



[www.gdsdolomiti.org](http://www.gdsdolomiti.org)  
[info.gdsdolomiti@gmail.com](mailto:info.gdsdolomiti@gmail.com)

---

# CHIMICA DELLA CASALINGA

*Note integrative al seminario*

---

**Autore:** Dr. Fabiano Nart

---

*Dolomiti in Scienza 2018*

---

*A mia madre Ileana,  
orgogliosa ed abile casalinga*

### **Nota dell'autore**

Questo testo rappresenta una nota integrativa al seminario "Chimica della casalinga", tenuto in occasione della manifestazione di divulgazione scientifica organizzata dal GDS Dolomiti "E. Fermi", *Dolomiti in Scienza*, il 27 Gennaio 2018.

### **Dr. Fabiano Nart**

Il Dr. Fabiano Nart, nato a Belluno nel 1981, si è laureato in Chimica (indirizzo teorico) e successivamente in Fisica ed Astrofisica presso l'Università degli Studi di Ferrara. Iscritto all'Ordine dei Chimici e membro della Società Italiana di Fisica, dopo aver lavorato in collaborazione con centri di ricerca austriaci nel campo dei trattamenti superficiali, è ora responsabile qualità presso una importante multinazionale chimica svedese. Sempre per questa azienda, negli anni precedenti, è stato responsabile di gruppo delle materie prime ed ha anche rivestito il ruolo di responsabile ricerca e sviluppo per la costruzione ed avvio del nuovo impianto produttivo in Cina, Paese nel quale ha trascorso alcuni mesi. È in possesso della certificazione *Six Sigma Black Belt*. Nel 2006, dopo la laurea in Chimica, fonda il GDS, Gruppo Divulgazione Scientifica Dolomiti E. Fermi. Ha all'attivo numerose conferenze di divulgazione scientifica, ha collaborato con Radio Belluno ed è il curatore dei laboratori di chimica che tiene sia in lingua italiana che in lingua tedesca. Grande appassionato di ultramaratona, specialità ultratrail, e dello sci di fondo, nel tempo libero si dedica anche all'alpinismo in Dolomiti e sulle Alpi e alla costante ricerca scientifica, in particolare di minerali. È stato correlatore di una tesi di laurea presso l'Università degli Studi di Venezia, con tema l'analisi isotopica dei minerali di piombo del Bellunese, Trentino ed Alto Adige.

# Indice

<b>I</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
1.1	Quanta chimica in casa! . . . . .	2
1.1.1	La casalinga insegnante . . . . .	2
1.2	Gli ingredienti e le etichette . . . . .	3
<b>II</b>	<b>La lavanderia</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Dixan e i perossidi</b>	<b>5</b>
2.1	Gli ingredienti . . . . .	5
2.1.1	Sodio percarbonato/tetra-acetilendiammina . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Ace e la dismutazione</b>	<b>7</b>
3.1	Gli ingredienti . . . . .	7
3.1.1	Ipoclorito di sodio . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Ariel e la risonanza</b>	<b>10</b>
4.1	Gli ingredienti . . . . .	10
4.1.1	Disodio distirilbifenil disulfonato . . . . .	11
<b>III</b>	<b>La cucina</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Svelto e i tensioattivi</b>	<b>13</b>
5.1	Gli ingredienti . . . . .	13
5.1.1	Tensioattivi . . . . .	14

---

<b>6</b>	<b>Finish Quantum e gli agenti chelanti</b>	<b>17</b>
6.1	Gli ingredienti . . . . .	17
6.1.1	Il curioso aspetto . . . . .	18
6.1.2	Trifosfato pentasodico . . . . .	19
<b>7</b>	<b>Oust e le interazioni <math>\pi</math></b>	<b>20</b>
7.1	Gli ingredienti . . . . .	20
7.1.1	Trietilenglicole . . . . .	21
<b>IV</b>	<b>Le pulizie generali</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Acido muriatico e gli azeotropi</b>	<b>24</b>
8.1	Gli ingredienti . . . . .	24
8.1.1	Acido cloridrico . . . . .	24
<b>9</b>	<b>Trielina e gli orbitali <math>sp^2</math></b>	<b>26</b>
9.1	Gli ingredienti . . . . .	26
9.1.1	Tricloroetilene . . . . .	26
<b>10</b>	<b>Vetril e il processo Haber-Bosch</b>	<b>28</b>
10.1	Gli ingredienti . . . . .	28
10.1.1	Ammoniaca . . . . .	29
<b>11</b>	<b>Argentil e i legami dativi</b>	<b>30</b>
11.1	Gli ingredienti . . . . .	30
11.1.1	1,3-dimetil-2-tiourea . . . . .	31
<b>V</b>	<b>Conclusione</b>	<b>32</b>
<b>VI</b>	<b>Bibliografia e indice analitico</b>	<b>I</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>V</b>

# **Parte I**

## **Introduzione**

# Capitolo 1

## Introduzione

### 1.1 Quanta chimica in casa!

Si dice spesso che ormai la chimica ci circonda, è assolutamente vero, difatti noi stessi siamo fatti di chimica. La chimica la troviamo in tutto quello che mangiamo, beviamo, teniamo per le mani, la natura stessa è chimica perché ogni sostanza contiene molecole, quindi atomi, l'essenza stessa della chimica.

Anche in casa siamo circondati dalla chimica, niente di più vero se guardiamo sotto il lavandino, il luogo, probabilmente, dove conserviamo molti dei prodotti per le pulizie casalinghe. Tipicamente troviamo prodotti per la pulizia del pavimento, dei vetri, il detersivo per i piatti, magari anche un prodotto per profumare gli ambienti dopo che abbiamo cucinato. Ognuno di questi prodotti contiene un mix diverso di composti chimici con ruoli ben specifici. Si può trovare un minimo comun denominatore tra diversi prodotti fabbricati da diverse compagnie: cambia la molecola in base al tipo di pulizia da eseguire, ma il ruolo che tale molecola gioca è lo stesso.

#### 1.1.1 La casalinga insegnante

La casalinga forse non lo sa, ma ogni volta che prende in mano un qualsiasi prodotto per le pulizie sta usando, come detto precedentemente, vari composti chimici, appartenenti a diverse famiglie per chimismo e funzione. Ogni ingrediente nasconde dentro di sé delle caratteristiche particolari, ad esempio il modo in cui viene prodotto o il suo principio di funzionamento; possiamo dire che ogni volta che una casalinga prende per mano un prodotto per le pulizie si trasforma in una potenziale insegnante di chimica!

## 1.2 Gli ingredienti e le etichette

Preso un qualsiasi prodotto per la pulizia e guardandone l'etichetta vedremo una lista che molto frequentemente è ridotta ad un ingrediente molto generico (ad esempio tensioattivi non ionici), oppure a due o tre, dove uno di questi è la fragranza. Il motivo di questo è il Regolamento Detergenti 648/2004/CE (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0648&from=IT>) che obbliga il produttore ad informare il consumatore solo per gli ingredienti ritenuti dannosi o allergeni (le fragranze ad esempio lo sono!). Quindi leggere l'etichetta non è sufficiente per avere una lista completa degli ingredienti; questa può essere migliorata consultando la MSDS (*Material Safety Data Sheet*) del prodotto ricercabile in internet. La maggior parte dei prodotti per la pulizia della casa sono fabbricati da quattro grandi multinazionali:

- Johnson;
- Unilever;
- Bolton Group;
- Procter & Gamble.

Sui loro siti internet è possibile ottenere, per ognuno dei loro prodotti, una lista completa degli ingredienti contenuti con anche, a grandi linee, il loro ruolo specifico. Per molti prodotti fabbricati da società chimiche più piccole, spesso una tale informazione non è consultabile, in quanto rimane facoltativa e non obbligatoria da parte del produttore; un modo per difendere il proprio *know how*.

Un generico detersivo moderno contiene i seguenti composti:

- surfatante per rimuovere lo sporco;
- addolcitori dell'acqua per disattivare metalli interferenti;
- enzimi per digerire lo sporco biologico;
- agente candeggiante per sbiancare;
- agente anti-rideposizione per evitare che lo sporco si ridepositi sui vestiti;
- brillantante per esaltare il bianco.



# **Parte II**

## **La lavandería**

# Capitolo 2

## Dixan e i perossidi

Iniziamo questa carellata partendo dalla lavanderia, quindi concentrandoci sui prodotti per la detergenza dei vestiti. Il Dixan è uno dei più famosi detersivi per il bucato in lavatrice, diffuso in Italia fin dal 1957.

### 2.1 Gli ingredienti

La composizione chimica essenziale del Dixan è la seguente:

- sodio dodecil benzensolfonato;
- zeolite;
- gomma di cellulosa;
- bentonite;
- disodio distirilbifenil disulfonato;
- **sodio percarbonato/tetra-acetilendiammina (TAED)**.

Il sodio dodecil benzensolfonato è un surfatante anionico, quindi l'ingrediente fondamentale che agisce sullo sporco togliendolo dai vestiti. È il sapone che si usava una volta, ma che minimizza la schiuma che sarebbe un problema in lavatrice.

La zeolite è un composto che può essere sia naturale che di sintesi, è un silicato complesso che cristallizza lasciando delle cavità nanometriche dove possono trovare alloggio e stabilità metalli come calcio e magnesio, che altrimenti interferirebbero con il surfatante (vedi pag. 17).

La gomma di cellulosa è l'agente anti-rideposizione.

La bentonite è un minerale argilloso che si aggancia ai tessuti e li rende morbidi, funge quindi da ammorbidente.

Disodio distirilbifenil disulfonato agisce come agente brillantante, esaltando il bianco del pulito.

La combinazione di sodio percarbonato e di tetra-acetilendiammina (TAED) agisce come agente candeggiante e su questo ci soffermeremo.

### 2.1.1 Sodio percarbonato/tetra-acetilendiammina

Il sodio percarbonato ( $Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$ ) alle temperature di esercizio della lavatrice si decompone in sodio carbonato ed acqua ossigenata. L'acqua ossigenata sviluppata, di per se già un agente sbiancante, reagisce con la tetra-acetilendiammina per produrre sodio peracetato.

Sodio peracetato, come l'acqua ossigenata è un perossido, e come tale si decompone in acetato di sodio ed acqua ossigenata.

I perossidi hanno potere sbiancante perché liberano ossigeno che ossida e degrada i colori scuri dello sporco. La decomposizione dei perossidi è spesso radicalica e i radicali prodotti sono molto reattivi.

# Capitolo 3

## Ace e la dismutazione

### 3.1 Gli ingredienti

Ace è un candeggiante, non un detersivo ed i suoi componenti sono:

- carbonato di sodio;
- sodio idrossido;
- **ipoclorito di sodio.**

L'accoppiata sodio idrossido e carbonato di sodio è essenziale per mantenere un pH alcalino, quindi garantire la corretta funzione candeggiante dell'ipoclorito di sodio.

#### 3.1.1 Ipoclorito di sodio

L'ipoclorito di sodio è un composto del cloro, un elemento chimico molto particolare in quanto può avere diversi stati di ossidazione, vale a dire può legare attorno a se un numero diverso di atomi. Di seguito viene riportata una tabella dei composti del cloro, prendendo ad esempio la famiglia affine all'ipoclorito di sodio.

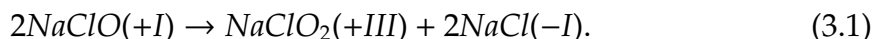
Tab. 3.1: gli stati di ossidazione del cloro.

numero ossidazione	formula	nome
+VII	$NaClO_4$	perclorato di sodio
+V	$NaClO_3$	clorato di sodio
+III	$NaClO_2$	clorito di sodio
+I	$NaClO$	ipoclorito di sodio
0	$Cl_2$	cloro
-I	$NaCl$	cloruro di sodio

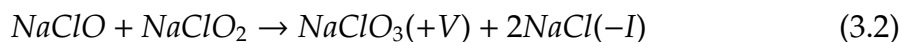
Come da tabella sopra, il cloro nel suo stato di ossidazione più stabile -I lo si trova nel sale da cucina,  $NaCl$ . Il cloro nello stato fondamentale è quello in fase gas,  $Cl_2$ .  $NaCl$  può trasformarsi in una serie di composti diversi contenente ossigeno e che in ordine di stato di ossidazione del cloro, sono:

- ipoclorito di sodio,  $NaClO$ , +I;
- clorito di sodio,  $NaClO_2$ , +III;
- clorato di sodio,  $NaClO_3$ , +V;
- perclorato di sodio,  $NaClO_4$ , +VII.

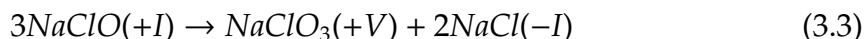
Il sodio ipoclorito, nelle condizioni alcaline garantite da sodio idrossido e carbonato di sodio, decompone dapprima attraverso una dismutazione, ovvero riducendosi ed ossidandosi contemporaneamente, secondo la seguente equazione



Poi il clorito di sodio reagisce con l'ipoclorito non ancora dismutato, producendo clorato ed ancora cloruro di sodio. Siamo in presenza ora di una doppia dismutazione.



Le equazioni 3.1 e 3.2 si combinano nell'equazione di dismutazione globale 3.3.



Tre moli di ipoclorito di sodio dismutano dando una mole di clorato di sodio (ossidazione da +I a +V) e due moli di sodio cloruro (riduzione da +I a -I). La riduzione è la parte importante che conferisce il potere ossidante verso lo sporco ed i suoi colori scuri che vengono decomposti.

# Capitolo 4

## Ariel e la risonanza

Ariel è un altro famoso detersivo per il bucato in lavatrice, utilizzabile a temperature basse (ad esempio 15°C). Il detersivo Dash è un parente molto stretto per chimismo ad Ariel, prodotto sempre da P&G, ma più commercializzato in Italia.

### 4.1 Gli ingredienti

Gli ingredienti essenziali sono:

- sodio lauril solfato;
- trimonoetanolamina etidronato;
- polietilimmina etossilato;
- glicosidasi e proteasi;
- **disodio distirilbifenil disulfonato.**

Come per il Dixan, anche l'Ariel ha un surfatante anionico per la rimozione dello sporco che è il più famoso sodio lauril solfato.

Il trimonoetanolamina etidronato svolge il ruolo che la zeolite compie nel Dixan, ovvero sequestra calcio e magnesio.

Il polietilimmina etossilato, come la gomma di cellulosa per il Dixan, serve come agente anti-rideposizione.

In aggiunta rispetto al Dixan, Ariel contiene anche due enzimi, glicosidasi e proteasi, che servono per digerire lo sporco biologico, nello specifico carboidrati e

proteine rispettivamente. Utili anche a digerire lo sporco biologico della biancheria intima. Da notare la totale assenza di agenti sbiancanti (o ossidanti), questo è necessario perché altrimenti gli enzimi sarebbero disattivati.

Il disodio distirilbifenil disulfonato agisce da brillantante (questo composto è presente anche nel Dixan).

#### 4.1.1 Disodio distirilbifenil disulfonato

Il disodio distirilbifenil disulfonato è una molecola grande e complessa, principalmente costituita da un bifenile centrale che lega altri due gruppi in para che sono composti da un etilene legato ad un altro fenile.

Come si vede dalla formula, andando da sinistra a destra, c'è una continua alternanza di legami singoli e doppi; gli elettroni dei doppi legami si definiscono elettroni  $\pi$ . Gli elettroni  $\pi$  sono mobili e si spostano quando si è in presenza di un sistema coniugato, ovvero di alternanza di legami singoli e doppi; questo spostamento è chiamato risonanza. Un esempio tipico di risonanza è il benzene, dove i legami singoli possono prendere il posto di quelli doppi e viceversa, per questo, spesso, il benzene è raffigurato con un cerchio dentro la struttura esagonale, a significare che gli elettroni sono continuamente in movimento, quindi tutti e sei i legami C-C hanno la stessa lunghezza, intermedia tra quella del singolo e del doppio legame.

Il movimento continuo degli elettroni  $\pi$  avviene ad una certa frequenza e quando la molecola è grande, questa frequenza è uguale a quella dei raggi UV, quindi questi vengono assorbiti. L'assorbimento dei raggi UV provoca degli eccitamenti interni e come conseguenza si ha il rilascio di radiazione a determinate frequenze d'onda. Nel caso specifico del disodio distirilbifenil disulfonato l'emissione avviene ad una tonalità bluastro che maschera quelle del giallo e del marrone, colori tipici dello sporco.



**Parte III**  
**La cucina**

# Capitolo 5

## Svelto e i tensioattivi

Ci spostiamo ora in cucina ed iniziamo analizzando il detersivo per piatti Svelto.

### 5.1 Gli ingredienti

Lo Svelto si utilizza per il lavaggio a mano dei piatti, bicchieri, pentole etc ... ed ha la seguente formula essenziale:

- dimetilol dimetil idantoina;
- metilisotiazolinone;
- metilcloroisotiazolinone;
- **tensioattivi anionici**;
- **tensioattivi anfoteri**.

La dimetilol dimetil idantoina, tecnicamente identificata come un preservante, è un potente agente microbico che agisce per rilascio di formaldeide. Lo stesso potere è dato dal metilisotiazolinone e dal suo parente stretto clorinato (metilcloroisotiazolinone), anche se con diverso meccanismo.

I tensioattivi sono il sapone che toglie lo sporco ed il loro funzionamento viene di seguito illustrato.

### 5.1.1 Tensioattivi

I tensioattivi sono molecole che fanno parte di una famiglia più generale chiamata dei surfatanti <sup>1</sup>. Fanno parte di questa famiglia generale, ad esempio, gli emulsionanti, gli umettanti, i tensioattivi stessi; hanno tutti la stessa struttura chimica caratterizzata da una catena carboniosa idrofoba più o meno lunga e da una testa idrofila (può essere cationica, anionica, anfotera o non ionica), ma in base al loro utilizzo e funzione vengono denominati in maniera diversa.

Il sapone è il più semplice dei tensioattivi; la caratteristica principale del sapone e dei tensioattivi in genere è la capacità di schiumare, proprietà utile ai bambini nel fare le bolle di sapone. Con l'acqua pura tal quale non è possibile fare le bolle di sapone perché, a causa dei numerosi e forti legami ad idrogeno, le molecole all'interfaccia con l'aria sono attratte verso l'interno, si dice che l'acqua ha una grande tensione superficiale. Questa proprietà si può intendere come l'energia necessaria per modificare l'area superficiale di un liquido; l'alta tensione superficiale dell'acqua si nota macroscopicamente quando vediamo il menisco convesso sulla parte sommitale di un bicchiere riempito oltre la sua capacità. Un tensioattivo si dispone all'interfaccia liquido/aria, nel caso dell'acqua con la catena idrofoba verso l'aria e con la testa idrofila dentro l'acqua e ne abbassa molto la tensione superficiale. Questo permette di creare le bolle di sapone, in quanto la bassa tensione superficiale permette che la bolla sferica non imploda.

#### L'effetto pulente

Il tensioattivo lavora principalmente in tre fasi:

1. abbassando la tensione superficiale all'interfaccia substrato/sporco/acqua;
2. rimuovendo lo sporco;
3. prevenendo che non si ridepositi.

Nel primo passaggio il surfatante mette le sue code apolari attorno lo sporco, ma si aggancia anche al substrato, questo abbassa la tensione superficiale all'interfaccia substrato/sporco/acqua permettendo una migliore bagnabilità.

Nel secondo passaggio lo sporco viene staccato grazie all'azione del punto 1. Da considerare che, ad esempio, una macchia di olio grazie al tensioattivo prende una forma sferica, quindi viene ridotta la superficie di contatto col substrato e la macchia si stacca grazie all'azione meccanica dell'acqua.

---

<sup>1</sup>Dall'inglese *surfactant*, ovvero *Surface Active Agent*.

Nel terzo step il tensioattivo preclude allo sporco di ridepositarsi, perché una volta staccato dal substrato, viene inglobato nelle micelle costituite dalle molecole di tensioattivo che lo circondano.

### Le bolle

Lavando i piatti a mano con lo Svelto notiamo una grande quantità di schiuma, quindi di bolle, nel lavello. La chimica-fisica delle bolle è tutt'altro che scontata e merita qui di essere citata. Le bolle sono in equilibrio metastabile, non durano per sempre e la loro durata è principalmente dovuta a tre fattori:

1. tensione superficiale;
2. riduzione dello spessore di parete;
3. disturbi casuali.

La tensione superficiale deve essere la più bassa possibile e questo si realizza con la scelta del giusto tensioattivo.

La bolla è costituita da una parete di liquido che ha un certo spessore all'inizio e che è destinato ad assotigliarsi fino a che la bolla esplosa e scompare. La bolla è un sistema complesso che divide l'aria in due zone, interna ed esterna. All'interno della bolla si realizza una pressione  $p_{in}$  maggiore di quella esterna  $p_{out}$ , la differenza è descritta dall'equazione di Kelvin

$$p_{in} = p_{out} + \frac{2\gamma}{r}. \quad (5.1)$$

Si vede che  $p_{in}$  eguaglia  $p_{out}$  quando il termine  $\frac{2\gamma}{r}$  si riduce a zero; ciò accade quando la tensione superficiale  $\gamma$  è bassa, quindi in presenza di un tensioattivo idoneo, e quando il raggio di curvatura  $r$  è ampio, cioè in presenza di bolle grandi. Quindi, a patto di avere il giusto tensioattivo, le bolle grandi sono più facilmente ottenibili di quelle piccole.

Il nemico principale delle bolle è la forza di gravità che agisce trascinando il liquido di parete verso il basso. Osservando bene le bolle, si vede che queste hanno delle strutture ad Y dovute al punto di contatto tra i canali (le pareti) di tre bolle. Nel punto ternario centrale della Y, detto *plateau*, si riunisce il liquido trascinato dalla forza di gravità, quindi il film di parete si assotiglia. Questo processo porterebbe a morte immediata la bolla, ma per fortuna esiste un processo contrario, detto

effetto Marangoni <sup>2</sup>, che riporta verso l'alto, quindi nella parte assotigliata, il tensioattivo per ristabilire l'equilibrio di concentrazione. Il tensioattivo arrivando porta stabilità al film di parete e contiene il drenaggio.

La bolla è poi minacciata dai disturbi casuali, ad esempio vibrazioni o qualsiasi cosa possa distruggere l'equilibrio metastabile.

Come detto prima parlando del Dixan o dell'Ariel, la schiuma per i detersivi per lavatrice (ma anche per lavastoglie) è da evitarsi per ovvie ragioni operative; mentre per i detersivo per i piatti da lavare a mano o per il bucato a mano, non lo è. Come indicazione generale possiamo dire che l'efficacia di un detersivo per piatti o bucato a mano è misurabile visivamente dalla schiuma: difatti, man mano che laviamo e togliamo lo sporco, le molecole di tensioattivo vengono impegnate per bloccare lo sporco, quindi sono sempre meno disponibili per stabilizzare le bolle; quindi l'assenza ad un certo punto di schiuma, vuol dire che il bagno d'acqua non è più efficace per la pulizia<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup>Per la precisione Marangoni-Gibbs.

<sup>3</sup>questo non è vero per quei prodotti che si basano su tensioattivi non schiumanti, ad esempio alcuni saponi per l'igiene personale.

# Capitolo 6

## Finish Quantum e gli agenti chelanti

Finish Quantum è un detersivo per lavastoviglie. Nel caso della lavastoviglie, i chimici hanno dovuto combinare insieme componenti con effetti diversi, ovvero il tensioattivo, gli addolcitori dell'acqua per prevenire la flocculazione dei surfatanti, quindi evitare la perdita di potere pulente e le incrostazioni, gli enzimi per digerire i residui di cibo e sostanze che evitano le fastidiose macchie di acqua evaporata, soprattutto sulla vetreria. Tutto questo è stato egregiamente risolto con le tavolette di Finish Quantum.

### 6.1 Gli ingredienti

La sua composizione chimica essenziale è la seguente:

- percarbonato di sodio e TAED;
- polivinilalcol;
- alcol alcossilato;
- dimeticone;
- metil-1H-benzotriazolo;
- proteasi ed amilasi;
- **trifosfato pentasodico.**

Il percarbonato di sodio e la TAED, come visto precedentemente, servono per sviluppare acqua ossigenata che in questo caso serve per combattere le macchie più difficili da togliere.

L'alcol alcossilato è un surfatante non ionico che rimuove bene il grasso e non fa schiuma.

Il dimeticone è un silicone e per sua natura, mettendosi sull'interfase acqua/aria delle bolle di sapone, le distrugge, quindi evita eventuale formazione di schiuma.

Il metil-1H-benzotriazolo è un inibitore di corrosione e forma una pellicola protettiva sulle parti metalliche della lavastoviglie.

Proteasi ed amilasi sono i due enzimi attivi su proteine e carboidrati.

Il polivinilalcol è un polimero solubile in acqua e rappresenta la matrice di cui è fatta la tavoletta, ha la caratteristica di sciogliersi con una sequenza prestabilita.

Il trifosfato pentasodico è l'addolcitore o agente sequestrante, in gergo chimico l'agente chelante e che verrà discusso di seguito.

Da notare che Finish Quantum contiene sia l'agente sbiancante sia gli enzimi, due componenti che troviamo singolarmente nel Dixan ed in Ariel, rispettivamente. Difatti si diceva prima che gli enzimi non possono sopravvivere in presenza di agenti ossidanti, con questo prodotto invece è possibile averli entrambi. Vediamo di seguito come.

### 6.1.1 Il curioso aspetto

Prima di parlare degli agenti chelanti, merita un breve cenno il curioso aspetto di queste tavolette: difatti ci sono tre compartimenti, quello bianco, quello blu e la pallina rossa centrale. Il motivo, oltre che estetico, è che ogni compartimento contiene differenti composti che, o devono essere rilasciati in sequenza ben definita, oppure non sono compatibili tra di loro e devono essere separati fin da subito.

Il compartimento bianco contiene gli agenti sequestranti (chelanti) e gli agenti ossidanti (percarbonato di sodio e TAED) che devono essere rilasciati subito. Nella pallina rossa centrale ci sono gli enzimi che devono intervenire quando gli agenti ossidanti hanno terminato il loro lavoro, altrimenti l'acqua ossigenata sprigionata gli ucciderebbe. Nel compartimento blu, l'ultimo ad intervenire nella sequenza, si trova un gel con il surfatante non ionico che agisce per ultimo e serve anche per evitare le macchie di acqua evaporata o gocce.

### 6.1.2 Trifosfato pentasodico

Le acque normalmente contengono come ioni anche calcio e magnesio, se la loro concentrazione è elevata si parla di acque dure perché il loro controione è  $\text{CO}_3^{3-}$ , quindi rappresentano il calcare. I tensioattivi hanno scarsa efficacia con le acque dure, perché hanno una tendenza a legarsi con calcio e magnesio che hanno carica  $2+$ , quindi per ogni ioni metallico due molecole di surfatante sono sequestrate e questo floccula, cioè si trasforma in un aggregato di più molecole di surfatante <sup>1</sup> per poi precipitare, quindi diventa inutilizzabile.

Inoltre precipita molto calcare con le acque dure e questo potrebbe diventare un problema per la lavastoviglie.

Calcio e magnesio devono quindi essere bloccati, sequestrati (da qui il nome di agente sequestrante) per rendere l'acqua più morbida (da qui il nome addolcitori). Questa funzione è egregiamente svolta dalla molecola di trifosfato pentasodico, una molecola con struttura a gabbia. Molecole con struttura simile a questa ce ne sono molte e vengono chiamate agenti chelanti, perché, come un granchio, hanno delle chele che imbrigliano lo ione metallico. Nel caso specifico, calcio e magnesio con carica  $2+$  sono bloccati dalle cariche negative degli ossigeni.

---

<sup>1</sup>La molecola singola è un colloide.



# Capitolo 7

## Oust e le interazioni $\pi$

Passiamo ora ad un prodotto completamente diverso e che serve per l'eliminazione dei cattivi odori in tempi rapidi.

Ci sono due modi per fare questo: il primo è quello di mascherare gli odori con un profumo tale per cui la miscela ha una sensazione gradevole, AirWick lavora in questo modo, il secondo è quello di sottrarre la molecola odorosa con l'ausilio di particolari molecole sequestranti. Oust e Febreze lavorano in questo senso, anche se utilizzano due modi leggermente diversi: Oust fa precipitare la molecola odorsosa al suolo, Febreze la circonda con un'altra molecola molto più grande, quindi non più percepibile dal naso umano.

### 7.1 Gli ingredienti

La composizione chimica è:

- n-alchil-dimetil-benzilammonio saccarinato;
- acqua;
- etanolo;
- propano e butano;
- **trietilenglicole (TEG)**;

n-alchil-dimetil benzilammonio saccarinato è un surfatante cationico con proprietà disinfettanti.

Acqua ed etanolo sono utilizzati come solventi.

Propano e butano sono i due gas propellenti che servono per far uscire sottoforma di spray la miscela contenuta nella bomboletta.

Il trietilenglicole (TEG) è la molecola sequestrante le molecole odorose, particolarmente attiva verso molecole con atomi di zolfo o con anelli benzenici.

### 7.1.1 Trietilenglicole

#### Le interazioni non covalenti

La maggior parte delle molecole è costituita da legami covalenti, ossia da condivisione di una coppia di elettroni tra due atomi. Esistono però complessi molecolari, detti strutture supramolecolari dove due o più molecole sono tenute insieme da interazioni non covalenti, singolarmente molto deboli, ma quando sono numerose abbastanza sufficienti da dare un'interazione forte.

Esempio non completo sono i legami ad idrogeno, le forze di van der Waals, le forze dispersive di London, le interazioni ioniche e le interazioni  $\pi$ .

Il TEG è una molecola che contiene quattro ossigeni, tutti con due doppietti elettronici non impegnati. Due di questi quattro ossigeni sono posizionati agli estremi sottoforma di ossidrili OH. Queste due caratteristiche sono molto importanti per il suo funzionamento.

#### Le molecole dell'odore

Le molecole odorose che possiamo sentire in cucina sono tipicamente mercaptani, ovvero molecole organiche contenente zolfo, oppure molecole più complesse ed aromatiche (contenute benzene e suoi derivati) che derivano dalle reazioni chimiche che si hanno durante la cottura. Se ci spostiamo in bagno, allora le molecole odorose sono quelle dovute alle feci.

Se consideriamo un mercaptano come il metantiolo, questo ha un terminale S-H che può dare forti legami ad idrogeno con i due ossigeni centrali del TEG, oppure essere accettore di legame idrogeno dai due OH terminali del TEG stesso.<sup>1</sup> Inoltre lo zolfo dispone di orbitali *d* vuoti che possono accettare un eventuale trasferimento di carica dagli ossigeni (il loro doppietto elettronico). Questo insieme di interazioni

---

<sup>1</sup>Un legame idrogeno si forma quando l'idrogeno si trova tra due atomi molto più elettronegativi di lui, ad esempio N,O,S. Uno dei due atomi lega l'idrogeno con legame covalente, l'altro interagisce a distanza cercando di avvicinarlo.

non covalenti bloccano i mercaptani che quindi non sono più percepibili dal naso umano<sup>2</sup>.

Consideriamo ora lo scatolo, un derivato dell'indolo, presente nelle feci alle quali conferisce il caratteristico colore marrone ed odore. In questo caso la molecola viene bloccata dal TEG grazie ad una particolare interazione detta  $\pi$ : si crea un'interazione tra il sistema  $\pi$  del benzene (o di qualsiasi sistema aromatico) con eventuali coppie elettroniche solitarie (*lone pair*, LP) o con dipoli, ad esempio  $O^{\delta-} - H^{\delta+}$ . Nel caso dello scatolo, il suo sistema  $\pi$  è elettron deficiento a causa dell'azoto dell'indolo, per cui attrae la carica negativa dei doppietti degli ossigeni; si crea l'interazione LP- $\pi$ . Sono note in letteratura interazioni dipolo- $\pi$  tra l'idrogeno con carica  $\delta+$  di  $H_2O$  e il sistema  $\pi$ , molto probabilmente questo avviene anche nel caso degli OH del TEG con lo scatolo.

---

<sup>2</sup>Nell'industria chimica è diffuso l'uso del TEG od affini per il processo di desolfurazione che comporta la precipitazione dell'addotto.

# **Parte IV**

## **Le pulizie generali**

# Capitolo 8

## Acido muriatico e gli azeotropi

Prendiamo ora in considerazione le pulizie generali con un'ultima carellata di prodotti molto diversi tra di loro ma con particolari curiosità scientifiche.

### 8.1 Gli ingredienti

L'acido muriatico è il nome commerciale dell'acido cloridrico,  $HCl$ , quindi la sua composizione chimica è molto semplice in quanto è una soluzione diluita. Quindi possiamo dire che l'unico ingrediente è l'acido cloridrico, escludendo l'acqua che funge da solvente.

L'acido muriatico viene usato principalmente per attacchi acidi, ad esempio per sciogliere il calcare.

#### 8.1.1 Acido cloridrico

La produzione di acido muriatico potrebbe risultare molto semplice guardando ai tre passaggi riportati di seguito:

1. reazione in fase gas,  $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ ;
2.  $HCl_{(g)}$  viene convogliato in acqua;
3. la miscela viene distillata per concentrare  $HCl$ .

Il punto critico è la distillazione della soluzione acquosa per concentrare  $HCl$ ; difatti questa non è semplice come quella, ad esempio, della produzione degli alcolici dove da una parte si concentra via via l'alcol e dall'altra rimane solo

l'acqua. Nel caso di HCl si raggiunge un punto oltre il quale l'acido non si riesce più a concentrare, questo punto rappresenta il 20% di acido in acqua.

L'acqua bolle a 100°C, l'acido cloridrico a -85,5°C, quindi non dovrebbero esserci problemi a distillare l'acido puro. Tuttavia la miscela dei due composti ha un punto di ebollizione di 108,58°C, quindi più alta del più alto bollente (l'acqua in questo caso) in virtù dei legami idrogeno (vedi pag.21). Si dice che si è in presenza di un azeotropo <sup>1</sup>, nel caso specifico si raggiunge l'equilibrio 20:80 HCl : H<sub>2</sub>O.

In commercio si trova acido muriatico con concentrazione del 35% <sup>2</sup>, molto maggiore al punto azeotropico. Per ottenerlo bisogna procedere con la distillazione azeotropica che prevede l'inserimento di un terzo componente che forma un azeotropo più stabile con l'acqua, quindi si riesce a concentrare l'acido cloridrico che non è più "bloccato" dall'acqua.

---

<sup>1</sup>Dal greco senza cambiamento d'urante l'ebollizione.

<sup>2</sup>La concentrazione massima è del 37%.

# Capitolo 9

## Trielina e gli orbitali $sp^2$

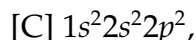
La trielina è forse passata in disuso, ma la si trova ancora in commercio ed è un potente solvente che viene usato come smacchiatore per tessuti e tante altre superfici.

### 9.1 Gli ingredienti

La trielina è composta esclusivamente da una molecola chiamata tricloroetilene.

#### 9.1.1 Tricloroetilene

La configurazione elettronica del carbonio è la seguente



con solo due elettroni spaiati, quindi il carbonio dovrebbe dare solo due legami. Tuttavia il carbonio è noto dare quattro legami nei suoi composti; questo si deve al fatto che uno dei due elettroni appaiati sull'orbitale  $2s$  viene promosso sul terzo orbitale  $p$  vuoto, in questa maniera si hanno quattro orbitali tutti spaiati, che si livellano alla stessa energia e che quindi possono dare quattro legami con quattro atomi. Si dice che si è in presenza di ibridazione  $sp^3$ .

Il carbonio però può anche dare sempre quattro legami, ma non necessariamente legare quattro atomi, è il caso dei doppi o dei tripli legami. In questo caso, dopo che i quattro elettroni si sono spaiati, non tutti e quattro gli orbitali si mescolano, ma solo tre o due, lasciando uno o due orbitali  $p$  non ibridizzati e ad

un'energia superiore. Nel primo caso si parla di ibrido  $sp^2$  e nel secondo caso di ibrido  $sp^1$ . Nel caso della trielina i due carboni sono ibridizzati  $sp^2$ , i tre orbitali ibridi  $sp^2$  costituiscono lo scheletro che lega i due clori ed il carbonio, mentre i due orbitali non ibridi  $p$  sono ortogonali al piano costituito dagli altri tre e le loro nuvole elettroniche si uniscono sopra e sotto il legame singolo C-C, andando quindi a costituire il doppio legame C=C.

---

<sup>1</sup> $sp^2$  significa che vengono ibridizzati un orbitale  $s$  e due orbitali  $p$ , con la stessa logica si interpreta  $sp$ .



# Capitolo 10

## Vetрил e il processo Haber-Bosch

Ci sono vari prodotti per la pulizia dei vetri e degli specchi, qui viene preso in considerazione il Vetрил con l'ammoniaca.

### 10.1 Gli ingredienti

La composizione chimica essenziale è la seguente:

- metossi-isopropanolo;
- etanolo;
- alcol isopropilico;
- cocoglucoside;
- etossisorbitan monolaurato;
- $NH_3$ .

Metossi-isopropanolo, etanolo e alcol isopropilico sono alcoli con potere solvente diverso l'uno dall'altro, quindi in grado di sciogliere varie sostanze.

Cocoglucoside è un tensioattivo di origine naturale, anche l'etossisorbitan monolaurato è un tensioattivo.

L'ammoniaca è un ottimo solvente per i grassi, quindi il prodotto è ottimo per togliere le ditate.

### 10.1.1 Ammoniaca

Il processo produttivo dell'ammoniaca, a vederlo oggi, è molto semplice in quanto si basa sulla reazione in fase gassosa tra azoto ed idrogeno.



La reazione in condizioni normali ha una resa molto bassa in quanto l'energia necessaria per rompere il doppio legame  $N \equiv N$  è molto alta. Un modo per aumentare la resa, guardando solo all'energia necessaria, è quello di aumentare la temperatura. Ma se la temperatura è alta la resa si abbassa per il principio di Le Châtelier in quanto la reazione che produce  $NH_3$  è molto esotermica.

Il chimico tedesco Fritz Haber sviluppò un processo catalitico basato sull'adsorbimento dell'azoto su una matrice porosa a base di ferro, in questa maniera il triplo legame è destabilizzato, quindi attaccabile dall'idrogeno anche a temperature più basse. Il chimico tedesco Carl Bosch, che allora lavorava alla BASF, lavorando con lo stesso Haber, riuscì ad industrializzare il processo e renderlo economicamente favorevole. Tale processo, oggi ancora in uso, viene detto processo Haber-Bosch. Entrambi i chimici presero il Nobel, Haber per la sintesi dell'ammoniaca e Bosch per l'utilizzo delle alte pressioni nelle sintesi chimiche.

# Capitolo 11

## Argentil e i legami dativi

Prendiamo ora in considerazione uno dei prodotti utili per la pulizia dell'argento, l'Argentil.

### 11.1 Gli ingredienti

La composizione chimica essenziale per la variante spray <sup>1</sup> è:

- etanolo;
- cocoglucoside ;
- acido fosforico;
- alcol-etossilato;
- **1,3-dimetil-2-tiourea.**

L'etanolo e l'alcol-etossilato sono ottimi solventi per grassi.

Il cocoglucoside è un tensioattivo, come visto precedentemente.

L'ingrediente principale è la 1,3-dimetil-2-tiourea che è un agente complessante <sup>2</sup> che esplica il suo lavoro in sinergia con l'acido fosforico.

---

<sup>1</sup>La variante crema ha differenze, ma non sostanziali. Differenze esistono anche tra le varianti dedicate ad oggetti diversi, ad esempio per suppellettili o per preziosi.

<sup>2</sup>Agente complessante è sinonimo di agente chelante.

### 11.1.1 1,3-dimetil-2-tiourea

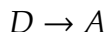
#### Perché l'argento annerisce?

L'argento annerisce per formazione di una patina superficiale di  $Ag_2O$  e di  $Ag_2S$  per la presenza in aria di ossigeno e composti solfurei, rispettivamente.

L'Argentil lavora principalmente con l'acido fosforico che scioglie il deposito nero e con la tiourea che complessa stabilmente l'argento disciolto e quindi prevenendo la sua rideposizione.

#### I legami dativi

Il legame dativo, o più propriamente il legame covalente dativo è a tutti gli effetti un legame covalente, quindi con condivisione di un doppietto elettronico, ma con la particolarità che il doppietto è completamente fornito da un atomo, detto donatore D, ad un atomo accettore A che ha orbitali liberi. Il legame dativo viene indicato come



Prendendo ad esempio l'ammoniaca, l'azoto lega tre idrogeni a formare  $NH_3$ , ma possiede ancora un doppietto elettronico spaiato e libero. Se siamo in presenza di protoni  $H^+$ , quindi di un atomo di idrogeno che ha perso il suo singolo elettrone e che quindi ha il suo orbitale libero, allora l'azoto dona il suo doppietto all'idrogeno e si forma un legame covalente dativo, quindi lo ione  $NH_4^+$ .

L'ammoniaca di per se sarebbe un ottimo complessante dell'argento, ma troppo pericolosa perché dal complesso precipita lentamente  $Ag_3N$  esplosivo. La tiourea contiene due atomi di azoto, quindi equivale a due moli di ammoniaca, e non ha il problema appena citato. Nel caso della 1,3-dimetil-2-tiourea, i due metili  $CH_3$  legati direttamente all'azoto rendono il suo doppietto elettronico ancora più disponibile<sup>3</sup> per la donazione all'argento, quindi rende il complesso finale più stabile.

C'è un'analogia tra il principio di funzionamento della tiourea verso l'argento nell'Argentil e quello del trifosfato pentasodico verso  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  nel Finish Quantum: entrambi bloccano degli atomi, ma nel caso dell'Argentil abbiamo la formazione di un legame dativo, mentre nel caso del Finish Quantum si ha un'interazione ionica.

---

<sup>3</sup>Si dice effetto induttivo +I.

**Parte V**  
**Conclusione**

---

Molte persone pensano che la chimica abbia rovinato la natura e l'uomo, introducendo nuove molecole pericolose. Queste persone non hanno tutti i torti, il passato ci insegna quanti disastri ambientali ed umani sono accaduti e causati da uno scorretto utilizzo della chimica. C'è però da dire che quando questo è accaduto, i test tossicologici e di sicurezza erano in uno stadio embrionale, quindi non era disponibile la conoscenza approfondita di oggi. Dobbiamo sottolineare nuovamente che non è stata la scienza chimica di per se il problema, ma l'uso inappropriato e criminale di essa.

Oggi ancora molte persone, nonostante una maggiore informazione, cavalcano quell'onda secondo la quale la chimica è innaturale, quindi pericolosa. Queste persone, ancorate ai disastri del passato, non sanno che la Natura in primavera sprigiona milioni di molecole, molte di queste sono tossiche per l'uomo. Queste persone impugnano i dati tossicologici delle varie sostanze chimiche, ma dimenticano che questi sono riferiti a test mirati in laboratorio che definiscono la concentrazione mortale. Inoltre quando vengono pubblicate notizie di rilevazioni di sostanze chimiche nell'ambiente, spesso dimenticano che si parla di concentrazioni di ppb, parti per miliardo. Per rendere l'idea, è come dire pochi secondi ogni 32 anni, nulla di così significativo.

Il passato non si cancella, certamente. Da esso si impara per migliorare, non si deve vivere il presente precludendoci il futuro guardando con paura al passato; ora sappiamo fare meglio.

Sono personalmente convinto che la chimica ha reso la nostra vita più salutare, più pulita, più lunga, più sicura, più "colorata", ma soprattutto ha reso le nostre case un luogo più vivibile.

**Parte VI**  
**Bibliografia e indice analitico**

# Indice analitico

## simboli

1,3-dimetil-2-tiourea, 30

## A

Ace, 7

acido cloridrico, 24

acido fosforico, 30, 31

acido muriatico, 24

acqua ossigenata, 6, 18

acque dure, 19

addolcitori, 3, 17

adsorbimento, 29

agente anti-rideposizione, 3, 6, 10

agente chelante, 18

agente sequestrante, 18

AirWick, 20

alcol alcossilato, 17

alcol isopropilico, 28

alcol-etossilato, 30

allergeni, 3

amilasi, 17, 18

ammoniaca, 28

ammorbidente, 6

Argentil, 30

Ariel, 10

azeotropo, 25

azoto, 29

## B

bentonite, 5

benzene, 11

bolle, 15

bolle di sapone, 14

Bolton Group, 3

brillantante, 3, 6, 11

butano, 20

## C

calcare, 19, 24

candeggiante, 3, 6, 7

carboidrati, 18

carbonato di sodio, 7

Carl Bosch, 29

casa, 2

chelante, 30

chimica, 2

clorato di sodio, 8

clorito di sodio, 8

cloro, 7, 8

cloruro di sodio, 8

cocoglucoside, 28, 30

colloide, 19

complessante, 30

complessi molecolari, 21

## D

Dash, 10

desolfurazione, 22

dimeticone, 17

dimetilol dimetil idantoina, 13

dipoli, 22

dismutazione, 8



disodio distirilbifenil disulfonato, 5, 10  
distillazione, 24  
distillazione azeotropica, 25  
Dixan, 5  
doppi legami, 26  
drenaggio, 16

**E**

effetto induttivo, 31  
effetto Marangoni, 16  
elettroni  $\pi$ , 11  
emulsionanti, 14  
enzimi, 3, 17, 18  
equazione di Kelvin, 15  
etanolo, 20, 28, 30  
etichetta, 3  
etossisorbitan monolaurato, 28

**F**

Febreze, 20  
feci, 21  
Finish Quantum, 17  
flocculazione, 17  
formaldeide, 13  
forza di gravità, 15  
forze di van der Waals, 21  
forze dispersive di London, 21  
fragranza, 3  
Fritz Haber, 29

**G**

glicosidasi, 10  
gomma di cellulosa, 5

**I**

ibridazione  $sp$ , 27  
ibridazione  $sp^2$ , 27  
ibridazione  $sp^3$ , 26  
idrogeno, 29  
indolo, 22

inibitore di corrosione, 18  
interazione  $\pi$ , 22  
interazione dipolo- $\pi$ , 22  
interazione LP- $\pi$ , 22  
interazioni ioniche, 21  
interazioni non covalenti, 22  
interfaccia liquido/aria, 14  
ipoclorito di sodio, 7, 8

**J**

Johnson, 3

**L**

legame dativo, 31  
legami ad idrogeno, 14, 21  
legami covalenti, 21  
lone pair, 22

**M**

mercaptani, 21  
metantiolo, 21  
metil-1H-benzotriazolo, 17  
metilcloroisotiazolinone, 13  
metilisotiazolinone, 13  
metossi-isopropanolo, 28  
micelle, 15

**N**

n-alchil-dimetil-benzilammonio saccarato, 20

**O**

orbitali  $d$ , 21  
Oust, 20

**P**

percarbonato di sodio, 17  
perclorato di sodio, 8  
perossidi, 6  
plateau, 15

polietilimmina etossilato, 10  
polivinilalcol, 17  
potere ossidante, 9  
principio di Le Châtelier, 29  
processo Haber-Bosch, 29  
Procter & Gamble, 3  
propano, 20  
proteasi, 10, 17, 18  
proteine, 18  
pulizie, 2

**R**  
radicali, 6  
raggi UV, 11  
Regolamento Detergenti, 3  
risonanza, 11

**S**  
sapone, 14  
sbiancante, 6  
scatolo, 22  
schiuma, 15  
silicone, 18  
sistema coniugato, 11  
sodio bicarbonato, 5  
sodio carbonato, 6  
sodio dodecil benzensolfonato, 5  
sodio idrossido, 7  
sodio lauril solfato, 10  
sodio peracetato, 6  
spessore di parete, 15  
sporco biologico, 10  
stati di ossidazione, 7  
strutture supramolecolari, 21  
surfatante, 3, 5, 10, 18  
Svelto, 13

**T**  
TAED, 17

TEG, 21  
tensioattivi, 13  
tensione superficiale, 14  
tetra-acetilendiammina, 5  
tiourea, 31  
trasferimento di carica, 21  
tricloroetilene, 26  
trielina, 26  
trietilenglicole, 20  
trifosfato pentasodico, 17, 19, 31  
trimonoetanolammina etidronato, 10  
tripli legami, 26

**U**  
umettanti, 14  
Unilever, 3

**V**  
Vetril, 28

**Z**  
zeolite, 5

# Bibliografia

- [1] *Chemistry at home - Exploring the Ingredients in Everyday Products*. J. Emsley. Royal Society of Chemistry, **2015**.
- [2] *Why there's Antifreeze in your Toothpaste - the Chemistry of Household Ingredients*. S. Q. Field. Chicago Review Press, **2008**.
- [3] *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. D. J. Shaw. Butterworth Heinemann, **1996**.
- [4] *Chimica Fisica*. P. W. Atkins. Zanichelli, **1997**.
- [5] *Chimica Analitica Qualitativa - Equilibri in Soluzione*. G. Charlot. Piccin, **1977**.
- [6] *Studio a raggi X a temperatura variabile di complessi a trasferimento di carica fra donatori contenenti sistemi tautomerici  $N - H \cdots O / N \cdots H - O$  assistiti dalla risonanza e TCNQ come accettore*. F. Nart. Tesi di laurea, **2005**.