le reazioni chimiche, sia sensibilizzare i ragazzi sui metodi di smaltimento dei rifiuti, facendoli anche divertire. Questa esperienza è stata utilizzata anche come Area di Progetto per le classi seconde di un ITI.

Abstract

In the chemical laboratory it is possible to build up a waste material incinerator so that some aspects about energy in chemical reactions can be underlined and our students become aware of different methods to dispose waste material. This experiment has also been used as interdisciplinary work in the second forms of a technical institute.

Introduzione

Tutti coloro che insegnano chimica in un biennio ITI, in cui non ci siano specializzazioni ad indirizzo chimico o fisico, conoscono le difficoltà che si incontrano a motivare i ragazzi nello studio di una disciplina che, non "continuando", nominalmente, nel triennio, non influenza il voto finale dell'Esame di Stato. Un altro problema è quello legato alla necessità di far comprendere ai ragazzi che il rispetto delle normative di sicurezza dovrebbe essere adottato anche al di fuori dei laboratori. È per questo che abbiamo messo a punto questa semplice esperienza di laboratorio che permette ai ragazzi di confrontarsi con numerosi concetti legati agli aspetti energetici delle reazioni chimiche, divertendosi allo stesso tempo.

Un altro aspetto interessante di questo lavoro è che ha permesso di affrontare in maniera interdisciplinare gli aspetti collegati allo smaltimento,

ANTONELLA CASARINI (*)
MARIA GRAZIA CAZZATO (*)
MARINA CONTI (*)
SANDRA ESPOSITO (*)

recupero e riutilizzo dei rifiuti solidi urbani: infatti in alcune classi è stata svolta un'Area di Progetto che ha coinvolto anche insegnanti di altre materie (fisica, italiano, diritto ed economia, tecnologia), che hanno affrontato questo tema, impostandolo secondo le competenze specifiche della propria disciplina.

Parte sperimentale

Materiali occorrenti per ogni gruppo:

- Ø due contenitori in banda stagnata (le lattine per "pomodori pelati" vanno benissimo, purché vengano rimossi i bordi taglienti che rimangono dopo lo svuotamento)
- Ø un becher di pirex da 500 mL, in grado di contenere le lattine sopraindicate
- Ø un contenitore in polistirolo in cui si possa inserire il becher (ad esempio gli imballaggi per i bottiglioni di solvente da 2,5 litri)
- Ø un cilindro graduato da 500 mL
- Ø un termometro (la cui sensibilità deve essere almeno di 0,5°C)
- Ø una bilancia tecnica
- Ø una cappa aspirante
- Ø una scatoletta di fiammiferi (possibilmente quelli lunghi per caminetto)
- Ø una pinza di legno
- Ø i seguenti materiali da bruciare, in pezzatura fine o tagliati in strisce sottili: carta, legno, contenitori per liquidi in cartone (brick), tessuto di vario tipo (possibilmente cotone, ma non jeans), legno, polietilene (PE), polistirene (PS), polipropilene (PP).

Si procede in questo modo:

□ si pesa uno dei contenitori metallici vuoto e asciutto (m_1) e vi si inserisce tanto materiale da bruciare sino ad occupare meno della metà della lattina, senza comprimerlo; si determina

la massa della lattina piena (m_{1p})

□ nel becher si introduce un volume di acqua (V_{acqua} ; va benissimo quella corrente), misurato con il cilindro graduato; si inserisce il becher nel contenitore di polistirolo e la lattina nel becher (tenendola immersa con un morsetto ed un sostegno) e si misura la temperatura dell'acqua fino a che non rimane stabile (t_1).

□ si posiziona il tutto sotto la cappa aspirante (nel caso del polistirene) o su un banco munito di aspiratori (per gli altri materiali) e si accende il materiale all'interno con il fiammifero (cercando di rimuoverlo non appena il materiale ha preso fuoco): in alternativa si può accendere una striscia di materiale esternamente al sistema e poi si butta all'interno del contenitore metallico. Il mantenimento della fiamma accesa è di fatto la parte più problematica dell'esperienza.

□ ogni gruppo deve registrare le osservazioni durante tutte le fasi dell'esperienza (difficoltà nell'accensione, velocità della combustione, aspetto dei fumi, colore della lattina alla fine, ecc..)

□ quando la fiamma si spegne e non si riesce più a riaccendere nemmeno con altri fiammiferi (l'uniformazione dei criteri è un aspetto importante) si misura la temperatura dell'acqua, sino a quando non raggiunge il valore massimo t_2 .

□ si estrae la lattina dall'acqua, si asciuga all'esterno e si misura la massa finale (m_{2p})

Alcuni consigli per ottimizzare i tempi:

◆ i materiali vengono portati dai ragazzi (di solito deve essere fatta una breve distinzione tra le sigle presenti sugli imballaggi) almeno due settimane prima dell'esperienza: noi li abbiamo fatti tagliare in strisce sottili sfruttando i tempi morti durante le precedenti lezioni in laboratorio, suddividendoli per materiali:

◆ il miglior legno da utilizzare è quello delle cassette per la frutta (i pezzetti di ramo raccolti nei giardini fanno

molta fatica a mantenere la fiamma);
 ♦ la seconda lattina si può pesare da vuota, riempire con un altro materiale e pesare da piena mentre procede la prima combustione. Ogni lattina, lavata e asciugata, può essere riutilizzata;
 ♦ per essere sicuri che ciascun gruppo raccolga tutti i dati necessari sarebbe bene costruire una tabella in bianco, affinché sia possibile controllare se tutti i dati sono stati raccolti correttamente;

ragazzi nel corso della stesura della relazione sull'area di progetto: lo schema dell'apparecchiatura è indicato in figura 1.

Elaborazione dei dati

Le misure fatte con questa esperienza possono essere elaborate in modi differenti, a seconda degli obiettivi che si vogliono raggiungere. In genere per le classi seconde può essere più proficuo far bruciare ad

bilità di metodi di cura, sondaggi elettorali che davano risultati completamente differenti da quelli ottenuti dopo lo spoglio, analisi e controanalisi in casi di doping, ecc..) portando ad una maggiore riflessione sul significato della trattazione statistica di dati. Nel corso di questo anno scolastico abbiamo esteso questa esperienza anche ai ragazzi del quarto anno del corso Liceo Scientifico Tecnologico: ogni gruppo ha analizzato un diverso

Tabella	$m_v \pm \text{errore}$	$m_{1p} \pm \text{errore}$	$m_{2p} \pm \text{errore}$	$t_1 \pm \text{errore}$	$t_2 \pm \text{errore}$	$V_{\text{acqua}} \pm \text{errore}$	controllo: $m_{1p} > m_{2p} > m_v$	controllo: $t_2 > t_1$
carta								
PS								
PE								
.....								

♦ se i gruppi si possono alternare tra cappa aspirante e banchi, durante le due ore abbiamo visto che 6 gruppi riescono a bruciare ciascuno almeno 2 materiali e, se sono ben sincronizzati, anche 4. Ad esempio: se la carta e uno dei materiali plastici devono essere analizzati da tutti, successivamente si può procedere con gli altri materiali. In ogni caso, anche se i posti disponibili fossero pochi, l'esperienza è sicuramente più educativa se viene condotta dai ragazzi in prima persona, e non in modo dimostrativo dall'insegnante: quest'ultimo può però girare tra i banchi e stimolare le osservazioni e le riflessioni sulle caratteristiche della combustione;

♦ si può conservare, ovviamente dopo la pesata finale, una lattina utilizzata per bruciare il polistirene: su questa si può far avvenire la combustione mentre la si riscalda con il bunsen: si faranno numerose osservazioni sia sulla velocità di accensione, sia sui residui nerastri attaccati alla lattina, che facilmente, per effetto dell'alta temperatura, bruceranno sino alla scomparsa del colore;

♦ l'esperienza, con ogni materiale, può essere ripetuta facendo bruciare il materiale e utilizzando i fumi per riscaldare l'acqua contenuta in una lattina: in questo modo ogni gruppo ha analizzato un solo materiale, ma, sommando il calore ottenuto con questa prova (riferito ad un kg di materiale) con quello ottenuto dalla prova precedente, ha ottenuto valori più vicini a quelli riportati in letteratura [1,2]. Il dispositivo per condurre questa esperienza è stato suggerito dagli stessi

ogni gruppo più di un materiale, affinché ciascuno possa fare un confronto tra tutti i materiali considerati. In tal caso gli studenti devono avere ben chiari i concetti basilari di propagazione degli errori (calcolo degli errori assoluti e relativi o percentuali). In alcuni casi gli insegnanti di fisica hanno utilizzato questa esperienza come spunto per confrontare i risultati ottenuti con lo stesso materiale: l'elevata (in alcuni casi) dispersione dei risultati ha permesso di affrontare meglio il concetto di uniformazione dei metodi di misura, individuando quali fossero le operazioni, fatte in modo diverso (magari inconsapevolmente) dai vari gruppi, che potevano influire sulla misura finale. In questo modo si è visto come un metodo di misura, se non perfettamente ripro-

dotto da gruppi diversi (esempio sul numero di fiammiferi utilizzati, o sulla dimensione dei pezzi da bruciare, o sulla compressione dello stesso materiale nella lattina, ecc..) portasse a misure molto diverse tra loro. Queste osservazioni sono state messe in relazione con fatti di cronaca avvenuti nello stesso periodo (attendi-

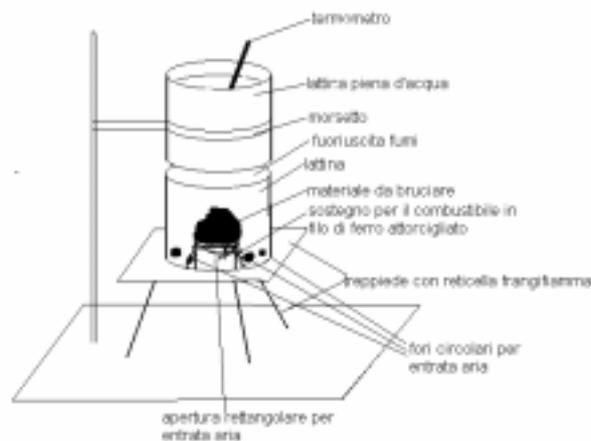


Figura 1: dispositivo per misurare il calore trasmesso dai fumi all'acqua

Le grandezze che sono state ricavate con questa esperienza sono:

a) calore assorbito dall'acqua per unità di massa (di combustibile consumato) = Q_a/m_c

Si ammette che tutto il calore sviluppato durante la combustione vada a riscaldare l'acqua contenuta nel becher o nella lattina sovrastante la combustione. Inoltre, per ovviare al fatto che i materiali si consumano in modo diverso, si presuppone che gli unici prodotti della combustione siano gassosi e che, quindi, i residui solidi corrispondano a materiale che non ha bruciato, cioè che non ha fornito calore: questo non è sempre vero, soprattutto nel caso del polistirene, ma non modifica sostanzialmente il senso dei risultati ottenuti. Il calcolo, esprimendo ogni grandezza con unità SI, risulta:

$$\frac{Q_a}{m_c} = \frac{V_a \times d_{acqua} (t_2 - t_1) \times 4186}{(m_{1p} - m_{2p})}$$

I risultati vengono così espressi in J/kg e per ognuno deve essere calcolato l'errore assoluto: si vedrà che la grandezza che più influenza l'errore è la temperatura, da qui la necessità di utilizzare dei termometri che non abbiano sensibilità inferiore a 0,5°C.

I risultati ottenuti sono indicati in Tabella 1.

a) percentuale di consumo del materiale durante la combustione = % consumo

$$\% \text{ consumo} = \frac{(m_{1p} - m_{2p})}{(m_{1p} - m_r)} \times 100$$

Questa grandezza, che non ha particolare interesse per gli aspetti energetici, può fornire molte informazioni sulle difficoltà che si possono oggettivamente incontrare, anche in un inceneritore per RSU, con questi materiali. Ovviamente questa grandezza tenderà a zero per quei materiali che bruciano male, mentre per quelli che si consumano quasi completamente tenderà al 100%. Generalmente il calcolo dell'errore per questa grandezza non evidenzia problemi particolari. Anche questi risultati sono indicati in Tabella 1.

In tabella 1 sono indicati i valori di Calore prodotto/massa consumata, ottenuti complessivamente nei vari anni: l'intervallo di confidenza indicato è quello che tiene conto degli

scostamenti tra le varie misure: infatti nel corso dei vari anni non abbiamo utilizzato sempre gli stessi materiali, quindi per alcuni abbiamo a disposizione parecchi risultati, per altri meno. Un anno, poi abbiamo deciso di analizzare insieme i materiali PS e PE, pur sapendo che si trattava di materiali differenti. Nelle stesse condizioni è stata misurata la % di combustione, che però abbiamo visto risentire moltissimo dell'abilità dei singoli operatori nel condurre la combustione. Per alcuni materiali, inoltre, sono state fatte le misure di Calore prodotto misurando anche quello ceduto dai fumi.

Sono state raccolte inoltre una serie di osservazioni molto interessanti: \checkmark si deve impedire la compressione del materiale mentre brucia, e disperdendo i fumi la combustione procede meglio.

\checkmark la carta brucia molto più rapidamente del legno e comunque deve sempre essere ben arieggiata

\checkmark la plastica brucia inizialmente rapidamente, poi, una volta fusa, forma un blocco unico sul fondo della lattina: la combustione riprende solo se questo blocco viene disposto, con l'aiuto di una bacchetta di vetro, verticalmente. Alla fine dei conti comunque brucia pochissimo materiale rispetto, ad esempio, alla carta.

\checkmark il polistirene bruciando forma del fumo nero, la carta e la legna del fumo grigio, nel caso della legna anche molto irritante per gli occhi, e il polietilene produce un fumo pressoché trasparente.

\checkmark la fiamma di carta e legno è colorata di giallo-arancio

\checkmark i residui della plastica bruciano molto meglio se la lattina viene messa sopra un bunsen acceso

Tutti i risultati sperimentali hanno permesso una serie di considerazioni, fatte **insieme ai ragazzi**:

A) i valori di calore ottenuti sono molto più bassi dei corrispondenti valori di potere calorifico inferiore, perché per questi ultimi è stata utilizzata una bomba calorimetrica, senza dispersione del calore. Sono i fumi caldi, che in questa prova non riescono a scambiare completamente calore con l'acqua, e non le braci, ad avere il contenuto termico maggiore (e per molti ragazzi questa è stata una sorpresa!!!): da qui le considerazioni sull'inquinamento termico, causato dai flussi di gas caldi provenienti dalle varie attività produttive, sono state molto interessanti;

B) le misure di calore fatte dimostrano che carta, legno e cotone contengono sostanzialmente legami dello stesso tipo, infatti la quantità di energia prodotta è molto simile;

C) la maggiore quantità di calore prodotta dai materiali di tipo plastico è stata un'ulteriore conferma delle conoscenze teoriche già note, cioè che sono presenti in questi materiali molti più legami di tipo C-C e C-H, rispetto a quelli presenti nei materiali cellulósici;

D) l'analisi dei risultati all'interno della stessa classe ha permesso di fare

Tabella 1. Valori del calore di combustione ottenuti con entrambi i metodi, confrontati con i valori di potere calorifico inferiore (indicati sul libro di testo¹ e disponibili in altri testi utilizzati anche con l'insegnante di fisica) e % di combustione.

Materiale	Legno	Carta	Cotone	PE	PS
Potere Calorifico ^(1,2) (MJ/kg)	26 ± 9	19 ± 2	20 ± 3	40 ± 6	37 ± 5
Calore di combustione/massa consumata (solo trasmesso all'acqua circostante) (MJ/kg)	3,3 ± 0,1	8 ± 2	3,8 ± 0,5	14 ± 2	12 ± 2
				13 ± 3	
% di combustione (%)	50 ± 20	73 ± 3	86 ± 5	20 ± 7	37 ± 2
Calore di combustione/massa consumata (tenendo conto anche dei fumi) (MJ/kg)	10 ± 1	14 ± 3	13 ± 1		13 ± 3

numerose considerazioni su: misure che incidono in modo diverso sull'errore, misure molto diverse rispetto alla media dei risultati, comportamenti che incidono sulla precisione della misura, utilizzo di metodi alternativi per eseguire le misure poco precise;

E) la difficoltà ad accendere questi materiali, ha permesso ai ragazzi di comprendere meglio il concetto di energia di attivazione: questa correlazione non è corretta, però per i ragazzi di seconda superiore, che non hanno strumenti di tipo matematico per analizzare l'espressione di Arrhenius, è stato molto utile vedere che, ad esempio, utilizzando anche la fiamma del bunsen, il materiale prendeva fuoco meglio. Infatti non è facile far comprendere la dipendenza della velocità di una reazione dalla temperatura, che per i ragazzi è ovvia per le reazioni endotermiche, ma non per quelle esotermiche: questo effetto è stato visualizzato ancor meglio quando è stata provata la combustione dei residui di polistirene aiutandosi con il becco bunsen. Ovviamente questo tipo di considerazioni è stato approfondito in modo diverso con i ragazzi di quarta liceo.

F) la differenza di velocità di combustione tra legno e carta, che sono costituiti con lo stesso materiale, è riconducibile non solo all'umidità presente nel legno, ma anche al fatto che la carta presenta una maggiore superficie di contatto con il reagente ossigeno;

G) l'effetto della concentrazione dell'ossigeno sulla velocità di reazione è stato molto evidente: infatti si formava molto fumo che, essendo più pesante dell'aria, ne impediva l'avvicinamento alla superficie accesa e, quindi, il proseguimento della combustione;

H) l'effetto dell'area superficiale si è visto quando i ragazzi hanno dovuto "raddrizzare" la piastra di materiale plastico, formatosi durante la combustione in seguito alla sua fusione, per mantenere accesa la fiamma: di fatto hanno raddoppiato l'area superficiale

I) la misura della % di combustione ha reso chiaro il senso del termine "scoria"

J) alla domanda posta "come faresti per riuscire ad ottimizzare la combustione?" sono seguite soluzioni anche ingegnose, finalizzate sia alla misura di tutto il calore di combustione (e solo in pochi hanno preso in con-

siderazione la bomba calorimetrica, che peraltro avevano visto solo in fotografia), sia al raggiungimento della completa combustione (con soluzioni di fatto simili a quelle adottate negli inceneritori, con particolare attenzione al recupero completo del calore): basandosi su queste risposte i ragazzi hanno elaborato l'apparecchiatura indicata in figura 1.

K) la colorazione della fiamma ha fatto capire che sicuramente sono presenti sali di sodio nel legno e nella carta (alcuni hanno ipotizzato di utilizzare lo spettroscopio per individuare tutte le righe presenti)

L) il colore nero dei fumi di polistirene è stato associato subito al concetto di "tossico", nessuno però pensava che anche i fumi del legno fossero così irritanti. Da qui alla considerazione sul fatto che sarebbero necessari sistemi di abbattimento per tutti gli impianti a combustione (anche per quelli a legna) il passo è stato breve. M) è stato osservato che il polietilene e il polipropilene, a volte mescolato con il primo, fondono molto facilmente senza cambiare colore; il polistirene invece, appena fonde, comincia a formare del nerofumo: questo ha fatto capire perché i primi due materiali plastici vengano raccolti per il recupero (che si attua con la fusione degli imballaggi) nei normali raccoglitori cittadini, mentre gli imballaggi in polistirene non vengano raccolti negli stessi contenitori, ma vengono inviati in discarica o all'incenerimento, dove, con un'elevata temperatura, è possibile ridurre la produzione dei fumi neri.

Aspetti legati all'Area di Progetto

L'argomento si presta a numerose trattazioni, compatibili con le materie affrontate dai ragazzi durante il secondo anno ITI e con la scansione temporale dei singoli argomenti: già la stesura di una relazione di laboratorio corretta congiuntamente dai due insegnanti di fisica e chimica ha prodotto ottimi risultati.

In alcuni casi gli insegnanti di italiano avevano trattato, mediante lettura di articoli tratti da quotidiani e/o riviste, il tema della raccolta differenziata e dell'impatto ambientale degli inceneritori. In questo caso nella relazione di laboratorio i ragazzi hanno dovuto fare delle considerazioni anche coinvolgendo queste argomentazioni, che sono state valutate anche dall'insegnante di lettere.

Con l'insegnante di Diritto ed economia è stata presa in esame, a grandi linee, la normativa che regola l'argomento, dalle leggi sulle emissioni in atmosfera agli obblighi riguardanti la raccolta differenziata per le aziende. L'insegnante di Tecnologia e Disegno ha affrontato con alcune classi le soluzioni tecniche ed i materiali che vengono utilizzati per favorire al massimo lo scambio termico negli inceneritori (tenendo conto che gli stessi argomenti verranno trattati, in modo molto più approfondito, nelle classi del triennio ad indirizzo meccanico). Abbiamo sempre cercato di trovare una forma di valutazione congiunta, o della relazione di laboratorio (in alcuni caso corretta anche dall'insegnante di lettere) o di un questionario formulato dagli insegnanti coinvolti: in quest'ultimo caso l'impatto è stato notevole, perché ha dato veramente ai ragazzi l'impressione di come uno stesso argomento si possa affrontare in modo interdisciplinare.

Ci sono stati alcuni risultati inaspettati con questo tipo di lavoro: i ragazzi hanno prestato maggior attenzione nel curare la forma linguistica di un lavoro sostanzialmente di tipo tecnico (e chi corregge le relazioni di laboratorio sa quanto siano frequenti gli errori di ortografia o di sintassi), sapendo che sarebbe stato valutato anche dall'insegnante di italiano e, allo stesso tempo, anche quelli che normalmente hanno difficoltà nello scrivere hanno avuto la possibilità di farlo su di un argomento su cui avevano avuto un'esperienza diretta, ottenendo risultati migliori del solito. Questo progetto si presta a numerosi sviluppi, che dipendono dalla strumentazione disponibile e dal tipo di obiettivi che ci si vuole porre; ad esempio quest'anno sono state coinvolte alcune classi di terza media, che avevano fatto un lavoro in merito, e che hanno assistito all'esperienza condotta dai ragazzi di quarta Liceo Scientifico Tecnologico: chiunque abbia condotto esperienze di questo tipo sa quanto sia coinvolgente per i ragazzi avere questo tipo di scambio "tra pari".

Conclusioni

Questa esperienza permette di affrontare dal punto di vista scientifico la combustione, cioè di legare una materia spesso considerata "teorica" come la chimica ad un fenomeno della vita "reale". Inoltre i ragazzi vedo-

no come sia possibile, facendo delle misure, migliorare e rendere utile un processo che, se condotto in modo approssimativo, risulta essere dispendioso e pericoloso. Affianco a questo c'è una spinta a fare la raccolta differenziata, che per molti adolescenti è prerogativa esclusiva dei genitori (spesso di uno solo).

Credo che questi aspetti positivi compensino largamente il fatto che le misure eseguite non siano perfettamente riproducibili e che forniscono solo delle informazioni "di massima". Sicuramente i cultori delle esperienze "semplici e pulite" rabbrivideranno al solo pensiero, ma, a distanza di 5 anni dalla prima volta in cui l'abbiamo fat-

ta, molti ex studenti ricordano questa esperienza come quella più interessante (o come la meno "sterile").

Bibliografia

[1] Bagatti, F.; Corradi, E.; Desco, A.; Ropa, C., *Chimica*, Zanichelli, 291

[2] Elifani, La prevenzione incendi nella piccola e media industria - III Ed., E.P.C (Roma) Appendice XXI, 226

LABORATORIO E DINTORNI

ESPERIMENTI RELATIVI AI FULLERENI

Riassunto

In questo articolo vengono proposti due esperimenti relativi ai fullereni. Il primo riguarda le proprietà fisiche e chimiche di C_{60} mentre il secondo è relativo alla cromatografia su strato sottile della miscela di C_{60} e C_{70} .

Entrambi gli esperimenti hanno lo scopo di introdurre, su basi sperimentali, l'argomento attuale dei fullereni in qualsiasi scuola superiore in cui viene insegnata anche Chimica.

Introduzione

Attualmente in quasi tutti i testi di chimica generale, a livello di scuola media superiore, viene fatto almeno qualche cenno riguardo ai fullereni. Infatti ormai, a prescindere dall'importanza teorica e pratica di tale sostanza, non si può non ricordare agli allievi che le forme allotropiche del carbonio non sono soltanto il diamante e la grafite.

E certamente non mancano riferimenti bibliografici a livello divulgativo e spunti didattici per stimolare la curiosità e l'interesse degli studenti ad approfondire le nozioni teoriche riguardanti tali aggregati molecolari. A tale proposito, siccome l'indagine e le applicazioni relative ai fullereni ed ai nanotubi sono in continuo sviluppo, per aggiornarsi su tali argo-

ROBERTO SOLDÀ^(*)
LIVIA MERCATO^(*)

menti si ritiene molto interessante la ricerca su internet.

Comunque chi desiderasse anche introdurre *sperimentalmente* l'argomento dei fullereni, si troverebbe nella necessità di dover scartare gli esperimenti relativi alla preparazione del C_{60} [1-2] in quanto non sono realizzabili in scuole non particolarmente attrezzate.

E dovrebbe inoltre ripiegare su esperimenti in scala ridotta, dati gli alti costi del C_{60} e della miscela di C_{60} e C_{70} .

Però con quantità di 10 mg (confezioni da 5, 10 o 25 mg sono reperibili presso i rivenditori di reagenti chimici) si possono effettuare degli esperimenti interessanti come quelli proposti nel Journal of Chemical Education [3] od altri analoghi.

In questo articolo si propongono un esperimento relativo al C_{60} ed uno relativo alla miscela di C_{60} e C_{70} e, come detto precedentemente, non ci si vuole addentrare in argomenti teorici; comunque si ritiene opportuno premettere alcuni concetti attinenti alla struttura del buckminsterfullerene.

Infatti si è notato che nei testi di chimica di base che trattano anche il C_{60} , non si fa cenno di tali aspetti ritenendoli forse superflui o di difficile trattazione a livello di chimica di base.

Invece si è constatato che tali nozio-

ni sono abbastanza comprensibili e possono risultare didatticamente utili per fornire agli allievi la " chiave logica " della particolare forma sferica del C_{60} .

Cenni teorici

Per fare comprendere agli studenti la motivazione della particolare struttura sferica di C_{60} è utile richiamare la struttura a strati del reticolo bidimensionale della grafite e fare notare che, nell'ambito di ogni strato, esiste una differenza fra gli atomi di C appartenenti a più di un anello esagonale (contraddistinti ad esempio con C_A) e quelli appartenenti ad un solo anello esagonale (contraddistinti con C_B). Infatti, nella rappresentazione di Kekulé, ogni atomo di C_A è legato ad altri tre atomi di C con un legame doppio e due semplici, mentre ogni atomo di C_B è legato a due soli atomi di C con un legame doppio e uno semplice.

Ciò implica che gli atomi di C_A sono stabili, mentre quelli C_B sono instabili; tuttavia, essendo la grafite un solido macromolecolare, gli atomi C_B sono pochissimi rispetto a quelli C_A e quindi essa è stabile.

Non avverrebbe così invece se il numero totale di atomi di C fosse limitato come succede ad esempio per C_{60} . Affinchè tale molecola od altre con un numero limitato di atomi di C siano stabili è necessario che tutti gli atomi di C siano di tipo C_A . Ora tale condizione viene soddisfatta da una struttura tridimensionale chiusa ma

170 (*) IPSIA "G. Ceconi",
Via Manzoni 6, Udine
e-mail: roberto.solda@libero.it