



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

---

# LA CHIMICA DI GOETHE

*Note integrative al seminario*

---

**Autore:** Dr. Fabiano Nart

---

*Dolomiti in Scienza 2019*

---

### **Nota dell'autore**

Questo testo rappresenta una nota integrativa al seminario "La chimica di Goethe", tenuto in occasione della manifestazione di divulgazione scientifica organizzata dal GDS Dolomiti "E. Fermi", *Dolomiti in Scienza*, il 26 Gennaio 2019.

### **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. Attualmente frequenta il corso MBA presso la Johannes Kepler Universität di Linz in Austria. Iscritto all'Ordine dei Chimici e dei Fisici 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. Nel 2019 ha pubblicato, in qualità di coautore, il libro *29 giugno 1873 - quindi seguì una scossa ed un tremolio. . .*; nello specifico si è occupato della traduzione dal tedesco all'italiano del lavoro originale del geologo Alexander Bittner, opera di riferimento per lo sviluppo della pubblicazione. 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	Johan Wolfgang von Goethe . . . . .	2
1.1.1	Torbern Olof Bergman . . . . .	2
1.1.2	Le affinità elettive ( <i>Die Wahlverwandtschaften</i> ) . . . . .	3
<b>II</b>	<b>La tavola periodica</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>La tavola periodica</b>	<b>5</b>
2.1	Mendeleev e la tavola periodica . . . . .	5
2.2	La struttura atomica . . . . .	5
2.3	Come si costruisce l'atomo . . . . .	6
2.4	La periodicità . . . . .	6
2.5	La regola dell'ottetto . . . . .	7
<b>III</b>	<b>Relazioni e legami chimici</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Relazioni e legami chimici</b>	<b>9</b>
3.1	Amore labile - il legame ionico . . . . .	9
3.2	Amore e legame covalente . . . . .	9
3.2.1	Ottetto non completo - il caso del boro infelice . . . . .	10
3.2.2	Legame covalente dativo - il boro ha l'amante . . . . .	10
3.2.3	Ottetto espanso - il caso del fosforo poligamo . . . . .	11
3.3	Modelli teorici . . . . .	11
3.3.1	Teoria del legame di valenza . . . . .	11
3.3.2	Teoria degli orbitali molecolari . . . . .	12
3.3.3	La correzione . . . . .	13

---

<b>4</b>	<b>Conclusione</b>	<b>14</b>
4.1	Le reazioni di scambio . . . . .	14
4.1.1	Perché avvengono le reazioni . . . . .	14
4.2	Vita di coppia . . . . .	15
<b>IV</b>	<b>Bibliografia e indice analitico</b>	<b>I</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>III</b>

**Parte I**  
**Introduzione**

# Capitolo 1

## Introduzione

### 1.1 Johan Wolfgang von Goethe

Johan Wolfgang von Goethe, meglio noto come Goethe, nacque a Francoforte sul Meno il 28 agosto 1749, giorno del primo anniversario di matrimonio dei genitori Johan Caspar e Katharina Elisabeth Textor, entrambe persone di profonda cultura. La sua formazione è stata molto varia e completa, proprio per questo è ritenuto l'ideatore del concetto di *Weltliteratur*, ovvero di letteratura mondiale, interessandosi e ammirando varie culture. Noto per essere uno scrittore, poeta e drammaturgo, non si deve dimenticare che era anche teologo, filosofo e scienziato e che il suo pensiero ha influenzato altre menti del tempo.

La sua opera principale, alla quale lavorò per oltre settant'anni è il *Faust*, ma scrisse decine e decine di opere letterarie e teatrali, tra queste si ricordano *I dolori del giovane Werther* e *Le affinità elettive*.

#### 1.1.1 Torbern Olof Bergman

Torbern Olof Bergman fu un chimico e mineralogista svedese che introdusse per primo il concetto di affinità elettiva nella sua opera *Dissertazione sulle attrazioni elettive* nel 1775, come tentativo di spiegare come mai composti apparentemente immutabili, se mescolati tra di loro reagiscono per dare vita a nuove specie.

In un passo molto importante del suo testo schematizza la sua idea considerando il composto Ac ottenuto facendo reagire "A" con "c". Quindi afferma che se un nuovo elemento chimico "b" viene a contatto con Ac scalzando "c" e prendendone il suo posto dando il nuovo composto Ab, allora "A" attrae "b" molto più fortemente di "c". Se l'elemento "a" si avvicina al nuovo composto Ab, e se

“a” eccede “b” in potere attrattivo, allora si formerà il composto Aa. Quindi si ottiene la serie a-b-c per quanto riguarda l’efficacia. Bergman afferma che ciò che lui chiama attrazione, altri chiamano invece affinità. Si spinge oltre dicendo che dovrebbe usare entrambi i termini in maniera promiscua, ma riconoscendo che il secondo, ovvero affinità, è più metaforico, quindi meno adatto alla filosofia (da intendere come scienza).

Bergman quindi passa ad un esempio di chimica molto pratico, citando l’ammoniaca (chiamata *volatile alkali*) e la soda caustica (chiamata *fixed alkali*). L’ammoniaca viene rimossa per azione della soda caustica in presenza di terre calcaree. Quindi porta l’esempio del mercurio e dell’argento che, se in soluzione rispettivamente di acido nitroso e di acido solforico, vengono separati attraverso l’aggiunta di rame, quest’ultimo può venir poi separato con aggiunta di ferro <sup>1</sup>. Mercurio, argento e piombo, chiamati metalli bianchi dagli antichi, sono separati dall’acido nitroso sia dall’acido solforico che dall’acido cloridrico (chiamato *marine acid*). <sup>2</sup>

### 1.1.2 Le affinità elettive (*Die Wahlverwandtschaften*)

Come detto nell’introduzione Goethe era anche uno scienziato, quindi conosceva i concetti base delle scienze che si stavano a quel tempo sviluppando. Venne a conoscenza del lavoro di Bergman, lo lesse e trovando interessante il concetto chimico di affinità, decise di sviluppare un’opera attorno a questo fulcro. Nel 1809 pubblica *Le affinità elettive* raccontando la storia della coppia Edoardo e Carlotta, che dopo essersi ritrovati in tarda età, si separano avendo accolto in casa il Capitano ed Otilia. Edoardo si innamora di Otilia e Carlotta del Capitano. Goethe richiama attraverso un dialogo tra Edoardo, Carlotta e il Capitano i concetti chimici di affinità per spiegare come le relazioni di coppia possano essere paragonate al comportamento degli atomi che si lasciano e si riprendono.

---

<sup>1</sup>in virtù dei potenziali di ossidoriduzione.

<sup>2</sup>il principio dell’analisi qualitativa sistematica dei gruppi.

# **Parte II**

## **La tavola periodica**

# Capitolo 2

## La tavola periodica

### 2.1 Mendeleev e la tavola periodica

Mendeleev non fu il solo a cercare di organizzare gli elementi chimici allora noti in una maniera ragionata. Parallelamente a lui lavorò anche il tedesco Julius Lotar Meyer, anch'esso presente al congresso di Karlsruhe del 1860, in occasione del quale Amedeo Avogadro presentò i suoi lavori. Entrambi i chimici ritornarono in patria con una copia di questo lavoro. Nel 1869 Mendeleev espose la legge periodica: disponendo gli elementi in ordine di massa atomica crescente, si può osservare un andamento periodico delle proprietà. La tavola periodica come noi oggi la conosciamo ha le righe scambiate con le colonne, a differenza della versione originale<sup>1</sup>.

### 2.2 La struttura atomica

La periodicità sopra discussa nasce dalla natura intima degli atomi, ovvero dalla loro struttura atomica. Come è noto gli atomi hanno un nucleo centrale costituito da protoni e da neutroni, mentre gli elettroni si muovono all'interno di regioni di spazio attorno al nucleo e che si chiamano orbitali atomici.

---

<sup>1</sup>nella tavola così fatta si venivano a creare dei buchi, Mendeleev fu il solo ad ipotizzare nuovi elementi chimici che poi vennero scoperti. Per questo il merito della tavola periodica è stato riconosciuto a lui.

## 2.3 Come si costruisce l'atomo

Il modo in cui gli elettroni si dispongono in questi orbitali atomici è responsabile delle proprietà degli atomi, quindi della loro periodicità. Due principi fondamentali sono alla base della periodicità:

- principio di esclusione di Pauli;
- regola di Hund.

Secondo il principio di esclusione di Pauli, ogni orbitale può contenere al massimo due elettroni, ma questi devono avere spin opposto. Lo spin è una proprietà quantomeccanica che in prima approssimazione può essere ricondotta alla direzione di rotazione degli elettroni sul proprio asse. Tradotto in parole semplici: i due elettroni nello stesso orbitale devono ruotare in direzioni opposte, quindi uno in senso orario e l'altro in senso antiorario.

La regola di Hund si applica quando lo stesso livello energetico dispone di più orbitali, come ad esempio per il livello 2p che contiene tre tipi di orbitali ( $2p_x$ ,  $2p_y$ ,  $2p_z$ ). Dovendo inserire su questo livello più elettroni, la regola dice che prima si occupano singolarmente tutti gli orbitali, solo in un secondo momento si accoppiano gli elettroni.

## 2.4 La periodicità

Per capire appieno la periodicità degli elementi chimici, osserviamo la tavola periodica: essa è composta da righe e colonne.

Ogni riga è chiamata periodo ed il numero a sinistra corrisponde al livello energetico. Quindi idrogeno ed elio fanno parte del primo periodo e i loro elettroni occupano il primo livello energetico. Il secondo periodo inizia con il litio e termina con il neon, quindi tutti questi atomi hanno i loro elettroni sul primo e sul secondo livello energetico. Dato che il primo livello è già pieno, importanti sono gli elettroni del secondo livello, cosiddetto esterno, perché sono essi a dettare le proprietà chimico-fisiche degli atomi.

Ogni colonna è chiamata gruppo ed i numeri romani riportati in alto corrispondono al numero di elettroni esterni che tutti gli atomi in quella colonna hanno. Prendiamo ad esempio il secondo periodo, nello specifico l'atomo di ossigeno. Il suo numero romano è VI, questo vuol dire che esso ha sei elettroni esterni (uno in più dell'azoto ed uno in meno del fluoro). Così sarà anche per lo zolfo, ad

esempio, anche se esso appartiene al terzo periodo: appartenendo al terzo periodo avrà orbitali occupati fino al terzo livello energetico, ma essendo i primi due completamente occupati, le sue proprietà sono date dagli elettroni esterni del terzo livello (sei come per l'ossigeno).

Questo ripetersi della struttura atomica crea la periodicità e quello che si osserva sperimentalmente è quanto segue:

- l'energia di ionizzazione, l'affinità elettronica e l'elettronegatività crescono lungo un periodo da sinistra a destra e decrescono lungo un gruppo dall'alto al basso;
- il raggio atomico cresce lungo un periodo da destra a sinistra e lungo un gruppo dall'alto al basso.

L'affinità chimica non si trova qui ma è qualcosa che dipende fortemente dall'affinità elettronica e dall'elettronegatività, le due caratteristiche chimico-fisiche che dettano maggiormente la reattività tra i vari elementi chimici.

## 2.5 La regola dell'ottetto

La regola dell'ottetto è una regola approssimativa ma molto efficace per capire velocemente la maggior parte delle combinazioni tra gli atomi. La regola afferma che ogni atomo nel suo livello esterno di orbitali può contenere al massimo otto elettroni. Se guardiamo alla tavola periodica, considerando solo il secondo ed il terzo periodo, vediamo come ci siano otto gruppi. Ricordando che il numero del gruppo da sinistra a destra ci dà il numero di elettroni esterni, la regola è facile da capire: ogni atomo si unirà all'altro in maniera da acquisire (se si trova verso destra) o perdere (se si trova verso sinistra) elettroni fino a raggiungere il completamento dello strato esterno con otto elettroni. Ad esempio il cloro o il fluoro si trovano nel settimo gruppo, a loro basta acquisire un elettrone per diventare come il gas nobile posto subito dopo a destra. Sodio o potassio invece non hanno convenienza ad acquisire sette elettroni per diventare come il gas nobile posto a destra lungo il loro periodo, invece perdono il loro elettrone diventando come il gas nobile posto appena prima di loro nel periodo sopra.

Con il livello esterno completo, ovvero con l'ottetto completo, l'atomo, o meglio i due atomi legati tra di loro sono stabili, come accade tra due persone che si completano.

**Parte III**

**Relazioni e legami chimici**

# Capitolo 3

## Relazioni e legami chimici

### 3.1 Amore labile - il legame ionico

Avendo in mente la tavola periodica, se si considerano due elementi chimici molto distanti tra di loro, quindi con grossa differenza di elettronegatività, si forma un legame ionico. È il caso di NaCl, infatti il sodio si trova all'estrema sinistra ed il cloro all'estrema destra; il sodio per raggiungere la configurazione di ottetto deve perdere il suo unico elettrone esterno, mentre il cloro dovrà acquistarne uno per completare il suo. Quando si incontrano, il sodio cede il suo elettrone al cloro, il sodio si carica positivamente ed il cloro negativamente. Gli atomi si trasformano in ioni e si comportano come due poli opposti, la coppia non è bilanciata ed il legame è precario perché uno cede tutto all'altro. La coppia rimane insieme per attrazione elettrostatica secondo la legge di Coulomb, un tipo di attrazione non fortissima.

### 3.2 Amore e legame covalente

Si considerino ora due elementi chimici a carattere non metallico, come ad esempio idrogeno ed ossigeno. In questo caso nessuno cede elettroni all'altro perché la loro energia di ionizzazione, cioè l'energia per strappare un elettrone e creare il catione corrispondente, è molto alta.

L'idrogeno ha bisogno di un elettrone per completare il suo orbitale esterno (in questo caso non si è in presenza dell'ottetto, ma di un solo doppietto), mentre l'ossigeno, che ha sei elettroni nel suo orbitale esterno, ne ha bisogno di due. Quindi un atomo di ossigeno si combina con due atomi di idrogeno per formare una

molecola di acqua; dal punto di vista elettronico l'ossigeno condivide un elettrone con ciascuno dei due idrogeni, quindi mette a disposizione due elettroni, mentre ognuno dei due idrogeni condivide il suo singolo elettrone. Si vengono a formare due legami covalenti O-H, dove il legame è dato appunto dalla condivisione di due elettroni. Così facendo l'ossigeno si trova ad avere due elettroni in più, che sommati ai sei di partenza fanno otto, mentre ogni idrogeno ha due elettroni in totale. Le due coppie di legame covalente attraggono i nuclei positivi degli atomi tra i quali si muovono, fornendo stabilità. Questo tipo di legame è molto più forte di quello elettrostatico.

### 3.2.1 Ottetto non completo - il caso del boro infelice

Consideriamo la molecola di trifloruro di boro,  $\text{BF}_3$ , in particolare la loro struttura elettronica così come rappresentata dalla struttura di Lewis. Facendo la conta di quanti elettroni ogni fluoro ha (quindi i suoi e quelli condivisi), vediamo che ognuno ne ha otto; quindi i tre fluori sono stabili e felici perché hanno completato il loro ottetto. Al contrario il boro ha solo sei elettroni, gliene mancano due per completare l'ottetto. Come accade in una coppia non completamente felice, si cerca alla bell'e meglio di rimanere uniti, il boro ed il fluoro quando uniti a formare il trifloruro di boro, adottano la strategia della risonanza: uno dei tre fluori decide di condividere una sua coppia elettronica con il boro, si instaura quindi un doppio legame  $\text{B}=\text{F}$ , con il boro caricato negativamente perché ha acquisito un elettrone in più e con il fluoro caricato negativamente avendolo perso. Per mantenere un equilibrio duraturo i tre fluori si alternano nel cercare di rendere più felice il boro.

### 3.2.2 Legame covalente dativo - il boro ha l'amante

Abbiamo capito che il boro non si sente completo con il fluoro all'interno del composto  $\text{BF}_3$ , quindi quando si presenta nelle vicinanze una molecola come  $\text{NH}_3$  che ha un doppietto elettronico libero e quindi non impegnato, si accoppia molto volentieri. Ma ovviamente non lo fa liberandosi prima del fluoro, ma lo fa contemporaneamente, come quando uno dei due partner ha l'amante. L'ammoniaca, nello specifico il suo azoto che ha il doppietto non impegnato, cede la coppia di elettroni all'orbitale vuoto del boro e si forma il composto ionico  $(\text{NH}_3)^+\text{BF}_3^-$ , dove il boro ha finalmente tutto il suo ottetto completato e si sente felice ed appagato.

Quando un legame covalente si forma perché uno dei due atomi mette a disposizione una sua coppia di elettroni, si parla di legame covalente coordinato o di legame dativo.

### 3.2.3 Ottetto espanso - il caso del fosforo poligamo

Gli elementi del terzo periodo e dei periodi successivi hanno una caratteristica molto particolare, prendiamo come esempio il fosforo. Esso ha cinque elettroni esterni collocati sugli orbitali  $3p$ , quindi gliene mancano tre per completare l'ottetto, difatti esiste il composto  $PCl_3$ . Ma la meccanica quantistica prevede per gli elementi del terzo periodo, ed esistono sperimentalmente, gli orbitali  $3d$  che sono ad energia accessibile, quindi utilizzabili per accettare coppie di elettroni e quindi creare altri legami. Difatti il fosforo può dare anche il composto  $PCl_5$  e  $PCl_6$  con quattro e sei elettroni, rispettivamente, in aggiunta a quelli dell'ottetto. Il fosforo è poligamo, potendo amare un numero variabile di clori. Si dice in questo caso che si è in presenza dell'espansione dell'ottetto.

Teoricamente avendo cinque orbitali  $d$  si possono avere fino a cinque clori in più, vale a dire il composto  $PCl_8$ , ma il limite è quello dell'impedimento sterico.

## 3.3 Modelli teorici

Il legame covalente è certamente facile da schematizzare e da comprendere, ma la sua trattazione teorica non lo è stata altrettanto.

Esistono due modelli teorici per spiegare il legame covalente:

- teoria del legame di valenza (VB - *Valence Bond*), sviluppata da Walter Heitler, Fritz London e Linus Pauling;
- teoria degli orbitali molecolari (MO - *Molecular Orbital*), sviluppata da Friedrich Hund, Robert S. Mulliken, John C. Slater e J. Jones.

Entrambe le teorie appartengono alla meccanica quantistica, la prima fu un tentativo di miglioramento della teoria VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*).

### 3.3.1 Teoria del legame di valenza

La teoria VB prende in considerazione solo gli orbitali atomici di valenza, ovvero quelli che contengono gli elettroni condivisi nel legame covalente, ed afferma che tali orbitali si sovrappongono, si mescolano per dare un orbitale a forma di salsicciotto che contiene i due elettroni di legame. I calcoli quantomeccanici confermano che l'energia potenziale degli elettroni di legame è inferiore a quella dei due elettroni isolati, quindi il legame è stabile.

Questa teoria spiega molto bene la formazione delle molecole, ma non rende conto di alcune proprietà di esse, come ad esempio il ferromagnetismo dell'ossigeno liquido. L'ossigeno liquido quando versato tra due poli elettromagnetici viene attratto verso uno dei due, segno questo che ha un momento di spin elettromagnetico intrinseco. Secondo la teoria VB i due elettroni di legame si trovano appaiati nell'orbitale di legame, quindi hanno i due spin opposti e la molecola non dovrebbe avere spin residuo.

### 3.3.2 Teoria degli orbitali molecolari

La teoria MO ha spiegato brillantemente il comportamento paramagnetico dell'ossigeno liquido,  $O_2$ , semplicemente ammettendo tre cose:

- non solo gli orbitali atomici di valenza si uniscono a dare un nuovo orbitale, ma
- tutti gli orbitali atomici a tutti i livelli energetici si combinano con i rispettivi orbitali dell'altro atomo di ossigeno, e
- ad ogni accoppiamento tra due orbitali atomici si crea il cosiddetto orbitale molecolare di legame, ma anche il corrispondente orbitale molecolare di antilegame.

Quindi, se consideriamo gli orbitali atomici  $2s$  dei due ossigeni, si forma l'orbitale molecolare di legame detto  $\sigma_{2s}$  a bassa energia e l'orbitale molecolare di antilegame  $\sigma_{2s}^*$  a più alta energia. Quello di legame prevede la somma dei due orbitali atomici, quindi si ottiene la forma a salsicciotto come previsto dalla teoria VB, mentre quello di antilegame è sottrattivo, per cui i due orbitali atomici non si fondono ma formano un nodo di separazione in centro.

Ogni atomo di ossigeno ha un orbitale  $2s$  e tre orbitali  $2p$ , in totale si formeranno quindi quattro orbitali molecolari di legame e quattro orbitali molecolari di antilegame. Gli elettroni totali da sistemare sono sei per ogni atomo, quindi dodici. Si sistemano per coppie dall'orbitale molecolare a più bassa energia e salendo man mano, sempre nel rispetto delle regole di Pauli e Hund. Facendo così ci si viene a trovare con due elettroni spaiati sugli orbitali molecolari di antilegame, sono proprio questi, non essendo appaiati e quindi non annullandosi, che generano il paramagnetismo. Se ora facciamo la conta di quanti orbitali molecolari di legame e di antilegame occupati abbiamo, vediamo che ne abbiamo quattro di legame e due di antilegame, il bilancio netto è di due orbitali di legame, quindi si spiega la stabilità delle molecole  $O_2$ .

### 3.3.3 La correzione

Nessun legame è completamente ionico e nessuno è completamente covalente, esiste sempre un carattere residuo di uno nell'altro, tutto dipende dalla differenza di elettronegatività.

Quando la differenza è zero o prossima a zero, avremo un legame prevalentemente covalente; se nell'intorno di 1,5 si ha un legame covalente polare, quindi ancora condivisione di elettroni ma con la coppia spostata verso l'atomo più elettronegativo; se maggiore o uguale a due siamo in presenza di un legame prevalentemente ionico.

# Capitolo 4

## Conclusione

### 4.1 Le reazioni di scambio

Il capitolo quattro di *Le affinità elettive* è il “centro chimico” dell’opera dove Goethe prende a prestito gli studi di Bergman sull’affinità chimica.

La scena è quella in cui Edoardo, Carlotta ed il Capitano iniziano a parlare delle affinità tra le persone. In un passo il Capitano dice quanto segue:

*Ad esempio, ciò che chiamiamo calcare è una terra calcarea più o meno pura, intimamente legata a un acido debole, che noi conosciamo a uno stato gassoso. Se immergiamo un pezzo di questa pietra in acido solforico diluito, quest’ultimo attacca il calcare che si trasforma in gesso, mentre l’acido debole, aeriforme, si volatilizza. Abbiamo avuto qui una separazione e una nuova combinazione: ormai ci sentiamo autorizzati a usare addirittura il termine affinità elettiva, perché sembra proprio che una relazione venga anteposta a un’altra, che se ne scelga una a preferenza di un’altra.*

#### 4.1.1 Perché avvengono le reazioni

Prendendo spunto dall’affermazione del Capitano, possiamo considerare la reazione di produzione del  $\text{CaCO}_3$  a partire da  $\text{Ca(OH)}_2$  che reagisce con  $\text{CO}_2$ .  $\text{CaCO}_3$  se immerso in acido solforico si trasforma in gesso,  $\text{CaSO}_4$  che precipita, e la  $\text{CO}_2$  ritorna in stato aeriforme (come detto dal Capitano). La  $\text{CO}_2$  viene riferita ad un acido debole, difatti in presenza di acqua si forma l’acido carbonico  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .

Questa reazione di scioglimento del calcare è spontanea e rilascia energia, tutte le reazioni che rilasciano energia sono spontanee perché l’energia iniziale dei reagenti viene liberata ed i prodotti di reazione sono ad uno stato termodinamico a più bassa energia. Uno sguardo alle energie libere di formazione di Gibbs,  $\Delta G_f^0$ ,

mostra che  $\text{CaSO}_4$  è più stabile di  $\text{CaCO}_3$  (più bassa è l'energia, più la reazione di formazione è favorita).

Il calcio lascia lo ione carbonato per accoppiarsi col nuovo partner, il solfato, perché così forma un composto più stabile.

La discussione tra i tre continua ed Edoardo, capendo la cinicità di Carlotta, in quanto la trascura a favore del suo amico, dice:

*[. . .] In definitiva ai tuoi occhi io sono la calce, afferrato dal Capitano in veste di acido solforico, sottratto alla tua gentile compagnia e trasformato in gesso refrattario.*

Carlotta quindi replica:

*[. . .] Ma l'essere umano è di parecchi gradini più in alto di quegli elementi [. . .] Purtroppo conosco un sufficiente numero di casi in cui un legame intimo, apparentemente indissolubile, tra due creature, è stato sciolto dal casuale aggiungersi a loro di una terza, e una di loro, prima così strettamente legata, è stata cacciata nel grande vuoto.*

Edoardo sdrammatizza con una battuta:

*In tal caso i chimici sono molto più galanti. Essi aggiungono un quarto elemento in modo che nessuno si ritrovi solo.*

Quindi il Capitano da man forte ad Edoardo:

*Sissignori! Ad ogni modo sono più significativi e singolari quei casi in cui si può rappresentare davvero l'attrazione, l'affinità, questo abbandonarsi, questo riunirsi a croce, dove quattro esseri, sin qui legati a due a due, messi a contatto tra loro lasciano il precedente legame per contrarne uno nuovo. [. . .]; conferiamo a queste creature una sorta di volontà e di scelta e giudichiamo perfettamente giustificata l'espressione tecnica di affinità elettive.*

## 4.2 Vita di coppia

Concludiamo ritornando indietro di qualche pagina quando Carlotta dice:

*[. . .] probabilmente è solo questione di occasioni. È l'occasione che fa le relazioni, come fa l'uomo ladro. Nel caso in questione, mi dispiace solo per quel povero acido aeriforme che*

*deve ricominciare a giurare all'infinito.*

Ovviamente ci sono delle differenze tra una coppia di persone ed una coppia di atomi. Possiamo concludere dicendo che:

- affinità di coppia ed affinità elettiva sono diverse;
- l'eccezionalità sta nella seconda che non è limitata al rapporto amoroso;
- nei rapporti di coppia l'affinità elettiva è la sintonia viscerale tra due soggetti;
- alcuni composti chimici in presenza di un terzo elemento si scindono e si creano nuove coppie;
- le persone sono meno promiscue degli atomi.

**Parte IV**

**Bibliografia e indice analitico**

# Indice analitico

## A

affinità chimica, 7  
affinità elettronica, 7  
Amedeo Avogadro, 5

## C

correzione, 13

## E

elettronegatività, 7  
energia di ionizzazione, 7  
energie libere di formazione di Gibbs, 15

## F

Faust, 2

## I

I dolori del giovane Werther, 2

## J

Johan Wolfgang Goethe, 2  
Julius Lotar Meyer, 5

## L

Le affinità elettive, 2, 3  
legame covalente, 9  
legame covalente dativo, 10  
legame ionico, 9  
legame covalente coordinato, 10  
legge di Coulomb, 9

## M

Mendeleev, 5

## O

orbitale molecolare di antilegame, 12  
orbitale molecolare di legame, 12  
ottetto espanso, 11  
ottetto non completo, 10

## P

periodicità, 5, 6  
principio di esclusione di Pauli, 6

## R

raggio atomico, 7  
regola dell'ottetto, 7  
regola di Hund, 6  
risonanza, 10

## S

spin, 6, 12

## T

tavola periodica, 5  
teoria degli orbitali molecolari, 11, 12  
teoria del legame di valenza, 11  
teoria VSEPR, 11  
Torbern Olof Bergman, 2

## W

Weltliteratur, 2

# Bibliografia

- [1] *Die Wahlverwandschaften*. J. W. v. Goethe. Anaconda Verlag, **2008**.
- [2] *Chimica Inorganica*. J. E. Huheey, E.A. Keiter, R.L. Keiter. Piccin, **1999**.
- [3] *Chimica Fisica*. P. W. Atkins. Zanichelli, **1997**.
- [4] *Chimica Generale*. P. Atkins, L. Jones. Zanichelli, **1998**.
- [5] *La Tavola Periodica*. F. Nart. GDS, **2011**.