

Un'esperienza sull'incremento delle competenze metacognitive in relazione alla configurazione elettronica dei metalli di transizione mediante il modello atomico a gusci

ROBERTO SOLDA'

roberto.solda@libero.it

Riassunto

In questo articolo viene presentata un'esperienza di didattica reale vissuta in una classe seconda IPSIA in cui i ragazzi, attraverso un ragionamento induttivo a partire dalle energie di ionizzazione, hanno ricavato la struttura elettronica dei metalli di transizione da $Z=21$ a $Z=30$ e quindi il relativo andamento della carica nucleare schermata in funzione di Z .

Infine, considerando la relazione fra l'energia di prima ionizzazione e la carica nucleare schermata, hanno dedotto la ragione per cui l'energia di prima ionizzazione, da $Z=21$ a $Z=30$, varia in modo quasi irrilevante nonostante l'aumento della carica nucleare.

A tale scopo si sono sfruttate soltanto le informazioni pregresse relative al modello atomico a gusci e quelle deducibili dal diagramma $E_i^{1/2}$ in funzione di Z relativo a tutte le energie di ionizzazione successive, ricavate dai relativi potenziali di ionizzazione per urto elettronico, disponibili nella letteratura.

1. Introduzione

I metalli di transizione rivestono una notevole importanza pratica e biologica e non mancano certo spunti interessanti per stimolare discussioni e riflessioni nei ragazzi.

Per esempio l'avvio a questa esperienza è nato dalla necessità di introdurre i complessi nel corso di chimica analitica e strumentale in una classe seconda Operatori Chimico- Biologici dell'IPSIA " G.Ceconi" di Udine.

In ogni caso la trattazione degli elementi di transizione non può prescindere dalla loro configurazione elettronica che ne determina le proprietà peculiari.

A livello di scuola secondaria di secondo grado, pur considerando soltanto la prima serie dei metalli di transizione, si ritiene generalmente che la struttura elettronica dei metalli di transizione possa essere affrontata solo partendo dal modello atomico orbitalico.

Nei libri di testo, in cui viene proposto il modello atomico a gusci, si limita il discorso ai primi 20 elementi, in quanto ciò non pregiudica la comprensione della struttura atomica a gusci e si evita così la complicazione della struttura elettronica dei metalli di transizione.

Inoltre, nella maggioranza dei libri di testo, la struttura elettronica dei metalli di transizione viene affrontata mediante il modello atomico orbitalico con l'ipotesi di partenza che il livello $4s$ sia più basso del $3d$ e con il "misterioso" scavalco del $3d$ da parte del $4s$.

È possibile tuttavia proporre a livello elementare la struttura elettronica, almeno della prima serie dei metalli di transizione, anche con il modello atomico a gusci e senza particolari complicazioni.

Come è stato evidenziato parecchi anni fa nella rivista "La Chimica nella Scuola" [1], il metodo induttivo a partire dall'analisi del diagramma $E_i^{1/2}$ in funzione di Z relativo a tutte le energie di progressiva ionizzazione per urto elettronico, disponibili per i primi 42 elementi, fornisce anzitutto una prova diretta della struttura a gusci dell'atomo e del fatto che il terzo guscio consiste di tre sottogusci ($3s$, $3p$ e $3d$) ed ha una capienza massima di diciotto elettroni.

Inoltre permette di ricavare utili informazioni sulla configurazione elettronica dei metalli di transizione della prima serie.

D'altra parte in un noto libro di testo [2], si sottolinea che, anche basandosi solo sull'andamento dell'energia di prima ionizzazione (per urto elettronico) in funzione di Z , si possono trarre delle informazioni molto interessanti circa la struttura elettronica dei metalli di transizione della prima serie.

2. Problema dell'interruzione dell'aumento dell'energia di prima ionizzazione dei metalli di transizione nel quarto periodo.

Poiché nell'anno precedente i miei allievi avevano appreso la struttura atomica dei primi 20 elementi, usando soprattutto il grafico $E_i^{1/2}$ in funzione Z , ho ritenuto proficuo, dal punto di vista didattico, affrontare la struttura elettronica dei metalli della prima serie di transizione con il proseguimento dell'esame del grafico suddetto per gli altri 22 elementi non considerati precedentemente.

La domanda più interessante posta dai ragazzi è stata la seguente: in generale, nel primo, secondo e terzo periodo, E_i aumenta in modo rilevante all'aumentare di Z . Allora perché, nel quarto periodo, in particolare nel tratto da $Z=21$ a $Z=29$, E_i varia in maniera quasi trascurabile, pur continuando ad aumentare la carica nucleare?

Tenendo presente l'antica massima: "Quod gratis adfirmatur, gratis negatur", ho rinunciato a qualsiasi affermazione dogmatica e, per stimolare gli allievi a collegare le conoscenze pregresse con le nuove osservazioni prodotte dai dati sperimentali, ho ritenuto opportuno che i ragazzi stessi cercassero di dare una spiegazione a tale problema attivando una strategia già sperimentata altre volte.

A tale scopo ho assegnato il seguente compito:

Utilizzando il grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z relativo ai primi 42 elementi [3], riportato in Figura 1, scrivere le configurazioni elettroniche degli elementi da $Z=21$ a $Z=30$, quindi rappresentare graficamente la carica nucleare schermata in funzione di Z dei primi 36 elementi.

Infine, avvalendosi delle conoscenze sulla struttura atomica a gusci e delle nuove osservazioni, cercare di spiegare l'andamento di E_i in funzione di Z di tutto il quarto periodo ed in particolare esporre sinteticamente il motivo per cui E_i rimane all'incirca costante nel tratto da $Z=21$ a $Z=29$, nonostante l'aumento di Z .

A questo punto, tenendo presente che i concetti appresi dagli allievi hanno un "periodo di semivita" breve, ho verificato preliminarmente l'acquisizione dei concetti fondamentali oltre a quello di carica nucleare schermata¹ quindi, durante l'attività, ho lasciato intenzionalmente libero campo al pensiero creativo dei ragazzi.

Il mio intervento è avvenuto soprattutto alla fine dell'attività nella fase della discussione e del commento delle relazioni di gruppo.

In sintesi l'itinerario didattico seguito è stato il seguente:

➤ analisi del grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z [3] con rilevamento del riempimento progressivo del sottoguscio $3d$ e della configurazione elettronica dei metalli di transizione da $Z=21$ a $Z=30$;

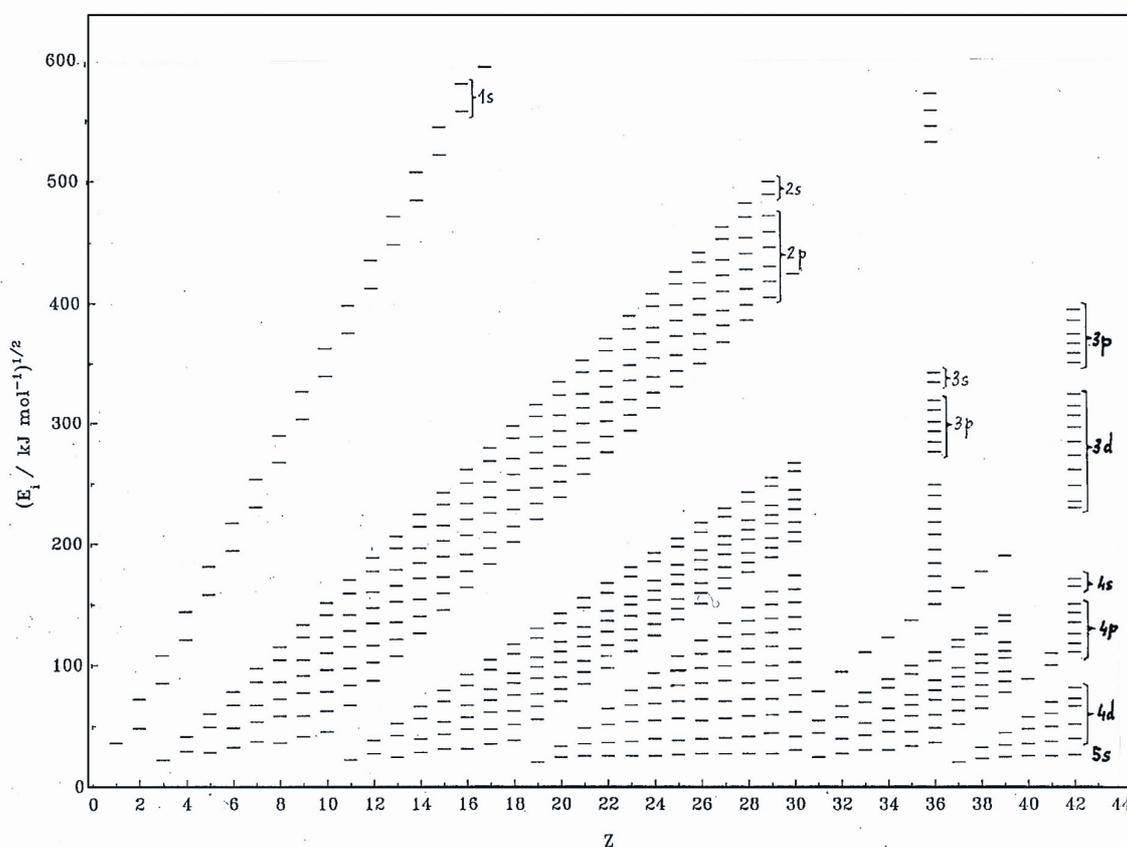


Figura 1

¹ Come è noto, a causa della sovrapposizione dei gusci, nella prima ionizzazione di un atomo, l'elettrone uscente dall'atomo è soggetto alla forza di attrazione del nucleo ed a quella di repulsione di *tutti* gli altri elettroni, per cui la carica nucleare effettiva agente su un elettrone di valenza è data da: $Z_{\text{eff}} = Z - S$, ove Z è il numero atomico (in unità e) e S è la sommatoria delle costanti di schermo relative a *tutti* gli altri elettroni.

Quindi è evidente che il concetto di carica nucleare schermata, intesa come carica nucleare diminuita del numero degli elettroni dei *gusci interni*, è solo un'approssimazione e differisce da quello di carica nucleare effettiva.

Tuttavia, poiché non c'è un modo semplice per ottenere i valori della carica nucleare effettiva, tale concetto può servire per dare una spiegazione qualitativa delle proprietà degli atomi.

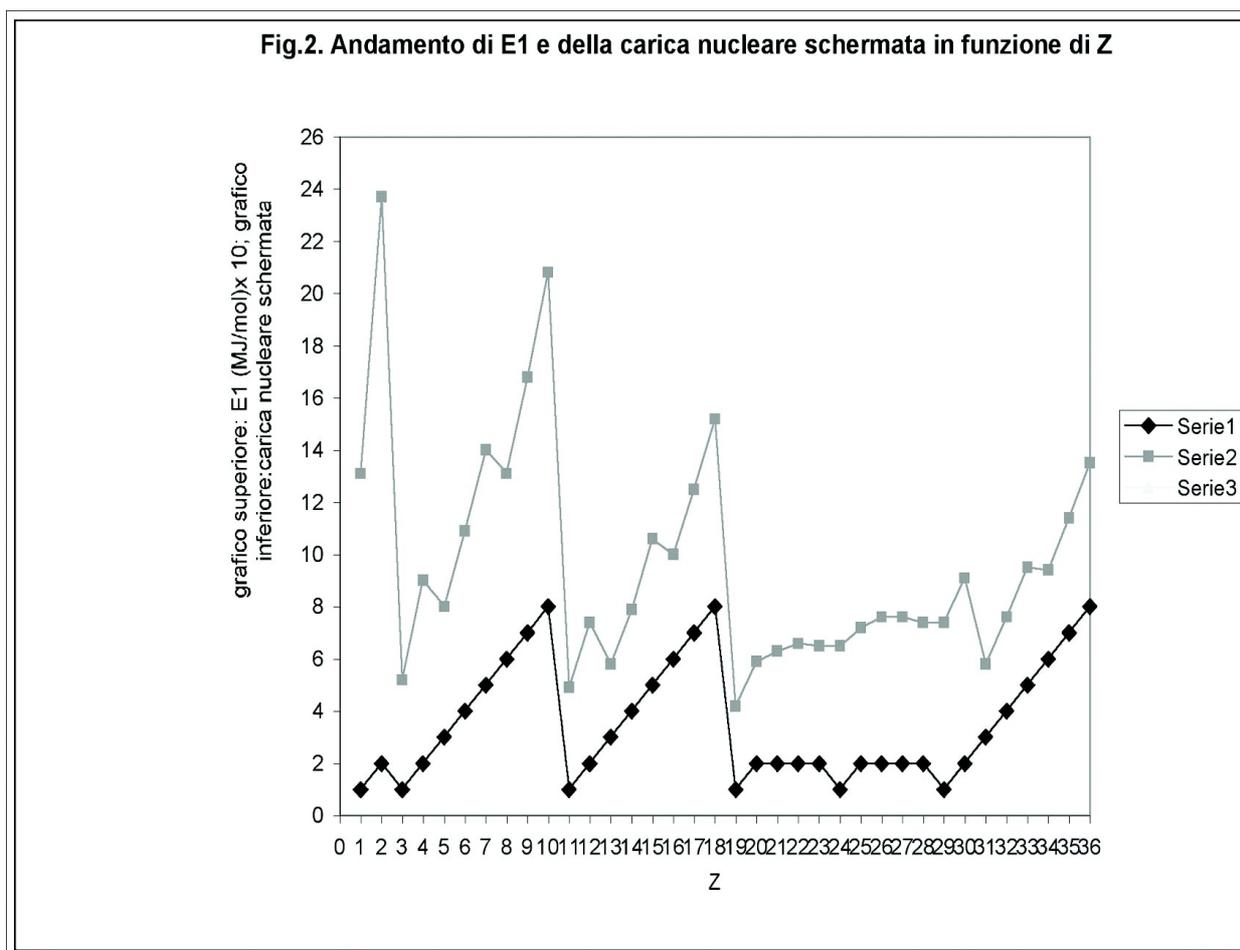
Il modello atomico a gusci

- elaborazione della Tabella n.1 e del grafico della carica nucleare schermata in funzione di Z;
- confronto fra i grafici: carica nucleare schermata / Z e E_i / Z , riportati entrambi in Fig.2; breve relazione finale con spiegazione della "soluzione" del problema.

E in generale, seguendo tale percorso, gli allievi non hanno trovato particolari difficoltà a riconoscere che l'interruzione dell'aumento di E_i , nell'ambito del quarto periodo, si debba attribuire all'interruzione dell'aumento della carica nucleare schermata da $Z=21$ a $Z=30$.

Tabella n. 1 - Z, struttura elettronica e carica nucleare schermata degli elementi fino a $Z=36$. Si nota chiaramente che per gli elementi di transizione, da $Z=21$ a $Z=30$, la carica nucleare schermata rimane costante (tranne per Cr e Cu).

Z	Elemento	Elettroni 1° guscio	Elettroni 2° guscio	Elettroni 3° guscio	Elettroni 4° guscio	N° di elettroni dei gusci interni = G	Carica nucleare schermata = $Z - G$
1	H	1				0	1
2	He	2				0	2
3	Li	2	1			2	1
4	Be	2	2			2	2
5	B	2	3			2	3
6	C	2	4			2	4
7	N	2	5			2	5
8	O	2	6			2	6
9	F	2	7			2	7
10	Ne	2	8			2	8
11	Na	2	8	1		10	1
12	Mg	2	8	2		10	2
13	Al	2	8	3		10	3
14	Si	2	8	4		10	4
15	P	2	8	5		10	5
16	S	2	8	6		10	6
17	Cl	2	8	7		10	7
18	Ar	2	8	8		10	8
19	K	2	8	8	1	18	1
20	Ca	2	8	8	2	18	2
21	Sc	2	8	9	2	19	2
22	Ti	2	8	10	2	20	2
23	V	2	8	11	2	21	2
24	Cr	2	8	13	1	21	1
25	Mn	2	8	13	2	23	2
26	Fe	2	8	14	2	24	2
27	Co	2	8	15	2	25	2
28	Ni	2	8	16	2	26	2
29	Cu	2	8	18	1	28	1
30	Zn	2	8	18	2	28	2
31	Ga	2	8	18	3	28	3
32	Ge	2	8	18	4	28	4
33	As	2	8	18	5	28	5
34	Se	2	8	18	6	28	6
35	Br	2	8	18	7	28	7
36	Kr	2	8	18	8	28	8



Infatti il confronto del grafico della carica nucleare schermata in funzione di Z e di E_1 contro Z ha permesso ai ragazzi di giungere abbastanza facilmente alla soluzione del problema.

Al termine della lezione si è proposto di scrivere le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi nella notazione s , p e d e controllarne la correttezza mediante l'ausilio della tavola periodica riportante le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi.

3. Prerequisiti e competenze

Per compiere le operazioni sopra riportate sono necessari come prerequisiti conoscenze relative a:

- all'interpretazione dell'andamento periodico del grafico E_1 / Z , relativo almeno ai primi 20 elementi della tavola periodica;
- all'interpretazione del grafico $E_1^{1/2}$ contro Z , relativo ai primi 20 elementi;
- al modello a gusci dell'atomo;
- al concetto di carica nucleare schermata e della relazione fra carica nucleare schermata e l'energia di prima ionizzazione.

Inoltre le competenze dovranno essere le seguenti:

- saper scrivere la configurazione elettronica di un elemento nella notazione s , p e sapere interpretare correttamente le notazioni "abbreviate" delle configurazioni elettroniche degli elementi, riportate nella tavola periodica;
- saper riconoscere la periodicità e l'andamento di E_1 , in funzione di Z e della distanza dell'elettrone più esterno dal nucleo, lungo i gruppi ed i periodi;
- essere in grado di porsi domande e compiere procedimenti inferenziali relativi a configurazioni elettroniche oltre i primi venti elementi della tavola periodica;
- essere capaci di rappresentare graficamente dei dati sperimentali.

4. Obiettivi

Le conoscenze e le competenze che si vogliono raggiungere sono:

- approfondire il significato della carica nucleare schermata in relazione all'energia di prima ionizzazione: giustificare sperimentalmente, mediante l'esame del grafico di Fig. 1, che il terzo guscio consiste di tre sottogu-

gusci designati con i simboli $3s$, $3p$ e $3d$ ed ha una capienza massima di 18 elettroni (da notare che, come è stato sottolineato in [1], l'uso dei simboli s , p e d non comporta che si debba fare riferimento alla forma dei corrispondenti orbitali):

- collegare la struttura elettronica dei metalli della prima serie di transizione alla periodicità dell'energia di prima ionizzazione;
- cogliere l'importanza del livello $3d$ nella serie dei metalli della prima serie di transizione;
- applicare e potenziare le competenze metacognitive anche in funzione del "piacere" della scoperta.

5. Materiali e metodo di lavoro

I materiali di cui dispongono gli studenti sono:

- grafico delle energie di prima ionizzazione degli elementi da $Z=1$ a $Z=36$;
- fotocopia del grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z ;
- tavola periodica riportante anche le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi;
- libro di testo di chimica in dotazione;
- eventualmente programma Microsoft Excel.

I metodi di lavoro usati sono descritti di seguito.

Per la trattazione di questo argomento, si è ritenuto opportuno che gli studenti operassero in piccoli gruppi seguendo un itinerario didattico un po' analogo a quello per lo svolgimento di un'attività sperimentale.

Agli allievi sono stati forniti il grafico relativo all'energia di prima ionizzazione espressa in MJ/mol in funzione di Z per gli elementi da $Z = 1$ a $Z = 36$, la fotocopia del grafico di Fig.1 e, nella fase della discussione e del commento, una tavola periodica riportante anche le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi.

Infine, si è messa a disposizione di ogni gruppo una scheda con opportuni quesiti e si è proposto agli allievi di completare tale scheda.

Per controllare il processo di apprendimento – insegnamento ed al fine della messa a punto di una strategia per l'eventuale risistemazione delle trame concettuali, i quesiti sono stati formulati in modo da registrare, nel limite delle possibilità, il "meccanismo" mentale di acquisizione dei concetti e le difficoltà degli allievi e sviluppare le competenze metacognitive. A questo proposito si ritiene utile riportare, come esempio, alcuni quesiti formulati in maniera che il processo di apprendimento - insegnamento, nella relazione tra docente e discente, divenisse reciproco.

6. Quesiti

- 1) Spiega come hai proceduto nell'analisi del grafico $E_i^{1/2}$ in funzione di Z per trovare la struttura elettronica degli elementi da $Z=21$ a $Z=30$
- 2) Quali conoscenze e osservazioni hai utilizzato per concludere che il terzo guscio consiste di tre sottogusci ed ha una capienza massima di diciotto elettroni?
- 3) Confrontando l'andamento di E_i/Z relativo al quarto periodo con quello relativo al secondo e al terzo periodo,

quali sono le somiglianze e differenze in generale e come hai proceduto per trovarle?

4) Quali domande ti sei posto mentre rispondevi alle domande precedenti?

5) Quali concetti appresi nella trattazione del modello atomico a gusci hai dovuto richiamare e rivedere per rispondere alle domande 1), 2) e 3) e quali perplessità e dubbi hanno suscitato tali domande?

6) Fra le nozioni che hai appreso relativamente alla distribuzione degli elettroni a gusci e che hai applicato per le risposte alle domande precedenti, ci sono delle nozioni che non hai compreso bene e che vorresti fossero riepilogate?

7) Quali osservazioni ti hanno indotto a comprendere l'importanza di distinguere tra carica del nucleo e carica nucleare schermata?

8) In riferimento alla tabella n.1 ed alla Fig.2, come hai fatto ad evidenziare la relazione fra la struttura elettronica, la carica nucleare schermata e l'energia di prima ionizzazione per i primi quattro periodi degli elementi ed in particolare per i metalli di transizione da $Z=21$ a $Z=30$?

9) Come puoi giustificare il "picco" di E_i in corrispondenza dello zinco, relativamente all'andamento quasi costante di E_i da $Z=21$ a $Z=29$?

10) In base alle tue conoscenze acquisite sul modello atomico a gusci e all'interpretazione delle osservazioni relative al grafico E_i/Z , quali conclusioni si possono dedurre?

11) Utilizzando la tavola periodica che riporta anche le configurazioni elettroniche di tutti gli elementi, rileva le strutture elettroniche di tutti gli elementi del quarto periodo e quindi spiega come procedi per motivare la differenza tra i metalli di transizione e gli altri elementi dello stesso periodo.

7. Considerazioni conclusive

Dalla verifica sommativa relativa all'esperienza effettuata è emerso che la "transizione" dal procedimento cognitivo alla dimensione metacognitiva da parte degli allievi è stata realizzata con l'acquisizione degli obiettivi prefissati e che l'apprendimento è avvenuto in modo significativo, non mnemonico.

Inoltre, grazie all'utilizzo del grafico di $E_i^{1/2}$ in funzione di Z nella "versione integrale" di Fig.1, non sono state evidenziate particolari complicazioni nell'approccio della struttura elettronica dei metalli della prima serie di transizione con il modello atomico a gusci.

L'unica difficoltà si è riscontrata, come era prevedibile, nell'attribuzione della configurazione elettronica al cromo ed al rame. Comunque ciò ha offerto il pretesto per richiamare alcune considerazioni sulla stabilità associata a determinate strutture elettroniche.

Si ringraziano per la collaborazione il dirigente scolastico prof. Manrico Traversa, la prof.ssa Livia Mercato ed i periti tecnici sig. Bartolomeo Di Lorenzo e Raffaele Adornato dell'IPSIA "G. Ceconi" di Udine.

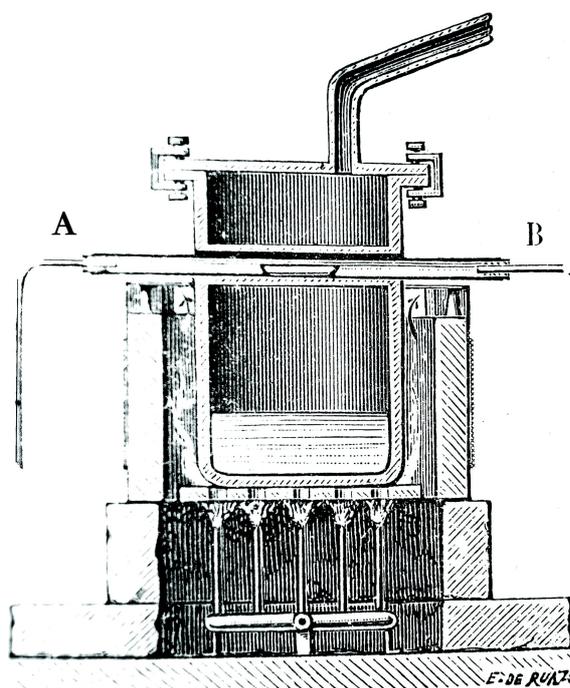
Bibliografia

[1] P. Mirone, "La Chimica nella Scuola-CnS", 1987, 3,12.

[2] R. J. Gillespie, D. A. Humphreys, N. Colin Baird, E. A. Robinson, *Chimica*. Società Editrice Scientifica,

Napoli, 1990.

[3] P. Mirone, "La Chimica nella Scuola-CnS", 2003, 4,106.



Dissociation du carbonate de calcium.