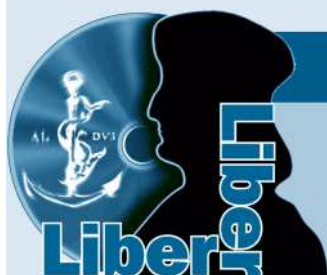


Progetto Manuzio



Icilio Guareschi

**Jöns Jacob Berzelius
e la sua opera scientifica**



www.liberliber.it

Questo e-book è stato realizzato anche grazie al sostegno di:

E-text

Editoria, Web design, Multimedia

<http://www.e-text.it/>

QUESTO E-BOOK:

TITOLO: Jöns Jacob Berzelius e la sua opera scientifica

AUTORE: Guareschi, Icilio

TRADUTTORE:

CURATORE:

NOTE: Il testo è tratto da una copia in formato immagine presente sul sito "Gallica, bibliothèque numérique de la Bibliothèque nationale de France" (<http://gallica.bnf.fr>).

DIRITTI D'AUTORE: no

LICENZA: questo testo è distribuito con la licenza specificata al seguente indirizzo Internet: <http://www.liberliber.it/biblioteca/licenze/>

TRATTO DA: "Storia della Chimica XI, Jöns Jacob Berzelius e la sua opera scientifica"; di Icilio Guareschi; Brevi cenni sulla storia della chimica nella prima metà del secolo XIX; Unione Tipografico Editrice Torinese; Torino, 1915.

CODICE ISBN: informazione non disponibile

1a EDIZIONE ELETTRONICA DEL: 30 luglio 2005

INDICE DI AFFIDABILITA': 1

- 0: affidabilità bassa
- 1: affidabilità media
- 2: affidabilità buona
- 3: affidabilità ottima

ALLA EDIZIONE ELETTRONICA HANNO CONTRIBUITO:

Paolo Alberti, paoloalberti@iol.it

Catia Righi, catia_righi@tin.it

REVISIONE:

Claudio Paganelli, paganelli@mclink.it

PUBBLICATO DA:

Claudio Paganelli, paganelli@mclink.it

Alberto Barberi, collaborare@liberliber.it

Informazioni sul "progetto Manuzio"

Il "progetto Manuzio" è una iniziativa dell'associazione culturale Liber Liber. Aperto a chiunque voglia collaborare, si pone come scopo la pubblicazione e la diffusione gratuita di opere letterarie in formato elettronico. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito Internet: <http://www.liberliber.it/>

Aiuta anche tu il "progetto Manuzio"

Se questo "libro elettronico" è stato di tuo gradimento, o se condividi le finalità del "progetto Manuzio", invia una donazione a Liber Liber. Il tuo sostegno ci aiuterà a far crescere ulteriormente la nostra biblioteca. Qui le istruzioni: <http://www.liberliber.it/sostieni/>

JÖNS JACOB BERZELIUS

E

LA SUA OPERA SCIENTIFICA

di

D^r ICILIO GUARESCHI

Professore ordinario nella R. Università di Torino

BREVI CENNI SULLA CHIMICA

Nella prima metà del secolo XIX

Con 22 figure e due Tavole.

TORINO

UNIONE TIPOGRAFICO - EDITRICE TORINESE

(già Ditta POMBA)

MILANO - NAPOLI - PALERMO - ROMA

Novembre 1915

*Estratto dal Supplemento Annuale all'Enciclopedia di Chimica,
diretto dal Prof. I. Guareschi, vol. XXXI, 1915.*

Torino - Tipografie dell'Unione Tipografico-Editrice Torinese - 1915.



J. Berzelius.

J. JACOB BERZELIUS

e la sua opera scientifica

INTRODUZIONE

Da molti anni io pensavo di scrivere su questo famoso chimico, e nelle mie lezioni e specialmente nelle conferenze di analisi non ho mai tralasciato di riassumere l'immensa opera scientifica di Berzelius. E tanto più volentieri quanto più io andavo leggendo e rileggendo le Memorie originali di questo grande indagatore della natura.

Tutti i grandi Trattati di chimica sono pieni del nome di Berzelius. Anche nel libro di Ostwald: *L'évolution d'une science, la Chimie* (1909) il nome che campeggia è sempre quello di Berzelius, e ciò dopo settant'anni dalla sua morte!

Sulla vita e sull'opera scientifica di Berzelius si è scritto poco; specialmente in Italia non troviamo nessuna biografia che valga a darci un concetto dell'immensa influenza che ha avuto quest'uomo nel progredire della nostra scienza dal 1800 al 1850. Era però conosciuto in Italia, perchè alcune delle sue opere furono tradotte in italiano dal Sembenini, dal Duprè e da altri.

Ma anche all'estero, oltre a quanto hanno scritto Henri Rose⁽¹⁾, Söerbaum⁽²⁾ e il Wurtz, ben poco si conosce di studi importanti intorno all'opera di Berzelius.



Fig. 122. – Medaglia coniatata per l'inaugurazione del monumento a J. Berzelius in Stockholm (1858).

Appena fu conosciuto all'estero per i suoi lavori sull'elettrolisi e per altre ricerche, il Berzelius incominciò ad avere corrispondenza epistolare coi principali chimici e fisici del suo tempo: dal 1808 con H. Davy, dal 1810 con Berthollet, dal 1812 con Alex. Marcet, dal 1819 con Dulong e poi in seguito con Wöhler, con Magnus, Liebig, Mitscherlich, Gmelin ed altri. Dopo la morte del Dulong, che avvenne nel 1838, il Berzelius ebbe più poca corrispondenza coi chimici francesi. Per Dumas, Laurent e Gerhardt ebbe poca simpatia; la sua corrispondenza epistolare col Dumas fu molto limitata.

In questo periodo, magnifico per la scienza ideale, molti dei migliori fisici incominciarono la loro carriera come chimici e fecero nella chimica lavori importantissimi; basterebbe ricordare Gay-Lussac, Faraday, Magnus, Regnault, Dulong, i quali hanno lasciato nella chimica una vera impronta; il Gay-Lussac invero era più chimico che non fisico.

La biografia di certi uomini rappresenta una buona parte della storia della scienza; se, a cagion d'esempio, si volesse dire della vita e delle opere di Priestley, di Scheele, di Bergman e specialmente di Lavoisier, bisognerebbe entrare nei particolari della storia di tutti i rami della chimica.

⁽¹⁾ *Gedächtnissrede auf Berzelius, Berlin 1851.*

⁽²⁾ *Monographien aus der Geschichte d. Chemie, 1903, VIII Heft (Si veggia più avanti).*

Tanto più possiamo dire questo del solo Berzelius, per questo grande chimico svedese, il quale ha contribuito al progresso della chimica in tutte le sue parti. Mente generalizzatrice e filosofica per eccellenza, ha saputo dare nel tempo stesso alla sperimentazione un indirizzo che fu poi seguito da tutti i chimici; ed a lui devesi perciò la scoperta di un gran numero di corpi nuovi, organici e inorganici, ed inoltre di numerosi elementi chimici nuovi.

È talmente grande la figura di Berzelius ed è stata così immensa la sua influenza nel progredire della chimica e scienze affini, dal 1800 al 1850, e anche dopo, che non posso resistere al vivo desiderio di far conoscere alcune notizie sulla vita e particolarmente sulle opere di quest'uomo.

Tutta la chimica della prima metà del secolo XIX è piena del nome di Berzelius, e potrebbe dirsi anche tutto il secolo XIX, ed anche nei tempi presenti, se ne sentono le conseguenze. Purtroppo l'opera scientifica di questo grande chimico è ben poco conosciuta in Italia, perché presso di noi mai o quasi mai si è scritto intorno a lui, ove se ne eccettui un brevissimo cenno necrologico nell'anno della sua morte e un breve cenno biografico che io scrissi nelle mie *Nozioni di analisi chimica* (1898). Era più conosciuto in altri tempi; il suo nome passava di bocca in bocca anche nelle più umili farmacie, sia pure della campagna, perché in tutti i laboratori si trovavano le principali sue opere e perché allora de' farmacisti molto colti, quali il Sembenini, il Dupré ed altri, traducevano e commentavano le sue opere. Si tradusse in italiano non solamente il suo grande *Trattato di chimica*⁽³⁾, ma ben anco le prime annate de' suoi *Jahresberichte* o *Rapporti Annuali*⁽⁴⁾.

Il nome di Berzelius era popolare; nessun altro chimico, se si eccettui forse Lavoisier, ebbe tanta rinomanza e fu conosciuto da chi non era chimico. Egli era il vero patriarca della chimica; tutti volgevano lo sguardo verso il colosso del Nord, che destava l'ammirazione più profonda.

Quando Berzelius incominciò la sua carriera scientifica, nel 1800, la chimica trovavasi ancora nello stato in cui l'aveva lasciata Lavoisier; Berzelius è stato il vero continuatore dell'opera riformatrice di Lavoisier, ch'egli ammirava e direi quasi adorava.

L'unico italiano che abbia sviscerata una parte dell'opera scientifica di Berzelius è stato S. Cannizzaro, relativamente ai pesi atomici, in quel suo lavoro storico-critico: *Notizie storiche e considerazioni sull'applicazione della teoria atomica alla chimica e sui sistemi di formole esprimenti la costituzione dei composti*⁽⁵⁾.

Ma nessuno ha tentato di far conoscere tutta l'immensa opera scientifica del Berzelius nel suo complesso. Io faccio ora questo tentativo; non so però con quanta fortuna e se riuscirò a bene nel mio compito; altri, se vuole, potrà fare meglio di me. Spero però di avere in questo lavoro fatto apprezzare ed emergere alcuni meriti del Berzelius che erano o sconosciuti, o poco conosciuti dagli storici della chimica.

Nei miei lavori storici non ho sempre avuto la pretesa di dire cose nuove; non è facile trovare sempre cose nuove da dire; ma spesso, come nel caso di Lavoisier, di Avogadro, di Malaguti, come ora di Berzelius, il mio scopo principale era ed è di far conoscere questi grandi chimici agli Italiani e far in modo che essi non abbiano sempre necessità di ricorrere a lavori forestieri. Se poi mi è stato possibile fare qualche osservazione, qualche considerazione nuova, io l'ho sempre esposta senza pretesa di aver fatto una scoperta. Ho espresso liberamente il mio parere, ove mi sembrava di aver ragione.

Ciò che caratterizza l'opera di Berzelius, oltre alla genialità delle idee, si è l'esattezza, la precisione colle quali sono eseguite tutte le sue ricerche sperimentali. E ciò che impressiona ancor più si è la massa immensa di lavoro che egli ha prodotto. Pare incredibile che un sol uomo abbia potuto far tanto. Il Dumas, nel suo *Éloge historique de Pelouze*⁽⁶⁾, scrive: «Berzelius, dont les analyses

⁽³⁾ J. J. Berzelius, *Trattato di Chimica*, trad. da Fr. Dupré dall'ediz. franc. del Jourdan. Venezia 1830, in 8 vol. in-8°.

⁽⁴⁾ Il Sembenini, dal 1836 al 1846, tradusse il Trattato di Chimica del Thenard, e quale appendice a questo vi aggiunse alcune annate dei *Rapporti Annuali* del Berzelius. Il *Trattato sull'uso del cannello ferruminatorio* fu pure tradotto in italiano.

⁽⁵⁾ *Gazz. Chim.*, 1871, pag. 1 e seg.

⁽⁶⁾ *Discours Académ.*, vol. I, pag. 181.

incalculables en nombre et merveilles en exactitude ont fondé la chimie atomique pratique et ont posé des règles à toutes les réactions matérielles des etres, ayant compris l'utilité des pesées promptes, se contenta d'une balance sensible au cent millième. Ce fut une révolution! Le travail d'un jour se faisait en une heure; celui d'un mois en un jour».

Egli portò i metodi di analisi, scrive Wurtz, ad un grado di perfezione ignoto prima di lui, creando egli stesso l'istrumento delle sue più grandi scoperte; vale a dire creando egli stesso i metodi analitici, caso per caso, anche per gli elementi rari.

Per dare un'idea dell'esattezza dei lavori di Berzelius, riportiamo i risultati delle analisi dell'ossido e dell'anidride antimonica:

	In 100 p.	calcol.
Sb ²	83,35	83,32
O ²	16,65	16,68
Sb ²	74,99	74,98
O ⁵	25,01	55,02 ⁽⁷⁾

Un altro esempio che può dare idea con quanta esattezza lavorava questo chimico l'abbiamo nelle analisi dei ferrocianuri, tutt'altro che facili, eseguite prima del 1825; per il ferrocianuro di piombo ottenne:

	Berzelius	Calcolo coi pesi atomici moderni
CN	25,14	24,93
Fe	8,68	8,91
Pb	66,18	66,16

Sotto qualunque aspetto la si voglia considerare, l'opera scientifica di quest'uomo è veramente straordinaria; nessun altro chimico ha avuto più di lui influenza sulla scienza del suo tempo.

Ancor oggi non si può discorrere di pesi atomici, di formole, di catalisi, di elettrochimica, di chimica inorganica e organica, di isomeria, di allotropia, ecc., senza rammentare il nome di Berzelius. Egli lasciò un'impronta profonda in ogni ramo della chimica: dalla chimica fisica, chimica inorganica e organica alla chimica mineralogica, animale, ecc., ed in tutto egli non considerava che la parte prettamente scientifica. Non si può confrontare che con Lavoisier, ed alla fine di questo mio lavoro ho precisamente voluto scrivere un capitolo: *Lavoisier e Berzelius nella storia della scienza*.

Cenni sulla Chimica in Isvezia. - La chimica in Isvezia cominciò ad essere coltivata con molto frutto, specialmente riguardo la metallurgia, la mineralogia e la chimica inorganica, nel principio del 1700, e coincide, può dirsi, colla fondazione di due Società scientifiche importanti. La scienza svedese, in genere, era allora concentrata in due Università: Upsala e Stockholm. Già verso il 1720 a Upsala alcuni naturalisti e chimici tenevano delle riunioni, in seguito alle quali pubblicavano in opuscoli trimestrali delle Memorie originali, e da queste riunioni nacque la *Società reale delle Scienze* di Upsala, che fu ufficialmente fondata nel 1728. Sotto l'influenza di Linneo specialmente, nel 1739 fu fondata l'*Accademia reale delle Scienze* di Stockholm.

Tra i primi chimici che pubblicarono le loro Memorie negli Atti di queste due Accademie o Società scientifiche sono G. Brandt, Nic. Wallerius, Wollenius ed altri.

Nel 1764 si pubblicarono, in 2 vol., tradotte in francese, le Memorie dei chimici svedesi dal 1720 al 1760. Questi due volumi, che hanno molta importanza per la storia della chimica in Isvezia, hanno il titolo seguente: *Recueil des Mémoires les plus intéressants de Chymie et d'Histoire Naturelle, contenus dans les Actes de l'Académie d'Upsal, et dans les Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Stockholm, publiés depuis 1720 jusqu'au 1760, traduit du latin et de l'allemand*. Tome I et II, Paris, chez P. et Fr. Didot, MDCCLXIV.

⁽⁷⁾ Così nel testo. In realtà deve leggersi 25.02. [Nota per l'edizione elettronica Manuzio]

In questi due volumi sono le Memorie di G. Brandt⁽⁸⁾ sull'*arsenico*, sul *cobalto*, sul *vetriolo*, ecc.; Memorie di Cronsted, di Fagot, di Wallerius, ecc.

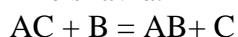
Il primo laboratorio di chimica in Svezia fu fondato nel 1683 a Stockholm e fu diretto da Urbano Hierne⁽⁹⁾ ed in seguito da Wallerius.

Già nel mio lavoro su Avogadro, nel 1901, io scrivevo: «Non si deve scrivere una storia della chimica per difendere una scuola piuttostochè un'altra, per far emergere più i chimici francesi o tedeschi al disopra degli altri, ma unicamente per esporre il vero, scevro da ogni passione di parte. Se si volessero fare dei raffronti (io scrivevo) si potrebbe allora a buon diritto dire che, relativamente alla popolazione, la Svezia ha contribuito più di tutti al progresso della chimica, perché questo piccolo paese dell'estremo Settentrione ha prodotto dei chimici di grande valore: U. Hierne, Wallerius, G. Brandt, Cronsted, Gahn, (Swab), Swedenborg, Engenström, Retzius, poi Bergman, Scheele, (Afzelius, Ekeberg), Hisinger, Berzelius, Mosander, Arfwedson, Berlin, Gadolin, Clève, Nilson, Sefström, Blomstrand, Guldberg, Waage, ecc., per tacere dei viventi. Circa 20-25 degli attuali elementi ora conosciuti furono scoperti da chimici svedesi».

Quando Berzelius incominciò i suoi studi, verso il 1796-98, il mondo chimico era ancor pieno dei nomi celebri di Scheele e di Bergman, le cui opere erano tradotte in tutte le lingue. Scheele fece un numero immenso di scoperte che interessano la chimica minerale (cloro, barite, permanganato potassico, acido solfidrico, idrogeno arsenicale, gli acidi arsenico, molibdico, tungstico, fluoridrico, ecc.), la chimica organica (i principali e più importanti acidi organici), la zoochimica (l'acido urico, ecc.); scoprì l'ossigeno o aria del fuoco nel 1771, prima ancora di Priestley; Bergman, oltre allo studio dell'acido aereo o carbonico, ci lasciò un numero infinito di ricerche sull'analisi minerale, sui precipitati metallici, sull'acido dello zucchero o acido ossalico, sullo zinco, sull'acciaio, ecc. ecc., ma soprattutto della massima importanza furono le sue ricerche sulle affinità. Nel mio lavoro: *La Chimica in Italia dal 1750 al 1800*, parte II, pag. 177, a proposito della teoria dell'affinità di Bergman, io scrivevo:

«Ma queste pubblicazioni, fatte prima di quelle di Bergman, se si eccettuino quelle di Geoffroy, hanno ben poco valore scientifico e non attirarono l'attenzione dei chimici. Le idee di Geoffroy furono meglio maturate dal Bergman, il quale trattò la questione con mano maestra, e fu il primo a dare, nel 1775, una teoria completa delle affinità, ossia delle reazioni chimiche. Come Geoffroy, egli considerò le affinità nel senso che si esercitassero in modo che un corpo avesse preferenza per un altro dato corpo, ossia che un corpo, la cui affinità per un altro è più grande, fosse capace di toglierlo a qualunque altro corpo, la cui affinità fosse minore, e rendesse affatto libero questo terzo corpo. Bergman usa la parola *attrazione* invece di *affinità*. La teoria di Bergman può essere riassunta come segue:

«Tutti i corpi esercitano attrazione l'uno sull'altro e la grandezza di questa attrazione può essere espressa da un determinato numero. Corpi diversi hanno delle attrazioni diverse per un medesimo corpo. Se il corpo A ha un'attrazione più grande per il corpo B che non per il corpo C, il corpo B scaccerà C dalla sua combinazione con A e si avrà:



e su questo principio Bergman costruì le sue tavole delle affinità»⁽¹⁰⁾.

⁽⁸⁾ GEORGE BRANDT (n. 1694. m.1768) era dottore in medicina, censore della metallurgia e direttore del Laboratorio chimico di Stockholm; fu professore nell'Università di Upsala.

⁽⁹⁾ URBANO HIERNE era un chimico non privo di valore; pel primo accennò all'acido formico; fece anche delle esperienze sull'aumento di peso dei metalli durante la calcinazione. La sua opera, pubblicata dopo la sua morte da Wallerius, è: *Urbani Hierne, Actorum chemicorum Holmiensium, hoc est Parasceve sivi Praeparatio ad Tentamina in reg. laboratorio Holmiensi Peracta, ecc., cum Annotationibus Joh. Gotschalk Wallerii. Stockholmiae 1753*, 2 vol. Vi si sente però ancora molto dell'alchimia.

⁽¹⁰⁾ TORBERN OLOF BERGMAN, nato il 20 marzo 1735 a Katharinenberg nella Westgothland, morì l'8 luglio 1784. Era prima aggiunto di matematica e di fisica, poi nel 1767, dopo la morte di Wallerius, *professore di chimica, di farmacia e di mineralogia* nell'Università di Upsala. La sua teoria completa sulle affinità data dal 1775: *Disq. de attractionibus electivis*, Upsala 1775; quest'opera fu tradotta in francese col titolo: *Traité des affinités chimiques ou attrac-*

Berzelius aveva dunque davanti a sé l'esempio di due suoi compatrioti: di un grande sperimentatore quale era Scheele, e di uno sperimentatore ed anche filosofo della chimica quale era Bergman. Furono questi i due maestri spirituali di Berzelius; ma nel tempo stesso guardava verso la gran luce che veniva da Lavoisier, dell'opera del quale egli fu il vero continuatore. Dal 1790 al 1800 è un breve periodo, in cui molti volgevano la loro attenzione verso i fenomeni elettrici; la scoperta di Galvani, poi la lotta scientifica fra Galvani e Volta eccitarono non pochi eletti ingegni verso lo studio dell'elettricità; ed in questo tempo anche il naturalista Alex. v. Humboldt pubblicava le sue ricerche intorno all'azione dell'elettricità sui muscoli e sui nervi.

Cenni sullo stato della chimica dal 1800 al 1840. - Nel 1800 la chimica in Europa era, come già dissi, nello stato pressoché come l'aveva lasciata Lavoisier; i lavori di Proust⁽¹¹⁾, prettamente sperimentali, cominciarono a stabilire la costanza nei rapporti ponderali delle combinazioni chimiche (legge delle proporzioni definite, costanti), e nel tempo stesso (1799-1800) le ricerche di Berthollet sull'affinità chimica⁽¹²⁾ lo condussero ad ammettere che i corpi potevansi combinare in rapporti svariati, contrariamente alle esperienze di Proust. Si iniziò allora quella lotta scientifica fra Proust e Berthollet, che condusse alla vittoria finale di Proust ed al riconoscimento della *legge delle proporzioni fisse, costanti*.

Questa questione io ho ampiamente trattata nel mio lavoro: *La Chimica in Italia dal 1750 al 1800*, parte II, in *Supplem. Ann.*, 1910, pag. 348 e seguenti.

Ma venne la grande scoperta della *pila di Volta*, e l'indirizzo della chimica in pochi anni non solo cambiò quasi completamente, ma questa scoperta diede una grande spinta ad un maggiore sviluppo, a numerosi lavori. Col 1800 si apre quel magnifico decennio (1800-1811) che doveva dar principio a quasi tutti i rami della chimica (chimica organica, zoochimica, chimica mineralogica, chimica fisica, teoria atomica), nel quale Dalton, Berzelius, Davy, Gay-Lussac ed Avogadro hanno avuto la parte preponderante.

Nel 1800 Carlisle e Nicholson⁽¹³⁾ decompongono l'acqua colla corrente elettrica in ossigeno e idrogeno. Volta esultò all'annuncio di questa scoperta, fatta col suo strumento. Questo è il primo grande fatto, dopo la scoperta della pila, che apre l'era dell'*elettrochimica*.

Poco dopo Hisinger e Berzelius⁽¹⁴⁾ pubblicano un grande lavoro sulla decomposizione dei corpi per l'azione della corrente, in ispecie sulle soluzioni saline, sull'ammoniaca e sull'acido solfo-

tions électives, trad. du latin, Paris 1788, 1 vol. in 8°. Queste sue ricerche sulle *attrazioni elettive* hanno ancor oggi una reale importanza storica.

Nelle idee di Bergman vi era molto di buono; non può dirsi che fossero assurde, come scrisse qualcuno: esse possono coesistere con quelle di Berthollet. In fondo le idee di Bergman furono riprese dai termochimici moderni (e specialmente da Berthelot e da Thomsen), i quali considerarono appunto il calore sviluppato nelle reazioni chimiche come la misura dell'affinità tra i corpi. Le tabelle dei calorici di combinazione corrisponderebbero quasi alle antiche tabelle delle attrazioni o affinità di Bergman. Di tre corpi messi insieme due tendono di preferenza ad unirsi tra loro, perchè la quantità di calore che sviluppano è superiore a quella che svilupperebbero combinandosi col terzo. Il principio del lavoro massimo sarebbe la rappresentazione numerica e scientifica delle affinità di Bergman.

Bergman ci diede alcune opere assai interessanti anche per la storia della chimica: *De primordiis Chemiae*, Upsala 1779; *Historia Chemiae medium seu obscurum aevum*, Upsala 1782. Le sue ricerche scientifiche più importanti sui sali, sui cristalli, sulla silice, ecc. sono riunite nella sua celebre raccolta: *Opuscula*, alcuni volumi dei quali furono tradotti in francese, ed anche in italiano.

«È a Bergman (scrive Berzelius con grande compiacenza) che noi dobbiamo il metodo di determinare, per pesata di composti noti, il peso della parte costituente e di calcolare, ad esempio, dal precipitato che danno l'uno coll'altro la barite e l'acido solforico, la quantità di uno dei componenti. Ciò nondimeno questo eccellente metodo, senza l'applicazione del quale l'analisi quantitativa non avrebbe mai fatto progresso, divenne la causa di ricerche che erano inesatte, perché allora era impossibile di avere una conoscenza precisa della composizione quantitativa dei corpi sottoposti all'analisi» (*Traité de Chimie*, 5^a ediz., t. IV, pag. 487).

⁽¹¹⁾ *Recherches sur le cuivre*, in *A. Ch.*, 1799 [1] t. XXXII e le annate seguenti; inoltre il *Journ. de Physique* dal 1798 al 1808, ecc.

⁽¹²⁾ *Essai de statique chimique*, 1803, 2 vol.

⁽¹³⁾ *Gilb.*, t. VI.

⁽¹⁴⁾ *A. Ch.*, 1803 [1], t. LI, pag. 167. pubblicata in giornali svedesi e tedeschi del 1802.

rico; essi ne concludono che i corpi, relativamente alla corrente elettrica, si possono distinguere in due gruppi: l'idrogeno, i metalli, gli ossidi, gli alcali e le terre, che si portano al polo negativo, mentre l'ossigeno e gli acidi vanno al polo positivo (1^a legge dell'elettrolisi). Inoltre essi trovarono un rapporto fra la quantità di elettricità passata nel circuito e la quantità di sostanze messe in libertà e le loro reciproche affinità. Più un liquido è cattivo conduttore dell'elettricità, più esso è difficile da decomporre. I sali neutri depositano le loro basi al polo positivo e i loro acidi al polo negativo. I sali metallici, acidi o alcalini, non sono decomposti nello stesso modo dei precedenti, perchè vi sono soltanto le loro basi che siano ridotte in ossigeno e in metallo, e si può in questo caso considerare l'acido o l'alcali come il veicolo dell'ossido metallico.

Se si guardi bene, questo lavoro costituisce la vera origine della così detta teoria dualistica elettrochimica. Davy, il quale anch'egli studiò l'azione della corrente sulle soluzioni saline, confermò in tutto le esperienze di Berzelius e di Hisinger; egli ammise che quando due sostanze si combinano, ciò avvenga perchè esse trovansi in due stati elettrici diversi e si neutralizzano; colla polarità diversa si spiegava anche l'elettrolisi.

In questo tempo (1803-1805) il nostro Luigi Brugnatelli scopriva i primi fatti che condussero alla *elettrodoratura* ed alla *galvanoplastica*, ed il Grothuss⁽¹⁵⁾, a soli 20 anni, emette nel 1805 la sua bella ipotesi sul modo con cui passa la corrente negli elettroliti; è la prima ipotesi sulla decomposizione elettrolitica; scrisse questa Memoria, ora fra le classiche, quando egli era a Roma⁽¹⁶⁾.

Nello stesso anno 1805 si fanno altre grandi scoperte, che ebbero enorme influenza sul progredire della chimica; Humboldt e Gay-Lussac⁽¹⁷⁾ intraprendono lo studio della composizione volumetrica dell'acqua e trovano, quasi esattamente, i rapporti: 2 vol. di H con 1 vol. di O danno 2 vol. di vapor d'acqua. Questo rapporto semplice 2 : 1 tra i gas che si combinano e quello, pure semplice, 3 : 2 tra la somma dei gas reagenti ed il volume del gas prodotto, invogliarono Gay-Lussac a proseguire da solo queste ricerche su molti altri gas, ed arrivò così a stabilire quelle leggi sulla combinazione volumetrica dei gas che portano il suo nome.

Nel 1801 lo stesso Gay-Lussac, dietro proposta di Laplace e Berthollet, studiò la dilatazione dei vari gas pel calore, e, generalizzando la legge già trovata da Volta per l'aria ed il vapore acqueo, trovò che anche altri gas si comportano ugualmente; questa legge ora deve portare il nome di legge di Volta oppure legge di Volta e Gay Lussac⁽¹⁸⁾.

La legge di Volta sulla dilatazione termica dei gas e quella di Gay-Lussac sulla combinazione volumetrica dei gas ebbero dopo pochi anni una grande influenza sulla mente di Avogadro e lo condussero (specialmente le leggi di Gay-Lussac sui rapporti volumetrici di combinazione) alla legge che ora dicesi *legge di Avogadro*.

Nel 1806, e meglio nel 1816, Sertürner scopre il primo alcaloide, la *morfina*; egli dimostrò che nelle piante esistono dei corpi organici azotati, i quali hanno funzione basica analoga a quella dell'ammoniaca. È una scoperta che fissa un grande punto di partenza per la scienza e per le applicazioni. Allora si credeva che le piante non contenessero altro che sostanze acide, resine, carboidrati, albuminoidi; ma la scoperta di Sertürner dimostrò che nelle piante si producono anche sostanze basiche, e dopo il 1816 sono numerosissimi gli alcaloidi scoperti.

Berzelius in questo tempo, sino verso il 1808, si occupò della redazione del *Trattato di chimica*, che divenne poi classico (la prima edizione è del 1808-1817); egli si occupava pure della

⁽¹⁵⁾ Nato nel 1785, morto nel 1822.

⁽¹⁶⁾ *Mémoire sur la décomposition de l'eau et des corps qu'elle tien en dissolution à l'aide de l'électricité galvanique*, par C. L. D. de Grothuss. Roma 1805 e Milano 1806; *A. Ch.*, 1806, t. LVIII; *Gehlen's Journ.*, 1808, t. v. «Il concetto sviluppato allora (1805) da Grothuss di spiegare l'osservazione di Nicholson secondo una polarità elettrica delle molecole, contiene già il germe delle principali idee che, gradatamente estese e sviluppate, a mano a mano che i fenomeni l'hanno richiesta, costituiscono ora (1830) la teoria elettrochimica» (*A. Comte, Cours de philos. positive*, t. III, pag. 181). Un fondo di vero in queste parole di Comte vi è, ma sono esagerate.

⁽¹⁷⁾ *Journ. de Phys.* di Delamétherie.

⁽¹⁸⁾ *A. Ch.* [I], t. XLIII, pag. 137; I. Guareschi, *Legge della dilatazione dei gas di Alessandro Volta*, in *Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. d. Tech.*, 1913-1914, vol. V, e 2^a edizione in *Suppl. Ann.*, 1914..

composizione dei liquidi e tessuti animali, e ci diede il primo *Trattato* o *Corso di zootomia* (1806-1808).

Ma nel 1807-1808 H. Davy riprende e sviluppa le prime ricerche di Berzelius e Hisinger del 1802 e 1806, e scopre i metalli alcalini, confermando così l'antica ipotesi di Lavoisier, che gli alcali erano corpi composti di ossigeno e di un determinato radicale.

Il Davy, decomponendo la potassa e la soda caustiche in presenza del mercurio mediante la corrente voltiana, ottenne liberi il *potassio* e il *sodio*. Questa grande scoperta fece una impressione straordinaria. Lo stesso Davy provò la più viva gioia; e col metodo modificato da Berzelius si ottennero, nel 1808, il *calcio*, il *bario*, lo *stronzio* ed il *magnesio*.

Inoltre il Davy, già prima del 1811, aveva dimostrato che l'*acido muriatico ossigenato* era un elemento, che denominò clorine, ossia, come ora si dice, cloro.

Queste ricerche del Berzelius e del Davy condussero nel 1808-1809 Gay-Lussac e Thenard ad applicare la corrente voltiana alla decomposizione di molti corpi, impiegando la più grande pila costruita sino allora (600 coppie) e regalata loro da quel gran genio Italico che fu Napoleone I. Per l'azione del ferro sui carbonati alcalini essi ottennero il *potassio* ed il *sodio*, e dimostrarono che questi metalli possono combinarsi coll'idrogeno; anch'essi decomposero l'acido borico ed ottennero il boro, tentarono la decomposizione dell'acido fluoridrico, dimostrarono che l'idrogeno fosforato non contiene ossigeno, scoprirono e studiarono l'azione della luce su una miscela di idrogeno e di cloro ed ottennero l'acido cloridrico; infine nel 1811 pubblicarono in due volumi le loro celebri *Recherches physico-chimiques faites sur la pile*, ecc.

Altre ricerche importanti si fecero in questo periodo colla pila di Volta.

Tutte queste magnifiche ricerche elettrochimiche, alle quali aveva preso sì gran parte, fecero impressione sull'animo di Berzelius, ed egli allora ideò e sviluppò la sua teoria elettrochimica dualistica (1802-1806-1811).

Ma un'altra via, prettamente teorica, si aprì alla chimica nei primi anni del secolo XIX, e fu di grande giovamento allo sviluppo della mentalità di Berzelius e lo condusse ai grandi suoi lavori analitici sui pesi atomici: *la teoria atomica daltoniana*. Il principio del secolo XIX segna questo grande avvenimento, che, insieme alla teoria atomico-molecolare di Avogadro, ebbe enorme influenza sul progresso della chimica.

Il concetto della teoria atomica venne a Dalton, pare, durante le sue analisi del gas oleofacente (etilene) e del gas idrogeno carburato (metano). Egli si accorse che per la stessa quantità di idrogeno l'uno conteneva una quantità di carbonio doppia di quella dell'altro. Da questa e da altre osservazioni (e forse anche dalla prima idea emessa da Higgins nel 1789) egli trasse la conclusione che quando un elemento si combina con un altro in più proporzioni, queste proporzioni stanno al primo elemento come 1, 2, 3, 4, cioè in rapporti multipli, e scoprì così la *legge delle proporzioni multiple*. Egli sapeva, dalle esperienze di Lavoisier e specialmente di Proust, che i corpi si combinano in proporzioni fisse, costanti; ed allora rinnovellò, ma con significato affatto nuovo, l'antica teoria atomica dei Greci, annettendo all'idea di particella *indivisibile* un peso determinato, diverso però da un elemento ad un altro, ed ammettendo che le combinazioni avvengano per la *giustapposizione* degli atomi. Egli fece conoscere la sua teoria in alcune lezioni fatte ad Edinburg ed a Glasgow. Il concetto principale fu confidato da Dalton al suo amico Thomas Thomson già nel 1804, ed il Thomson fece conoscere questa teoria nel 1807, quando pubblicò la 3^a edizione del suo *Système de chimie*. Nel 1808, poi, Dalton pubblicò la sua famosa opera: *Nuovo sistema di filosofia chimica*, in cui espose più ampiamente la sua teoria⁽¹⁹⁾.

Berzelius si entusiasmò della teoria atomica. Nel 1808, leggendo egli la descrizione delle esperienze di Wollaston⁽²⁰⁾ sui sali aciduli, venne a conoscenza della legge delle proporzioni multiple e dell'ipotesi atomica. Questa, diceva Berzelius, già al primo colpo d'occhio spande tanta chia-

⁽¹⁹⁾ Che Berzelius ancora nel 1811 conoscesse assai imperfettamente la teoria atomica di Dalton, risulta anche da una lettera a Berthollet nel principio del 1811.

⁽²⁰⁾ *Nicholson's Journ.*, novembre 1808.

rezza sulla dottrina dell'affinità, che essa può essere riguardata come il più grande progresso che abbia fatto la chimica verso il suo perfezionamento come scienza.

Tra i lavori di questi primi anni del secolo XIX non posso tacere le *Recherches chimiques sur la végétation*, 1804, di Th. de Saussure, e la sua breve ma magnifica Memoria *Sulla composizione chimica dell'alcol e dell'etere*; primo esempio dopo Lavoisier di analisi esatta delle sostanze organiche.

In questo glorioso periodo che va dal 1800 al 1811 si sono scoperte le più grandi leggi che reggono la chimica e la fisica; tali sono: le *leggi delle affinità*, di Berthollet, base della meccanica chimica e dell'analisi chimica; la *legge delle proporzioni multiple*, di Dalton e Berzelius; la *legge delle proporzioni definite, fisse, costanti*, di Richter, Proust e Berzelius; la *legge dell'equivalenza*, di Richter; le *leggi della dilatazione dei gas*, di Volta; le *leggi della solubilità dei gas*, di Dalton ed Henry; le *leggi del rapporto dell'ossigeno nei sali*, di Berzelius; le *leggi delle combinazioni volumetriche dei gas*, di Gay-Lussac; le *leggi della decomposizione elettrolitica dei sali*, di Berzelius; le *leggi della polarizzazione della luce*, di Malus ed Arago; ed infine la *legge o teoria molecolare*, di Avogadro.

Come si scorge, il Berzelius entrò in campo in quel periodo (1800-1814) in cui fervevano le questioni più importanti relative alla chimica (e, diciamo, alla fisica); colle sue ricerche elettrochimiche del 1802-1803 (non aveva che 24 anni!) egli aprì una delle vie più feconde per la chimica; altra via aprì colle sue ricerche zoochimiche, ed altra anche più vasta coll'inizio (1807) delle sue ricerche sulle proporzioni definite e sui pesi atomici, che gli procurarono più di trent'anni di lavoro analitico, senza esempio. Egli dal 1808 al 1811 iniziò quel movimento della chimica sperimentale verso le determinazioni quantitative, che caratterizzano l'opera di questo grande chimico. Ed invero, era finita quasi la lotta fra Berthollet e Proust colla vittoria di quest'ultimo, ma questa grande legge delle proporzioni stabili, definite, non era ancora fondata su basi inconcusse; così pure la legge delle proporzioni multiple non era ancora generalizzata. Berzelius si propose di fissare bene per tutti gli elementi queste due leggi e di determinare colla massima esattezza i pesi atomici o anche, come si diceva, i pesi relativi di combinazione.

L'importanza della determinazione dei pesi atomici di Berzelius crebbe quando, nel 1819, Petit e Dulong⁽²¹⁾ pubblicarono la loro celebre Memoria: *Recherches sui quelques points importants de la théorie de la chaleur*, ove è dimostrata la famosa legge che «*gli atomi di tutti i corpi semplici hanno esattamente la stessa capacità pel calore*». Oppure, in altre parole: «*Il calore specifico degli elementi è in ragione inversa del peso atomico relativo*». Senza le esatte determinazioni dei pesi atomici di Berzelius, questa legge non poteva essere scoperta.

Contribuirono molto al progresso della chimica in questo periodo Gay-Lussac e Dumas, quando dotarono la scienza dei loro metodi per determinare la densità di vapore dei corpi minerali e organici volatili. Dumas fece conoscere il suo metodo di determinazione delle densità di vapore nella Memoria: *Dissertation sur la densité de la vapeur de quelques corps simples*⁽²²⁾, e da allora cominciò ad aver valore la determinazione dei pesi molecolari secondo la legge di Avogadro.

I pesi atomici di Berzelius potevano dunque essere controllati sia dalla legge di Petit e Dulong, sia dalle leggi dell'isomorfismo di Mitscherlich, ed ora anche dalle densità di vapore.

Lo stato della chimica dal 1800 al 1820, quando Berzelius era nel culmine de' suoi lavori, trovavasi piuttosto in basso in molti paesi. Pochissimo coltivata in Italia, lo era ancor meno in Austria. Ma anche in Germania trovavasi ad un livello inferiore a quello della Francia con Berthollet, Dulong, Gay-Lussac, Thenard, Vauquelin, ed a quello dell'Inghilterra con Dalton, Davy, Wollaston, Thomson.

⁽²¹⁾ La Memoria fu presentata all'Accademia delle Scienze il 12 aprile 1819 e fu pubblicata negli *A. Ch.*, 1819 [2], t. X, pag. 395, coi nomi degli autori: Petit e Dulong, e non, come tutti scrivono erroneamente, Dulong e Petit, il che non è perfettamente la stessa cosa. Il Biot scrisse una *Notizia storico-biografica* intorno al distinto e giovane fisico Petit (*A. Ch.*, 1820 [2], t. XVI, pag. 327). Dulong discorre con commozione del suo amico Petit nelle lettere a Berzelius (1819-1838).

⁽²²⁾ *A. Ch.*, 1832, t. L. pag. 170; *Recueil des Mémoires des Savans étrangers* pel 1832.

In Germania la chimica incominciò a svilupparsi rapidamente dopo il 1820.

Ecco quanto scriveva Helmholtz sullo stato, non dico della chimica, ma delle scienze in Germania alla fine del secolo XVIII ed al principio del XIX⁽²³⁾: «È oggi assai difficile per noi l'immaginare, almeno per la Germania, lo stato delle scienze naturali nei primi anni di questo secolo. Magnus nacque nel 1802 ed io ventinove anni più tardi. Ma ritornando ai ricordi della mia giovinezza io rammento che quando cominciai a studiare la fisica nei Trattati della biblioteca di mio padre, che in altri tempi aveva insegnato anch'egli, io non potei ritrarne che idee che oggi ci paiono appartenenti al Medio Evo. Le scoperte di Lavoisier e di Davy non erano passate ancora nell'insegnamento. Quantunque l'ossigeno fosse già conosciuto, il flogisto, l'aria del fuoco, aveva ancora la sua parte; il cloro era ancora acido muriatico ossigenato, la potassa e la calce, elementi. Gli animali vertebrati si confondevano ancora cogli insetti e coi vermi, e in botanica si contavano gli stami».

«Io mi ricordo, scrive Liebig, che ancora verso il 1820, il professore Wurzer, che occupava la cattedra di chimica all'Università di Marburg, mi mostrava un cassetto in legno che aveva la proprietà di produrre del mercurio, ogni tre mesi. Egli possedeva pure un apparecchio il cui pezzo principale era un lungo tubo in terra da pipa, per mezzo del quale egli convertiva facilmente l'ossigeno in azoto», ecc.

Ma l'esposizione fatta da Liebig, in questa sua autobiografia, dello stato della chimica in Germania era forse un poco esagerata. Se la cultura chimica generale era piuttosto bassa, è pur vero che allora o poco prima la Germania aveva Klaproth, Wenzel, Richter, Leopoldo Gmelin, Fr. Gmelin, Döbereiner, Mitscherlich (cominciò nel 1818), Bucholz, Trommsdorff, Runge, Sertürner ed altri che è inutile enumerare. Certamente, nello sviluppo della chimica anche in Germania, e direi specialmente anzi in quel paese, l'influenza di Berzelius si è fatta molto sentire.

Per scorgere già ad occhio il grande progresso della chimica dopo il 1810 e specialmente dopo il 1820 basta esaminare i *Jahresberichte* di Berzelius; il primo volume, pubblicato nel 1822 e che raccoglie i lavori di chimica, e può dirsi anche delle scienze fisiche, pubblicati nel 1821, consta di 125 pagine, il volume del Jahresb. per 1846, cioè dopo 25 anni, è già di 926 pagine!

In questo tempo dal 1811 al 1820 si scoprono i primi fatti e le prime leggi che riguardano il potere rotatorio, che tanta influenza hanno avuto nel progresso della chimica. Arago nel 1811⁽²⁴⁾ scopre il fenomeno della polarizzazione rotativa, che è poi studiato specialmente dal Biot nel quarzo⁽²⁵⁾ e lo stesso Biot nel 1845 scopre la polarizzazione rotativa nei liquidi e nelle soluzioni⁽²⁶⁾, il che è molto più importante per la chimica; questi fenomeni condussero poi alla scoperta dell'*inversione* ed alla scoperta di Pasteur dell'esistenza di *quattro* acidi tartarici, quindi alla *dis-simmetria molecolare* ed alla stereochimica, ed inoltre all'uso dei *polarimetri* e *saccarimetri*.

Nel periodo dal 1812 al 1846 le principali ricerche sulla densità dei vapori si debbono innanzi tutto a Gay-Lussac⁽²⁷⁾, poi a Dumas⁽²⁸⁾, a Mitscherlich⁽²⁹⁾, a Bineau⁽³⁰⁾, a Cahours⁽³¹⁾, a Regnault⁽³²⁾.

Nel breve periodo dal 1813 al 1816 nacque la teoria detta degli idracidi. Il Berzelius, al pari di Berthollet, riguardando gli acidi come tutti ossigenati, considerava il cloro quale ossido di un radicale, il *murio*, MuO^2 ; però le esperienze di Gay-Lussac e Thenard non riuscirono a dimostrare l'ossigeno nell'acido muriatico ossigenato e per di più Davy dimostrava (1810) che questo corpo è veramente un elemento, che denominò *clorine*, e Gay-Lussac poi *cloro*. Il Davy allora ammise co-

⁽²³⁾ *Elogio di Magnus.*

⁽²⁴⁾ *Mém. de la 1^{re} Classe de l'Institut*, 1812, t. XII, pag. 35.

⁽²⁵⁾ *Mém. de l'Acad. des Sciences*, t. XIII, pag. 218.

⁽²⁶⁾ *Bull. Soc. Phil.*, dic. 1815; *A. Ch.* [2], 1816, t. IV, pag. 90.

⁽²⁷⁾ *A. Ch.* [1], t. LXXX, pag. 218; Biot, *Traité de Physique*, t. I.

⁽²⁸⁾ *A. Ch.* [2], t. XXXIII.

⁽²⁹⁾ *Lehrb. d. Chemie.*

⁽³⁰⁾ *A. Ch.* [3], t. XVIII.

⁽³¹⁾ *C. R.*, t. XX e XXI.

⁽³²⁾ *A. Ch.* [3], t. XIV.

me principio che per essere un acido non vi era bisogno della presenza dell'ossigeno e che l'elemento acidificante è veramente l'idrogeno e nella sua Memoria sugli acidi ossigenati del jodo⁽³³⁾ dimostra che l'acido jodico da lui ottenuto (ora l'anidride J²O⁵) non ha proprietà acide se non quando ha reagito sull'acqua per dare il vero acido jodico, cioè l'idrato. Egli disse: «Le proprietà acide degli acidi sono collegate con l'azione dell'idrogeno dell'acqua, che si trova nei così detti acidi idrati».

Dulong (1815) considerò tutti gli acidi ossigenati e non ossigenati come idracidi, cioè come gruppi o elementi combinati all'idrogeno, sostituendo il quale con dei metalli si hanno i sali. Così egli scriveva:

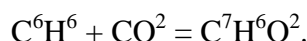
H(Cl)	acido cloridrico
H(J)	» jodidrico
H(CN)	» cianidrico
H(C ² O ⁴)	» ossalico
H(SO ⁴)	» solforico
H(NO ³)	» nitrico

e quindi i sali, come K(Cl), K(ClO³), ecc.⁽³⁴⁾.

Reca meraviglia come Berzelius non abbia subito, e specialmente dopo il 1830, in seguito alle ricerche di Daniell, accettata la teoria di Dulong, la quale poi in fondo è dualistica anche essa, se non che invece di considerare gli acidi come la combinazione di acqua cogli acidi anidri: H²O.SO³, si considerano come idrogeno e un radicale complesso: H².SO⁴⁽³⁵⁾.

Berzelius fu il primo a dare un vero impulso anche alla chimica organica coi suoi lavori sull'analisi organica, sulla composizione degli acidi vegetali, colla scoperta dell'acido piruvico, collo studio dell'acido racemico e quindi lo stabilimento dell'isomeria, ecc. Ma in questo tempo, dal 1821 al 1835, quattro altri chimici facevano progredire di molto la chimica organica: Liebig, Wöhler, Mitscherlich (questi due, allievi del Berzelius) e Dumas. Liebig e Wöhler coi loro studi sugli acidi cianico e fulminico, colla sintesi dell'urea, col classico lavoro sull'aldeide benzoica e susseguentemente con quello sull'acido urico e sugli acidi organici in genere, portarono un grande contributo alla chimica organica; nel tempo stesso che Berzelius e Liebig sviluppavano la loro teoria dei radicali.

Ricerche fondamentali per la chimica organica (oltre alla scoperta delle sue grandi leggi sull'isomorfismo, dimorfismo, ecc.) furono fatte dal 1830 al 1834 dal Mitscherlich colle sue ricerche sull'acido benzoico, dimostrando che si decompone in benzene ed acido carbonico, e lo considerò quindi come:



È da questo momento che datano le prime idee esatte sulla costituzione delle sostanze organiche.

⁽³³⁾ *Phil. Trans.*, 1815, parte I, pag.212-219; *Journ. of Science a. the Arts.* t. I, pag. 285.

⁽³⁴⁾ Watts, *Dictionary of Chemistry*, t. I. pag. 42. Ma qui pure non si cita la fonte e si dà il lavoro come del 1816. Anche Ern. v. Meyer, nella *Storia della chimica*, pag. 254, cita il lavoro di Dulong senza notarne la fonte.

⁽³⁵⁾ Io non ho potuto trovare ancora la Memoria originale del Dulong. È certo però che questo lavoro è del 1815, perchè è riassunto dal Thomson nei suoi *Ann. of Philosophy*, 1816, t. VII, pag. 231 come estratto dall'*Account of the Labours of the Class of Mathem. and Phys. Sciences of the Royal Institnt of France during the Jear 1815*, e *Mém. de l'Acad.*, 1813-1815, *Histoire*, pag. CXCVIII. L'idea emessa da Dulong è più generale e più chiara che non quella di Davy. Tutti gli acidi e tutti i sali, secondo Dulong, appartengono alla stessa classe di composti chimici. Ed aveva ragione.

Per le ricerche di Dulong sugli idracidi si vegga anche Kopp, *Geschichte d. Chem.*, t. III, pag. 21-27, il quale però non cita la fonte. Le idee di Dulong sono pure esposte brevemente da Cuvier, come fatte nel 1815, nella sua *Histoire des progrès dea Sciences naturelles*, t. I. pag. 230.

Già in questa sua prima Memoria sul benzene⁽³⁶⁾ Mitscherlich denomina l'acido benzoico acido *benzincarbonico* o *benzocarbonico*, e lo considera come l'unione di benzina e acido carbonico, cioè $C^6H^6.CO^2$, e considera l'olio di mandorle amare di Wöhler e Liebig come benzina C^6H^6 combinata con ossido di carbonio, e la benzamide come benzina combinata ad un composto con 2 di carbonio, 2 di idrogeno, 2 di ossigeno e 2 di azoto, cioè:

Formole antiche	Formole moderne	
$C^6H^6.CO^2$	$C^6H^5.COOH$	acido benzoico
$C^6H^6.CO$	$C^6H^5.CHO$	aldeide benzoica
$C^6H^6.CONH$	$C^6H^5.CONH^2$	benzamide.

Confrontando, egli dice, la composizione dell'acido benzoico con quella degli acidi butirrico, caprico, caproico e stearico, è prevedibile che, distillati con un eccesso di base, devono dare acido carbonico e un idrocarburo.

E poco dopo Dumas, distillando l'acetato di calcio con ossido di calcio, ottenne il *metano*!

In appoggio all'idea che l'acido benzoico risulti dall'unione della benzina con acido carbonico, egli tratta la benzina con acido solforico e ottiene un acido nuovo (acido benzensolforico), *una combinazione di benzina e acido solforico, che nelle sue reazioni è affatto analoga all'acido benzoico*⁽³⁷⁾. Ed invero l'analogia tra:

$C^6H^5.SO^2.OH$	acido benzensolforico
$C^6H^5.CO.OH$	acido benzencarbonico

è assai grande.

Accenna anche alla formazione dell'acqua, e quando descrive l'acido benzensolforico o meglio il sale di rame, dice: «Ne risulta che in questo sale 2 atomi di idrogeno si sono combinati con un atomo di ossigeno dell'acido per formare dell'acqua che si separa».

Nella Memoria: *Su due classi particolari di atomi di composti organici*⁽³⁸⁾, Mitscherlich insiste sulla nuova classe di composti: *che sono il risultato, egli dice, della combinazione di due corpi composti o d'un corpo semplice con un corpo composto, e dei quali una parte si è separata*. A questa classe appartengono numerosi corpi, oltre l'acido benzensolforico, ecc. Considera l'urea come *una combinazione di acido carbonico e di ammoniaca, da cui un atomo d'acqua si è separato*. Invece dell'acqua si possono eliminare 2 atomi di idrogeno unito a 2 atomi di cloro, o di cianogeno, bromo, solfo, selenio, ecc. Si trova un esempio di questa combinazione, egli dice, nella *cloronaftalide* di Laurent e che si ottiene distillando il cloruro di naftalina. Io ho già detto che le combinazioni del benzoile col cloro, col jodo, col cianogeno, col solfo, sono formate di benzene con gas clorossicarbonico, ecc.

In un'altra Memoria descrive la *nitrobenzina* e la *solfobenzide*⁽³⁹⁾, $C^6H^5NO^2$ e $(C^6H^5)^2SO^2$.

Distillando il benzoato di calcio neutro ottiene il benzofenone $C^{10}H^{13}O$, ossia $(C^6H^5)^2CO$.

Come si vede, il Mitscherlich ha scoperto i primi e più importanti composti che sono ora i tipi principali dei derivati aromatici. Cioè:

C^6H^6	benzene
$C^6H^5.COOH$	acido carbonico
$C^6H^3.Cl^3$	triclorobenzene
$C^6H^6.Cl^6$	essacloruro di benzene
$C^6H^5.NO^2$	nitrobenzene

⁽³⁶⁾ P. A., 1834, n. 10, pag. 231; A. Ch., 1834 [2], t. LV. pag. 47. e t. LVII; vedasi anche: *Gesammelte Schriften von Mitscherlich*, ecc. Berlin 1886, 1 vol.

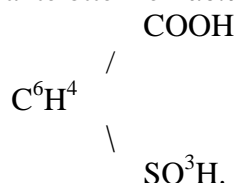
⁽³⁷⁾ A. Ch., 1834 [2], t. LVI, pag. 320.

⁽³⁸⁾ P. A., 1834, n. 40, pag. 31; A. Ch. [2], t. LVII, pag. 92.

⁽³⁹⁾ A. Ch., 1834 [2], t. LVII, pag. 85.

$C^6H^5.SO^3H$	acido benzensolforico
$(C^6H^5)^2N^2$	azobenzide
$(C^6H^5)^2SO^2$	solfobenzide
$(C^6H^5)^2CO$	benzofenone.

Mitscherlich ottenne anche il primo acido solfoconiugato di un acido organico; trattando l'acido benzoico con acido solforico fumante ottenne l'*acido solfobenzoico*:



L'esattezza di questo chimico, come lavoratore, era ammirabile; le analisi organiche di corpi difficili da bruciare era fatta in modo inappuntabile.

La classica Memoria di Mitscherlich (1834): *Ueber das Benzin und die Verbindungen desselben*⁽⁴⁰⁾ è stata ristampata dall'Ostwald, con annotazioni di Wislicenus.

Importantissima Memoria è pure quella che egli pubblicò nel 1833: *Sul rapporto fra il peso specifico delle sostanze gaseose e le proporzioni chimiche*⁽⁴¹⁾.

Molte altre ricerche si debbono al Mitscherlich su svariati argomenti, quali quelle sull'affinità chimica (1841-1842), sui fenomeni di contatto, sull'influenza della temperatura sul contenuto di acqua e la forma cristallina dei sali, sugli acidi nitroso, nitrico, solforico, ecc. Ed un gran numero di ricerche attinenti alla chimica mineralogica.

Mitscherlich⁽⁴²⁾ adottò quasi subito la teoria delle sostituzioni quale l'ammise il Laurent.

Il suo importantissimo metodo per la scoperta del fosforo in caso di avvelenamento, che tanto interessa la tossicologia, fu scoperto nel 1855⁽⁴³⁾.

A Mitscherlich si deve un importante *Lehrbuch der Chemie* in 2 volumi, 1829-1830. Fu il primo, secondo noi, a non fare una vera divisione fra la classe dei composti organici e quella dei composti inorganici. Egli distingue gli elementi in metalli e metalloidi, e, quando incontra il carbonio nel gruppo del boro e del silicio, descrive senz'altro i principali derivati del carbonio o composti organici.

Il Mitscherlich era elegante e sicuro sperimentatore; molti dei suoi apparecchi sono ancora oggidì adoperati. Egli è stato il primo ad insegnare a preparare l'etere per l'azione dell'acido solforico sull'alcol con reazione continua. Il più comodo gasometro per raccogliere i gas è ancora quello di Mitscherlich⁽⁴⁴⁾.

Tutte le sue ricerche scientifiche furono raccolte dal figlio Alessandro in un grosso volume⁽⁴⁵⁾.

Berzelius si era già da tempo occupato delle sostanze albuminose e dopo il 1830 questo argomento fu trattato ampiamente da molti chimici, e fra i primi da Mulder, che fu molto (anzi troppo!) lodato dal Berzelius. Il Mulder arrivò alla conclusione che tutte le sostanze albuminose contengono un'unica sostanza dalla quale derivano e che egli chiamò *proteina*; da allora le materie albuminose si denominarono *sostanze proteiche* o *proteiniche*; la proteina era considerata come il radicale delle sostanze albuminose⁽⁴⁶⁾. Un gran numero di ricerche sulle sostanze proteiniche furono poi

⁽⁴⁰⁾ *Abhandlungen der Königl. Akad. d. Wissens zu Berlin.*

⁽⁴¹⁾ *Königl. Akad. d. Wissens. zu Berlin*, 1833; *A. Ch.*, 1833 [2], t. LV.

⁽⁴²⁾ *Sur t'affinité chimique*, in *A. Ch.*, 1842 [3], t. IV, pag. 67, e t. VII, pag. 15; *Berlin's Akad.*, 1841.

⁽⁴³⁾ *Entdeckung des Phosphors bei Vergiftung*, in *Erdmann's Journ.*, 1855, t. LXVI.

⁽⁴⁴⁾ V. pag. 7-12 dei suo *Lehrbuch d. Chem.*, 4^a ed.

⁽⁴⁵⁾ *Gesammelte Schriften von Eilhard Mitscherlich, Lebensbild, Briefwechsel und Abhandlungen*, Berlin 1896.

⁽⁴⁶⁾ GERARDUS JOHANNES MULDER nacque nel 1802 ad Utrecht e morì nel 1882; prima fu medico pratico a Rotterdam, ma poi si occupò esclusivamente di chimica. Dal 1840 al 1868 fu professore di chimica in Utrecht. Chimico distinto, ma non sempre fortunato nelle analisi. Oltre ai suoi numerosi lavori sulle materie proteiniche, si occupò anche di

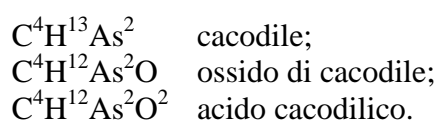
fatte nel laboratorio di Liebig a Giessen dal 1838 al 1842⁽⁴⁷⁾; e specialmente da Dumas e Cahours, i quali nel 1842 pubblicarono il loro grande lavoro: *Mémoire sur les matières neutres de l'organisation*⁽⁴⁸⁾, nella quale essi espongono i risultati estesi alle principali materie albuminoidi, sia delle piante come degli animali.

Anche le ricerche di Döbereiner hanno contribuito non poco al progresso della chimica; chimico modesto, il Döbereiner ha fatto molte interessanti osservazioni⁽⁴⁹⁾.

Inoltre in questo bel periodo berzeliano (1840) si iniziano da Hess i suoi magnifici lavori sulla termochimica, e da Kopp (1839) le sue ricerche chimico-fisiche sulle relazioni fra le proprietà e la composizione chimica. Tutti lavori questi che il Berzelius teneva in gran pregio, come lo dimostrano i suoi *Jahresberichte*.

In questo periodo della scienza hanno avuto una lieve importanza le ricerche di Bunsen, specialmente quelle sul *cacodile* iniziate nel 1837 e compiute nel 1843. Cadet nel 1760, per distillazione dell'acetato potassico secco con anidride arseniosa, ottenne un liquido fumante, di odore sgradevolissimo, denominato poi *liquido fumante del Cadet*. Eccetto alcune osservazioni di Durande, di Thenard e di Dumas, nulla di importante si conosceva su questo argomento sino al 1837, quando cominciano le classiche ricerche di Bunsen a Cassel⁽⁵⁰⁾.

Bunsen dimostrò che il liquido fumante del Cadet era formato principalmente da un ossido che denominò *alkarsina* e da un prodotto di ossidazione di questa, l'*alkargene*. L'*alkarsina* fu poi detta *ossido di cacodile* e l'*alkargene*, *acido cacodilico*. Fu Berzelius che propose a Bunsen il nome di *cacodile*, κακώδης, materia puzzolenta. Tutti i numerosi derivati dell'ossido di cacodile si potevano far derivare da un radicale composto, detto appunto *cacodile*:



Sulla natura e costituzione di questo radicale si discusse non poco⁽⁵¹⁾; ma fu Kolbe il primo a considerare il cacodile come arsenico combinato al metile, analogo al cianogeno. Poi Laurent e Gerhardt fecero vedere pei primi che tanto il cianogeno quanto il benzoile, come il cacodile, allo

altre sostanze di difficile purificazione, quali i componenti della seta, la pectina e l'acido pectinico, la gomma, la condrina, ecc., tutte sostanze *amorfe*. A Mulder si deve il primo acido nitrobenzoico (*A. Ch.*, 1840 [2], t. LXXIV, pag. 75 e *A.*, t. XXXIV, pag. 297). Egli si occupò anche di chimica applicata alla tecnologia ed all'agricoltura, e sotto questo rispetto sono pregiate le opere: *Physiologische Chemie*, 1844-1851; *Ernährung in ihrem Zusammenhang, mit dem Volksgeist*, 1847; *Chemie des Weines*, 1856; *Chemie des Bieres* (tradotto in francese), 1858; *Chemie der Ackerbäume*, 1862. Il Mulder può dirsi il fondatore della chimica in Olanda. Fra i suoi allievi ricordo Jacopo Moleschott, il quale parlava sempre con entusiasmo del suo Mulder.

Pubblicò la maggior parte dei suoi lavori nel *Journ. f. prakt. Chem.* Ebbe delle lunghe ed incresciose polemiche con Liebig.

⁽⁴⁷⁾ Si veggano gli *Annalen* di Liebig.

⁽⁴⁸⁾ *A. Ch.*, 1842 [3], t. VI, pag. 385 a 448.

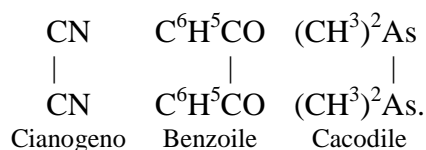
⁽⁴⁹⁾ J. W. DÖBEREINER, nato nel 1780 a Rittergut Bug e morto nel 1849 a Jena, fece importanti studi di chimica organica; dimostrò che l'acido ossalico e gli ossalati, con acido solforico concentrato, danno CO e CO² a volumi uguali e considerò l'acido ossalico come un composto di anidride e di ossido di carbonio (1818); dimostrò che altri acidi organici (citrico, malico, formico, ecc.) coll'acido solforico danno dell'ossido di carbonio, e nel 1822 diede un metodo pratico per preparare l'acido formico. Nel 1821-1823 scopre e studia le proprietà curiose del platino spugnoso e del nero di platino; un getto di idrogeno su spugna di platino si accende. Devesi a lui il cosiddetto accendilume a spugna di platino. Dal formiato di ammonio ottenne acido prussico.

Le sue osservazioni sulle *triadi* degli elementi condussero poi ad osservazioni simili di Pettenkofer e Dumas, e finalmente al sistema periodico di Newlande, Chancourtois, Lh. Meyer e Mendelejeff. Già nel 1812 egli aveva dato le prove che l'aria è una mescolanza e non un composto chimico. Si occupò anche di chimica applicata.

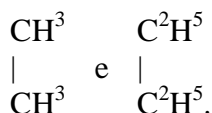
⁽⁵⁰⁾ *A.*, t. XXIX e *P. A.*, t. XLII; *A.*, t. XXXI, XXXVII, XLII e XLVI; tradotte in gran parte in *A. Ch.* [3], t. VI e VIII. Berzelius ne discorre a lungo nei suoi *Jahresberichte*, 1837 a 1843.

⁽⁵¹⁾ Laurent, C. R., t. XXXI; *Rev. Scient.*, t. XIV e *A. Ch.* [3], t. X; Dumas, *A. Ch.* [3], t. VIII; Gerhardt, *Précis de Chim. organ.* 1844, t. I, pag. 389 e 530.

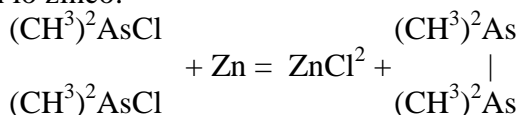
stato libero hanno una formola doppia, ossia come radicali liberi hanno la molecola costituita di due atomi e quindi:



E poco dopo, nel 1849, quando Frankland scoprì il metile e l'etile, che si rappresentavano con CH^3 e C^2H^5 , fu dimostrato da Laurent e Gerhardt che questi radicali allo stato libero hanno una formola analoga alle precedenti, cioè:



In una lettera a Liebig⁽⁵²⁾ Bunsen descrive le difficoltà incontrate nell'analisi del cacodile e suoi derivati; bruciava le sostanze con ossido di nickel. Bunsen ottenne il cacodile libero trattando il cloruro con lo zinco:



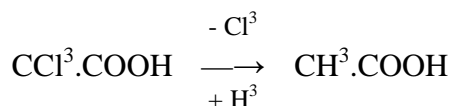
ed in modo analogo Frankland ottenne poi radicali alcalini.

I composti arsenico-organici furono in seguito studiati da Cahours e Riche, da Landolt e specialmente dal Baeyer.

Bunsen, dunque, sotto questo aspetto, aprì una nuova via.

Dumas pure, colle sue ricerche sulla teoria atomica, sulla densità di vapore, lo studio completo dell'alcol metilico e derivati (insieme a Péligot), coll'analisi di un gran numero di composti organici, colla sua teoria degli eteri ecc., contribuì immensamente al progresso della chimica.

Il Belgio, nel periodo berzeliano dal 1835 al 1848, aveva due distinti chimici: il Melsens e lo Stas, i quali studiarono entrambi a Parigi nel laboratorio di Dumas e potrebbero considerarsi come i due fondatori della chimica nel Belgio. Al Melsens si debbono, fra gli altri, due lavori importanti, relativi alla teoria delle *sostituzioni*; l'uno sulla trasformazione dell'*acido tricloroacetico* in acido acetico⁽⁵³⁾:



impiegando quale agente riduttore l'amalgama di potassio. La rigenerazione dell'acido acetico dall'acido tricloroacetico era il primo esempio di un prodotto di sostituzione trasformato nel prodotto primitivo da cui deriva. Altro lavoro importante è quello dell'*acido solfoacetico* $\text{CH}^2\text{SO}^3\text{H}.\text{COOH}$, primo esempio di un solfoacido della serie grassa⁽⁵⁴⁾.

Lo Stas occupa nella storia della chimica moderna del Belgio il primo posto; egli pubblicò prima il suo lavoro sul glucoside florizina, nel laboratorio di Dumas a Parigi, e poco dopo, col Dumas stesso, pubblicò il grande lavoro: *Recherches sur le véritable poids atomique du carbone*⁽⁵⁵⁾. A lui inoltre si deve la scoperta dell'acetale. Dello Stas diremo qualche cosa a proposito dei pesi atomici.

⁽⁵²⁾ A., t. XXXI, pag. 175.

⁽⁵³⁾ A. Ch., 1844 [3], t. x, pag. 233.

⁽⁵⁴⁾ MELSENS. Questo chimico incominciò con un lavoro sulla mannite, un altro sulla nicotina; poi studiò l'azione del cloro sul gas metano, ecc. A lui si debbono delle ricerche sulla mancanza del piombo e del rame nel sangue (A. Ch. [3], t. XXXIII); poi una Memoria sull'impiego del joduro di potassio per combattere le affezioni saturnine e mercuriali (Ivi [3], t. XXVI, pag. 215); un nuovo processo per l'estrazione dello zucchero di canna e di barbabietola, e qualche altro lavoro di secondaria importanza. Può dirsi che i suoi due lavori più importanti furono ispirati dal Dumas.

⁽⁵⁵⁾ A. Ch., 1841 [3], t. I, pag. 5.

Due chimici molto distinti ebbero non poca parte allo sviluppo della chimica nel periodo berzeliano che va dal 1830 al 1848 e sono Erdmann e Marchand. Nel 1834 Otto Linné Erdmann con Fr. W. Schweigger-Seidel fondano il *Journal für praktische Chemie*, che poi l'Erdmann diresse da solo sino al 1839, anno in cui lo pubblicò insieme a Marchand. In seguito il giornale fu poi diretto dal Kolbe ed ora da Er. V. Meyer.

In questo giornale pubblicarono molti lavori il Berzelius ed i principali chimici del tempo. Gerhardt vi pubblicò nel 1835-36 la sua Memoria sui silicati.

Come si scorge, l'esempio dato da Berzelius coi *Jahresber.* servì di impulso per la creazione di altre importanti opere periodiche di chimica.

Dei chimici italiani farò cenno più avanti.

Nell'anno 1832 Liebig, in continuazione del giornale di Geiger, cominciò a pubblicare gli *Annalen der Pharmacie*, che poi ebbero il titolo di *Annalen d. Pharm. u. Chem.*, ed infine *Annalen der Chemie*. Questa costituisce oggi la più preziosa raccolta scientifica di chimica, e specialmente dopo il 1850 vi scrissero le loro più importanti Memorie i maggiori chimici tedeschi.

Anche nel periodo berzeliano la chimica in Austria era quasi nulla, di molto inferiore alla chimica italiana; noi dal 1800 al 1848 abbiamo avuto tutti i lavori di Avogadro, e gran parte dei lavori di Usiglio, Poggiale, Malaguti, Taddei, Sobrero, B. Bizio, Fr. Selmi, R. Piria. E in Austria? Stadion, Reichenbach e pochi altri, di valore limitato.

Anche in Inghilterra, dopo Davy, Dalton e Wollaston, la chimica decade; risorse con Graham e poco dopo con Williamson e Frankland, ma questi due chimici appartengono più al periodo postberzeliano: come pure i principali lavori di Graham.

Nel 1834, e poco dopo nel 1835, cominciarono le ricerche di due giovani chimici, i quali non furono molto fortunati nella loro carriera scientifica, ma i cui nomi brillano ancora di luce vivissima: Augusto Laurent e Carlo Gerhardt. Le ricerche sulla naftalina e sul fenolo, sulla teoria dei nuclei, sulla teoria delle sostituzioni, pongono Laurent fra i più grandi chimici, e così pure il suo amico Gerhardt, colle sue ricerche sui silicati, sui pesi atomici e la composizione delle sostanze organiche, sulla chinolina, sulle anilidi, sulla teoria dei tipi, sulle amidi e sulle anidridi degli acidi organici (con Chiozza), ecc., fanno considerare il Gerhardt come un terzo riformatore della chimica dopo Lavoisier e Berzelius.

Berzelius prese viva parte ai dibattiti che ebbero luogo dal 1830 al 1848 sulle teorie chimiche, e, volendo sostenere la sua teoria elettrochimica anche nei composti organici, contribuì non poco ad amareggiare la carriera scientifica dei due giovani chimici Laurent e Gerhardt, dei quali però riconosceva il grande ingegno.

I tre paesi dove invece la chimica fioriva erano la Svezia, la Francia e specialmente la Germania. In Germania, poco dopo Berzelius, sviluppatasi la chimica coi lavori di Mitscherlich, Erdmann e Marchand, Liebig e Wöhler, Bunsen, Strecker, H. Kolbe, A. W. Hofmann e tanti altri chimici, verso il 1850-1855, si accettano subito le idee di Laurent e Gerhardt, la teoria dei tipi progredì, i Trattati di chimica dei giovani chimici tedeschi progressisti sono scritti secondo le idee di Gerhardt; si arriva così a Kekulé colla sua teoria della valenza e del carbonio ad atomi concatenati; la legge di Avogadro, messa in luce da Cannizzaro nel Congresso di Karlsruhe del 1860, fu adottata in Germania senza esitazione, e dopo, anche in tutti gli altri paesi.

Come si sia svolta la chimica dal 1810 circa al 1840 si vedrà anche nell'esposizione dei lavori dei Berzelius.

Berzelius trovò la chimica quasi ancora bambina e la lasciò adulta e promettente rapidi progressi.

**Avvenimenti principali che fecero progredire la chimica nel periodo berzeliano
dal 1800 al 1848.**

1800. Scoperta della *Pila di Volta* - Decomposizione elettrolitica dell'acqua, di Nicholson e Carlisle - Nascita di Jean-Baptiste Dumas e di Fr. Wöhler.
1801. Memoria: *Recherches sur les lois de l'affinité*, di Berthollet.
1802. Prima legge dell'elettrolisi, di Berzelius ed Hisinger - *Mémoire pour servir à l'histoire de l'antimoine*, di Proust.
1803. *Essai de statique chimique*, di Berthollet - Leggi di Henry sulla solubilità dei gas - Nascita di Liebig.
1804. *Recherches chimiques sur la végétation*, di Th. de Saussure - Varie Memorie di Proust sui solfuri, ossidi e cloruri.
1805. Sulla composizione volumetrica dell'acqua, di Humboldt e Gay-Lussac - Teoria dell'elettrolisi, di Grothuss - Nascita di Graham.
1806. Trattato o Corso di chimica animale, di Berzelius - Sertürner scopre la morfina - Ricerche elettrochimiche di Berzelius e H. Davy.
1807. Davy scopre il *potassio* ed il *sodio* - Thomson fa conoscere la teoria atomica di Dalton concepita nel 1803-1804 - Berzelius sviluppa la sua teoria elettrochimica - Si pubblica il 1° volume delle *Mém. de la Soc. d'Arcueil* (il 2° nel 1809, il 3° nel 1817) - Nascita di A. Laurent.
1808. Berzelius e Davy scoprono il *bario*, il *calcio*, lo *stronzio* e Davy scopre il *magnesio* - Dalton pubblica il 1° vol. del suo: *A new System of chemical Philosophy*.
1809. Leggi di Gay-Lussac sulle combinazioni volumetriche dei gas.
1810. H. Davy stabilisce che il *cloro* è un elemento; pubblica il 1° vol. degli *Elements of chem. Philosophy*.
1811. Prima Memoria di Avogadro : *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons* - Lettera di Berzelius a Berthollet: *Sur l'analyse de différents sels* - Grande Memoria di Berzelius sulle proporzioni chimiche - Saggio per stabilire il sistema elettrochimico - Legge di Berzelius sul rapporto dell'ossigeno nei sali - Lavori di Arago e Biot sulla polarizzazione rotatoria - Gay-Lussac e Thenard pubblicano le loro *Recherches physico-chimiques* in 2 vol. - Kirchhoff scopre che l'amido è trasformato in zucchero coll'acido solforico diluito - Nascita di Bunsen.
1812. Berzelius studia i composti di antimonio - John Davy scopre l'ossicloruro di carbonio (fosgene) - Memoria di Berzelius sulla ossidazione di differenti metalli - Dulong scopre il cloruro di azoto.
1813. Dell'influenza dell'elettricità sulle affinità, base di una teoria elettrochimica, di Berzelius - Saggio sulla causa delle proporzioni chimiche e sopra alcune circostanze relative a queste, di Berzelius - Nascita di J. S. Stas e di R. Piria.
1814. Seconda Memoria di Avogadro - Berzelius propone i nuovi simboli - Memoria di Berzelius sulla composizione degli acidi organici. Perfeziona l'analisi elementare - Memoria di Gay-Lussac sul *jodo*.
1815. Nuovo metodo per determinare la densità di vapore, di Gay-Lussac - Davy e Dulong emettono la loro teoria degli *idracidi* - Scoperta del cianogeno (Gay-Lussac) - Ricerche di Dulong sugli acidi del fosforo e scopre l'acido ipofosforoso⁽⁵⁶⁾.
1816. Memoria sull'*oppio* e la *morfina*, di Sertürner - Sulle combinazioni dell'*azoto* coll'*ossigeno*, di Gay-Lussac - *Essai d'une classification naturelle pour les corps simplex*, di Ampère - Memoria sulla composizione degli acidi fosforoso e fosforico e teoria corpuscolare, di Ber-

⁽⁵⁶⁾ È interessante notare che Dulong credeva che il radicale dell'acido ipofosforoso contenesse dell'idrogeno. Ed era nel vero, perché anche oggi lo si rappresenta con



- zelius - Ricerche sulla combustione e sulla fiamma, di H. Davy - Classificazione dei minerali secondo la loro composizione, di Berzelius - Nascita di Gerhardt.
1817. Berzelius scopre il selenio - Nuove ricerche sulle proporzioni chimiche, di Berzelius - Nascita di Ad. Wurtz, di Marignac, di Fr. Selmi, di H. Kopp.
1818. Scoperta dell'acqua ossigenata, di Thenard - Grande Memoria di Berzelius sul selenio - Prima edizione del *Trattato di Chimica* di Berzelius (1808-1817) - Nascita di H. Kolbe e di A. W. Hofmann.
1819. Legge del calorico atomico, di Petit e Dulong - Esperienze per determinare la composizione di molte combinazioni inorganiche che servono di base ai calcoli relativi alla teoria delle proporzioni chimiche, di Berzelius - Prima Memoria sulla solubilità dei sali nell'acqua, di Gay-Lussac - *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité*, di Berzelius - *Nouveau système de Minéralogie*, di Berzelius.
1820. Prima Memoria sulla relazione esistente tra la forma cristallina e le proporzioni chimiche, scoperta dell'isomorfismo, di Mitscherlich - Esame di alcuni composti che dipendono da affinità deboli, di Berzelius - Ricerche sulla composizione dei ferrocianuri, di Berzelius - Pelletier e Caventou scoprono la chinina e la cinchonina - Determinazione della composizione quantitativa esatta dell'acqua e del peso specifico di alcuni gas, di Berzelius e Dulong - Mitscherlich e poi altri giovani chimici vanno a lavorare nel laboratorio di Berzelius.
1821. Sui solfocianuri e seleniocianuri, di Berzelius - Scoperta di due cloruri di carbonio, di Faraday - Curiose proprietà del platino scoperte da Döbereiner - Seguito delle esperienze per determinare la composizione di più composti inorganici che servono di base ai calcoli relativi alla teoria delle proporzioni chimiche, di Berzelius - Berzelius pubblica il suo libro: *Sull'impiego del cannello nelle analisi chimiche* - Avogadro pubblica la terza e la quarta Memoria.
1822. Memoria sui solfuri, di Berzelius - Berzelius inizia la pubblicazione dei suoi *Jahresberichte* - Nascita di Pasteur.
1823. Sulla liquefazione di molti gas, di Faraday - Mitscherlich scopre il dimorfismo.
1824. Memoria di Berzelius sul fluore, fluoruri e fluoruri doppi. Acidi complessi.
1825. Faraday scopre due carburi che hanno la stessa composizione - Si fonda il Laboratorio di chimica di Giessen. - Wöhler traduce dallo svedese il *Trattato di Chimica* di Berzelius.
1826. Memoria dei solfosali, di Berzelius - Sulle relazioni esistenti tra le azioni elettriche e le azioni chimiche, di Davy - Memoria: *Des changements dans le système de Minéralogie*, ecc., di Berzelius - Memoria su alcuni punti della teoria atomica, di Dumas - Metodo di Oerstedt per preparare i cloruri - Nascita di S. Cannizzaro.
1827. Torre di Gay-Lussac per la fabbricazione dell'acido solforico - Ricerche di Berzelius sui metalli del platino. - Nascita di M. Berthelot e di Aug. Kekulé.
1828. Wöhler ottiene l'urea artificiale - Memoria sugli eteri composti, di Dumas e Boullay - Tavola dei pesi atomici, dei corpi semplici e dei loro ossidi, secondo le analisi più esatte e più recenti, di Berzelius. Determina di nuovo il peso atomico del jodo e del bromo.
1829. Scoperta del torio (Berzelius) - La triade degli elementi, di Döbereiner.
1830. Dumas scopre l'ossamide - Ricerche di Berzelius sugli acidi racemico e tartarico e ne scopre l'isomeria - Isomeria, metameria e polimeria, di Berzelius.
1831. Memoria di Liebig sull'analisi elementare - Memoria sul vanadio, di Berzelius - Si pubblica *l'History of Chemistry*, di Thomson.
1832. Memoria di Wöhler e Liebig sulla serie benzoica, ossia sul radicale dell'acido benzoico - Liebig scopre il cloralio ed il cloroformio - Memoria di Gay-Lussac sul grado di ebollizione di due liquidi mescolati senza alcuna azione l'uno sull'altro - Prima Memoria di Aug. Laurent sulla naftalina - Dissertazione sulla densità di vapore di alcuni corpi semplici, di Dumas - Ricerche di Biot sulla polarizzazione rotatoria e l'inversione - Si fondano gli *Annalen der Pharmacie* di Liebig, che diventano poi gli *Annalen der Pharmacie und Chemie* di Wöhler e Liebig, ed infine *Annalen der Chemie* o *Liebig's Annalen*.

1833. Memoria di Gaudin: *Ricerche sulla struttura intima dei corpi inorganici*, e considerazioni generali sull'ufficio che hanno le loro ultime particelle nei principali fenomeni della natura, ecc. - Prima Memoria di Laurent sulle sostituzioni: sui cloruri di naftalina - Payen e Persoz scoprono la diastasi - Considerazioni sulla composizione degli atomi organici e formole empiriche e razionali, di Berzelius - Ricerche di Graham sulla basicità degli acidi - Berzelius analizza l'acido citrico e ne studia l'azione del calore.
1834. Teoria dei radicali, di Berzelius e Liebig - Berzelius scopre l'acido piruvico - Ricerche di Mitscherlich sul benzene e derivati (acido benzoico, solfobenzoile, acido solfobenzenico, ecc.). Sul rapporto fra la densità dei gas e il loro peso atomico - Memoria di Dumas e Péligot sull'alcol metilico - Leggi di Faraday sull'elettrolisi - Runge scopre l'anilina e il fenolo nel catrame di carbon fossile - Zeise scopre il mercaptano - Si fonda il *Journal für praktische Chemie*.
1835. Sull'isomeria e la basicità dell'acido fosforico, di Graham - Memoria di Berzelius sul *tellurio* - Lavori di Laurent sulla naftalina; scopre l'antracene.
1836. Teoria dei nuclei di Laurent - Catalisi, di Berzelius - Azione del vapor d'acqua sui metalli e classificazione di questi, di Regnault.
1837. R. Bunsen inizia le sue ricerche sui composti organici dell'arsenico (cacodile, ecc.), che termina nel 1843 - Sulla formazione dell'olio di mandorle amare e ricerche sull'amigdalina e sull'emulsina, di Wöhler e Liebig (scoperta dei glucosidi) - Ricerche varie di chimica organica, di A. Laurent (scopre: il crisene, il pirene, i chinoni corrispondenti, ecc.).
1838. Sulla costituzione degli acidi organici, di Liebig - Ricerche sulla natura dell'acido urico, di Wöhler e Liebig - Ricerche sulle densità di vapore, di A. Bineau - Teoria delle sostituzioni di Laurent.
1839. Azione del cloro su più sostanze eteree e sul metilale, di Malaguti - Considerazioni sulle forze chimiche, di Gay-Lussac - Sulla costituzione dei sali organici ad acidi complessi e loro rapporti coi sali ammoniacali (composti copulati od accoppiati), di Ch. Gerhardt - Sui fenomeni della fermentazione e della putrefazione, e sulle cause che le provocano, di Liebig - H. Kopp inizia le ricerche sulle correlazioni fisico-chimiche - Teoria dei tipi, di Dumas.
1840. Ricerche sul calorico specifico dei corpi semplici e composti, di Regnault - Ricerche termochimiche, di Hess - Schönbein scopre l'ozono - Si fonda la *Revue scientifique et industrielle*, del dott. Quesneville - Bunsen scopre la pila a carbone.
1841. Ricerche sul vero peso atomico del carbonio, di Dumas e Stas - Memoria sul fenile e suoi derivati, di Laurent - Ricerche sulla vera costituzione dell'aria atmosferica, di Dumas e Bous-singault - Memoria sull'indaco, di Laurent - Ricerche sulla dilatazione dei gas, di Regnault - Ricerche di Bunsen sulla serie del cacodile - Allotropia, di Berzelius - Si fonda la Società chimica di Londra.
1842. Legge della conservazione dell'energia, di J. R. Mayer (Memoria pubblicata da Liebig negli *Annalen*) - Omologia, di Schiel e Gerhardt - Scoperta della chinolina (Gerhardt) - Ricerche sul solfo, di Fr. Selmi (1842-1846) - Si pubblica il 1° vol. dell'*Histoire de la Chimie*, di F. Hœfer; il 2° vol. nel 1843.
1843. Considerazioni sugli equivalenti di alcuni corpi semplici e composti, di Gerhardt - Studi di chimica molecolare (1843-1846), di Fr. Selmi - Si pubblica il 1° vol. della *Geschichte der Chemie*, di H. Kopp; il 4° ed ultimo nel 1847.
1844. Sull'impiego della luce polarizzata per studiare diverse questioni di meccanica chimica, di Biot - Wurtz scopre l'idruro di rame.
1845. Le anilidi, di Gerhardt - Sintesi dell'acido acetico (Kolbe) - Anderson scopre la piridina - Si pubblica la 5^a edizione del *Trattato di Chimica*, di Berzelius - Nel 1844-45 si pubblica il *Précis de Chimie organique*, di Gerhardt - Gerhardt inizia la pubblicazione dei *Comptes Rendus des travaux de Chimie*, che continuò sino al 1851.
1846. Ricerche sugli eteri clorurati, di Malaguti - Ricerche sulla costituzione degli acidi del fosforo, di Wurtz - Ricerche sulle relazioni delle densità di vapore con gli equivalenti chimici, di Bi-

neau - Ricerche sulle combinazioni azotate, di A. Laurent - Dissociazione dell'acqua (Grove) - Ricerche sulla salicina, di Piria.

1847. Wurtz scopre l'ossicloruro di fosforo - Studio intorno alle *pseudosoluzioni* degli azzurri di Prussia ed all'influenza dei sali nel guastarle, di Fr. Selmi - Trasformazione dei nitrili in acidi organici (Kolbe, Dumas, Malaguti e Leblanc) - C. B. Reichert ottiene l'ossiemoglobina cristallizzata.

1848. Wurtz scopre le *amine* - Impiego del percloruro di fosforo in chimica organica, di Cahours - Ricerche sulle relazioni che esistono tra la forma cristallina, la composizione chimica e il senso della polarizzazione rotatoria; scissione dell'acido racemico in due acidi tartarici, di L. Pasteur - Ricerche sulla asparagina e sull'acido aspartico, di Piria - *Introduction à l'étude de la Chimie*, di Ch. Gerhardt.

Berzelius muore nel 1848.

BIOGRAFIA DI BERZELIUS

Jöns Jacob BERZELIUS, che si può riguardare come il secondo riformatore della chimica e che per la sua vasta mente io chiamerei l'Aristotele del secolo XIX, nacque il 20 agosto 1779 in Väfversunda Sörgand nella Gozia occidentale (Svezia), nel distretto di Linkköping, ai piedi dell'Auberg, tra i laghi Vettern e Täkern, e morì il 7 agosto 1848 in Stockholm, nell'età di quasi 70 anni. Durante la malattia lo curava il famoso Retzius.



J. Jacob Berzelius

Berzelius era di religione protestante ed il padre suo era pastore, anzi *Supremus collega scolae* a Linkköping, ove morì nel 1783, e lasciò pochi beni di fortuna; perciò il Berzelius, rimasto orfano sin dalla fanciullezza, dovette combattere contro privazioni di ogni sorta. Sino da giovane sentì propensione per la chimica e studiò questa scienza ad Upsala; ma i suoi maestri Afzelius ed Ekeberg non erano di tale levatura da incoraggiare il giovane scienziato, il quale allora si dedicò alla medicina. Ad Upsala, Afzelius ed il suo aggiunto Ekeberg erano incaricati delle lezioni e delle esperienze di chimica. Allora, come ancora oggi (scrive l'anonimo dell'*Edinburgh Phil. Journ.*), a Upsala, a Stockholm, a Lund e a Copenhagen gli allievi erano ammessi, dopo i corsi pubblici, nel laboratorio e potevano eseguire alcune manipolazioni chimiche. Berzelius andò anch'egli in laboratorio, e la prima operazione che gli fu data era la preparazione dello *zafferano di Marte* (*crocus Martis*), calcinando il solfato di ferro in un crogiuolo. «Bien, dit-il, c'est ce que peut faire le premier manœuvre venu; si c'est là tout ce que je dois apprendre ici, je pourrais ainsi bien me dispenser d'y venir». «Ma, rispose Afzelius, le operazioni seguenti sono più difficili». E la seconda preparazione fu quella della potassa caustica bruciando il cremortartaro in un crogiuolo. «Je fus si dégoûté, dit Berzelius, du peu d'intérêt que m'offraient de telles expériences que je résolus de ne plus demander d'opérations». Ad ogni modo, è fuori di dubbio che per quanto Berzelius si lagnasse de' suoi maestri, fu ad Upsala che prese amore alla chimica. Dal 1796 al 1799 studiò chimica e medicina ad Upsala, e, secondo alcuni, poi anche ad Erlangen (?). Egli era ben preparato allo studio della chimica per le sue conoscenze nelle scienze naturali e nella medicina. Conosceva molto bene la fisica, e anche le matematiche.

Nel 1802, lasciata l'Università, fu nominato assistente del prof. Sparrman, che allora era professore alla Scuola di medicina a Stockholm. Morto nel 1806 lo Sparrman, il Berzelius fu nominato professore aggiunto di medicina e di farmacia. In questo tempo, scrive l'anonimo citato, nella Scuola di medicina non vi erano che tre professori, e Berzelius insegnava: medicina, botanica e farmacia chimica. Più tardi si crearono altre cattedre e Berzelius si limitò all'insegnamento della farmacia chimica o chimica farmaceutica. Le sue lezioni di medicina erano assai apprezzate. Furono poi molto apprezzate le sue lezioni di chimica che egli, forse uno dei primi, faceva con molte espe-

rienze. Parlava molto bene; aveva degli appunti durante le lezioni, ma non leggeva mai. Nel 1807 divenne titolare della cattedra di medicina e farmacia nella Scuola di medicina di Stockholm e nel tempo stesso insegnava la chimica nella Scuola militare di Carlsberg. Berzelius era un grande lavoratore e non si occupava d'altro che di scienza. Per alcuni mesi talora abbandonava il laboratorio, ma ciò avveniva quando doveva scrivere o le sue grandi Memorie o i suoi Trattati. Egli faceva spesso dei viaggi in Svezia e Norvegia specialmente per esaminarvi le miniere, per fare raccolte di minerali, ecc., che dovevano poi servire per i suoi studi.

Berzelius fu nominato membro dell'Accademia delle Scienze di Stockholm nel 1808, poi Presidente nel 1810 e Segretario perpetuo nel 1818. Nel 1811 Berzelius fu nominato membro di un Comitato creato a Stockholm per i *saggi di fabbricazione del salnitro*. Fu insignito di un titolo di nobiltà, e nominato barone; ma la più grande nobiltà si creò da sè stesso con opere immortali. Nel 1832 diede le dimissioni come insegnante.

I suoi concittadini lo nominarono loro rappresentante alla Dieta svedese e nel 1858 gli fu innalzata a Stockholm una bella statua nel grande parco che ora porta il suo nome.

La figura 123, tolta da una bella fotografia regalatami gentilmente dal prof. Söderbaum, rappresenta questo monumento. Debbo pure alla gentilezza del Söderbaum il bel ritratto che orna il frontispizio di questo mio lavoro; è la riproduzione di un ritratto ad olio dell'artista svedese Sandberg poco prima del 1827, cioè quando Berzelius era nel fiore dell'età. L'altro ritratto pure bello, è stato riprodotto da una daguerrotipia presa nel 1845, e ci dà così l'immagine di Berzelius quando era già vecchio di 67 anni; anche le figure che rappresentano la casa (fig. 124) ove nacque Berzelius e il monumento nel cimitero di Stockholm (fig. 125) mi furono fornite dal prof. Söderbaum⁽⁵⁷⁾, e di tutto ciò ringrazio l'illustre collega svedese.



Fig. 123. - Monumento a Berzelius in Stockholm.

⁽⁵⁷⁾ Conosco un altro ritratto del Berzelius, somigliante a quello fatto da Sandberg, ma eseguito certamente quando Berzelius era sui 34-35 anni, cioè verso il 1810-1815. Trovasi riprodotto da G. D. Hinrichs. *Introd. to Gen. Chemistry* (V alla fine, pag. 456).

Quando si inaugurò il monumento a Stockholm nel 1858 fu coniata una bella medaglia commemorativa coll'effigie del Berzelius, che qui ho voluto riprodurre (V. fig. 122). La figura 126, che rappresenta Berzelius intento ad una distillazione, è la riproduzione di un acquerello appartenente alla R. Accademia delle Scienze di Stockholm e deve essere considerato, come mi scrisse il chiarissimo prof. Söderbaum, il primo ritratto esistente di Berzelius, datando con molta probabilità dal 1800 al 1805. La copia senza colori non è ben riuscita e trovasi nell'autobiografia di Berzelius edita dal Kahlbaum nel 1903⁽⁵⁸⁾; la copia a colori è nei *Reseanteckningar*.

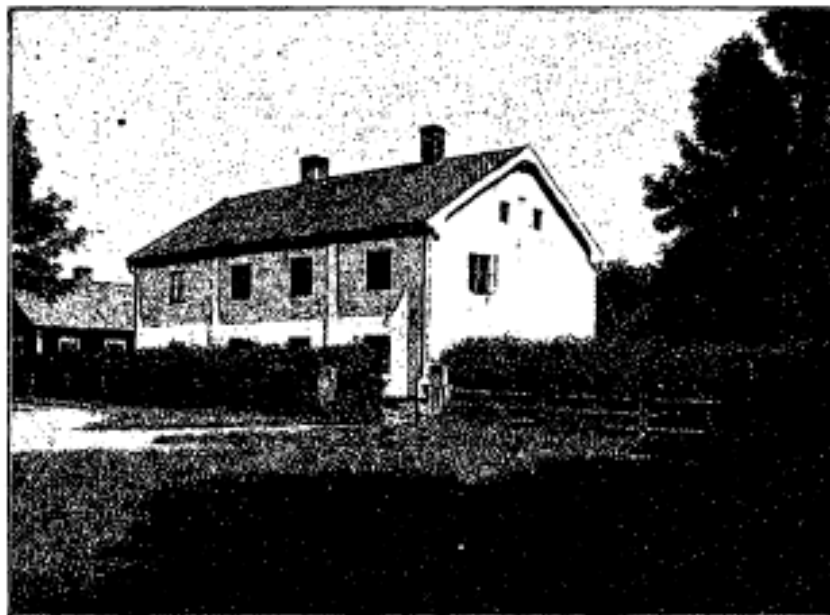


Fig. 124. - Casa ove nacque Berzelius.

Un cenno biografico di Berzelius si trova sino dal 1830 nell'*Edinburgh Philosophical Journal* e fu tradotto nella *Revue Britannique*, 1830 [2], t. III, pag. 236-251; fu scritto da uno scienziato-viaggiatore, anonimo, che verso il 1830 visitò Berzelius a Stockholm; egli scriveva:

«Giunsi a Stockholm il 6 settembre, e subito il mattino seguente andai all'Accademia in Storrany-Gattan per vedere Berzelius. Lo trovai nel suo studio, occupato a scrivere per la nuova edizione della sua *Chimica*. Quando gli fui annunziato, non attese le mie lettere di presentazione, e subito mi salutò in modo franco e amichevole.

«Quantunque non avessi un'idea precisa sul suo aspetto, fui però un po' sorpreso quando lo vidi. La figura di Berzelius forse non è bella, ma i suoi lineamenti sono molto delicati, e la sua espressione nell'insieme è simpatica. Quella della bocca è affatto speciale, ed esprime una buona natura. Questa espressione è molto ben ritratta in una sua effigie incisa a Berlino.

«I busti in porcellana e i medaglioni fusi che si trovano nella stessa città sono generalmente assai somiglianti. Berzelius ha ora circa cinquant'anni; è di media statura e pare che abbia disposizione alla pinguetudine. Invano si cercherebbe nel suo aspetto qualcosa che corrisponda alla sua ben meritata celebrità.

«Nulla, sotto questo punto di vista, lo distingue dagli altri uomini, non affetta nè pretesione, nè superbia; e la sua semplicità ha fatto dire a molti viaggiatori che l'hanno veduto: «Non avrei mai creduto che fosse quello l'uomo di cui tanto si parla». Non ha neanche quel po' di pedanteria che caratterizza generalmente gli scienziati della sua nazione. Ha un carattere piacevole, i suoi modi sono quelli di un uomo distinto, e colma di cortesie e riguardi i forestieri che vanno a fargli visita.

«L'Accademia delle Scienze, di cui Berzelius è il segretario perpetuo, e nel cui palazzo ha il suo appartamento e il suo laboratorio particolare, ha comprato ultimamente per lui una casa più vasta e più comoda, e giunsi proprio quando era occupato per il suo trasloco, epoca poco favorevole per lo scopo che mi proponevo. Il suo primo laboratorio era già quasi vuoto, e quello nuovo non era

⁽⁵⁸⁾ *Monographien d. Chemie.*

ancora completamente all'ordine. Però m'offerse con la maggior benevolenza di fare una serie d'esperienze con me, proposta che mi piacque immensamente, perché mi porgeva l'occasione di esaminare il suo modo di operare e di fare parecchie preziose osservazioni. Nel corso delle sue operazioni non trascurava nulla; desideroso di spiegare le più minute osservazioni, necessarie per giungere a dei risultati precisi, cercava di farmi apprezzare tutte queste piccole cose, tutte queste precauzioni apparentemente inutili ma di cui la sua esperienza gli aveva dimostrato la necessità nelle ricerche analitiche. «Venga, mi diceva, mentre che l'operazione è in corso, le farò vedere due o tre cosette che non le rincrescerà a conoscere». E tutto questo si faceva lo stesso giorno: di modo che avevo nello stesso tempo il vantaggio d'istruirmi e di passare il mio tempo nel modo più gradito. Talvolta mi faceva vedere i suoi campioni di minerali, fra i quali egli possiede degli oggetti di gran rarità, ovvero mi faceva conoscere i risultati ottenuti dai chimici forestieri su di un soggetto di cui ci eravamo occupati; m'aiutava in seguito a capire un passaggio che mi sembrava oscuro, oppure mi traduceva delle pagine intere di un autore che non capivo».

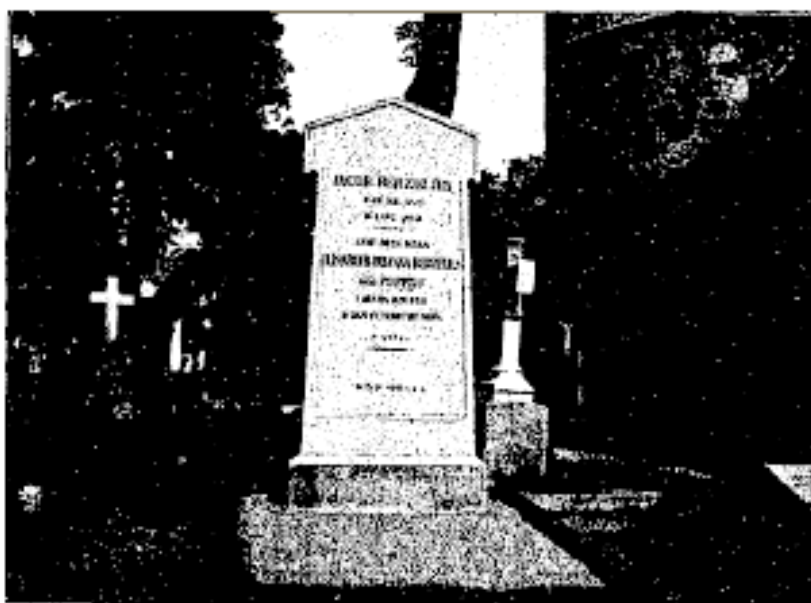


Fig. 125. - Monumento a Berzelius nel cimitero di Stockholm.

Dopo il 1828 circa Berzelius abitava nel palazzo dell'Accademia delle Scienze di Stoccolma, ove aveva anche il nuovo laboratorio. La sua vita era assai modesta. Wöhler ci ha descritto il vecchio laboratorio di Berzelius, ove ha fatto tante e tante importanti scoperte.

«Quando entrai nel suo laboratorio, scrive Wöhler (nella prima visita a Berzelius, 1823), mi parve di sognare, dubitai della realtà e non potevo abituarvi all'idea che io ero in questo luogo classico e al limite estremo de' miei desideri.

«Il laboratorio era composto di due camere arredate semplicemente, non vi erano nè fornelli, nè cappe, nè condutture pel gas e per l'acqua. In una erano dei lunghi tavoli di abete, l'uno dei quali serviva per Berzelius e nell'altro stavo io. Lungo il muro erano degli armadi coi reattivi e nel mezzo il bagno a mercurio e la lampada smaltatore posta sotto una cappa in lamiera che si immetteva nel camino della stufa. Vi era poi un tavolo in *grès* con robinetto e tavola al muro, ove tutti i giorni la severa Anna, la cuciniera di Berzelius, doveva pulire gli oggetti di vetro. Nell'altra camera erano le bilancie e armadi con istrumenti ed apparecchi e vicino una piccola officina per diversi lavori. In cucina, ove Anna preparava il pranzo, eravi un piccolo forno a riverbero che si usava di raro, e un bagno di sabbia sempre scaldato»⁽⁵⁹⁾.

Wöhler è stato il suo più fedele e devoto allievo ed amico sino alla morte. Ed il Berzelius ancora nel 1842, nella prefazione all'ultima edizione del suo *Traité de Chimie*, scriveva: «Les

⁽⁵⁹⁾ Wöhler, *Ricordi della giovinezza di un chimico. Visita di Wöhler a Berzelius* (Rev. Scient., 1876. t. X, pag. 313).

changements et additions considérables faits pour cette nouvelle édition ont été traduits sur le manuscrit suédois, sous la direction de M. le professeur Wöhler, qui, par amitié et dévouement pour l'auteur, a bien voulu, malgré ses nombreux devoirs, mettre la dernière main à un travail donc déjà plusieurs éditions ont été présentées au public allemand, grâce à son assistance. Qu'il me soit permis de lui exprimer ici toute ma reconnaissance de cette nouvelle preuve de sa constante amitié».



Fig. 126. - Berzelius intento ad una distillazione.

In questo meschino laboratorio per più di trent'anni si effettuò un numero straordinario di importanti ricerche chimiche.

L'anonimo che ha scritto la biografia di Berzelius nel 1830 nell'*Edinburgh Philos. Journal* descrive il laboratorio quale era in quel tempo e certamente migliorato, essendochè era allora nel nuovo locale dato dalla R. Accademia delle Scienze.

«L'appartamento di Berzelius (s'intende all'Accademia), è mirabilmente disposto affinché si possa facilmente passare dal gabinetto di ricevimento al laboratorio. Nel suo gabinetto riceve le visite del mattino ed essendochè non è ammogliato, raramente è obbligato di abbandonarlo. Vicino a questo vi è una lunga sala nella quale sono distribuiti i suoi apparecchi sempre pronti per l'esperienza, dimodochè può quando a lui piace cominciare una serie di esperienze senza perdere tempo. In questo modo distribuisce bene del suo tempo e ne ricava un doppio valore. La sua biblioteca, il suo studio, i suoi reattivi ed i suoi fornelli sono posti in uno spazio conveniente.

«Lo straniero che visita Berzelius si dirige per Drottning-Gattan, la parte migliore di Stocckholm, e arriva sino a Kungs-Backer e alla via chiamata Kyrko-Gattan, al principio della quale si trova la chiesa di Adolfo Federico. La casa che forma l'angolo di questa strada è il grande fabbricato acquistato recentemente dall'Accademia».

Berzelius non perdeva tempo, egli era continuamente occupato; lavorava da dodici a quattordici ore ogni giorno; ben inteso, non sempre sperimentalmente, ma anche per la redazione dei suoi *Trattati*, *Jahresberichte*, ecc.

Qualunque lavoro facesse, Berzelius volgeva lo sguardo sempre al lato scientifico. Anche quando aveva occasione di analizzare qualche acqua minerale egli andava in cerca di composti nuovi. In una lettera a Berthollet del 18 novembre 1822 racconta di aver trovato nell'acqua minerale di Spradel a Carlsbad «un grand nombre de substances qu'on n'avait point trouvées jusqu'à présent dans les eaux minérales, par exemple du carbonate de strontiana, du fluatè de chaux, du phosphate de chaux et d'alumne».

Nel 1835 Berzelius si ammogliò con Elisabetta Poppius; questo matrimonio pare sia stato fortunato; il Berzelius stesso scriveva a Dulong il 4 giugno 1837: «Mon mariage est heureux au delà de mes espérances, et je vis d'une manière tranquille et agréable, qui n'a d'autres parties ombreuses que de temps en temps des aires de podagre de courte durée et de peu de conséquence».

Si può dire di Berzelius quanto diceva Barni del grande filosofo Kant: «Rien au monde n'eût pu ébranler sa fidélité à ses engagements, son attachement à ses amis, et en général son respect pour le devoir».

Berzelius negli ultimi anni della sua vita aveva notato che egli non poteva più intraprendere delle ricerche sperimentali di lunga lena perché in pochi giorni dimenticava ciò che egli aveva fatto ed osservato precedentemente. Del resto questo è un fatto non raro; era ben manifesto in Faraday ed in altri scienziati.

Berzelius è morto vecchio ed ha lavorato sino agli ultimi momenti della sua vita operosa; Lavoisier pure è morto in piena attività scientifica e se fosse ancor vissuto sino alla vecchiaia certamente avrebbe continuato a lavorare. Questi, come quello di Humboldt, di Wöhler e di tanti altri, sono esempi degni di ammirazione e di essere additati alla gioventù.

Ancora nel 1847, cioè un anno prima della sua morte, pubblicò nell'Accademia di Svezia otto lavori, fra i quali quello sulla natura dell'acido allofanico di Liebig e Wöhler⁽⁶⁰⁾, sull'acido enantico, sull'acido lattico, sulle materie animali.

Il vero indagatore della Natura, quale era Berzelius, deve avere una grande costanza nel lavoro; e lavorare coll'unico scopo di svelare delle verità; la tenacia nel lavoro era caratteristica in lui; egli ha condotto a termine delle ricerche colossali, specialmente dal 1808 al 1825, le quali avrebbero stancata la mente ed il corpo di qualunque altro uomo. Aveva fiducia in sè, perchè egli stesso sentiva di essere capace a scoprire e perfezionare i suoi metodi analitici.

Faraday giustamente diceva che quei cultori della scienza i quali vanno in cerca della rinomanza hanno sempre in sè stessi un'ombra di invidia e di amarezza nel cuore; ed è vero, lo vediamo tuttora; ma Berzelius era ben superiore a questi bassi sentimenti.

«Nel corso della sua lunga carriera, scrive Wurtz, interamente consacrata alla scienza, egli ebbe tutti gli onori che possono essere conferiti ad un uomo di scienza: titoli accademici e titoli di nobiltà, posizione elevata nell'insegnamento e nello Stato, fortuna e considerazione pubblica, ma tutto ciò non diminuì affatto in lui il gusto del lavoro e l'amore alla scienza».

Ostwald scrive che Berzelius apparteneva al tipo degli scienziati lenti e circospetti; egli non s'inoltrava mai che a passo a passo; e noi dobbiamo convenire che egli ha fatto in vari dominî della scienza dei lavori imperituri, grazie a questa maniera di essere e di procedere.

In un lungo viaggio che il Berzelius fece all'estero, soggiornò in Francia quasi un anno, dall'agosto 1818 al luglio 1819. Strinse amicizia specialmente col giovane Dulong, insieme al quale eseguì nel laboratorio di Berthollet ad Arcueil il bel lavoro sulla composizione quantitativa esatta dell'acqua e sul peso specifico dei gas.

Berzelius morì il 7 agosto 1848, serenamente; la sua morte fu un vero lutto per la scienza.

Un breve, ma bello, cenno necrologico fu scritto dal Poggendorff nei suoi *Ann. der Phys. u. Chem.* (3^a serie), 1849, t. XIV, pag. 598.

Bene fece, scrive il Poggendorff, l'Accademia di Stockholm a decidere di lasciar vuoto per tre anni, in segno di lutto, il posto che era con tanto onore stato occupato dal Berzelius.

Poco dopo la morte del Berzelius si sono scritte le parole seguenti in un giornale italiano⁽⁶¹⁾: «Modesto, sobrio, leale, morì nel 1° agosto 1848 (7 agosto) colla tranquillità del giusto; non insuperbito dall'ingegno, dal sapere, dalle onorificenze, e si piegò sempre al rispetto ed alla venerazione dell'Eterno Creatore», ecc. Ciò è vero in gran parte, ma non in tutto. Come uomo ha avuto qualche difetto grave. Egli fu ingiusto verso alcuni giovani chimici. Era uomo anch'egli e non era infallibile.

Humboldt, nella sua corrispondenza con Arago, ricorda una visita di Berzelius e Hisinger ai suoi allievi Mitscherlich, H. e G. Rose e Wöhler a Berlino nel 1821. Lo descrive come molto in-

⁽⁶⁰⁾ V. anche *Rapp. Ann.*, 1847, pag. 361.

⁽⁶¹⁾ *Ann. di Fisica, Chimica e Scienze affini*, 1850, t. II, pag. 300.

grassato e manierato e come un adoratore del re Oscar di Svezia⁽⁶²⁾. Lo descrive come molto vanitoso; in una lettera del 28 giugno 1845 dice: «Berzelius a dîné hier à Sans-Souci, bien moussade comme toujours, bien baron, une voye lactée de crachats aux deux hémisphères..... Le grand chimiste est encore injustement et hautement haineux contre Dumas, Liebig et Faraday.....». Ma bisogna anche dire il vero che in questa corrispondenza tra Humboldt ed Arago si *tagliano bene i panni* a non pochi scienziati.

Il Berzelius era talora troppo vivace nella critica, anche nei suoi *Jahresberichte*, che dal 1822 al 1848 era la pubblicazione più importante sulla chimica e che era letta avidamente da tutti i chimici. Molti giuravano e ciecamente credevano in tutto quanto veniva dal colosso del Nord. Egli non nascondeva la sua critica nemmeno pei suoi amici, fra i quali il Liebig, il quale alla sua volta fu poi anche più vivace contro Berzelius.

Già dal 1839 si manifestarono delle notevoli discrepanze tra Berzelius e Liebig; discrepanze che si accentuarono in seguito, benchè il Wöhler, amicissimo del Berzelius, lo pregasse di attenuare certe frasi concernenti i lavori di Liebig e inserite nei *Jahresberichte*, de' quali il Wöhler faceva la traduzione tedesca; ma il tentativo di moderazione del Wöhler fu vano e Berzelius morì senza aver soddisfatto il desiderio del suo amico.

La corrispondenza epistolare tra Wöhler e Berzelius fu pubblicata nel 1901⁽⁶³⁾.

Henri Rose, nel suo magnifico discorso in elogio di Berzelius: *Gedächtnissrede auf Berzelius*, letto alla R. Accademia delle Scienze di Berlino il 3 luglio 1851, conclude le sue impressioni sul carattere generale di Berzelius colle parole seguenti (pag. 59):

«Ciò che attraeva irresistibilmente coloro i quali ebbero la fortuna di poterlo avvicinare per lungo tempo era dovuto non solo alla chiarezza, alla ricchezza meravigliosa delle idee, alla cura instancabile ed alla grande diligenza, le quali davano a tutto ciò di cui si occupava l'impronta della più elevata perfezione, ma nel tempo stesso erano quelle sue grandi qualità come uomo che lo ponevano tanto in alto, e lo sanno coloro che l'hanno conosciuto intimamente. Era il suo spirito di sacrificio per gli altri, la nobile amicizia che egli aveva per tutti coloro che ne riteneva degni, il suo alto disinteresse, la grande coscienza in tutto, il giusto e completo riconoscimento dei meriti altrui; vale a dire insomma quelle qualità proprie di un carattere probo, meritevole del massimo onore».

Fu confrontato, e giustamente sino ad un certo punto, da H. Rose e da altri con H. Davy e con Gay-Lussac, ma io credo che Berzelius sia superiore a questi due, che egli ammirava. L'influenza complessiva che egli ha avuto in tutti i rami della chimica non è superata da nessun chimico del secolo XIX; egli è il più grande chimico di questo secolo.

Il Berzelius era socio straniero della nostra R. Accademia delle Scienze di Torino fino dal 20 gennaio 1833, e di tutte le principali Accademie del mondo. Ebbe la medaglia Copley nel 1836.

Molte notizie sulla vita privata del Berzelius e sui suoi rapporti con gli altri chimici il lettore troverà nelle: *Biographische Aufzeichnungen* di Jacob Berzelius, pubblicate dal Söderbaum nelle *Monographien aus der Geschichte d. Chemie*, 1903, VII Heft. Berzelius scrisse questa sua autobiografia nel 1842, cioè sei anni prima della sua morte, e la scrisse perchè gli statuti della R. Accademia di Svezia prescrivono che i suoi membri debbono scrivere la loro biografia.

Ebbe il compiacimento di vedere tutte le sue opere tradotte nelle principali lingue.

Spesso anzi si lamentava dei *traduttori* e già in una lettera a Berthollet del settembre 1814 scriveva: «J'ai beaucoup de plaisir à trouver qu'on a fait insérer quelques-unes de mes Mémoires dans les *Annales de Chimie*. Mais j'ai éprouvé de la peine à voir comme on les a mal traduits. Dans la mémoire sur les fluides animaux il y a des endroits qui n'ont absolument aucun sens; on m'y laisse dire p. ex. qu'on peut faire de la bile avec de l'éther, etc.».

I più grandi chimici della prima metà del secolo XIX, quali Gay-Lussac, Davy, Mitscherlich, Wöhler, Liebig, H. Rose, Bunsen, costituiscono come una grande corona attorno a Berzelius.

Molte notizie su Berzelius si trovano in un'opera voluminosa e importante pubblicata dal Söderbaum nel 1903: *Jac. Berzelius Reseanteckningar ugifna af Kungl. Svenska vetenskapsakade-*

⁽⁶²⁾ *Correspondance de A. Humboldt avec F. Arago*, pag. 34 e 267.

⁽⁶³⁾ *Briefwechsel zwischen Jacob Berzelius und F. Wöhler herausgeg. v. O. Wallach*, 2 vol.

mien genom H. G. Söderbaum, Stockholm 1903 (l'opera è in lingua svedese, e non fu ancora tradotta).

Un'altra caratteristica del modo di pensare del Berzelius sta in ciò che egli non dava grande importanza alle così dette onorificenze o cavalierati ed all'essere o non membro di Accademie straniere. Tanto è vero ciò che egli, nel frontespizio delle sue opere, metteva semplicemente il suo nome *senza nessun titolo*. Aveva l'ambizione del sapere reale; o meglio, invece di ambizione si potrebbe dire il desiderio, il godimento intellettuale che dà lo studio della scienza per la scienza.

H. Kopp, nella sua grande storia della chimica in 4 volumi, ha posto il ritratto di 4 chimici; nel 1° volume il ritratto di Lavoisier, nel 2° quello di Berzelius, nel 3° quello di H. Davy e nel 4° quello di Liebig.

Come dirò più avanti, credo essere il Berzelius di molto superiore al Davy; questi poi si distingueva per un'ambizione senza limiti. Il Davy trattava il Faraday, suo allievo, in un modo veramente indegno.

Allievi di Berzelius. - Il modestissimo laboratorio di Berzelius, del quale abbiamo fatto un cenno, è stato può dirsi il primo vero focolaio di chimici nel senso moderno; è stato il primo laboratorio nel quale hanno potuto imparare, studiare e fare ricerche scientifiche non pochi chimici, medici, farmacisti, fisici, anche molto valenti, sotto la guida immediata del sommo maestro. Egli, è vero, non ebbe mai contemporaneamente molti allievi in laboratorio, erano due o tre per volta, lavoravano insieme. In forma più ampia e con intenti più generali, ed anche didattici, fece poi così anche il Liebig a Giessen verso il 1826 quando cominciò a tenere praticanti nel proprio laboratorio.

Quello di Berzelius è stato il primo laboratorio in cui gli allievi lavoravano insieme al maestro e facevano ricerche scientifiche originali. I migliori suoi allievi furono: Wöhler, Chr. G. Gmelin, Mitscherlich, H. e G. Rose, Magnus⁽⁶⁴⁾, Mosander⁽⁶⁵⁾, Svanberg, Sefström, Arfwedson, G. W. Osann, Fr. Engelhardt, Kurt Alex, Winkler. Fra questi emergono, per la grande importanza, Heinrich Rose, Wöhler, Mitscherlich, Magnus, Mosander. Ma fra gli allievi di Berzelius dobbiamo ricordare anche i seguenti: N. Nordenskjöld; Hedenberg; P. A. V. Bonsdorff, professore di chimica alla Facoltà d'Obo; Napoléon Jos. Ney, principe della Moskowa, figlio del famoso maresciallo; G. E. Pasch, chimico e tecnologo; E. Wallqvist, professore di chimica farmaceutica a Upsala; Fried. Engelhart, professore alla Scuola politecnica di Nuremberg; C. Retzius; professore all'Istituto veterinario di Stockholm; C. Palmstedt, chimico e tecnologo. Ritengo che anche Rammelsberg sia stato allievo di Berzelius.

Ai quali si può aggiungere Plantamour di Ginevra, che tradusse poi alcune annate dei *Jahresberichte* in francese col titolo di *Rapport Annuel*, ed il nostro generale Carlo Sobrero, zio ad Ascanio Sobrero. Retzius, professore di chimica e di farmacia alla Scuola Veterinaria di Stockholm, era un buon chimico e minerologo, lodato da Berzelius.

Altro allievo del Berzelius fu il Dahlstroem, che esaminò l'acido aconitico estratto dall'*Aconitus napellus*.

Nel *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 129, Berzelius ricorda il generale Carlo Sobrero ed il suo lavoro sull'ossidato manganesifero del Piemonte contenente dello stagno; accenna poi come il Sobrero abbia esteso queste ricerche sugli epidoti della Scandinavia nel laboratorio di Stockholm. Il Sobrero

⁽⁶⁴⁾ A proposito di Magnus, lo Helmholtz (*Éloge de Magnus*) dice che cominciò come chimico, però preferendo le questioni che mostravano qualche relazione colla fisica. A me pare proprio che ciò non sia, perchè i primi lavori di Magnus quasi nulla hanno a che vedere colla fisica. Ed invero, Heinrich Gustav Magnus cominciò nel 1825 con un lavoro sul ferro, nickel e cobalto piroforici (Pogg. Ann., III), poi sulla riduzione dell'ossido di ferro coll'idrogeno (1826), una dissertazione sul tellurio (1827), sui composti del platino (*sale verde* del Magnus, 1828), sui composti col selenio, intorno all'azione dell'acido solforico concentrato sui metalli, su alcuni minerali (brochantite, ecc.), sugli acidi etionico ed isetionico, ecc. ecc.

⁽⁶⁵⁾ MOSANDER, uno dei migliori allievi di Berzelius, nacque nel 1797 e morì nel 1858. Fu professore di chimica e mineralogia quale successore di Berzelius; era farmacista e medico. Al Mosander deve la scoperta del *lantano* e del *didimio*, e un grande numero di ricerche sul cerio, sull'erbio, sul terbio e su altri metalli.

trovò lo stagno specialmente nell'epidoto di Orrijarfoi in Finlandia. Carlo Sobrero lavorò per vari mesi nel laboratorio di Berzelius.

Il numero degli allievi veri di Berzelius non era poi tanto limitato come si crede, tanto più se si considera che la maggior parte di loro furono uomini di grande valore. «Un piccolo laboratorio, scrive Ern. v. Meyer, nonostante fosse assai manchevole negli apparecchi, gli dette la possibilità di eseguire le ricerche più esatte che lo condussero a fondare la dottrina delle proporzioni chimiche. Quivi egli compì le sue numerose ricerche, la maggior parte da solo e alcune insieme a suoi allievi intelligenti e volenterosi».

Egli trattava i suoi vecchi allievi sempre con garbo e con quell'affetto e rispetto che si deve avere fra persone colle quali si è sempre stati in buona relazione; mai parole offensive o che intaccassero l'amor proprio dell'allievo.

A proposito della scoperta del *vanadio* è curioso l'aneddoto seguente. Questo elemento sotto forma d'ossido era già stato esaminato da Wöhler, che non l'aveva però riconosciuto come l'ossido di un elemento nuovo, come fece poi Sefström; ed il Berzelius, che ottenne nel 1831 il nuovo elemento libero, scriveva il 22 gennaio 1830 a Wöhler:

«A proposito del campione che voi m'avete inviato e segnato con ? io vi racconterò la storia seguente. Vi era una volta nel lontano Nord una fata, bella ed amabile, la fata Wanadis. Un giorno si bussò alla sua porta, ma la dea, indolente, pensò: Bah! si può ancora riposare un poco, e non intese più nulla se non dei passi che si allontanavano. Curiosa, come tutte le fate, volle sapere chi era il viaggiatore che era stato tanto indifferente di entrare o di restare sulla porta; s'affacciò alla finestra e lo vide ancora che si allontanava. Guarda, disse tra sè, è l'amico Wöhler. Ebbene! tanto peggio per lui se egli non desidera entrare. Dopo alcuni giorni si bussò di nuovo alla porta, ma più energicamente e a più riprese. La fata andò essa stessa ad aprire; era l'amico Sefström il quale entrò, e la conseguenza di questa visita fu la nascita del *Vanadio*. Il vostro campione segnato ? è infatti dell'ossido di vanadio.

«Ma colui che ha trovato la sintesi di un corpo organico (l'urea) può ben consolarsi di non aver trovato un nuovo metallo: e la scoperta di dieci elementi ignoti non dimostrerebbe più talento che non ne esiga un lavoro così magistrale come quello che con Liebig voi avete eseguito e di recente fatto conoscere al mondo scientifico». Voleva dire il radicale *benzoile*.

Quanta gentilezza del maestro verso l'antico allievo!

Oggi in mezzo al tumulto delle passioni scatenate nella guerra attuale, si sente più profondamente il senso di bontà e di amore elevato per la scienza che sgorgava da nobili cuori quale quello di Wöhler verso il suo maestro Berzelius. Ma quanta nobiltà d'animo nel maestro! Mai una parola offensiva anche quando l'allievo non divideva in tutto le idee del maestro.

Berzelius ed i chimici italiani. - I chimici italiani tenuti da Berzelius in maggiore considerazione e che più apprezzava, erano Berthollet, Malaguti, Fr. Selmi, Piria, Poggiale⁽⁶⁶⁾.

Egli riconobbe subito assai importante il lavoro di Piria sulla salicina⁽⁶⁷⁾ e specialmente il fatto che la salicina colla sinaptasi delle mandorle si divide in glucosio e saligenina. Tenne pure in grande considerazione i lavori di Fr. Selmi sul latte, ecc., ecc.

Berzelius conobbe personalmente Malaguti a Parigi nel 1835; allora il Malaguti aveva pubblicato pochi lavori e di secondaria importanza, eppure il Berzelius, a proposito del lavoro sul tunsteno, scriveva a Wöhler da Parigi il 29 agosto 1835: «Malaguti, che è ora presso Brongniart a Sèvres, mi pare prometta di diventare un buon chimico».

Il Berzelius teneva in alta considerazione le ricerche di Malaguti sugli eteri, e nel *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 270, scriveva: «Les résultats auxquels il est arrivé appartiennent au nombre des productions les plus intéressantes de l'année». Ed a pag. 281: «Le esperienze che abbiamo esamina-

⁽⁶⁶⁾ Di Piria ho scritto un cenno biografico nella *Nuova Encicl. di Chimica*, vol. III, art. Glucosidi. Di Fr. Selmi ho scritto una biografia completa nel 1911; così pure del Malaguti nel 1902.

⁽⁶⁷⁾ *Rapp. Ann.*, 1839, pag. 496; 1844, pag. 295.

to sono di un'alta importanza per la teoria della chimica organica e Dumas le considera come il trionfo della teoria delle sostituzioni».

Berzelius però, mentre come chimico lodava il lavoro di Malaguti, combatteva queste ricerche dal lato teorico, perchè non potevansi spiegare colla teoria elettrochimica o si spiegavano in modo contorto (si veggia più avanti: *Berzelius e la teoria delle sostituzioni*, nel cap. VI).

Loda assai le ricerche di Poggiale sulla solubilità dei sali⁽⁶⁸⁾ ed anche uno dei primi lavori di questo chimico, assai difficile pel tempo, cioè sulla composizione dei principi attivi: la smilacina, la salsaparillina, ecc.⁽⁶⁹⁾.

Ricorda le ricerche di Cassola, il quale scoprì la *cubebina* ed il principio amaro del *Lupinus albus*⁽⁷⁰⁾.

Nei suoi *Jahresberichte* ricorda anche qualche altro chimico italiano, ma ne riconosce la deficienza; del Cenedella, ad esempio, riassume un lavoro sul cianuro di rame e di potassio⁽⁷¹⁾ e ne conclude: «perchè le sue esperienze rivelano la confusione delle sue idee e la sua poca abilità nelle ricerche sperimentali».

Il nostro Matteucci⁽⁷²⁾, che nei primordi della sua carriera seguì la via farmaceutica e fece vari lavori di chimica, tentò di determinare sino a qual punto i due atomi di azoto che si trovano nelle basi organiche possano influire a considerare le proprietà basiche come dipendenti da un doppio atomo d'ammoniaca⁽⁷³⁾. Egli tentò di decomporle coll'elettricità e trovò che la narcotina, ad esempio, che non possiede reazione alcalina, va al polo negativo e che invece agendo sulla morfina si sviluppa abbastanza ammoniaca per formare coll'ossido di rame una soluzione azzurra. «Questi dati, scrive Berzelius, lasciano molto a desiderare, ma questa idea merita tuttavia di essere coltivata con cura»⁽⁷⁴⁾.

Ricordando alcune esperienze di Blengini⁽⁷⁵⁾ sull'azione degli alogeni sulle basi vegetali, scrive in ultimo: «Questi risultati ci danno una idea poco soddisfacente dell'esattezza delle osservazioni colla quale queste esperienze sono state condotte».

Nel suo *Traité*⁽⁷⁶⁾ ricorda e riassume i lavori di Sementini sull'acido jodoso ed altri composti ossigenati del jodo, ma fa vedere che i dati forniti dall'autore erano incerti.

Berzelius e Scacchi. - Berzelius aveva molta stima del nostro mineralogo Angelo Scacchi. Nel *Rapp. Annuel*, 1844, pag. 447, annunzia con lode la pubblicazione dello Scacchi: *Distribuzione sistematica dei minerali, per servire alle lezioni di mineralogia nella cattedra della Regia Università degli studi*, Napoli 1842. «Scacchi, egli dice, ha fatto conoscere un sistema per classificare i minerali in un ordine chimico, il cui principio fondamentale merita attenzione e di essere seguito. Egli

⁽⁶⁸⁾ *Jahresb.*, 1844.

⁽⁶⁹⁾ *Rapp. Ann.*, 1836, pag. 185. Di questo distinto chimico, P. A. POGGIALE, còrso e di sentimenti schiettamente italiani, ho già pronto un lavoro che spero di pubblicare fra poco.

⁽⁷⁰⁾ *J. Chim. Méd.*, t. X, pag. 685 e 688; *Rapp. Ann.*, 1836, pag. 189.

⁽⁷¹⁾ *Rapp. Ann.*, 1836.

⁽⁷²⁾ CARLO MATTEUCCI nacque nel 1811 in Forlì e morì nel 1868 All'Ardenza presso Livorno. Professore di fisica in Ravenna nel 1838, poi dal 1840 professore di fisica a Pisa e finalmente direttore del Museo di Storia naturale in Firenze. Incominciò la sua carriera come apprendista farmacista. I suoi primi lavori sono di chimica, ma, a dir vero, non hanno grande valore; ricordo i seguenti: *Remarques sur la putrefaction animale* (*A. Ch.* [2], t. XLII, pag. 310); *Examen chimique d'un cerveau ossifié* (*Ivi*, t. XLII, pag. 333); *Sur la décomposition des sels métalliques à l'aide de la pile voltaïque* (*Ivi*, t. XLV, pag. 323); *Sur la composition de l'acide acétique* (*Ivi*, t. LII, pag. 134); *Sur l'odeur développée par l'action de l'acide sulfurique sur le sang* (*Ivi*, t. LII, pag. 137); *Sur la formation des couches de soufre et de sulfate de chaux* (*Ivi*, t. LV, pag. 313); *Sur l'existence de l'ammoniacque dans les alcalis végétaux* (*Ivi*, t. LV, pag. 317). In quest'ultimo lavoro studia l'azione dell'elettricità sulla narcotina e la morfina nell'idea di dimostrare che gli alcaloidi contengono dell'ammoniaca. L'idea a quei tempi (1834) non era priva di interesse. Hanno invece un vero valore le sue ricerche di fisica e di elettrofisiologia.

⁽⁷³⁾ *A. Ch.* [2], t. LV, pag. 317.

⁽⁷⁴⁾ *Rapp. Ann.*, 1836, pag. 139.

⁽⁷⁵⁾ *J. Chim. Méd.*, t. X, pag. 147.

⁽⁷⁶⁾ Ultima ediz. franc., 1845, t. I, pag. 575.

divide i corpi semplici in 14 gruppi», ecc. E a pag. 151 scrive: «Scacchi ha scoperto⁽⁷⁷⁾ un nuovo minerale che presenta il più grande interesse, cioè della magnesia anidra cristallizzata, che egli ha chiamato *periclasio*».

Berzelius e Marcet. - Il medico e chimico ginevrino Alessandro Marcet conobbe il Berzelius quando questi fece il suo primo viaggio a Londra; il Marcet si era già da alcuni anni stabilito a Londra.

Anche le lettere di Berzelius a Marcet sono ripiene di notizie scientifiche. Quando nel 1819 trovavasi a Parigi comunicava al Marcet le notizie sui migliori lavori che allora si facevano. Nella lettera 5 aprile 1819 gli riassume le più importanti ricerche di Thenard sull'acqua ossigenata. A proposito dell'*acido ditionico* $H^2S^2O^6$ accenna come sia stato scoperto, e scrive: «On vient de faire une découverte presque également curieuse et dont vous serez sans doute très-frappé. Welter voulait examiner la composition du suroxyde de manganèse en le combinant avec l'acide sulfureux. La combinaison s'opéra avec facilité, mais le sel ne se précipita pas par le muriate de baryte. Il s'adressa à Gay-Lussac, qui trouva bientôt que ce sel contient un nouvel acide à radical de soufre qui se laisse obtenir en état isolé, qui donne des sels solubles», ecc. - Ed era anche molto prudente, e termina la lettera dicendo: «Je vous prie de ne faire part de cette découverte qu'à Wollaston, puisque Gay-Lussac n'a rien encore publié ou lu à l'Académie, là-dessus, et ce que je vous écris ici n'est qu'un comméragé d'ami».

Nelle lettere di Marcet a Berzelius si trovano anche alcune notizie su lavori di fisici e chimici italiani, fra i quali quelli del marchese Ridolfi e Gazzeri, dei quali dirò in altra occasione.

Berzelius e Berthollet. - Berzelius è stato in ottima relazione di amicizia col Berthollet dal 1810 al 1822, anno della morte di quest'ultimo. È questo il periodo forse di maggior lavoro del Berzelius, che si trovava, come scrive Söderbaum, nel suo 31° al 41° anno di età, mentre Berthollet, quando incominciò la corrispondenza col Berzelius, ne aveva 62. Berzelius chiama Berthollet «un des hommes les plus aimables qui ait jamais vécu».

Tutta la corrispondenza tra Berthollet e Berzelius è eminentemente e quasi esclusivamente scientifica; in quel tempo specialmente il Berzelius aveva la vera febbre del lavoro. Lunghi brani di questa corrispondenza io ho riprodotto a proposito della nomenclatura, dei solfuri, del selenio, ecc.

Anche da queste lettere risulta chiaro che il Berzelius aveva sempre assai poco danaro per fare dei viaggi. Berzelius, che era stato incaricato di un corso di chimica al principe ereditario di Svezia, scriveva il 15 giugno 1816 a Berthollet: «Le cours de chimie et de physique avec le jeune prince Oscar n'est point encore fini; il a été interrompu pendant les mois d'été, mais nous allons le reprendre au mois de septembre. Je pense demander pour toute récompense qu'on me mette en état de vous déclarer de vive voix, M. le Comte, combien je vous ai d'obligations».

Anche nella corrispondenza con Berzelius si manifesta sempre bello il carattere del nostro Berthollet. In una lettera 21 luglio 1817 scriveva a Berzelius:

«Vous continuez à donner une grande perfection à l'analyse chimique qui était encore si imparfaite lorsque je m'occupais de cette science, quoique j'en sentisse bien l'importance; je ne sais ce qu'on a le plus à louer, ou de la sagacité que vous mettez dans vos travaux ou du nombre des objets que vous embrassez dans vos recherches.

«Il est bien fâcheux que dans les discussions scientifiques il s'introduise un aigreur qui s'allie si mal avec la recherche de la vérité. Il est si facile de se tromper que tous devraient avouer même une erreur aussi volontiers qu'ils proclament une découverte. J'ai vu avec peine qu'on avait manqué, dans quelques discussions, aux égards que vous doivent tous ceux qui chérissent la science».

A proposito del lavoro scientifico, il Berzelius scriveva a Berthollet il 19 dicembre 1820: «Je me reproche beaucoup d'avoir laissé passer plus de 2 mois depuis la réception de votre dernière

⁽⁷⁷⁾ *Ann. des Mines*, 4^a serie, t. III.

lettre sans y répondre; mais les occupations scientifiques ont cela de commun avec les plaisirs que les jours se passent dans une succession si rapide qu'on s'en aperçoit à peine».

Intorno alla morte improvvisa di Blagden, nella stessa lettera scriveva: «Il m'a fait de la peine d'apprendre la mort de l'aimable Blagden, car je m'image que, malgré les petites bouderies d'Annette et Lubin, sa société a dû vous faire du plaisir. Cependant M. Blagden a été très-heureux, après être arrivé a un âge si avancée, de sortir de ce monde sans ces préambules pénibles par lesquels passent la plupart des mortels. Je me rappelle toujours l'excellent Black, qui souhaite toujours de mourir de cette manière, et qu'enfin, à l'âge de 78 ans, finit ses jours à table, au moment où il allait boire un verre d'eau».

In questa stessa lettera informa Berthollet di alcune esperienze che egli ha fatto dopo la preziosa scoperta di Oerstedt concernente il magnetismo prodotto dalla corrente elettrica.

Berzelius e Wollaston. - Nel suo viaggio a Londra conobbe Wollaston⁽⁷⁸⁾, uno dei più distinti chimici del suo tempo e che contribuì allo sviluppo della teoria atomica di Dalton coi suoi lavori sugli *equivalenti*; fu uno dei primi a confermare la legge delle proporzioni multiple di Dalton. Berzelius fu molto soddisfatto di Wollaston, e nelle sue lettere a Marcet ed a Berthollet ne discorre con grande simpatia.

LETTERA DI BERZELIUS A BERTHOLLET.

Octobre 1812.

«*Monsieur le Comte,*

«. Mon séjour ici a été très intéressant et très instructif, en me fournissant une quantité de moyens chimiques dont jen'avais aucune idée auparavant. Mais ce que j'estime le plus de tout est la connaissance personnelle de l'admirable Wollaston et du brillant Davy. Je suis sûr que parmi les chimistes qui pour le moment sont dans la fleur de leur âge, il n'y a aucun qui puisse être comparé à Wollaston en profondeur et en justesse d'esprit aussi bien qu'en richesse de moyens, et tout cela est en lui combiné avec des manières douces et une modestie sincère. J'ai plus profité en une heure de conversation avec lui que souvent par la lecture de larges volumes imprimés. Il m'a communiqué des parties détachées d'une quantité de ses idées théoriques sur la chimie, lesquelles il m'a promis de rédiger un jour et de publier. Simplicité, clarté et la plus grande apparence de vérité sont toujours les compagnes des ses raisonnements».

In una lettera a Marcet del 30 giugno 1813 Berzelius scriveva: «J'ai grand plaisir à entendre que le docteur Wollaston pense comme moi sur l'unité dans les proportions chimiques. Nous avons beaucoup causé là-dessus pendant que j'étais à Londres; il me concèda alors que l'oxygène, considéré d'un point de vue philosophique, devait être pris pour unité, mais tant lui que Young parurent croire que l'hydrogène présenterait des avantages arithmétiques que l'on ne trouverait point au même degré chez l'oxygène».

Wollaston era contrario all'idea di Berzelius, che il cloro fosse un corpo composto.

Berzelius e H. Davy. - Berzelius conosceva benissimo i lavori di Davy e li teneva in grande pregio. Verso il 1808-1810 i due chimici tenuti dal Berzelius in maggiore considerazione erano H. Davy e Gay-Lussac. Fece la personale conoscenza del Davy nel primo viaggio a Londra nel 1812. Il Berzelius s'accorse subito, come già scrissi, del carattere altezzoso del Davy⁽⁷⁹⁾.

⁽⁷⁸⁾ WILLIAM HYDE WOLLASTON, n. 1766 in East Derham, m. 1828 in Londra. Prima medico pratico, poi privato cultore della scienza. Scopri il palladio ed il rodio, insegnò a lavorare il platino; dimostrò l'identità del colombo col tantalio. Fece ricerche che interessano la zoochimica sulle concrezioni urinarie e sulle urine diabetiche. Scopri il *goniometro a riflessione*, detto *goniometro di Wollaston*.

Importanti sono le sue ricerche sugli equivalenti (Phil. Trans., 1814 e 1815).

⁽⁷⁹⁾ Sir HUMPHRY DAVY, uno dei più celebri chimici del secolo XIX, nacque nel 1778 in Penzance, nella contea di Cornovaglia in Inghilterra, e morì a Ginevra nel 1829. Incominciò modestamente la sua carriera come apprendista farmacista e come assistente di un medico, Beddoes. Applicando la pila di Volta, e dopo le ricerche sull'elettrolisi di Berzelius ed Hisinger, scopri il *potassio*, il *sodio* ed il *magnesio*. Applicando una modificazione proposta da Berzelius,

È interessante il giudizio su Davy formulato da Berzelius in una lettera a Berthollet (ott. 1812):

«..... Malheureusement je n'ai pu profiter que quelques jours de la société de Davy. Il est nouvellement marié, a fait une grande fortune et il alla faire un voyage en Écosse quelques jours après mon arrivée à Londres. Ce jeune homme, déjà si renommé, a beaucoup de vivacité dans son maintien, une extrême facilité à comprendre et à attraper, une grande facilité à former des vues générales, quoique peut-être souvent un peu prématurées, et il est, en général, plus brillant que profond. Ses compatriotes disent qu'il a été très *heureux* dans ses recherches. J'ai souligné ce mot heureux, parce qu'il dérive d'une comparaison qu'on fait sans y penser entre lui et Wollaston».

.....



H. Davy

«Sa nonchalance un peu hautaine vis-à-vis des hommes de sciences plus jeunes a déjà été signalée par Berzelius dans le récit de l'entrevue que lui et Wöhler avaient eue avec Davy à Helsingborg l'été de 1824»⁽⁸⁰⁾.

Anche Dulong si lagnava dell'alterigia di Davy, e il 2 ottobre 1820 scriveva a Berzelius: «Nous avons eu l'honneur de posséder quelques jours Son Excellence Monseigneur le Chevalier

ottenne anche il *calcio*, *bario* e *stronzio*, ma in piccolissima quantità. Prima aveva fatto importanti ricerche sulla respirazione dei gas e specialmente sul protossido di azoto o gas ilarante. Dimostrò che il cloro è un corpo semplice; così pure il *jodo*, del quale ottenne alcuni composti. Egli non ammise che l'ossigeno fosse il solo elemento acidificante, come voleva Lavoisier; dimostrò che alcuni composti, quali l'acido cloridrico, sono acidi forti benché non contengano ossigeno, e diede la teoria degli *idracidi*. Devesi a Davy la lampada di sicurezza per i minatori; fece inoltre molte belle ricerche sulla combustione. Le sue classiche ricerche di chimica applicata all'agricoltura sono raccolte nelle sue *Lezioni di chimica agraria*. Scrisse un *Trattato di filosofia chimica*. Fondò la *Royal Institution* di Londra, ove ebbe, quale assistente alla cattedra di chimica, Faraday, chimico distinto e che divenne uno dei più grandi fisici. Le opere di Davy furono pubblicate in 9 volumi in-8°. Al tempo del blocco continentale, Davy fu uno dei pochissimi inglesi ai quali Napoleone permise il libero passaggio e la permanenza in Francia.

Il ritratto che qui riproduciamo è tolto dal volume di Söderbaum, *Corrispondenza fra Berzelius e Davy*. È molto simile a quello posto dal Kopp nel 3° volume della sua *Storia*.

⁽⁸⁰⁾ Söderbaum, in Lettes Dulong-Berzelius, pag. 115.

Davy et sa chaste épouse. A peine a-t-il daigné laisser tomber un regard sur moi, il ne m'a dit pas que quelques mots. Je soupçonne que, outre sa hauteur naturelle, il aura su que vous m'honoriez d'une estime particulière et qu'il aura reversé sur moi une partie de la rancune qu'il a conservée contre vous. Si cela est, j'accepte avec plaisir la solidarité. Vous savez sans doute qu'il va être nommé président de la Société Royale. Alors il ne sera plus possible de l'approcher sans se prosterner»⁽⁸¹⁾.

Dei suoi dissapori con Davy il Berzelius ne teneva parola spesso anche con Berthollet, con Marcet e con altri; il Berthollet, il 21 agosto 1816, scriveva: «Pour moi, je suis à la fin de ma carrière; l'étude n'est plus pour moi qu'une distraction et j'ai de la peine à suivre les progrès de la science. Je sens néanmoins les immenses services que vous lui rendez et je suis bien scandalisé de la manière irrespectueuse dont on vous a traité dans le second numéro du *Journal des sciences et arts de l'Institution. Royale*».

«Jacques Berzelius a dépassé Davy, scriveva Wurtz nel 1885, en gloire et en autorité et a conquis la première place parmi les chimistes de la première moitié de ce siècle, moins encore par la force du génie que par la vertu d'un travail persévérant secondé par l'élévation de l'esprit et du caractère». Ma Berzelius era anche un vero e grande genio.

Egli nel suo *Traité*, t. I, pag. 113, senza rancore alcuno, ricorda il fatto che Davy ebbe il gran premio per l'elettricità, ma in seguito ai suoi lavori. «Nel 1802 io ho dimostrato, con Hisinger, che la decomposizione de' corpi colla pila voltaica ha luogo con leggi determinate e che i corpi combustibili e le basi salificabili vanno al polo negativo e l'ossigeno e gli acidi al polo positivo. Noi descrivemmo la decomposizione dell'ammoniaca e di molti sali. Nel 1805, Humphry Davy pubblicò un lavoro sullo stesso soggetto, ma molto più esteso e contenente dei risultati straordinari; egli ne concluse che la forza di combinazione non era altra cosa che l'effetto dello stato elettrico opposto dei corpi. Questo lavoro valse a lui un premio di fr. 50.000 dall'Accademia delle Scienze di Francia».

Nella lettera 21 aprile 1824 il Berzelius dà ampie notizie intorno alla sua scoperta del *silicio* e dello *zirconio*.

Non posso accordarmi con Ern. v. Meyer quando afferma che Berzelius *non fu un genio scopritore come Davy*. La prima legge dell'elettrolisi deve a Berzelius ed Hisinger (1802), e così pure la prima idea di una teoria elettrochimica; Davy scopre i metalli alcalini e terrosi, ma erano previsti da Lavoisier, come poi Berzelius dopo scopre il silicio. Davy dimostra che il cloro è un corpo semplice, ma quasi contemporaneamente lo dimostrano anche Gay-Lussac e Thenard; Davy vuole stabilire i rapporti di composizione fra diversi elementi (acidi del fosforo, ecc.), ma Berzelius dimostra che le analisi di Davy spesso non sono esatte. Berzelius scopre degli elementi nuovi di natura varia, quali cerio, selenio, tantalio, vanadio, litio, torio, ecc., mentre Davy scopre solamente i metalli alcalini e terrosi. La legge del rapporto fra l'ossigeno dell'acido e l'ossigeno della base è pure scoperta da Berzelius, mentre Davy non ha scoperto nessuna legge, e nessuna legge porta il suo nome. L'influenza sui progressi della chimica organica, della chimica analitica, della chimica animale, della chimica mineralogica avuta da Berzelius è grande, mentre è quasi nulla in questi campi quella di Davy.

Dunque, senza nulla togliere ai reali meriti di H. Davy, si può affermare con sicurezza che la mentalità o potenza intellettuale era superiore in Berzelius. Tanto più che era sviluppatissimo in Berzelius il senso delle analogie, della generalizzazione e concatenazione dei fatti.

Berzelius era un critico di grande valore; talora anche come critico era mirabile, insuperabile. Basterebbe a dimostrarlo la sua lunga e magnifica lettera che verso la fine del 1812 o al principio del 1813 (Berzelius non aveva dunque che 33 a 34 anni!) egli scrisse a H. Davy a proposito degli *Elementi di filosofia chimica* e che il Davy gli aveva mandato in dono esprimendo il desiderio di conoscere il suo parere. Pur lodando ove merita l'opera, ne fa vedere schiettamente tutte le manche-

⁽⁸¹⁾ Osservazioni simili a queste del buon Dulong si possono fare anche oggi riguardo a certi cultori della scienza (non certamente del valore di Davy!), i quali guardano, o non guardano, dall'alto al basso, taluni loro colleghi che credono animali inferiori! Quanta vanità nella bestia-uomo!

volezze e gli errori gravi che vi sono. Fa vedere come molte determinazioni numeriche di Davy fossero inesatte, come abbia errato nel descrivere la preparazione di certi corpi, ecc. Davy rimase molto freddo con Berzelius, ma poi riprese la solita corrispondenza e riconobbe la giustizia delle osservazioni del grande chimico svedese.

In quanto all'esattezza delle analisi di H. Davy, il Berzelius scriveva a Marcet in data 8 marzo 1819 (da Parigi):

«Io ho finalmente letto la Memoria di Davy sul fosforo. *Dormitat interdum bonus Homerus*. Davy non dovrebbe mai occuparsi di fare delle esperienze nelle quali sia necessaria l'esattezza: non è questo il suo lato forte. Io ho fatto alcune osservazioni che saranno pubblicate negli *Ann. de Chimie*⁽⁸²⁾, Davy ne sarà tocco, più di prima, ma infine l'interesse della scienza è per me più grande che non quello delle considerazioni personali. Io ho procurato di testimoniargli tutti i riguardi dovuti al suo talento, senza però sottomettermi alla sua dittatura, che in questa Memoria è manifesta più che in alcun'altra».

In questa Nota negli *A. Ch.* il Berzelius giustamente osservava: «Si M. Davy voulait bien prendre la peine de répéter lui-même ces expériences, il pourrait se convaincre qu'en fait d'analyses exactes on ne doit jamais s'en rapporter aux soins d'une autre personne; et cela est surtout nécessaire à observer lorsqu'il s'agit de réfuter d'autres chimistes qui ne se sont point montrés ignorants dans l'art de faire des expériences exactes».

Berzelius e Mitscherlich. - Il Mitscherlich fu uno dei più grandi allievi di Berzelius; appena egli conobbe questo giovane chimico, capì di quale e quanta intelligenza era fornito e lo attrasse a lavorare nel suo laboratorio a Stockholm⁽⁸³⁾.

⁽⁸²⁾ *A. Ch.*, 1839 [1], t. X, pag. 278.

⁽⁸³⁾ EILHARD MITSCHERLICH nacque nel 1794 in Neurode presso Jever Ostfriesland e morì nel 1863 in Schönberg presso Berlino. Dottore in filosofia, incominciò la carriera come orientalista, ma poi prese vivo amore alle scienze sperimentali.

Al Mitscherlich si debbono le importanti scoperte dell'*isomorfismo* e del *dimorfismo*. La sua prima Memoria su quest'argomento: *Ueber die Krystallisation der Salze in denen das Metall der Basis mit zwei Proportionen Sauerstoff verbunden ist*, si trova nelle *Abhandl. d. Königl. Akad. d. Wissensch.*, Berlin 1818-1819, pag. 427-437, e col titolo: *Sur la relation qui existe entre la forme cristalline et les proportions chimiques* negli *A. Ch.*, 1820 [2], t. XIV, p. 172.

A questa fece seguito una seconda Memoria: *Intorno ai rapporti tra la composizione chimica e la forma cristallina negli arseniati e nei fosfati*, che presentò all'Accademia di Stockholm (*Vetensk. Acad. Handl.*, I, 1821) e che col titolo: *Sur les arsénates et les phosphates*, trovasi anche negli *A. Ch.*, 1821 (2), t. XIX, pag. 350.

Segue a questa un'altra grande Memoria: *Intorno ai rapporti tra la forma cristallina colle proporzioni chimiche*; la cui prima parte è: *Sulla produzione artificiale dei minerali cristallizzati* (*Abhandl. d. Königl. Akad. d. Wissensch.*, Berlin 1822-1823, pag. 25, e *A. Ch.*, 1823 [2], t. XXIV, pag. 355), e la seconda: *Sui corpi che dimostrano due forme cristalline differenti* (*Ivi*, 1822-1823, pag. 43, e *A. Ch.*, 1823 [2], t. XXIV, pag. 264). In quest'ultima Memoria dimostra il dimorfismo del solfo.

Tutte queste ricerche ebbero grande influenza sui progressi della Chimica. Berzelius ne trasse (*A. Ch.*, 1826 [2], t. XXXI, pag. 5) subito delle importanti conseguenze per la mineralogia chimica (V. più avanti).

Non solo il Mitscherlich confermò le idee di Berzelius sul rapporto fra l'ossigeno degli acidi e l'ossigeno delle basi, ma contribuì a stabilire meglio le relazioni fra i diversi elementi chimici.

Mitscherlich nel 1831 (*A. Ch.*, 1832 [2], t. XLIX, p. 113) pubblicò un'importantissima Memoria: *Sugli acidi manganico, ipermanganico, iperclorico ed i sali formati da questi acidi*. Egli dimostra l'isomorfismo di questi composti e fa vedere le analogie fra diversi elementi.

«L'isomorfismo dei permanganati coi perclorati è di una grande importanza, egli dice, per i rapporti tra la forma e la composizione chimica, perchè la più parte dei metalli possono essere comparati coi corpi gassosi. Il manganese nel suo più basso grado di ossidazione è isomorfo con la calce, con l'ossido di rame, l'ossido ferroso, ecc.; l'ossido di manganese con l'ossido ferrico, l'ossido uranico e l'allumina, e come acido manganico cogli acidi uranico, solforico e selenico, e come acido permanganico coll'acido perclorico; si possono confrontare i precipitati metalli, il solfo e il selenio, coll'ossigeno, col cloro, col jodo, ecc.».

Ora spieghiamo benissimo questi rapporti diversi mediante la diversa valenza del manganese.

Idee profonde egli emise pure sulla costituzione delle sostanze organiche. Ed invero un passo importantissimo sulla costituzione dei composti benzoici fu fatto quando Mitscherlich, nel 1834, intraprese lo studio dell'acido benzoico e suoi derivati; fu egli che diede la prima idea della costituzione degli acidi organici; egli decompose l'acido benzoico con eccesso di calce ed ottenne benzina (ora benzene) e anidride carbonica.

Nella lettera a Marcet, datata: Stockholm, 11 ottobre 1819, dà notizie del come ha fatto la conoscenza di Mitscherlich e come questi divenne suo allievo: «À Berlin, où je suis resté deux semaines, j'ai fait la connaissance d'un jeune chimiste, le docteur Mitscherlich, qui vient de faire une découverte dont la chimie peut se réjouir, mais qui ne plaira pas à M. Haüy. Cette découverte consiste en ce que deux substances, composées d'éléments différents, peuvent cristalliser de la même manière, même quand leur forme primitive n'est pas une forme limitée..... Ces observations sont extrêmement précieuses pour la théorie corpusculaire, qui y trouvera une manière de vérifier et de corriger ses spéculations sur la composition intérieure des corps; je les considère comme une des plus belles découvertes que l'on ait fait dans la chimie. Mitscherlich est dans l'intention d'examiner tous les corps cristallisables; et je crois qu'il viendra cet hiver à Stockholm pour me laisser jouir des développements de sa découverte à mesure qu'il les fait. Ce jeune homme est un digne candidat à la place de Klaproth qui est encore vacante».

Ed invero, dopo alcuni anni Mitscherlich fu nominato professore di chimica a Berlino nel posto di Klaproth.

Il 12 luglio 1820 scriveva a Marcet che il Mitscherlich da sei mesi lavora nel suo laboratorio e come abbia scoperto l'*isomorfismo*. Il Berzelius in queste sue lettere dimostrò una grande compiacenza per le scoperte che andava facendo il Mitscherlich. Così può dirsi, ed ancor più, pel Wöhler.



Eilhard Mitscherlich.

Berzelius e Wöhler. - Fried. Wöhler è stato il più affezionato e costante allievo ed amico di Berzelius. Il Wöhler sino dai primi lavori si iniziò sotto la guida di Berzelius; l'amicizia fra questi due uomini non si spense che colla morte. Wöhler dimostrò sempre molta gratitudine al maestro e bisogna anche dire che aiutò molto il Berzelius nella parte letteraria della loro scienza, perché Wöhler tradusse dallo svedese in tedesco buona parte dei famosi *Jahresberichte* ed il *Trattato di Chimica*.

Ho già citato in principio di questo lavoro alcuni brani della descrizione fatta dal Wöhler del suo viaggio a Stockholm nel 1823-1824.

La numerosa corrispondenza tra Berzelius e Wöhler fu pubblicata nel 1901⁽⁸⁴⁾ in 2 grossi volumi. Il Wöhler tentò più volte di smorzare i malumori tra Berzelius e Liebig, ma data specialmente la vivacità di quest'ultimo, non vi riuscì.

Importantissime sono le sue ricerche sulla dilatazione dei cristalli per l'azione del calore (1824-1826).

⁽⁸⁴⁾ FEDERICO WÖHLER nacque in Eschersheim presso Francoforte sul Meno nel 1800 e morì a Göttingen nel 1882. Dottore in medicina, professore di chimica nella Scuola tecnica di Berlino prima, poi a Cassel, e finalmente nell'Università di Göttingen; dal 1850 era ispettore generale delle farmacie dell'Hannover. Fece importanti scoperte in Chimica organica, inorganica ed analitica. I suoi studi sui composti cianici lo condussero alla scoperta della sintesi

Liebig era di un carattere impetuoso, spesso violento; non tollerava la critica dei propri lavori e rispondeva con vivacità straordinaria. Spesso anche si dimostrò ingiusto verso chimici stranieri che non condividevano le sue idee. La lotta contro Laurent e Gerhardt è veramente deplorabile. Egli ruppe le relazioni amichevoli coi principali chimici del tempo, quali Berzelius, Mitscherlich, Marchand, Mulder, ecc.

Wöhler invece era di carattere mite, più equanime; non si lasciava trascinare dalla passione, e ne sono prova le belle lettere che scriveva all'amico intimo quando questi era in lotta con qualcuno. Wöhler, che era affezionatissimo a Liebig, serviva come moderatore; e spesse volte scriveva a Liebig delle lettere calde d'affetto, ma nelle quali apertamente esprimeva il suo avviso sulle controversie che Liebig aveva con molti chimici del suo tempo, e lo consigliava, lo scongiurava ad essere più moderato⁽⁸⁵⁾.

L'eccessivo orgoglio di Liebig e di Dumas si manifesta chiaramente in una Nota pubblicata da questi due chimici nel 1837: *Sullo stato attuale della Chimica organica*⁽⁸⁶⁾; pare quasi che non esistesse la chimica organica, o che assolutamente tutto fosse erroneo; in quella Nota essi si propongono di studiare tutto il vasto campo della chimica organica, di analizzare tutti i composti organici, di verificare le analisi degli altri chimici, ecc. Per quanto avessero dei collaboratori, non avrebbero mai potuto sviluppare l'immenso programma. E qui si noti che erano tempi in cui vivevano Gay-Lussac, Berzelius, Mitscherlich, Wöhler, Laurent, Erdmann. Si noti che già sino al 1837 Mitscherlich aveva pubblicato lavori della massima importanza, anche per la Chimica organica. Scoprì i principali tipi di composti organici. E con quale esattezza lavorava: non una delle formule date da Mitscherlich ha avuto in seguito bisogno di correzione!

dell'urea (1828). Con Liebig fece le celebri ricerche sul benzoile, sulla amigdalina e sull'acido urico. Scoprì nel 1827 l'alluminio, che ottenne in forma metallica, poi l'azoturo di boro e gli eteri tellurici. Dimostrò le somiglianze ed analogie del titanio e del silicio col carbonio. Fece un gran numero di ricerche su vari minerali e metalli. Scrisse, oltre agli *Esercizi pratici di analisi chimica*, un *Trattato di Chimica*, tradotto in quasi tutte le lingue.

Allievo di Berzelius, fu a lui affezionato e fedele sino alla morte. Nel 1875 Wöhler pubblicò i ricordi del suo primo viaggio che fece in Svezia quando, ancora giovane, andò a studiare nel laboratorio del grande chimico di Stoccolma (*Ricordi di gioventù di un chimico. Visita di Wöhler a Berzelius*, in *Berichte*, 1875, pag. 838, e in *Rev. Scient.*, 1876, t. X, pag. 313). Per gratitudine al maestro tradusse in tedesco dallo svedese i famosi *Jahresberichte* ed il *Trattato di Chimica* del Berzelius.

Sono circa 280 le Memorie e Note scientifiche pubblicate dal Wöhler.

Per dare un'idea ai giovani che anche con apparecchi semplicissimi si possono eseguire esperienze non facili, trascrivo un brano dei ricordi di Wöhler intorno la sua prima visita a Berzelius, sopra accennata:

«Una favorevole circostanza mi fece conoscere a Lubecca il farmacista Kindt. Egli era un uomo amabile, che con vivo interesse seguiva il progresso della scienza del suo tempo e col quale ho conservato dei rapporti di amicizia sino alla fine della sua vita. Nelle ultime tre settimane del mio soggiorno a Lubecca abitai presso Kindt, usai della sua biblioteca, ed i suoi apparecchi di chimica e di fisica mi fornirono l'occasione di fare varie esperienze. Avemmo l'ardire di preparare del potassio col metodo di Brunner e perciò invece d'una storta di ferro fucinato adoprammo un vaso di ferro di quelli che servono pel trasporto del mercurio. Il collo era un pezzo di canna da fucile ricurva, il cui estremo pescava nel petrolio posto in un mortaio di ferro. Mediante un fornello ordinario, che serviva per grosse caldaie, si ottenne una temperatura sufficiente, perchè poco dopo avemmo il piacere di veder cadere nel petrolio dei piccoli globuli di potassio.

«Una seconda operazione ci diede un rendimento tanto buono che io potei portare a Berzelius una quantità di potassio considerevole, a quel tempo».

Una bella e completa biografia di questo chimico fu scritta dall'Hofmann (*Zur Erinnerung an vorangegangene Freunde*, vol. II, pag. 1 a 205).

Dalla sua scuola di Göttingen uscirono allievi di gran fama, quali: Beilstein, Fittig, Ugo Schiff, Büchner, Geuther, Kolbe, Limpricht, Knop, Städeler, Scherer, ecc. Fondò con Liebig, nel 1832, il celebre giornale *Annalen der Chemie und Pharmacie*, di cui ora si pubblica il 420° volume.

La corrispondenza tra Wöhler e Liebig fu pubblicata dall'Hofmann (*Aus Justus Liebig's und Fried. Wöhler Briefwechsel in a. Jahren, 1829.1873*, 2 vol. in-8°, Braunschweig 1888); e dal Wallach O., nel 1901, fu pubblicata la corrispondenza epistolare fra d. Berzelius e Wöhler (*Briefwechsel z. J. Berzelius und F. Wöhler*, 2 vol. in-8°, Leipzig 1901). Si veda inoltre: *F. Wöhler. Ein Jugendbildnis in Briefen an H. Meyer*, di G. W. A. Kahlbaum, Leipzig 1900.

⁽⁸⁵⁾ A., 1834, t. XI, pag. 48.

⁽⁸⁶⁾ C. R., t. V, pag. 567.

Una delle più belle lettere che si abbiano di Wöhler è la seguente, che scrisse a Liebig quando questi era in procinto di incominciare una disputa disgustosa col Mitscherlich:



Federico Wöhler.

LETTERA DI WÖHLER A LIEBIG.

Cassel, 3 marzo 1834.

«Ricevo in questo momento una lettera di Poggendorff che mi supplica di unirmi a lui per pregarti a non pubblicare la tua Nota fulminante contro Mitscherlich. Egli me ne dà un'idea generale: ed io mi sono fatto il segno della croce davanti allo scandalo che hai provocato, o che vuoi provocare. Tu puoi avere perfettamente ragione, puoi avere eccellenti ragioni personali, potrai fors'anco con ciò rendere un servizio alla scienza, ma nonostante ciò, caro amico, tu manchi alla tua dignità, discendi dall'alta posizione scientifica che ti è riserbata per porti a livello della mediocrità e oscurare lo splendore dei tuoi meriti. Spero non penserai ch'io ti faccia dei complimenti. E sii certo che non riuscirai a far gran male a Mitscherlich. La sua rinomanza è troppo ben fondata, il suo ingegno è troppo grande perchè ciò possa intaccarlo in modo durevole. Tu ti sei già creato, in Germania come in Francia, una riputazione di attaccabrighe, e per questo l'opinione pubblica si mostrerà piuttosto sfavorevole a te che non a lui.

«I reali servizi resi da Mitscherlich, e che tu pure devi riconoscere, gli rimarranno pur sempre agli occhi del pubblico scientifico. Immagina di essere nell'anno 1890, e supponi che Mitscherlich sia rimasto in silenzio davanti ai tuoi attacchi e abbia ancora confermato la sua rinomanza con belle scoperte: che penseresti tu allora di Mitscherlich, che penseresti di te stesso, se tu leggessi imparzialmente (siamo nel 1890) nei giornali del 1834 il rendiconto di questa discussione? E che ne risulta? Nulla! assolutamente nulla! Tu non faresti che indisporre Mitscherlich, divertire il pubblico, turbare la tua vita e rovinare la tua salute.

«Dunque, caro amico, te ne supplico, ascolta i miei consigli, rinuncia a questa malsana intrapresa. Credimi, le tue aggressioni e le tue provocazioni non possono essere imputate che a piccolezza di spirito.

«Addio e non volermene male per la mia franchezza»⁽⁸⁷⁾.

Quale differenza dal modo di agire violento ed autoritario di Liebig! Bellissima è la lettera che il Wöhler scrisse a Liebig quando questi voleva spingere l'amico contro Berzelius:

Göttingen, 8 maggio 1844.

«Mi è assai doloroso pensare che la vecchia amicizia fra te e Berzelius è rotta al punto che nessun riavvicinamento è più possibile fra voi. Io ho fatto quanto ho potuto per impedire che le cose

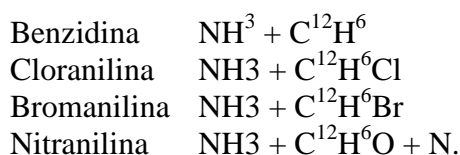
⁽⁸⁷⁾ Hofmann zur Erinnerung an Fr. Wöhler, II, 1882, pag. 153. Altra lettera di Wöhler a Liebig si veggia nel cap. XI: Catalisi.

giungessero a questo punto: ora non so più che tentare. Io non ti faccio una colpa di essere, nel difenderti, qualche volta ingiusto; e Berzelius stesso non può pensare diversamente. Ma è assai triste che la rottura sia tale che bisogna esporre tutto al pubblico. Io potrei tracciare fedelmente tutto lo sviluppo di questa fatale questione.

«La colpa è di entrambi; ma io non voglio ritornare sui particolari. Ti prego soltanto di non dimenticare la mia posizione di fronte a voi due, e di non chiedermi di prendere partito contro. Quand'anche vi detestaste e vi combatteste come nemici mortali, io non cesserei per questo di stimarvi e di amarvi entrambi; la vostra disputa non diminuirà il mio affetto per voi: a partire da oggi non voglio più saperne nulla»⁽⁸⁸⁾.

Merita pure di essere conosciuta la lettera seguente di Berzelius a Wöhler colla data:
29 maggio 1846.

«In questo *Bericht* ci sono molte cose interessanti. Ad esempio, la cloranilina di Hofmann⁽⁸⁹⁾ e la benzidina di Zinin⁽⁹⁰⁾ formano una serie di coppie ammoniacali che si possono scrivere così:



«Questa serie è molto bella. Si capisce facilmente come Hofmann, che si è lasciato sedurre da Laurent, possa essere accecato dalla metalepsia, ma che Liebig, il quale finora aveva taciuto su questo argomento, si sia lasciato trascinare a dichiarare senza alcuna necessità, in una Nota al lavoro di Hofmann⁽⁹¹⁾, come ormai sia dimostrato che la teoria elettrochimica manca di qualsiasi fondamento e che l'influenza degli elementi dipende in tutto e per tutto dalla loro posizione nel composto, tutto ciò io non posso comprenderlo, se tuttavia non vi fu l'intenzione in lui di assestarmi un colpo con ciò, essendo io stato colui che ha tentato di far accettare questa teoria e che l'ha anche difesa. Ma in tutto ciò che si intraprende nella scienza con altro scopo che non sia la ricerca della verità pura, finisce sempre per introdursi qualcosa di disgustoso».

Berzelius e Dulong. - Quando Berzelius fece il suo primo viaggio a Parigi strinse subito amicizia con il chimico e fisico Dulong⁽⁹²⁾; natura ottima, uomo colto e di grande ingegno. Il Berze-

⁽⁸⁸⁾ Hofmann zur Erinnerung an Fr. Wöhler, II, 1882, pag. 157.

⁽⁸⁹⁾ A., 1845, t. LIII, pag. 1 (È il noto lavoro di Hofmann sui prodotti di sostituzione dell'anilina).

⁽⁹⁰⁾ J. pr., 1845, t. XXXVI, pag. 93.

⁽⁹¹⁾ A., 1845, t. LIII, pag. 1.

⁽⁹²⁾ PIETRO LUIGI DULONG nacque a Rouen il 12 febbraio 1785 e morì a Parigi il 19 luglio 1838. Entrò nella Scuola Politecnica nel 1801; prima professore di chimica alla Facoltà di scienze, poi dal 1820 al 1830 professore di fisica nella Scuola normale e dal 1830 direttore degli studi della stessa Scuola. Ancor giovane entrò all'Accademia delle Scienze e fu nominato segretario perpetuo nel 1822, ma dopo poco tempo diede le dimissioni.

Si debbono al Dulong molti importanti lavori di chimica, fra i quali ricordo: le ricerche intorno alla mutua decomposizione dei sali insolubili (A. Ch. [1], t. LXXXII); la scoperta del *cloruro di azoto*, e lo studio di questo terribile esplosivo gli costò un occhio e tre dita (questi due importanti lavori sono dimenticati dall'*Handw.* del Poggendorff); nel 1816 pubblicò una Memoria sugli acidi del fosforo, ove è segnata la scoperta da lui fatta dell'acido ipofosforico; Nota sulle proprietà possedute da alcuni metalli di facilitare la combinazione dei fluidi elastici (A. Ch. [2], t. XXIII e XXIV). Questa Nota, pubblicata con Thenard, è molto importante, perchè in essa gli Autori estendono assai le osservazioni del Döbereiner sui fenomeni che Berzelius poi denominò, nel 1836, *fenomeni catalitici*; essi notarono che il palladio e l'iridio si comportano come il platino, che il nickel e il cobalto a 300° determinano la combinazione dell'idrogeno coll'ossigeno, e che la spugna di platino con idrogeno e acido nitroso o del perossido di azoto dà dell'ammoniaca. Tutta questa Nota è assai importante per la *catalisi* ed è poco conosciuta, direi trascurata da chi fa la storia della catalisi.

Nel lavoro del 1815 intorno all'acido ossalico enuncia, sulla costituzione di questo acido e degli acidi ossigenati in genere, delle idee che concordano con quelle già emesse da Davy; egli considera l'acqua di idratazione come acqua necessaria per formare un acido, e l'acido stesso come costituito da idrogeno con un radicale ossigenato, cioè considera gli ossiacidi come se fossero idracidi; l'acido solforico, ad esempio, come $\text{H}^2.\text{SO}^4$ e l'acido nitrico come $\text{H}.\text{NO}^3$. Queste vedute furono poi sviluppate meglio in seguito da Liebig, e da Gerhardt e Laurent a proposito degli acidi polibasici.

lius fece a Parigi un lavoro molto importante insieme al Dulong, quello sulla determinazione esatta del rapporto quantitativo fra l'idrogeno e l'ossigeno nell'acqua, e sul peso specifico dei gas. La cordiale amicizia fra Dulong e Berzelius durò sino alla morte del primo, avvenuta nel 1838. Berzelius aveva grande stima del Dulong. Söderbaum ha fatto recentemente ottima cosa col pubblicare la corrispondenza fra questi due scienziati.



Fra le lettere di Dulong a Berzelius ve ne è una molto importante, che riguarda la teoria atomica. A proposito dell'isomorfismo scoperto da Mitscherlich, nella lettera 15 gennaio 1820 il Dulong scriveva:

«Je suis tres-aise d'apprendre que l'on a découvert une nouvelle manière de vérifier la théorie atomistique. J'avais depuis bien longtemps formé le projet de me livrer un jour à des recherches semblables à celles du jeune Allemand dont vous me parlez; mais peut-être en aurais je été détourné pendant longtemps. Je suis convainçu, nonobstant les objections de M. de Laplace, et de quelques autres, que cette théorie est la conception la plus importante du siècle et que d'ici à une vingtaine d'années elle fera prendre à toutes les parties des sciences physiques une estension incalculable».

Questa fu una vera profezia; ed invero venti anni dopo, nel 1840, la classica Memoria di Gerhardt dava vita e applicazione alla legge di Avogadro.

Nel tempo stesso che egli ammira i grandi lavori di Berzelius, il Dulong gli accenna i suoi lavori sulla tensione del vapore ad alta temperatura. Il 10 novembre 1825 scriveva a Berzelius:

«..... Io ammiro con tutti i chimici la vostra inesauribile fecondità. Io non vedo come voi troviate il tempo necessario per tanto lavoro; io in verità credo che il vostro sole cammini meno velocemente del nostro. Nel nostro paese si sono inventati mezzi per far perdere il tempo a coloro che vorrebbero impiegarlo utilmente, e per mio conto posso dire che io lavoro senza tregua e cionondimeno dopo un anno mi pare di aver fatto molto poco. Da otto mesi io sono occupato a far costruire

Nel 1819 poi il Dulong, insieme all'amico suo Petit, scoprì la famosa legge relativa al calore specifico degli atomi (V. *Recherches sur quelques points importants de la théorie de la chaleur*, in *A. Ch.*, 1819 [2], t. X), legge che, senza cognizioni chimiche profonde, non sarebbe forse stata scoperta.

Fece importanti osservazioni sulle combinazioni dell'azoto coll'ossigeno. Dopo il 1820 si dedicò quasi esclusivamente alla fisica.

degli apparecchi per misurare la forza elastica del vapore d'acqua ad alte temperature. È un lavoro chiesto dal Governo all'*Académie des Sciences*, che ne ha incaricato una Commissione, la quale a sua volta mi ha generosamente dato pieni poteri fidandosi di me per tutte le operazioni. Non è lieve occupazione, perchè bisogna fare le esperienze sino a 30 atmosfere. Se io non balzerò in aria insieme alla caldaia, io vi comunicherò i risultati che avremo ottenuto e che io spero saranno esatti tanto da non esservi più bisogno di ripetere queste pericolose esperienze».

Le lettere di Berzelius a Dulong furono donate da M^{me} Dulong alla Biblioteca dell'Istituto di Francia, nel 1892. In questa occasione il Bertrand fece conoscere molti brani importanti di queste lettere. Berzelius, lasciando Parigi, andò nell'Alvergnna, poi a Lione e Ginevra. L'insegnamento della chimica, che era molto imperfetto in molti luoghi, fu spesso oggetto di osservazioni satiriche. A Lione assistette ad una lezione pubblica ed il giorno dopo seppe che il professore fu molto spiacente di aver ignorato la sua presenza, non perché fosse timoroso di tutte le bestialità che aveva detto, ma perchè a lui spiaceva di non aver citato molte volte il nome del suo illustre uditore!

Berzelius, dopo Ginevra, attraversò l'Allemagna, ove fece conoscenza con molti illustri cultori della scienza, e in una lettera a Dulong fa cenno dello stato di agitazione politica in cui si trovava allora la Germania (1819).

Molte notizie intorno al contenuto di queste lettere furono inserite dal Bertrand nel *Journal des Savants*, 1892, pag. 375, 636 e 685.

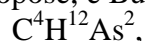
Berzelius e Dumas. - Il Berzelius non ebbe mai molta simpatia pel Dumas; egli notò subito nel chimico francese una certa alterigia, che non trovava in uomini già molto addentro nella scienza, quali Berthollet, Dulong, Thenard ed altri.

Col Dumas già nel 1826 cominciava a non trovarsi di buon accordo perché il chimico francese iniziò un lavoro relativo a ricerche già iniziate dal Berzelius stesso; il Berzelius si lamenta di ciò col buon Dulong in una lettera 9 settembre 1826; si riferisce ad un lavoro di Dumas sul modo di ottenere il fluoruro di manganese:

«Le travail au contraire que M. Dumas a entrepris sur l'acide fluorique ne m'a point du tout fait plaisir. Il paraît que ce jeune chimiste fait la chasse aux découvertes; ainsi en s'introduisant dans une recherche dont toute le monde sait que je m'occupe, et pour laquelle il paraît que la publication prématurée de l'existence du surchloride de chrome (gazeux) a excité sa curiosité, il saisit les points saillants, les publie presque en même temps et, pour ainsi dire, dépucèle l'objet pour celui qui voudra s'en occuper après lui. Quoiqu'il faille convenir que la science est un champ absolument libre, qui appartient également à tout le monde, il me semble cependant malhonnête de saisir le fil de la recherche d'un autre et de profiter d'une position plus commode pour publier vite ce que l'on trouve afin de gagner la priorité sur celui qui vien de frayer la route. Je ne saurais être l'émule de M. Dumas sous ce point de vue, j'abandonne à regret, mais bien certainement, la recherche que j'avais commencée, qu'il à jugé a propos de continuer, et qui ne demande pas des efforts réunis pour être achevée»⁽⁹³⁾.

Nelle lettere Berzelius-Wöhler si discorre spesso di Dumas, ma poco benevolmente.

Berzelius e Bunsen. - Berzelius apprezzava moltissimo le ricerche di Bunsen e specialmente quelle sul cacodile. Fu il Berzelius che propose, e Bunsen accettò, di denominare il radicale:



kakodile o *cacodile* a causa dell'odore detestabile che possiedono tutti i suoi composti⁽⁹⁴⁾.

Berzelius, nel render conto dell'ultimo lavoro di Bunsen sul cacodile, si esprime come segue⁽⁹⁵⁾: «In questi *Rapporti Annuali* ho riassunto i lavori di Bunsen mano a mano che mi erano comunicati amichevolmente dall'autore. Questo lavoro sul cacodile è la pietra angolare della teoria dei radicali composti di cui il cacodile è il solo che sia stato studiato in tutti i particolari, seguendo le

⁽⁹³⁾ In Söderbaum, *Corresp. Berzelius-Dulong*, Stockholm 1915, pag. 69.

⁽⁹⁴⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 302.

⁽⁹⁵⁾ *Ivi*, 1843-44, pag. 360.

analogie coi radicali semplici. La scienza deve grande riconoscenza all'autore di queste ricerche difficili e sgradevolissime per l'odore dei composti cui hanno dato origine».

Berzelius apprezzava assai il carattere ed il metodo di lavorare del Bunsen.

Nel 1844 egli scriveva a Schönbein, a proposito degli esperimenti sull'ozono fatti da quest'ultimo: «Voi dovete dedicare tutto il vostro tempo a questa così importante ricerca, e dovete proseguirla colla vera perseveranza di un Bunsen, e se è possibile, non abbandonarla prima di aver visto chiaro in tale questione»⁽⁹⁶⁾.

Berzelius e Marignac. - Berzelius dava gran valore alle ricerche di Marignac⁽⁹⁷⁾, specialmente a quelle sui pesi atomici e sulla cristallografia, e nei suoi *Jahresberichte* rende conto con grande compiacenza di questi lavori, i quali veramente confermavano e ampliavano le sue vecchie ricerche; egli chiama le esperienze di Marignac le più belle che si conoscano⁽⁹⁸⁾.

Magnifica è la lettera seguente, che il Berzelius scriveva al Marignac in occasione delle ricerche di questo illustre chimico sui pesi atomici, eseguite nel 1842-43⁽⁹⁹⁾:

«Je mets le plus haut prix sur vos expériences concernant les poids atomiques; la patience avec laquelle vous répétez chaque expérience un grand nombre de fois, la sagacité avec laquelle vous variez vos méthodes et la manière consciencieuse avec laquelle vous donnez les nombres dictés par la balance, doivent vous assurer de la confiance entière des chimistes. Mais le but de ma lettre n'est pas de vous faire des compliments si bien mérités, mais de vous prier, au nom de la science à laquelle nous sommes tous deux dévoués, de vouloir bien entreprendre le travail difficile, mais du plus haut intérêt pour la science, d'examiner les poids atomiques de tous les corps simples à la même manière consciencieuse qui caractérise les déterminations que vous avez données jusqu'à présent, car il faut bien mettre la couronne à une œuvre que vous avez si bien commencée et il est d'un grand poids que ces déterminations soient faites par la même personne, avec le même degré de précision.

⁽⁹⁶⁾ G. Kahlbaum, *Zwanzig Briefe gew. zwischen J. J. Berzelius u. Cr. Dr. Schönbein*, 1836 al 1847, Basel 1898.

⁽⁹⁷⁾ JEAN-CHARLES GALISSARD DE MARIGNAC fu un assai distinto chimico; nacque nel 1817 a Ginevra e morì nel 1894. Studiò prima all'Accademia di Ginevra, poi alla Scuola Politecnica di Parigi, dalla quale uscì nel 1835 ingegnere. Essendo di famiglia facoltosa, potè dal 1837 al 1839 studiare nella Scuola delle Miniere in Parigi e poi viaggiare in Svezia, Norvegia e Germania, ove fece la conoscenza di Berzelius, di Liebig e di Wöhler. Nel semestre invernale del 1840 studiò nel laboratorio di Liebig a Giessen. Nel 1841 fu nominato professore di chimica nell'Accademia di Ginevra e nel 1845 anche di mineralogia. Insegnò sino al 1878. Tutte le sue ricerche scientifiche furono fatte a sue spese. Incominciò con qualche lavoro di chimica organica sull'*acido naftalico* e sulla *naftalina*, poi si dedicò quasi esclusivamente alla chimica inorganica e specialmente alla determinazione dei pesi atomici; egli voleva vedere se la cosiddetta legge di Prout era vera. Egli diceva: «La science gagne plus à la démonstration d'une théorie ancienne, mais qui ne reposait que sur des hypothèses, qu'à la création d'une théorie nouvelle, quelque brillante quelle soit, si elle n'est pas elle-même basée sur des preuves rigoureuses».

Era molto abile anche nella cristallografia e così poteva con competenza discutere le leggi di Mitscherlich. Dal 1840 al 1851 pubblicò un gran numero di ricerche mineralogiche. Fece uno studio esauriente dei composti di *tantalio* e di *niobio*.

Ma dove si è meglio manifestata la sua attività e abilità fu nella determinazione dei pesi atomici degli elementi principali, che erano in discussione, quali sono il cloro, il bromo, l'argento, l'azoto, ecc.

Studiò attentamente la decomposizione del clorato potassico e riconobbe che ha luogo in tre periodi: il primo termina quando il clorato ha perduto 4,5% di ossigeno ed il residuo contiene 64-65% di perclorato e 12-13% di clorato; nel secondo il clorato termina di decomporsi ed il residuo contiene perclorato e cloruro; nel terzo il perclorato è decomposto in cloruro e ossigeno.

Assai importante è la Memoria pubblicata nel 1859: *De l'application de l'étude des formes cristallines à la recherche des poids atomiques des corps simples et des formules atomiques des corps composés* (Bibliot. Univ. Arch., 1859, t. VI, pag. 105, e *Œuvres*, t. I, pag. 659). Questa certamente meriterebbe di essere pubblicata insieme alle classiche.

⁽⁹⁸⁾ *Rapp. ann.*, 1841, pag. 29. Marignac e Stas per i loro lavori più importanti appartengono essenzialmente al periodo della chimica 1850-1870.

⁽⁹⁹⁾ *Œuvres complètes de Marignac*, t. I, pag. IX.

«Si, comme je l'espère, vous voudriez bien sacrifier votre temps à ce travail que la science demande à haute voix, je vous supplie de supprimer toute idée de multiples, il est évident, en comparant les poids atomiques approximatifs que nous avons, qu'il s'y trouve des rapports multiples, mais il ne s'ensuit point que tous doivent être des multiples (de l'hydrogène). Les propriétés chimiques partageant les métaux en plusieurs groupes, il est possible que si des rapports multiples existent réellement, chaque groupe peut avoir un nombre fondamental particulier sans même que ce nombre se retrouve dans un poids atomique quelconque, car il n'est pas nécessaire que notre planète renferme des échantillons de toutes les substances simples dont l'univers est créé».

Terminando la sua lettera, Berzelius dice: «Je réitère ma prière que vous voudrez bien faire le grand service à la science d'entreprendre le travail sus-mentionné, pour lequel je ne connais personne qui, par ses travaux publiés, s'est montré aussi digne de la confiance générale que vous. Je regrette de n'avoir point pu prévoir, lors de votre visite à Stockholm (1839), que celui que je présentais comme un ingénieur des mines devait sitôt commencer à occuper une place élevée dans la chimie».

Berzelius e Liebig. - Berzelius, per mezzo del suo allievo ed amico Wöhler, strinse amicizia con Liebig non appena questo illustre chimico ebbe la cattedra di Giessen. Il lavoro sul radicale benzoile, fatto insieme da Wöhler e Liebig, entusiasma il Berzelius. Il Carrière ha pubblicato la corrispondenza fra Berzelius e Liebig. Erano però due caratteri che non potevano andare troppo d'accordo a lungo. Liebig, come anche Berzelius, erano vivaci nella polemica scientifica, ed il Liebig talora si dimostrava anche molto ingiusto.

Nelle sue critiche il Berzelius non trascurava nemmeno gli allievi di Liebig. Quando Vogel credeva di aver avuto risultati migliori nell'analisi di materie albuminoidi, che non Mulder, il Berzelius esclama: «Queste parole di un principiante nella carriera scientifica denotano una ben grande confidenza nella propria abilità e nel suo giudizio!»⁽¹⁰⁰⁾.

I primi dissapori fra Liebig e Berzelius si manifestarono a proposito di ciò che il Berzelius chiamò forza catalitica o catalisi.

A proposito del nuovo peso atomico del carbonio, 75 e non 76, come era stato ammesso dal Berzelius, il Liebig scriveva a Wöhler il 18 maggio 1841: «Il Berzelius è felice del nostro peso atomico del carbonio. Ma proprio adesso l'Erdmann mi scrive di aver ottenuto gli stessi risultati del Dumas, cioè 75. A dire la verità me ne importa assai poco; perchè il vecchio peso atomico non ci ha fatto del male, e il nuovo non ci renderà più felici; me ne dispiace soltanto per il Berzelius, che difenderò sino all'ultima goccia di sangue».

E poco tempo dopo invece divenne il suo più fiero nemico!

In una lettera, quasi dello stesso giorno, al Berzelius il Liebig si scaglia contro Dumas ed i Francesi in modo sconveniente; il 17 maggio 1841 scriveva: «Mio caro e stimatissimo amico, credo che avrai ricevuto la Memoria del peso atomico del carbonio. Domani ti spedirò un'aggiunta alla Memoria di Dumas, colla quale credo di evitare la polemica. È strano. Erdmann mi scrisse il risultato delle ricerche fatte con Marchand sulla combustione del diamante; io gli risposi che non vi credevo, parendomi impossibile non sbagliare neppure di un milligramma quando se ne hanno 140.000 sulla bilancia. Le esperienze mi sembrano fondate su una illusione; essi pesavano (come Dumas) i loro diamanti e la grafite, poi calcolavano secondo il peso atomico 76,4 e secondo 75 la quantità di carbonio che avrebbero dovuto ottenere; pesando a questo modo, si trova il peso che si vuole. La mia critica, per quanto riguarda Dumas, è in forma assai mite, ma spero tuttavia che penetrerà oltre la pelle. È un vero imbroglione, come quasi tutti i Francesi; io, per parte mia, non li posso più soffrire; provo un vero disgusto quando leggo le loro Memorie. Sempre la persona e solo l'io, mai i fatti e la scienza.....».

⁽¹⁰⁰⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 316.

Da questa lettera si potrebbe quasi indurre la poca schiettezza dell'animo di Liebig, perché egli già a causa della catalisi manifestava sentimenti poco generosi verso Berzelius. Si legga la lettera di Wöhler a Liebig in data 30 maggio 1837 (vedasi cap. XI: **Catalisi**).

I dissapori fra Berzelius e Liebig si accentuarono nel 1842.

Un grande avvenimento scientifico apparve nel 1842 colla pubblicazione della *Chimie organique appliquée à la physiologie et à la pathologie* di Liebig. Il Berzelius, nel suo *Rapport Annuel* del 1843, pag. 332, ne fece subito una bella recensione, ma anche una critica come egli sapeva fare. E qui si trovano le parole seguenti del Berzelius, che dovrebbero essere sempre meditate:

«Mon honorable ami, M. Liebig, m'a donné une preuve de son amitié distinguée en médiant cet ouvrage. Qu'il me soit permis de lui en exprimer ici ma reconnaissance sincère et cordiale. La physiologie animale a été mon étude de prédilection depuis les années que j'ai passées à l'Université; mes premiers travaux l'avaient pour but exclusif, et plus tard elle a été, à différentes reprises, l'objet de plusieurs recherches. Mes opinions diffèrent, sur un grand nombre de points, de celles qui sont exposées dans cet ouvrage. J'envisage, entre autres, comme une base incontestable pour toute la science, que l'on doit faire une distinction rigoureuse entre les certitudes et les probabilités, et par conséquent que les véritables bases, sur lesquelles on doit développer une démonstration scientifique, ne permettent pas à l'auteur de s'efforcer à persuader au lecteur que des probabilités sont des vérités établies. Quelques probabilités peuvent bien, avec le temps, s'élever, par une nouvelle lumière, à devenir des certitudes; mais la plupart d'entre elles retombent quand la lumière disparaît. Deux amis ne doivent jamais considérer une différence d'opinion sur des choses comme une preuve d'une diminution de considération ou d'affection, ou d'une amitié refroidie. Si cela arrive, c'est du malheur; mais l'intérêt de la science ne doit jamais être mis de côté pour des considérations particulières».

Il Liebig se ne tenne come offeso.

Sorse la questione dell'acido lattico della carne scoperto dal Berzelius e prima negata dal Liebig; poi ammesso come se fosse stato da lui scoperto. Allora il Berzelius nel *Rapp. Ann.*, 1847, scrisse giustamente una violenta requisitoria contro Liebig. (V. cap. XIII: **Zoochimica**).

Berzelius, Laurent e Gerhardt. - Colla nuova teoria delle sostituzioni incomincia la lotta fra Laurent e Gerhardt da una parte e Berzelius dall'altra. Alla teoria delle sostituzioni che, secondo Laurent e Gerhardt, minava la teoria elettrochimica, si aggiunga il fatto che, contrariamente a Berzelius, il Gerhardt nel 1840-42 propose di modificare i pesi atomici di molti elementi, fra i quali quelli dei componenti le sostanze organiche.

Per ragioni che non è qui il caso di esporre, Gerhardt ammise che i pesi atomici dall'ossigeno, del carbonio, del solfo, ecc., debbono essere raddoppiati: invece di C=6, S=16, O=8, ecc., si doveva ammettere C=12, S=32, O=16, ecc.

Nel suo *Jahresb.* del 1837 Berzelius tratta con molta severità un lavoro di Laurent sull'analisi dei silicati alcalini⁽¹⁰¹⁾, il quale gli risponde: «Io so bene che il mio metodo è inferiore al suo e prego Berzelius di credere che io ammiro troppo sinceramente i suoi lavori per permettermi di ritoccarne uno; io ho fatto esplicitamente notare nella mia Memoria che non avendo, come molti altri chimici, nè storte di platino, nè recipiente di platino, nè bottiglia e cassula di platino, io avevo modificato il processo di Berzelius per metterlo alla portata di un gran numero d'altri chimici. Alcuni chimici lo trovarono buono e fra questi Malaguti, che da alcuni anni ha fatto molte analisi di silicati col mio metodo».

Qui bisogna ricordare che il Laurent nel 1833 ebbe il posto di chimico nella Manifattura delle porcellane di Sèvres; ma dopo poco tempo dovette lasciare questo posto, che fu invece dato al Malaguti, il quale lo tenne sino a quando ebbe la cattedra di Rennes, verso il 1842.

Berzelius era talora indubbiamente autoritario e trattò dei giovani chimici, quali Laurent e Gerhardt, in modo troppo severo. Era tanto tenace nelle sue idee che talvolta arrivava quasi

⁽¹⁰¹⁾ V. in *A. Ch.*, 1839 [2], t. LXXII, pag. 405, la Memoria di Laurent sull'acido pimarico. ecc.

all'assurdo. Egli, che tanto era contrario alla teoria delle sostituzioni di Laurent, Dumas e Gerhardt, criticò vivamente anche il Malaguti quando pubblicò le sue classiche ricerche sui derivati clorurati degli eteri. Ma di ciò che riguarda la lotta relativa alle sostituzioni dirò più ampiamente nella biografia di Laurent.

Fu ingiusto con alcuni chimici suoi contemporanei; dei lavori del Döbereiner sulle triadi, ecc., non tenne alcun conto nei suoi ora famosi *Jahresberichte*, così pure dei lavori del nostro Avogadro.

A proposito di Laurent, il Berzelius scriveva a Wöhler da Stockholm il 4 agosto 1846 la lettera seguente:

«Alcuni giorni fa mi son fatto imprestare da Dahlström i fascicoli di marzo, aprile e maggio degli *Annalen*. Vi ho letto l'ultimo articolo di Liebig contro Laurent e Gerhardt⁽¹⁰²⁾, che è molto meno sconveniente del primo; il tono di questo articolo mi piace assai, perchè non si deve essere troppo cortesi verso tali....., come sono questi due francesi. La diatriba di Laurent contro Liebig nel giornale di Quesneville⁽¹⁰³⁾ è quasi tanto volgare quanto lo era il primo articolo di Liebig, e anzi più volgare ancora, perchè Laurent schernisce pubblicamente Liebig a proposito di cose che, come Laurent stesso sa benissimo, furono poste in cattiva luce, ma approfitta di ciò credendo che il pubblico non se ne accorga. Ma per chi se ne accorge, questo non torna certo ad onore di Laurent. Io lo tengo in conto di pazzo e di tanghero tanto quanto Löwig, quantunque sia miglior chimico di quest'ultimo»

E in un'altra lettera del 15 giugno 1847:

«Plantamour, che faceva quest'estate un viaggio in Francia ed in Inghilterra, mi ha dato notizia delle condizioni della nuova scuola chimica di Parigi, specialmente riguardo la teoria dei tipi e la metalepsia. Egli dice, che quest'ultima non ha altri seguaci all'infuori di Dumas e Péligot, Laurent e Gerhardt, e che tutti gli altri protestano a parole contro questa teoria, quantunque poi, *faute de mieux*, se ne servano scrivendo. Egli mi ha mandato una lettera di Cahours, nella quale questi dichiara di essere d'opinione che i generatori di sali non tengono l'ufficio (non fanno la parte) dell'idrogeno che sostituiscono nella sostanza. Perciò la teoria dei tipi dev'essere molto prossima alla sua caduta. Gli rispondo oggi stesso, richiamando la sua attenzione su ciò che si potrebbe mettere al posto di questa teoria. Plantamour crede che Dumas sia persuaso della prossima rovina della sua teoria, e che perciò si sia alquanto ritirato dalla chimica, occupandosi invece con molto zelo di essere nominato prima deputato, poi ministro dell'Istruzione, il che però, secondo Plantamour, non gli riuscirà facilmente».

Gerhardt, nella prefazione alla prima annata dei suoi: *Comptes-Rendus mensuels des travaux chimiques de l'étranger*, 1845, pag. 2, scriveva:

«Tutti gli anni le nostre produzioni scientifiche sono sottoposte ad una severa censura da un celebre chimico del Nord; ma, bisogna dirlo, pochi lavori francesi trovano grazia ai suoi occhi, a meno che non siano redatti secondo le sue dottrine o formole nel senso della sua teoria.

«Un altro scopo di questi *Comptes-Rendus* deve dunque essere quello di protestare contro questa parzialità, e di contribuire alla diffusione delle nuove idee, le quali da alcuni anni fanno progredire la scienza».

LETTERA DI BERZELIUS A WÖHLER.

25 marzo 1845.

«P. S. Ieri ricevetti per la posta il primo fascicolo dei *Comptes-Rendus mensuels* di Gerhardt, i quali, secondo quanto so da Plantamour, sono fondati nella speranza di rendere impossibile lo smercio dei miei *Jahresberichte* in Francia e quindi impedire il diffondersi delle mie critiche sulla

⁽¹⁰²⁾ A., t. LVIII, pag. 227.

⁽¹⁰³⁾ *Rev. Scient.*, 1846 [2], t. VIII, pag. 300.

teoria di quei sciocchi pazzi⁽¹⁰⁴⁾. Gerhardt esprime tutto ciò molto chiaramente nella prefazione. Se il seguito non sarà fatto con più ordine e chiarezza, l'intrapresa non potrà a meno di fallir presto».

Io non posso accordarmi in tutto con quanto scrive l'Ern. v. Meyer⁽¹⁰⁵⁾:

«La polemica di Berzelius contro Dumas, Laurent, Liebig ed altri è stata giudicata spesso con severità e ingiustizia, in modo da gettare una falsa luce su tutta la sua opera. La generazione più giovane specialmente dimenticò subito, dopo la sua morte, la gratitudine che gli era dovuta per i suoi meriti imperituri, di aver contribuito cioè allo sviluppo della scienza».

Se anche egli ha errato nel giudicare certi nemici, è bene che la storia non lo dimentichi: *errare humanum est*.

Però coloro che conobbero intimamente il Berzelius hanno conservato di lui grande affetto ed ammirazione, e più di tutti vanno ricordati Mitscherlich, Wöhler ed H. Rose.

Non è vero, secondo me, che Berzelius, perché contrario alla teoria delle sostituzioni, abbia contribuito a ritardare il progresso della scienza. La scienza per progredire bene ha bisogno di lotta. La lotta eccita alla ricerca; qualcuno ne soffre, è vero, ma è così in ogni guerra. Il male è più grave quando la lotta nella scienza è affatto personale, per invidie o gelosie, come nel caso di Dumas contro Laurent e Gerhardt, perché egli non voleva che i due intelligenti e focosi chimici avessero un posto universitario o di scuola superiore a Parigi, come avevano i Péligré, i Balard ed altri suoi seguaci, molto inferiori ai due giovani riformatori. Dal Dumas si faceva di tutto per far mancare i mezzi di studio a Laurent e Gerhardt.

Alcune volte anche Berzelius ha pronunciato su altri chimici dei giudizi non ben fondati e che ha dovuto poi assai modificare. Tale è il caso con Prout. In una lettera del 22 aprile 1818, a Marcet, egli scriveva:

«.....Les résultats obtenus par le docteur Prout sur la composition des trois substances animales ne méritent certainement pas la confiance que vous y mettez. Prout ne s'est point aperçu des difficultés attachées à cette matière, et il a trop confiance en sa manière d'appliquer les proportions définies».

Ed il Marcet, a proposito del Prout, il 29 maggio 1818, scriveva: «Je vous envoie un présent de Prout que vous traiterez probablement un peu moins cavalièrement que ses analyses à proportions définies. En vérité, vous ne lui rendez pas justice. C'est un bon travailleur et un homme vrai et modeste, mais, sans doute, il peut se tromper comme tant d'autres. Cependant je le crois assez exact dans ce qu'il fait».

Ma poco tempo dopo lo stesso Berzelius ha dovuto riconoscere che le analisi di Prout erano esattissime. Così fu anche a proposito di certi lavori di Th. de Saussure.

Egli lodava assai la franchezza di Thenard, ed il 18 dicembre 1818, quando Thenard s'occupava dell'acqua ossigenata, allora da lui scoperta, il Berzelius scriveva a Marcet: «Thenard conduit ses expériences avec une admirable sagacité. Il m'en fait part avec une franchise à laquelle je ne m'attendais pas, puisque tous les autres chimistes ne me répondent jamais un mot, lorsque je leur demande à quoi ils s'occupent».

Berzelius non ebbe nessun contatto con chimici russi; tanto più è ciò spiegabile quando si pensi che la chimica in Russia dal 1800 al 1850 era quasi nulla. Il polacco Woskresensky e lo Zinin (allievi tuttedue di Liebig) erano, può dirsi, all'inizio della loro carriera, e inoltre non furono chimici di elevato valore, come invece lo furono poi il Butlerow ed il Mendelejeff dopo il 1850.

Berzelius, suo ideale per la scienza e suo disinteresse.

La scienza e le applicazioni.

⁽¹⁰⁴⁾ Dal 1° gennaio 1845 Gerhardt, aiutato da Laurent, pubblicò una rivista mensile: *Comptes-Rendus mensuels des travaux chimiques de l'étranger, ainsi que des laboratoires de Bordeaux et de Montpellier* (a quel tempo Gerhardt era a Montpellier e Laurent a Bordeaux). Il giornale, che si pubblicò da solo fino al 1849, poi fino al 1853 colla *Revue scientifique et industrielle*, aveva un doppio scopo: diffondere le idee di Gerhardt e Laurent e far da contrappeso ai *Jahresberichte* di Berzelius in Francia (Nota di O. Wallach).

⁽¹⁰⁵⁾ Ern. v. Meyer, *Storia della Chimica*, traduzione italiana di M. e Cl. Giua. Milano, Hoepli, 1915, pag. 222.

Dicendo scienza io intendo tutto il sapere; non solamente le scienze del calcolo e le sperimentali, ma bensì anche la filosofia e scienze affini. L'ideale di Berzelius era la scienza nel suo significato più elevato, più bello e più disinteressato. Questo per me è il punto culminante pel quale Berzelius va lodato a preferenza di molti altri chimici. Egli non ha mai fatto o scritto nulla a scopo di lucro. Egli, nato povero, condusse sempre una vita modestissima, e morì povero. Suo unico culto fu la scienza per la quale visse, senza tornaconti ed opportunismi; aveva tutta la natura degli antichi grandi filosofi greci.

Non si occupò mai o quasi mai di chimica applicata, se si eccettuino i suoi lavori sulla zoochimica e sulle ricerche tossicologiche, ma sempre unicamente a scopo scientifico. Fu un grande esempio.

Berzelius era il tipo dell'uomo che non pensava ai godimenti materiali della vita. Dopo tanto lavoro egli è morto, può dirsi, povero; e nella lettera a Dulong, precedentemente accennata, del 4 giugno 1837, dopo ricordato il suo matrimonio, scriveva:

«Il Governo ed i miei concittadini mi conferiscono continuamente dei titoli d'onore e delle distinzioni, che da lungo tempo hanno cessato di solleticarmi, ma essi sono avari di *nervus rerum gerendarum*, dimodochè dopo 30 anni di servizio come professore di chimica, lo Stato mi dà una pensione di 1200 franchi. Con tutto ciò io non mi lamento, perché *je me tire d'affaires nettement*, anche come uomo ammogliato; ma quindi innanzi io sono *glebae adscriptus*, perchè non mi resta nulla per poter ancora una volta rivedere i miei amici in Francia e in Germania».

Inutili i commenti (si veggia anche a pag. 333).

Questo valga per tutti quei professori italiani e stranieri che si sono sempre lamentati dello stipendio. Nella prima metà del secolo XIX i professori, anche in Germania, erano nominati con stipendi molto bassi, e non si lamentavano, e la Germania allora aveva i veri fondatori della scienza attuale; nella seconda metà, gli stipendi, specialmente in Germania ed in Inghilterra, aumentarono in modo favoloso, ma non aumentò la genialità. Questo desiderio della ricchezza non era dunque solamente nel proletariato, ma in tutti. Il ceto bancario ed affaristico, rapidamente arricchitosi in modo straordinario, ha svegliato la cupidigia del danaro e dei godimenti della vita materiale in tutti.

Ed ora quanti cultori della scienza, distinti, più o meno, ma sempre mediocrità relativamente a Berzelius, credono di non essere abbastanza retribuiti con 10, 20 e anche 30.000 lire all'anno? E in Germania non si è arrivati a più che 100.000 lire? Non son forse esagerazioni enormi?

«L'intèrèt personnel n'est que la prolongation en nous de l'animalité; l'humanité ne commence dans l'homme qu'avec le désintéressement»⁽¹⁰⁶⁾.

Berzelius tenne una lunga ed abbondante corrispondenza coi suoi amici più fidati, fra i quali primeggiava Wöhler. Egli provava un vero godimento quando i suoi amici facevano qualche scoperta importante. Bellissima è la lettera che egli scrisse a Wöhler e a Liebig non appena gli fecero conoscere il loro lavoro sul radicale benzoile nel 1832. La grande scoperta fece colpo sulla mente di Berzelius, il quale era veramente entusiasta di questo magnifico lavoro e scriveva ai due giovani chimici⁽¹⁰⁷⁾:

«I risultati che voi avete dedotto dalle vostre ricerche sull'olio di mandorle amare sono certamente le più importanti fatte sino ad ora nella Chimica organica; esse promettono di gettare nuova luce su questa parte della scienza.

«Che un corpo composto di carbonio, idrogeno ed ossigeno si combini alla maniera di un corpo semplice con altri, ma particolarmente con quelli che formano degli acidi e delle basi, è un fatto che dimostra esistere degli atomi composti ternari (di prim'ordine), e che il radicale dell'acido benzoico è il primo esempio certo di un corpo ternario che possiede le proprietà di un corpo semplice.

«I fatti che voi avete stabilito fanno nascere tali considerazioni che si può considerarli come apportatori di un nuovo giorno nella chimica vegetale.

⁽¹⁰⁶⁾ Amiel, *Fragments d'un Journal intime*, 8^a ed., 1901, t. I, pag. 119.

⁽¹⁰⁷⁾ A. Ch. [2] t. LI, pag. 311.

«È per ciò che io proporrei di nominare il primo radicale composto di più che due elementi: *proino* (πρωί), *incominciamento del giorno o punta del giorno* nel senso di ἀπό πρωί έως εσπερας⁽¹⁰⁸⁾, oppure *ortroino* (ὄρθρος, *crepuscolo del mattino, alba*); da cui i nomi di *acido proico* o *acido ortrico*, *cloruro di proile* o *cloruro di ortrile*.

«Ma per la consuetudine e perché il nome di *acido benzoico* è più conosciuto, è meglio designare questo radicale, come voi proponete, *benzoile*».

Questo suo lavorare continuamente per la scienza e non per le applicazioni fu una delle cause per le quali si ruppe l'amicizia tra lui e Liebig. In una lettera del 26 aprile 1840 Liebig scriveva a Berzelius delle sue ricerche fatte intorno all'alimentazione, dei suoi studi sulla chimica organica sotto il punto di vista delle leggi che derivavano a vantaggio dell'agricoltura e della fisiologia, ecc. Ma Berzelius non approvò tutto ciò e tanto meno quel libro sulla fisiologia animale che era a lui dedicato. Il Berzelius rispose colle parole seguenti: «Sino a che tu hai lavorato per far progredire la scienza, io ti ho sinceramente ammirato. L'importanza e il numero straordinario dei risultati da te ottenuti, ti hanno innalzato ad uno dei più alti gradini della scienza. La tua naturale disposizione di spirito, la tua immaginazione ricca e poetica ti svelarono delle vie nuove e inattese per arrivare a dei risultati; tu ti trovavi nella situazione per la quale la buona madre natura ti aveva dotato di qualità poco ordinarie. Gli Inglesi ti hanno chiesto di far loro una relazione sullo stato della chimica organica; quest'invito, poi l'edizione della *Farmacia* di Geiger, ti hanno spinto a scrivere. La tendenza poetica del tuo spirito e la tua grande facilità di dire ti hanno tosto condotto nel campo illimitato delle teorie; ora la tendenza poetica è precisamente la compagnia la più dannosa. Essa ti ha dettato delle idee brillanti e tu ce le hai rese nell'assoluta condizione della loro verità. La ricchezza della tua esperienza in chimica ti fa errare, essa ti spinge a trattare arditamente delle scienze di cui non hai a fondo studiato la parte anatomica e fisiologica ed i tuoi scritti ne contengono le prove più chiare. In questo modo tu hai acquistato tra un gran numero di principianti e di amatori, in Europa ed in America, una rinomanza che coloro i quali sono addentro in queste scienze abbassano invece ogni giorno di più perchè essi sono quasi obbligati a dimostrare come il tuo edificio di insegnamento seducente si accorda poco colla nuda verità e come siano fallaci le conclusioni che contiene.

«Ecco le mie idee sulla teoria nelle scienze sperimentali: colui che vuole edificare una teoria deve verificarla con tutti i fatti che vi si collegano senza nulla pregiudicare in suo favore; deve mettere in evidenza tanto i punti deboli come quelli buoni. Non si deve mai cercare di far nascere la convinzione là ove invece non vi è che verosimiglianza. Perchè colui che dà delle probabilità per delle verità conduce all'errore, volere o non volere. Tutti i teorici, a questo riguardo, debbono seguire i principi di Newton, i quali ancora oggi assicurano a questo grand'uomo il più alto posto, che non è stato ancora sorpassato, benchè il secolo che è scorso dopo di lui abbia fatto di più per la scienza che non tutti i tempi precedenti.

«Tu mi farai l'obbiezione che io non ho sempre seguito questo principio. In ciò tu hai sfortunatamente ragione. Gli sforzi che io ho fatto nella mia giovinezza per dimostrare che l'azoto e il cloro erano dei corpi composti avrebbero preso un altro indirizzo se io avessi saputo allora stimare questo principio al suo giusto valore. Per convincersi sarebbe bastato in quel tempo qualche verosimiglianza. Ho dovuto riconoscere subito che le mie vedute erano erronee; io fui punito e guarito dei miei errori, ed ho appreso ad essere più saggio».

Bella lettera certamente. Ma bisogna riconoscere che molte delle idee e leggi generali stabilite da Liebig riguardo la chimica fisiologica vegetale ed animale erano vere, ed ebbero grande influenza sul progresso dell'agricoltura e della fisiologia.

Berzelius nella sua lotta con Laurent e Gerhardt avrebbe dovuto essere moderato ed equanime come dimostrava di esserlo quando nel suo libro *Théorie des proportions chimiques*, ediz. 1819, pag. 18, ed ediz. 1835, pag. 12-13, trattando delle teorie in genere, scriveva: «Ogni teoria non è che una maniera di rappresentare l'interno dei fenomeni. Essa è ammissibile e sufficiente sin tanto che può spiegare i fatti conosciuti. Ma può anche essere inesatta, benchè in un certo periodo di sviluppo

⁽¹⁰⁸⁾ Act., 28, t. V, pag. 23.

della scienza serva così bene come una teoria vera. Le esperienze aumentano in numero, si scoprono nuovi fatti che non si conciliano più colla teoria, si è obbligati a cercare un'altra spiegazione applicabile ugualmente a questi nuovi fatti, ed è così che di secolo in secolo si cambieranno probabilmente i modi di rappresentarsi i fenomeni nelle scienze, senza forse trovare mai i veri; ma quand'anche fosse impossibile raggiungere questo scopo nei nostri lavori, bisognerebbe ugualmente sforzarsi di avvicinarsi.

«Nell'incertezza inseparabile da ogni speculazione puramente teorica, avviene talora che due spiegazioni differenti possono ugualmente aver luogo; allora è necessario di studiarle tutt'e due e benchè la nostra incertezza aumenti, essa non diminuirà i nostri sforzi per trovare la verità, perchè il vero scienziato, colui che si applica più a conoscere che non a credere, studia le probabilità e non dà la preferenza a nessuna opinione se non quando è fondata su prove decisive.

«In fatto di scienza ci occorre sempre una teoria per ordinare le nostre idee in un certo modo, senza del quale i particolari sarebbero troppo difficilmente ricordati. Noi abbiamo una teoria quando essa spiega tutti i fatti conosciuti. Quand'essa è generalmente adottata, è spesso utilissimo per la scienza che si possa provare che i fenomeni ammettono anche un'altra spiegazione; ma non ne consegue che la prima debba essere considerata come inesatta; è dunque una innovazione biasimevole il cambiare il modo di spiegare già adottato con un nuovo modo, la cui esattezza non è fondata su maggiori probabilità. Egli è dunque indispensabile di provare prima che quella che è generalmente stabilita è inesatta e che ne occorre un'altra».

Egli avrebbe dovuto ricordare quanto scrisse nel 1827⁽¹⁰⁹⁾: «L'abitudine di un'opinione ingenera spesso la completa convinzione della sua esattezza; essa ci impedisce di vederne i punti deboli e ci rende incapaci di accettare le prove che si manifestano contrarie».

Liebig scriveva delle belle lettere, raccomandando il disinteresse nella scienza, predicando ai suoi allievi che dovevano lavorare per la scienza senza preoccuparsi del guadagno, ma poi, viceversa, egli, nato povero, morì ricchissimo. Ed io non ho mai dimenticato una sua lettera al Sobrero nel 1844, nella quale raccomandava di lavorare, di studiare bensì ma non a scopo di lucro. Quanto mai è ripiena di contraddizioni l'anima umana!

Così può dirsi di Dumas, di Payen, di Gay-Lussac, di Thenard e di tanti altri, i quali morirono ricchissimi, mentre in origine erano poveri. E giustamente il Laurent, che lasciò la famiglia nella miseria causa le sue inimicizie con Dumas ed altri potenti presso il Governo, scriveva delle lettere di fuoco, che saranno da me riprodotte nella sua *Biografia*.

L'attività, il lavoro, la semplicità della vita, l'indifferenza per tutto ciò che è vanità moderna voi la trovate in molti grandi uomini. Scienziati disinteressati, idealisti nel più elevato significato, il secolo XIX ne ha prodotti molti e basterebbe ricordare: Volta, Avogadro, Melloni, Kant, Faraday, Dalton, Berzelius, Humboldt, Helmholtz, J. Rob. Mayer, Cauchy, Laurent, Gerhardt, Galileo Ferraris, G. Schiaparelli ed altri, dei quali il pensiero umano si onora. Ecco la vera grande molla che dovrebbe innalzare l'umanità: il disinteresse, e anche più: l'altruismo. Il secolo XIX giustamente può dirsi il secolo della scienza e della patria; ma temo assai che la fine del XIX⁽¹¹⁰⁾ ed il secolo XX siano essenzialmente i periodi del commercio, dell'industria e del lauto vivere.

«A che la Fisica, la Chimica e tutte le altre scienze sperimentali, ove non tendessero ad avvantaggiare la parte più importante dell'economia politica, la creazione delle ricchezze?». Così parlava il presidente Borromeo nell'inaugurare il VI Congresso degli scienziati italiani in Milano il 12 settembre 1844.

La ricchezza..... ecco il faro, ecco l'ideale..... Ma questo dev'essere l'ideale delle scienze? Questo solo? No; il Borromeo poco prima aveva detto che «gli scienziati hanno la non men nobile missione di promuovere ogni miglior vantaggio materiale e morale dei popoli, spargere lumi e sani principii anche nelle classi più umili della società, ingentilirne i costumi, nobilitarne le tendenze, calmarne le passioni».

⁽¹⁰⁹⁾ *Traité de Chimie*, ed. franc., 1838.

⁽¹¹⁰⁾ Questo brano fu da me scritto verso il 1890.

Tutti noi Italiani abbiamo, dal 1860 in poi, inneggiato troppo al benessere materiale, al commercio ed al mondo degli affari; tutti ci siamo affaccendati per dimostrare l'importanza delle relative scienze per la pratica, per le applicazioni. Così sono cresciute delle generazioni egoiste, le quali non veggono il bello se non dove è l'utile; l'utilitarismo. Così si sono eccitati i sensi pei godimenti materiali della vita, e l'ideale del nostro cosiddetto socialismo era di far in modo di mangiare meglio anche quando si mangiava discretamente bene! Si sono dimenticati i puri principii scientifici ed umanitari.

E lo vediamo anche attualmente: quanti non sono coloro che in mezzo ai disastri incommensurabili di questa lotta fra le nazioni, non pensano se non al modo di far danaro ad ogni costo, e provocano l'aumento dei prezzi delle merci di prima necessità facendosi incettatori, sfruttatori? Proprio in momenti in cui il Paese avrebbe bisogno del vero sentimento umanitario, del vero disinteresse, della vera solidarietà umana come la voleva Berthelot. Non è invece questo l'egoismo spinto al massimo grado? È orribile il pensiero che l'anima umana così poco differisca sostanzialmente dall'anima dei bruti! Quanto sconforto!

Si dice, e si ripete, da molti che non si deve dar retta al sentimento; io invece dico: dar retta al sentimentalismo no, ma al sentimento vero, sì.

Non si è scritto e predicato tante volte che la scienza dev'essere al servizio dell'industria e che l'insegnamento deve avere quale scopo le applicazioni? Ma posso anche dire che io, molto tempo prima dello stato attuale di cose, ho presentato i mali dell'eccessivo affarismo; già nel mio lungo lavoro: *La Chimica in Italia dal 1750 al 1800*⁽¹¹¹⁾, scrivevo, dopo accennato allo stato miserando dell'industria chimica di quel tempo: «E per lunghi anni l'Italia rimase ancora in quello stato. Ora però siamo arrivati al polo opposto; e un po' meno di furia industriale e un poco più di idealità renderebbe la vita meno brutale». Ciò scrivevo nel 1909; e nel mio discorso: *La storia delle Scienze e Domenico Guglielmini*, letto al Congresso di Genova nel 1912, a pag. 31, a proposito di un libro dell'Ostwald che deplorava l'abbassamento della scienza in Italia (ed in Francia), io ho detto e scritto chiaramente:

«Non è bello, non è generoso, rinfacciare ad una nazione amica, dalla quale si è ricevuto nientemeno che la civiltà, la sua attuale supposta inferiorità scientifica. Ed è poi reale in tutto questa inferiorità dell'Italia? Io non so se il periodo della ricchezza commerciale e industriale sia proprio il più glorioso per l'intellettualità di una nazione; certamente è il più proficuo alla materialità della vita. Quando non vi era ancora l'uso dei brevetti per ogni scoperta, la Germania, a mo' d'esempio, aveva Humboldt, Gauss, Bessel, Werner, De Buch, Wöhler, Bunsen, G. Muller, J. R. Mayer, Helmholtz, Virchow e molti altri. Ha ancora sostituito questi grandi?

«Tralasciando tutto ciò che è utilitarismo e stando ai criteri moderni delle applicazioni, l'Italia modernissima ha due scoperte che tutte le nazioni le invidiano: il telegrafo senza fili e le applicazioni del campo magnetico rotante. Il Ferraris non ha preso brevetto, come invece si fa ora tanto di frequente da chimici, fisici e meccanici per le più piccole ricerche scientifiche applicabili.

«Come voi ci rinfacciate la supposta inferiorità attuale, noi potremmo più giustamente ricordarvi che cosa eravate quando noi avevamo la supremazia del mondo. Tutto questo gridio fa l'effetto di un fanciullo che si ribella al nonno. Ma, come giustamente osservò il Simon, certi libri scientifici sono romanzi dilettevoli che si leggono tranquillamente, successivamente e piacevolmente, come *I Tre Moschettieri*, *Venti anni dopo*, ecc. L'Italia è la nazione che ha la civiltà più antica del mondo attuale: essa ha dato tanto e tanto agli altri popoli, che almeno un poco di gratitudine ci vorrebbe. Ma la gratitudine purtroppo è il sentimento più difficile a radicarsi nell'animo umano.

«L'uomo ha quasi vergogna di aver ricevuto dei benefizi e tenta di nasconderli. È una forma questa che è insita nella natura umana primitiva. Nessuno vuole mai esplicitamente ammettere di aver ricevuto dei benefizi da un altro. Aiutate dei giovani negli studi, li aiutate anche a conseguire buoni posti? Ebbene..... spesso voi avrete un ingrato, od anche un nemico.

⁽¹¹¹⁾ *Suppl. Ann.*, 1909, pag. 345.

«Nel periodo del Rinascimento, l'Italia ha dato all'Europa buona parte dei suoi tesori; essa non ha nei suoi musei, nelle sue gallerie degli oggetti più o meno preziosi rubati agli altri popoli. Noi abbiamo dato scienziati e artisti che hanno diffuso e propagato il loro genio dappertutto, quando le altre nazioni erano ancora nell'infanzia della civiltà.

«E perchè non dobbiamo pensare al nostro glorioso passato?

«Venezia, in altri tempi, ha salvato l'Europa dalla barbarie turca, eppure per molti e molti anni fu poi tenuta schiava! Ecco la giustizia umana, la giustizia dei governi dei popoli!

«Le nostre Università di Bologna, di Napoli, di Pisa, di Padova non hanno insegnato anche agli altri popoli quando questi erano ancora semibarbari? E l'Italia attuale, appena nei suoi primordi del risorgimento politico (1848-1859), non ha dato completa libertà nei diritti politici e religiosi e civili agli ebrei, ai valdesi e a chiunque fosse nella condizione di questi? Trovate un altro paese in cui l'israelita abbia avuto libertà completa come l'ha in questi ultimi cinquant'anni in Italia. Questi esempi di progresso valgono più di qualche nuovo capitolo di Chimica».

Questo io scrivevo sino dal 1912, e deploravo che uomini di scienza, anche di valore, eccitassero gli animi con odiosi confronti fra le nazioni.

Una delle cause, se non la principale, remota, *ab origine*, dello stato attuale della società, è stata, secondo me, la troppa, eccessiva, applicazione della scienza, specialmente nella seconda metà del secolo XIX. Anche molte famiglie antiche nobili, pur di far danaro, si sono poste sulla via dei negozi bancari, delle società anonime, ecc.

In questi ultimi cinquant'anni di pace, presso tutti i popoli è gradatamente, ma velocemente, cresciuta la ricchezza, il benessere generale; tutti volevano e vogliono godere la vita nel senso più materialistico della parola; l'idealità andò invece decrescendo. Lo si può giudicare anche dalla decadenza della moralità nei romanzi e in tante altre pubblicazioni, specialmente periodiche. In tutte le famiglie si spende molto più di quanto si faceva una volta, molto più del necessario; cresciuta è la raffinatezza nel mangiare, nel vestire, nei divertimenti. Si pensa troppo al superfluo. Queste cose tutti i pensatori conoscono, tutti deplorano, ma non sanno portarvi rimedio. È stato un vero generale rilassamento della coscienza, e ne vediamo le conseguenze.

Quei popoli i quali ora credono sia stato dannoso l'indirizzo preso dalle nazioni più ricche ed industriali da circa sessanta anni, perchè hanno essi in ogni modo tentato di imitarle? Tanto peggio che l'imitazione è stata incompleta ed imperfetta, data la natura dei diversi popoli.

Io non ho mai troppo inneggiato all'enorme sviluppo economico ed al materialismo socialista, mentre altri, specialmente in questi ultimi anni, innalzarono un coro di laudi e dimostrarono un continuo ed entusiastico desiderio di imitare il progresso inglese, americano, e, specialmente, tedesco. Bisogna invece abituarsi a lavorare di propria iniziativa.

In questi ultimi venti anni si sono tenute molte conferenze e molti discorsi per dimostrare che l'insegnamento scientifico deve avere quale visione diretta: l'industria, l'applicazione. Il distinto chimico francese Albin Haller, professore alla Sorbona ed alla Scuola di chimica industriale della città di Parigi, ed altri chimici francesi, hanno sciolto inni laudatorî all'alleanza della scienza con l'applicazione, sempre prendendo l'esempio da altre nazioni, e principalmente dalla Germania.

E quanti elogi non ha ottenuto il sullodato chimico per aver fondato nell'Università di Nancy un grande Istituto di chimica a perfetta imitazione di quelli germanici, non solo, ma con tendenza ancor più allo sviluppo industriale?

Si legga il suo articolo: *La lutte des nations sur le terrain de l'industrie chimique*⁽¹¹²⁾; una delle cause di decadenza dell'industria francese, Haller la trovava nello stipendio dei professori universitari: da 6000 a 15.000 lire in Francia, e da 20.000 a 90.000 lire in Germania!

⁽¹¹²⁾ *Rev. Gén. des Sciences*, 1894, pag. 473. Si può consultare inoltre la Relazione: *Les industries chimiques et pharmaceutiques* (2 grossi vol. in-4°, 1900) nell'Esposizione Universale di Chicago, dello stesso Haller, specialmente ove tratta delle cause della prosperità dell'industria chimica tedesca e dell'organizzazione scientifica.

Nell'opuscolo di Duhem: *Une science nouvelle: La Chimie Physique*, Bordeaux, stampato nel 1899, si innalzano inni di laude alla scienza e all'industria inglese, americana e specialmente tedesca; l'Italia non è nemmeno nominata! Si possono consultare a questo riguardo anche le due grandi Relazioni o Rapporti che Adolfo Wurtz, l'illustre chimico

Nel 1909 fu nominato presidente della Società chimica di Francia, il *presidente della Camera sindacale dei prodotti chimici*, sig. Pascalis, che non era chimico. Dunque, un non chimico occupava quel posto che poche decine d'anni prima era stato occupato da J. B. Dumas, da A. Wurtz, da L. Pasteur, da Deville, da M. Berthelot, cioè da chimici di primo ordine. E perchè questo invertimento della scienza pura colla più pura applicazione, anzi peggio, col commercialismo? Che avrebbe mai detto il nostro Berzelius!

Confrontiamo un po' i titoli delle conferenze scientifiche fatte alla Società chimica di Parigi (detta poi di Francia) quando erano conferenzieri i Berthelot: *sugli idrati di carbonio e sulla sintesi chimica*; i Wurtz: *sui glicoli e sulla teoria atomica*; i Pasteur: *sulla dissimmetria molecolare*; i Verdet: *sulla teoria meccanica del calore*, ecc., tutte conferenze ora classiche; e confrontiamole, come dicevo, con le conferenze di questi ultimi anni e vedrete quale enorme differenza; in queste ultime voi trovate l'utilizzazione dell'azoto atmosferico, la sintesi di nuovi concimi, la sintesi dei profumi, il collegamento indissolubile fra scienza e industria, i corpi grassi nell'industria, l'industria elettrochimica, ecc., ecc.

Tutti i Congressi di chimica tenuti in questi ultimi trent'anni, nazionali ed internazionali, si sono chiamati: *Congressi di chimica applicata*, mai col più semplice e generale nome di: *Congressi di chimica*, quale fu, ad esempio, il celebre *Congresso di Carlsruhe* nel 1860, che segna una epoca nella storia della nostra scienza.

Dunque? Dunque rifugiamoci nella nostra coscienza e diciamo che, più o meno, tutti i popoli sono colpevoli. Ma la più grande colpa è poi sempre quella di non voler dire la verità.

In tutta l'immensa opera scientifica di Berzelius io non ho trovato la parola *applicazione* se non in quei casi in cui la chimica viene applicata in sussidio di altre scienze come la mineralogia, la geologia, la zoochimica, ecc., e anche in questi casi con molta cautela e parsimonia.

Berzelius ha avuto non molti allievi, ma di grande valore, di primo ordine, i principali dei quali poco o nulla pensarono alle applicazioni materialistiche della scienza; e basti ricordare Wöhler, Mitscherlich, H. e G. Rose, Magnus.

Liebig invece ebbe un maggior numero di allievi; il laboratorio di Giessen, da lui fondato nel 1826, fu una vera sorgente di chimici, taluni grandi quali Hofmann e Kekulé, ma di qui cominciano ad uscire dal laboratorio scientifico anche quei chimici che dovevano promuovere l'eccessiva applicazione, arrivata al massimo grado in questi ultimi quarant'anni.

Anche l'esagerazione degli esercizi pratici negli Istituti scientifici universitari fu di danno alla vera intellettualità. Una delle cause della decadenza della scienza pura io la trovo nell'eccessivo tecnicismo; in alcune mie vecchie note, del 1896, trovo le parole seguenti: «È indubitato che ora si esagera nell'importanza delle esercitazioni pratiche, come si esagera nelle esercitazioni corporali. Sino dal primo anno di Università si vuole che il giovane frequenti i laboratori ed esperimenti. Gli orari a questo riguardo sono molto gravosi. Il giovane s'abituava troppo a considerare le cose dal lato materiale. Sotto certi riguardi si sono immensamente esagerati gli insegnamenti di Liebig. Pare che già di lontano si scorgano i tristi frutti di questa eccessiva vita di laboratorio nei giovani, la cui mente ha ancora bisogno di una profonda cultura scientifica».

Un illustre letterato scomparso dalla scena del mondo da pochi anni, diceva riguardo gli eccessivi esercizi corporali: «Per poco si facciano sviluppare le gambe e i piedi, la testa scomparirà» (Graf, in una conferenza).

«Ho conosciuto dei giovani, io scrivevo, che han fatto lavori di chimica, e anche di chimica fisica, in collaborazione con altri; lavorini ben fatti, ecc., ecc., ma un giorno, interrogati quei giovani come riconoscerrebbero, ad esempio, la purezza dell'albumina o della materia colorante del sangue rispondevano: *determinandone il punto di fusione!* Richiesti del come l'acido cloridrico diluito agisca sul saccarosio rispondevano: *formando un sale!*».

francese, scrisse nel 1870 e nel 1882: *Les Hautes Études pratiques dans le Universités d'Allemagne et d'Autriche-Hongrie*, con numerose tavole e descrizioni di laboratori.

Sono d'avviso che l'eccessivo tecnicismo sia una di quelle remote cause le quali lentamente, lentamente, a guisa delle gocce d'acqua sulle pietre, hanno prodotto i loro perniciosi effetti; e concorrono a spostare la coscienza umana, o meglio ad offuscarla: perchè questo tecnicismo presto o tardi conduce all'applicazione materiale e questa all'avidità del denaro. La ricchezza ecco il grande faro che guida, o meglio che corrompe, l'umanità!

Quanta invidia non generavano, e non generano, quelle società o quelle fabbriche le quali davano il 25% od il 30% di utile ai loro azionisti?

Numerosi individui hanno abusato della scienza col creare officine o istituti pseudoscientifici per produrre *specialità* di ogni genere, tutti unicamente allo scopo di far danaro, pur sapendo che il pubblico era ingannato. Questa mancanza di coscienza dacchè è derivata? I Cagliostro di un tempo sono centuplicati; si sono proibiti i pochi ciarlatani che andavano per le piazze a vendere il loro cerotto tocca e sana, e si sono lasciati crescere a migliaia i ciarlatani camuffati o inverniciati di scienza, in ogni ramo di applicazione. Questa è verità, dura sì, ma è sacrosanta verità, che nessun artificio curialesco, o pseudopatriottico, varrà a distruggere. Nessuno vorrà disconoscere l'utilità e l'importanza del commercio e dell'industria, ma vi sono gradi e modi diversi; tra le diverse classi sociali dovrebbe esistere un giusto equilibrio.

Che dire poi delle falsificazioni di ogni specie, di questa vergogna dell'epoca moderna? Non vi è nulla che non sia sofisticato o falsificato. È meglio non parlare di queste cose qui, ove la scienza, personificata in Berzelius, ne riceverebbe offesa.

Tutto, tutto, si è esagerato, ed è stato funesto alla coscienza umana. Il socialismo, specialmente presso di noi, non ha pensato ad elevare il carattere, ad innalzare la cultura, l'educazione, l'istruzione dell'uomo, ma soprattutto pensava al materialismo economico. Questa smania in tutti, grandi e piccoli, poveri e ricchi, di aumentare i godimenti della vita ha fatto sì che si è cercato di far danaro ad ogni costo. Chi ha mai praticato il vero disinteresse, il vero altruismo?

L'eccessivo amore al guadagno, questa vita a base di società anonime, di banche, di commercialismo, ed altre parole in *ismo*, ha guastato il carattere, ha guastato l'educazione, ed ha diminuito il senso del dovere invece di accrescerlo. Questo decadimento della coscienza non lo vediamo nell'ora presente in chi deve fornire il necessario ai nostri cari soldati? Che dire? Che fare? Sono vergogne umane, è vero, ma il dir ciò non vale nulla. Napoleone I non scherzava; quando veniva a conoscenza che qualche fornitore rubava allo Stato ed il suo furto danneggiava specialmente l'esercito, tanto a lui caro, sapete cosa faceva? Lo faceva fucilare, quale traditore.

Si racconta che Tolstoj nel 1910, l'anno stesso della sua morte, abbia avuto una curiosa visione profetica; era la visione di una donna ignuda sull'Oceano dell'umano destino, la quale portava un diadema su cui era scritto: «*Commercialismo*», e portava tre fiaccole di distruzione «l'ipocrisia, il diritto basato sull'ingiustizia, la guerra».

L'eccessivo tecnicismo si è infiltrato nelle Università, nelle scuole medie, nelle scuole normali, operaie, ecc. Si è svisato cioè il vero senso di scienza sperimentale. Si andava spesso, presso di noi, ricordando l'Inghilterra, la Germania, l'America per il grande sviluppo industriale e per gli studi tecnici; si incitavano i giovani ad andare, ad esempio, in Inghilterra per studiarvi la *tecnica*, quasi che colà non si studiassero che le applicazioni della scienza! Si incitava la gioventù allo studio unicamente per riuscire a far carriera, a farsi, come si suol dire, una posizione; mai si parlava di *ideale scientifico*, sempre si discorreva, e si discorre, di *interesse*, mai di *disinteresse*.

Insisto sulla parola *disinteresse* perchè purtroppo la gran nota che si faceva udire ai giovani appena entrati nella vita, era il guadagno. Si eccitava la gioventù a seguire una professione piuttostochè un'altra, non a seconda della particolare inclinazione, ma a seconda che fosse più lucrosa, e lucrosa subito, appena laureati. Non sono molti anni che uno scrittore di cose economiche, uomo di Governo, e di cui ora non rammento il nome, scrisse un articolo nella *Nuova Antologia* in cui metteva alla pari delle professioni più comuni e umili anche l'insegnamento, e non si peritò di affermare: «...anche per l'insegnamento le prospettive non sono più larghe, ed esso si adatta di più ai temperamenti privi di forte spirito di iniziativa, amanti del quieto vivere, ma animati da un alto senso morale della disciplina e del dovere».

Ecco quali sono gli incitamenti, gli incoraggiamenti alla ricerca scientifica, alla ricerca del vero! Mai si parla di ideale del sapere! L'ideale del sapere, e l'amore di istruire gli altri, si chiamano: *queto vivere!*

Tutto ciò che ho detto sembrerà di poca importanza, ma collegato col rimanente della vita sociale assai criticabile sotto altri aspetti, ne ha invece molta, perchè tutto comprova come nella umanità vi sia molta finzione, molta vanità, molta falsità. Tutti quei sentimenti e virtù che noi chiamiamo i più nobili: onestà, verità, bontà, ecc., dove sono? Sono patrimonio di un'infima minoranza!

Quando i Berzelius, gli Avogadro, i Volta, i Melloni, i Faraday, gli Humboldt, e tanti altri lavoravano per la loro scienza, nessuno chiedeva loro: a che serve ciò che fate? Questa terribile domanda: a che serve? ha prodotto un danno immenso, specialmente morale. Lo stato attuale di *sovra-eccitazione* doveva avvenire come una conseguenza anormale dell'Umanità, o meglio della vecchia Europa. Speriamo bene in una rinnovata Europa.

Ed ora entriamo in più spirabil aere.

OPERA SCIENTIFICA DI BERZELIUS

L'opera scientifica di Berzelius è vastissima e multiforme; e, come già dissi, le sue ricerche interessano tutte le branche scientifiche della chimica, non solo, ma anche altre scienze. Io la espongo nei capitoli seguenti:

- I. Primi studi - Ricerche di chimica inorganica e di analisi inorganica - Composizione quantitativa dell'acqua - Acido nitrico - Formola dell'allumina - Fluoruri - Acidi complessi - Solfuri e solfosali - Gruppo del solfo, selenio e tellurio - Vanadio - Metodi analitici.
- II. Scoperta di numerosi elementi nuovi: Cerio (1803) - Litina (1817) - Selenio (1817) - Silicio (1824) - Zirconio (1824) - Tantalio (1825) - Torio e Vanadio (1830).
- III. Analizza numerosi minerali - Fonda la chimica mineralogica - Chimica geologica.
- IV. Grandi lavori sulle proporzioni chimiche determinate - Teoria atomica - Leggi sulle proporzioni definite e multiple - Stechiometria - Legge della composizione dei sali, ossia del rapporto fra l'ossigeno della base e quello dell'acido - Legge delle reazioni integrali - Sali basici e sali doppi.
- V. Determinazione dei pesi atomici - Tavole relative - Ipotesi di Prout.
- VI. Sistema dualistico - Elettrochimica - Prima legge dell'elettrolisi - Memoria originale con Hisinger - Teoria elettrochimica dualistica - Elettroaffinità - Scoperta del bario, calcio e stronzio - Berzelius e la teoria delle sostituzioni - Le ricerche di J. J. Thomson confermano la teoria berzeliana.
- VII. Nomenclatura - Classificazione - Simboli - Formole - Equazioni.
- VIII. Ricerche di chimica organica - Acidi organici - Analisi organica - Determinazione dell'azoto - Acido lattico - Acido racemico - Acido glicerotartarico - Acido solfonaftalico - Acido piruvico - Ferrocianuri - Solfo e seleniocianuri.
- IX. Teoria dei radicali composti - Composti copulati - Teoria dell'ammonio - Costituzione chimica dei corpi - Formole empiriche e razionali - Accenni alla stereochemica?
- X. Isomeria - Metameria - Polimeria - Allotropia - Ozono.
- XI. Chimica fisica - Legge dell'elettrolisi - Peso specifico dei gas - Catalisi - Memoria originale sulla catalisi - Passività del ferro - Teoria delle fermentazioni - Stato colloidale.
- XII. Confusione fra atomo e molecola - Avogadro - Composizione del cloro e dell'azoto.
- XIII. Chimica animale o zoochimica - L'acido lattico nell'organismo animale - Analisi dei vari prodotti di origine animale - Scopre la ptialina - Ricerche di chimica tossicologica - Azione fisiologica di alcuni corpi e specialm. dell'acido selenidrico.
- XIV. Ricerche varie: Sui tipi chimici - Sull'indaco - Sul boro e suoi composti - Composti di manganese - Composti dell'arsenico e dell'antimonio - Acidi crenico e apocrenico - Cotton polvere, ecc.
- XV. Apparecchi e strumenti vari.
- XVI. Cultura letteraria di Berzelius.
- XVII. Lavoisier e Berzelius nella storia della scienza.

I.

Primi studi - Ricerche di Chimica inorganica e di analisi inorganica – Composizione quantitativa dell'acqua - Acido nitrico - Allumina - Fluoruri, ecc.

Il suo primo lavoro fu pubblicato nel 1800: *Nova analysis aquarum Medeviensium*, Upsal 1800; e poco dopo: *De electricitatis galvanicae apparatus Cel. Volta, excita in corpora organica effectu*, Upsal 1802; *Afhandling om Galvanismen*, Stockholm 1802; *Några underrättelser om artificiella Mineralvatten*, 1803.

Ma le sue importanti ricerche cominciano colla Memoria pubblicata insieme ad Hisinger: *Expériences galvaniques*⁽¹¹³⁾ e della quale più sopra ho fatto un breve cenno.

Come si scorge, Berzelius ha incominciato la sua carriera scientifica con delle ricerche sulla elettricità.

Innumerevoli possono dirsi le sue ricerche di chimica inorganica o minerale. Come vedremo, egli ha scoperto un gran numero di nuovi elementi e di tutti ha descritto numerosi derivati al punto da costituire altrettante monografie. Egli fu il primo a far notare le relazioni tra la composizione e costituzione degli acidi colla loro potenza di affinità.

Sull'acqua e sua composizione centesimale. - L'acqua fu soggetto di molte ricerche per parte di Berzelius. Innanzi tutto devesi a lui un brano di storia della composizione dell'acqua, che merita di essere ricordato. A questo proposito egli è molto giusto verso Lavoisier, e nel suo *Traité de Chimie*, 5^a ediz., 1845, vol. I, pag. 355, scrive:

«La scoperta della produzione dell'acqua durante la combustione del gas idrogeno nell'aria o nell'ossigeno appartiene dunque in comune a Priestley e a Cavendish, mentre che la scoperta secondo la quale l'acqua è un corpo composto, un ossido di idrogeno, è dovuta a Lavoisier. È assai singolare che si abbia generalmente attribuito a Cavendish tutto l'onore di questa scoperta, per la ragione che molte delle sue esperienze erano conosciute da Lavoisier. Ma esiste tra la parte che ciascuno di questi due fisici ha avuto nella scoperta, la stessa differenza che vi è tra la scoperta delle circostanze nelle quali un corpo prende origine e la determinazione della composizione chimica di questo corpo. Si credeva che bastasse tradurre il linguaggio della teoria flogistica in quello adottato da Lavoisier per la teoria antiflogistica, per assicurare a Cavendish tutto l'onore della scoperta. Così ci sembrano le cose ora, ma erano ben diverse all'epoca che le ricerche furono intraprese. È il linguaggio antiflogistico che è basato su questa scoperta, come sopra altre analoghe, dovute a Lavoisier. Ed invero la scoperta della composizione dell'acqua fu comunicata da Lavoisier in novembre 1783 all'Accademia delle Scienze, mentre Cavendish non fece che nel gennaio 1784, alla Società Reale di Londra, la lettura del suo rapporto, a un'epoca in cui doveva conoscere i risultati ottenuti da Lavoisier; ma passò lungo tempo prima ch'egli potesse convincersi dell'esattezza della dottrina che stabiliva la composizione dell'acqua».

Berzelius trattò della storia della composizione dell'acqua anche nel suo *Rapp. Annuale*, 1841, pag. 24-28. Riconosce i meriti di Cavendish: «Mais (egli scrive) pour consolider chez lui l'honneur de la découverte, on a voulu rabaisser le mérite de Lavoisier, on a voulu faire de ce dernier un plagiaire de Cavendish..... Watt et Cavendish envisageaient l'oxygène, l'hydrogène et l'eau comme des états différents d'un seul et même corps pondérable; Lavoisier prouva que l'eau est composée de deux corps pondérables particuliers, et c'est précisément en cela que consiste la découverte».

Questo è un bel brano di storia della scienza.

⁽¹¹³⁾ A. Ch., 1803, t. LI, pag. 167.

Sulla composizione quantitativa dell'acqua. - Di grande importanza è il suo lavoro, fatto insieme a Dulong, sulla composizione centesimale dell'acqua.

Nel primo viaggio ch'egli fece in Francia si intrattenne varie settimane a Parigi, e nel laboratorio di Berthollet o in quello di Dulong egli lavorava di chimica. Con Dulong fece un magnifico lavoro: *Nouvelles déterminations des proportions de l'eau et la densité de quelques fluides élastiques, par Berzelius et Dulong*⁽¹¹⁴⁾. Il risultato più importante di queste ricerche fu la determinazione esatta della composizione chimica dell'acqua, che ottennero per sintesi scaldando l'ossido di rame in corrente di idrogeno puro. Essi trovarono:

$$O = 88,9$$

$$H = 11,1$$

Esattezza che non fu superata da nessuno dei chimici posteriori che si occuparono di questo argomento, quali Erdmann e Marchand, Dumas. Ed invero molti anni dopo Erdmann e Marchand trovarono:

$$O = 88,87$$

$$H = 11,13$$

Dumas:

$$O = 88,89$$

$$H = 11,11$$

Dell'acqua, nei composti chimici. - Io credo che Berzelius sia stato o il primo, o uno dei primi, a pronunciarsi molto chiaramente sullo stato dell'acqua nei composti chimici. Egli ha distinto bene l'acqua detta *di combinazione* degli acidi anidri e delle basi anidre dall'*acqua di cristallizzazione*⁽¹¹⁵⁾.

Le combinazioni dell'acqua con altri corpi ossidati: a) *Cogli acidi.* - L'acqua, egli dice, negli acidi tiene la funzione di base, come sarebbe: $H^2O.SO^3$ acido solforico; $H^2O.C^2O^3$, acido ossalico.

b) *Colle basi.* - Sarebbero i composti che noi oggi diciamo *idrati* (di ferro, d'alluminio, ecc.).

c) *Acqua di cristallizzazione.* - A questo riguardo scrive: «Plusieurs sels, surtout ceux a base de kali, p. ex., le salpêtre, le sulfate de kali, le tartrate de kali, le muriate de kali el de natron, le nitrate de baryte et de plomb, etc., ne contiennent point d'eau de cristallisation. Le surtartrate de kali n'a point d'eau de cristallisation, mais c'est un sel triple à base d'eau et de kali. L'eau de cristallisation dans les sels contient l'oxygène à un multiple de celui de la base saline par un nombre entier. Dans le muriate, le nitrate et l'oxalate d'ammoniaque, l'eau de cristallisation contient une quantité d'oxygène égale à celle de la base; dans le sulfate d'ammoniaque, et de chaux et dans le muriate de baryte, elle en contient deux fois autant que la base; dans le nitrate de bismuth, 3 foi; dans le sulfate de zinc et d'oxyde de cuivre, 5 fois; dans l'acetate de natron et le muriate de chaux, 6 fois; dans le sulfate d'oxydule de fer, 7 fois; dans le sulfate de natron, 10 fois, etc. Il faut observer que lorsque l'eau de cristallisation se combine avec des sels dans une proportion fixe et déterminée, le sel se dissout dans l'eau à une température donnée en toute proportion jusqu'à un maximum qu'il ne surpasse pas. Quelle différence y a-t-il entre l'affinité qui cause la solution et celle qui fixe l'eau dans les cristaux? Des sels indissolubles dans l'eau contiennent de l'eau de cristallisation, p. ex., les ossisulfates d'oxyde de fer et d'oxyde de cuivre, et d'autres, qui n'en contiennent pas, se dissolvent aisément. Cela prouve qu'en effet il y a une différence entre ces affinités».

Segue poi a discorrere dei *sali a eccesso di base, dei sali tripli, dell'analisi dei nitriti*, ecc.

Ricerche sulla silice e scoperta del silicio. - Questo è un lavoro veramente classico. Gli studi di Berzelius sulla silice e sui silicati sono numerosissimi e della massima importanza. Egli di-

⁽¹¹⁴⁾ A. Ch., 1820 [2], t.XV, pag. 389.

⁽¹¹⁵⁾ Si veggia la bella lettera a Berthollet, 15 agosto 1811. Tutte queste ricerche col titolo: *Die Gesetze der Verbindungen des Wassers*, ecc., si trovano negli *Ann.d. Physik* di Gilbert, 1812, t. XL.

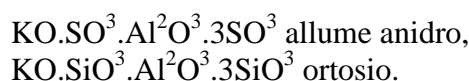
mostrò che la silice funziona come un acido e diede per il primo il nome di *silicati* ai sali della silice. Già nel 1810 e meglio nel 1823 riuscì ad ottenere il radicale della silice, cioè l'elemento *silicium*, che egli riconobbe subito analogo al boro ed al carbonio.

Nel suo *Essai sur la théorie des proportions chimiques*, 1819, pag. 135, il Berzelius scriveva:

«*Silicium* (Si). La silice contient, suivant les expériences, 50,3 pour 100 d'oxigène. Elle a tous les caractères d'un acide, et se trouve unie aux bases en nombre de proportion, qui sont telles que la terre contient, soit autant d'oxigène que la base, soit 2,3 et même 6 fois autant».

Il Berzelius ammise per la silice la formola SiO^3 e sempre vi ha insistito, mentre il nostro Avogadro ammise sino dal 1814 SiO^2 , che è la formola ancor oggi accettata.

Il Berzelius ha insistito nella sua formola SiO^3 anche nella 2^a ed. dell'*Essai* nel 1835, pag. 103. Ancora nel 1838 era incerto fra SiO^2 e SiO^3 , ma fu propenso ad ammettere quest'ultima formola, tenendo conto delle analogie tra il feldspato o silicato di alluminio e potassio, e l'allume⁽¹¹⁶⁾:



Però il Berzelius non diede questa formola che come probabile; egli sentiva che gli argomenti addotti non erano troppo solidi. Quando un acido si combina con le basi in più proporzioni è difficile stabilire dal rapporto dell'ossigeno la formola dell'acido, ossia il rapporto fra il numero di atomi del metalloide e il numero di atomi d'ossigeno. Eppure Berzelius, ancora nella 3^a ediz. tedesca del suo *Traité* (1843-48), vol. V, pag. 110, scriveva per l'acido silicico pressoché quello che egli aveva scritto nel 1835. Questa persistenza in SiO^3 era dovuta unicamente all'aver egli veduto una analogia, che in realtà non esisteva, tra l'allume e l'ortosio.

Tutto ciò che riguarda la formola della silice io ho ampiamente discusso nel mio: *Amedeo Avogadro e la sua opera scientifica, Discorso storico-critico*, Torino 1911, pag. LXXXII-XCVI.

Memoria sugli acidi del fosforo e la teoria corpuscolare⁽¹¹⁷⁾. Altri composti di fosforo. - Anche questo è un lavoro di grande valore. Egli il primo ha determinato sperimentalmente, e con grande esattezza, la composizione degli acidi fosforico e fosforoso, ed ha dimostrato che il rapporto dell'ossigeno sta nell'uno all'altro come 5 : 3, cioè, sono PO^5 e PO^3 , o meglio P^2O^5 e P^2O^3 . Discute la composizione di questi acidi in base alla teoria corpuscolare di Dalton.

È in questa Memoria ch'egli dimostra inesatte le analisi di Davy.

Solfuri di fosforo. - Nel 1842⁽¹¹⁸⁾ il Berzelius pubblicò un lavoro importantissimo: *Intorno ai composti del fosforo col solfo*. In queste ricerche (eseguite quando Berzelius aveva già 64 anni), malgrado le difficoltà e i danni notevoli nel maneggiare tali corpi, ottenne tutti i principali composti di fosforo corrispondenti ai composti ossigenati. Ottenne due solfuri P^4S e P^2S ed i due più importanti P^2S^3 e P^2S^5 . E con quanta precisione egli abbia anche allora analizzati questi corpi basta dare uno sguardo ai numeri seguenti:

	Calc.	Berzelius
P^2	60.76	60.61
S^3	39.24	39.39
P^2	27.9	28.06
S^5	72.1	71.94

⁽¹¹⁶⁾ *Traité de Chimie*, ed. franc., 1838, t. II, p. 269.

⁽¹¹⁷⁾ *Mémoire sur la composition des acides phosphorique et phosphoreux, ainsi que sur leurs combinaisons avec les bases salifiables* (Gilb., 1816, t. LIII e LIV; A. Ch., 1816 [2], t. II pag. 151, 217, 329); *Note sur la composition de l'acide phosphorique et de l'acide phosphoreux* (Ivi, 1819, t. X, pag. 278).

⁽¹¹⁸⁾ *Kongl. Vet. Acad. Handl.*, 1842, e tradotto dallo svedese in tedesco: *Ueber die Verbindungen des Phosphors mit Schwefel*, in A., 1843, t. XLVI, pag. 129 e 255, e *Rapp. Ann.*, 1843, pag. 24-25.

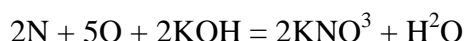
Egli ottenne anche un solfuro P^2S^{12} . Scopri ed esaminò i composti di fosforo e selenio⁽¹¹⁹⁾.

Dallo studio dei due composti P^4S e P^2S egli ne concluse che il fosforo può entrare nelle sue diverse combinazioni conservando l'uno o l'altro dei suoi stati allotropici (V. *Allotropia*, pag. 421).

Inoltre ottenne e studiò meglio di Davy il *tricloruro* PCl^3 ed il *pentacloruro di fosforo* PCl^5 , composti questi che ricevettero un'importanza enorme nelle reazioni organiche. Così può dirsi di altri composti di fosforo.

Egli indicò un modo molto semplice di preparare il tricloruro di fosforo per l'azione del cloro sul fosforo⁽¹²⁰⁾.

Acido nitrico. - Il Berzelius ha contribuito a stabilire la composizione dell'acido nitrico. «Quando Cavendish nel 1785 fece passare la scintilla attraverso una miscela di azoto od ossigeno su soluzione di potassa caustica, trovò che 3 vol. di azoto e 7 vol. di ossigeno si combinavano colla potassa dando salnitro. Che il rapporto esatto fosse $3 : 7,5 = 2 : 5$ rappresentato poi con:



pareva dimostrato già dal 1810 dall'esperienza di Dalton, ma fu affermato con sicurezza soltanto nel 1814 da Berzelius»⁽¹²¹⁾.

Formola dell'allumina. - Trovata la regola del rapporto tra l'ossigeno della base e l'ossigeno dell'acido, il Berzelius tenne eziandio per regola che il numero di atomi di ossigeno ammesso in un acido doveva soddisfare a spiegare la composizione anche dei sali basici e acidi. Questa regola gli valse per discutere la formola dell'*allumina*, per la quale si era incerti se conteneva O^2 oppure O^3 .

Nel suo *Essai sur la théorie des prop. chim.*, 1^a ediz., Paris 1819, pag. 148, scriveva: «L'allumina, per le sue proprietà, appartiene agli ossidi contenenti più di 1 at. di ossigeno e dobbiamo concludere che ne contenga tre, perchè nei suoi composti con altre basi più potenti, riguardo alle quali funziona come elettronegativa, contiene 3 volte la quantità dell'ossigeno della base; a cagion d'esempio, nei sali doppi colla potassa e colla soda o coll'ammoniaca e nelle combinazioni ove essa si trova in altre proporzioni, il rapporto del suo ossigeno a quello delle altre basi è il più spesso un multiplo di 3, come 6, 9, 12; così nella gahnite e nello spinello, che sono composti: il primo di ossido di zinco e allumina ed il secondo di magnesia e d'allumina e nei quali l'allumina fa la funzione di acido, il suo ossigeno è 6 volte quello della base. Ma nelle sue combinazioni colla glicerina, la quale, come abbiamo visto, probabilmente contiene 3 at. di ossigeno, l'allumina contiene 2 volte l'ossigeno della glicerina; tutte queste circostanze sembrano indicare che l'allumina contiene 3 at. di ossigeno».

La formola dell'allumina H^2O^3 ammessa da Berzelius nel 1819 fu confermata dalle analisi di Abich⁽¹²²⁾ eseguite nel pleonasto, lo spinello, la gahnite, il ferrocronato.

Berzelius nel render conto di questo lavoro analitico di Abich nel *Jahresb.*, 1832, pag. 1833, s'avvide che queste analisi confermavano magnificamente la sua formola per l'allumina e tutti questi composti potevano rappresentarsi come alluminoidi: $RO.R^2O^3$ e cioè:

lo spinello $MgO. Al^2O^3$;
il pleonasto $(MFe)O. Al^2O^3$
la gahnite $(ZnMg)O. Al^2O^3$

ed analogamente il ferrocronato, ecc. L'ossido ferroso-ferrico con $FeO.Fe^2O^3$.

⁽¹¹⁹⁾ Schw., 1818, t. XXIII 1822, t. XXXIV; P. A., 1826, t. VI e VII.

⁽¹²⁰⁾ *Traité de Chimie*, t. I, pag. 227.

⁽¹²¹⁾ S. M. Jörgensen, *Principii fondamentali di Chimica*, trad. ital. di Maria Guareschi. Torino 1904, pag. 80.

⁽¹²²⁾ P. A., t. XXIII, pag. 305.

Il Berzelius aveva talmente studiato tutti i corpi allora conosciuti, che egli poteva considerarli sotto i più vari aspetti e col suo istinto chimico poteva intuire la composizione di quei corpi, rimasta ignota nelle mani degli altri chimici. E giustamente il Dumas nel 1832 riguardo la determinazione del numero di atomi che entrano in un composto, scriveva⁽¹²³⁾: «Berzelius, qu'une longue étude des phénomènes les plus délicates de la chimie, avait déjà familiarisé avec le *facies* de chaque corps, aborda le premier, dans toute son étendue, cette tâche difficile dans son *Traité* (ossia *Essai*) des proportions chimiques, qui forme une époque si importante dans la science. Dépourvu de toute règle, il fixa de sentiment le poids atomique de chaque corps, et, en général, il se laissa guider par des analogies qu'une expérience ultérieure n'a fait que confirmer». Ed era perfettamente vero.

Giustamente può dirsi che egli stabilì le formole dell'allumina e suoi idrati quali si usano ancora oggi:

	Berzelius	Moderne
Allumina	Al^2O^3	Al^3O^3
Itrato (orto)	$\text{Al}^2\text{O}^3 \cdot 3\text{H}^2\text{O}$	$\text{Al}^2(\text{OH})^6$ ossia $\text{Al}(\text{OH})^3$
Itrato (meta)	$\text{Al}^2\text{O}^3 \cdot 1\text{H}^2\text{O}$	$\text{Al}^2\text{O}^2(\text{OH})^2$ ossia $\text{AlO}(\text{OH})$.

E così egli fece pel solfuro Al^2S^3 ⁽¹²⁴⁾.

Solfuro di carbonio. - Né prive di importanza sono le ricerche sul solfuro di carbonio. Il Berzelius, insieme all'amico suo Alex. Marcet⁽¹²⁵⁾, riprendendo i vecchi lavori sul così detto *alcol di solfo*, dimostrarono che contiene carbonio e solfo, e nel rapporto di C a S² cioè SCS².

A queste ricerche possiamo aggiungere quelle *Sulla combinazione dell'ossigeno col ferro, il manganese e lo stagno*⁽¹²⁶⁾; *Sugli ossidi del manganese*⁽¹²⁷⁾; *Esperienze per determinare la composizione di più composti inorganici che servono di base ai calcoli delle proporzioni chimiche*⁽¹²⁸⁾; *Sul modo di analizzare i minerali di nickel e su un nuovo composto di nickel coll'arsenico e il solfo*⁽¹²⁹⁾; *Sulla composizione degli ossidi del platino e dell'oro*⁽¹³⁰⁾; *Sulla composizione dei solfuri alcalici*⁽¹³¹⁾.

A proposito dell'*ossidazione del ferro* fa osservare un'apparente contraddizione nel fatto che col ferro e il vapor d'acqua si può avere dell'ossido ferroso, mentre alla stessa temperatura questo ossido è ridotto dall'idrogeno. «Ma, egli dice, secondo una legge scoperta da Berthollet la forza d'affinità dipende e dal grado di energia dell'affinità stessa, e dalla quantità del corpo che la mette in giuoco; così, una corrente di vapor d'acqua ossida il ferro, e una corrente di gas idrogeno lo riduce perchè i prodotti dell'ossidazione o della riduzione sono continuamente eliminati e non contrastano colla massa del corpo che si produce.

«Le cose andrebbero diversamente se si operasse in vasi chiusi, ove il gas non potrebbe essere rimpiazzato con del nuovo gas. Allora l'ossidazione o la riduzione sarebbe sempre parziale e s'arresterebbe quando il gas idrogeno e il vapor d'acqua da una parte ed il ferro metallico e l'ossido

⁽¹²³⁾ *Dissertation sur la densité de la vapeur de quelques corps simples* (A. Ch. [2], 1832, t. L, p. 170).

⁽¹²⁴⁾ Si veggia *Traité de Chimie*, t. II, pag. 157.

⁽¹²⁵⁾ Il lavoro sul solfuro di carbonio credo sia l'unico ch'egli ha pubblicato insieme ad Alex. Marcet: *Experiments on the Alcohol of Sulfur or Sulphures of Carbon* (Phil. Trans., 1813, pag. 171-199; A. Ch. [1], 1814, t. LXXXIX, pag. 67; *Giorn. di Brugnatelli*, 1814, t. VII; *Ann. Phil. Thomson*, 1814, t. III, pag. 185).

⁽¹²⁶⁾ A. Ch. [2], t. V, pag. 149.

⁽¹²⁷⁾ *Ivi*, t. VI, pag. 204.

⁽¹²⁸⁾ *Ivi*, t. XI, pag. 58 e seg.; t. VI.

⁽¹²⁹⁾ *Ivi*, t. XVII, pag. 113.

⁽¹³⁰⁾ A. Ch. [2] t. XVIII.

⁽¹³¹⁾ *Ivi*, t. XX.

dall'altra si trovano in un rapporto tale che potrebbero farsi equilibrio»⁽¹³²⁾. Questo è linguaggio perfettamente moderno.

Fluoruri. Acidi complessi. - Berzelius fece uno studio completo e particolareggiato dei fluoruri semplici, che egli chiamava con nome antiquato *fluati*, ed i fluoruri doppi: *fluati doppi*. La sua grande Memoria: *Recherches sur l'acide fluorique et ses combinaisons les plus remarquables*⁽¹³³⁾, è una monografia di gran valore per la storia del fluore. In questo lavoro descrive la preparazione del silicio dal fluoruro di silicio.

In una seconda Memoria: *Nouvelle suite des Recherches de M. Berzelius sur l'acide fluorique et ses combinaisons les plus remarquables*⁽¹³⁴⁾, descrive l'acido fluotitanico e i fluoruri di titanio, l'acido fluotantalico, l'acido tantalico, la preparazione dello zirconio, acido fluotunstico, l'acido fluomolibdico, ecc. ecc. È un'altra miniera di composti.

A Berzelius deve la scoperta di quei composti che furono poi detti *acidi complessi*. Nel quale gruppo entrano pure i ferrocianuri, che egli studiò mirabilmente bene. E certamente egli ha ottenuto degli acidi completi, e in fondo lo dice là dove egli tratta dell'azione degli acidi ossalico, tartrico e citrico sull'acido vanadico. Nel suo *Traité*, ediz. francese del 1839, vol. II, pag. 219, scrive:

«Gli *acidi ossalico, tartrico e citrico* decompongono l'acido vanadico allorquando sono in eccesso; si forma nel primo istante una soluzione gialla, che in breve tempo passa pel verde all'azzurro. Però allorquando questi acidi non sono in eccesso, la loro unione coll'acido vanadico può diventare stabile. Così se dopo aver ossidato l'ossalato vanadico con acido nitrico e scacciato quest'ultimo coll'evaporazione, si tratta la massa con acqua, questa ne scioglie una gran parte, assumendo un colore rosso giallastro e lasciando dopo evaporazione l'ossalato ipervanadico in forma di un estratto giallo rossastro».

Nell'ultima edizione del medesimo *Traité*, vol. IV, pag. 401, non accenna più all'azione dell'acido citrico, ma solamente degli acidi ossalico e tartarico.

Nella Memoria originale: *Sur le vanadium et ses propriétés*⁽¹³⁵⁾ più ampiamente discorre degli ossalati, tartrati e citrati di vanadio.

Gli ipocloriti. - Quando si fa passare una corrente di cloro attraverso una soluzione diluita di potassa il gas è assorbito e si forma un prodotto considerato da Berzelius come una miscela di cloruro di potassio e di clorito potassico. Prima di Berzelius si credeva che il cloro si combinasse colla potassa soltanto e formasse il cloruro di potassa. È vero che ora si sa che si forma ipoclorito e non clorito, ma il concetto di Berzelius che si formassero due composti era giusto⁽¹³⁶⁾. Detmer ha poi fatto vedere che si forma l'ipoclorito. I cloriti di Berzelius erano poi gli ipocloriti; ed egli aveva già osservato che in contatto di molti ossidi metallici (ossido d'argento, ecc.) si scompongono sviluppando ossigeno, come dall'acqua ossigenata.

Metalli del gruppo dei platino e dell'oro. - Il Berzelius istituì una lunga serie di ricerche sui metalli del gruppo del platino, che fece conoscere nel 1829 in una memoria: *Recherches sur les métaux qui accompagnent le platine, et sur la méthode d'analyser les alliages natifs ou les minerais de platine*⁽¹³⁷⁾, nella quale determina i pesi atomici del platino, palladio, rodio, iridio, osmio (il rutenio fu scoperto solamente nel 1843) e descrive numerosi composti e la composizione dei minerali di platino. Ottiene un derivato ammoniacale del palladio, quasi contemporaneamente ai derivati ammoniacali del platino scoperti nel 1828-29 dal suo allievo Magnus.

⁽¹³²⁾ *Traité de Chimie*, t. II, pag. 657-658.

⁽¹³³⁾ *Pogg. Ann.* e, in estratto, in *A. Ch.* [2], t. XXVII, pag. 53, 167, 287, 337.

⁽¹³⁴⁾ *A. Ch.*, 1825 [2], t. XXIX, pag. 295 e 337, tradotta direttamente dallo svedese da Pash. Della prima parte di questo lavoro sull'acido fluoridrico e i fluoruri, il Berzelius discorre a Davv nella lettera 21 novembre 1824.

⁽¹³⁵⁾ *A. Ch.* [2], 1831, t. XLVII, pag. 372.

⁽¹³⁶⁾ Dumas, *Traité de Chimie*, t. II, pag. 102.

⁽¹³⁷⁾ *A. Ch.*, 1829 [2], t. XL, pag. 51, 138, 257, 337; t. XLII, pag. 185.

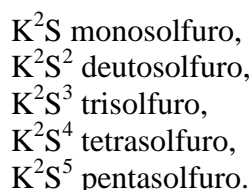
E poco dopo determina esattamente la composizione del *cloroaurato di potassio e d'oro* e del *cloroaurato di sodio e d'oro*⁽¹³⁸⁾. Si era già occupato prima del peso atomico dell'oro e di altri composti di questo metallo.

In questo importante e difficile lavoro ottiene e descrive i primi e più importanti composti del palladio, dell'iridio, dell'osmio, ecc.; ad esempio, dall'osmio ottenne il tetracloruro OsCl_4 , il biossido OsO_2 , l'idrato $\text{Os}(\text{OH})_4$ normale, il bisolfuro OsS_2 , il solfuro Os_2O_5 , il solfito di osmio OsSO_3 , il cloroosmito ammonico $\text{OsCl}_3 \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, il cloroosmiato potassico K^2OsCl_6 , l'idrato di osmiammonio $\text{OsO}(\text{NH}_3)_2(\text{OH})_2$, ecc.

In seguito a questo lavoro sui metalli del gruppo del platino ne venne il bel lavoro di Magnus sul così detto *sal verde di Magnus*, sulle basi del platino di Gros e di Reiset, di Peyrone, ecc.

Sali basici. - Assai interessante è pure la Memoria: *Examen de quelques composés qui dépendent d'affinités très-faibles*⁽¹³⁹⁾, nella quale esamina i carbonati basici di magnesio, di potassio e magnesio, di zinco, di rame. Sono quei carbonati che poi si dissero *idrocarbonati*. Egli appunto fa notare come i sali basici siano dati principalmente dagli acidi deboli, come l'acido carbonico, la silice, ecc.

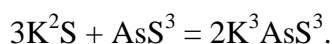
Solfuri e solfosali. - Questo è pure un intero capitolo della chimica inorganica che devesi in gran parte al Berzelius. Nella sua bella Memoria: *De la composition des sulfures alcalins*⁽¹⁴⁰⁾ egli determina la composizione di tutti i principali solfuri e solfidrati alcalini, e fra l'altro dimostra che il potassio col solfo, ad esempio, può formare cinque solfuri almeno:



Analizza i solfuri di calcio, di arsenico, di antimonio, ecc.

Dei solfuri egli discorre a lungo in una bella lettera a Berthollet in data 23 luglio 1821. Incomincia: «*J'ai ensuite examiné les proportions dans lesquelles le potassium peut se combiner avec le soufre*»; poi: «*En tout cas, il y a au moins cinq sulfures de potassium bien établis, dans lesquels le soufre se trouve dans le rapport de 1, 2, 3, 4 et 5*». Studia l'azione degli alcali su un gran numero di solfuri, ecc.

Poco dopo pubblicata la sua Memoria sui solfuri alcalini, nel 1825⁽¹⁴¹⁾ ne pubblicò un'altra anche più importante sui *solfosali*, cioè sui solfoarseniati, solfoantimoniati, solfomolibdati, ecc., nella quale dimostra ad evidenza le analogie fra i sali ossigenati e solforati. I solfuri di arsenico, antimonio, il solfuro di carbonio, ecc., funzionano come solfoanidridi e reagendo coi solfuri metallici propriamente detti danno i solfosali, quale ad esempio



⁽¹³⁸⁾ *Ivi*, t. XLV.

⁽¹³⁹⁾ *Ivi*, 1820 [2], t. XIV, pag. 363.

⁽¹⁴⁰⁾ *Ivi*, 1821 [2], t. XX, pag. 34, 113, 225, e in *Trans. de l'Acad. Roy. des Sc. de Stockholm*, 1821, pag. 145. È vero che anche Berthollet e Proust si erano occupati di molti solfuri e della loro composizione (specialmente il Proust), ma, a dir vero, nessuno sotto un punto di vista generale come Berzelius, e con analisi tanto esatte.

Berzelius nel 1807 pubblicò un'analisi dell'acido solfidrico, ma solamente dopo il 1820 fece conoscere il suo grande lavoro sui solfuri.

⁽¹⁴¹⁾ *Mémoire sur des sulfo-sels*, in *Trans. de l'Acad. Roy. des Sc. de Stockholm*, 1825 e *A. Ch.*, 1826 [2], t. XXXII, pag. 60, 166, 265, 393. Altri solfosali egli studiò nel 1843 (*Rapp. Ann.*, 1843, pag. 131).

In questa Memoria sviluppa le sue idee sulla *nomenclatura* dei sali, che è poi quella usata ancora al presente; i composti metallici cogli alogeni (così da lui chiamati perchè generatori di sali) chiama *sali aloidi*, come il cloruro di sodio.

I composti salini cogli acidi ossigenati chiama *sali amfidi* (ossisali, solfosali, seleniosali, ecc.). In principio di questa Memoria cambia giustamente il nome di *acido idrosolforico* (H²S) in quello di *acido solfidrico*. Descrive alcuni solfidrati (Ca, Li, ecc.).

Della proprietà o funzione acida che hanno certi solfuri relativamente ad altri solfuri e di formare quindi dei solfosali, il Berzelius ne discorre in una lettera a Marcet, 20 novembre 1821. Del resto nel suo *Trattato di Chimica* queste cose sono magnificamente descritte e discusse.

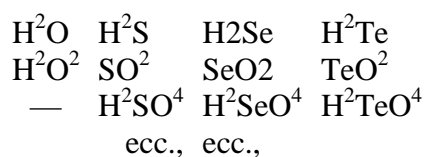
Dunque, coi suoi numerosi lavori sui solfuri (1821-1827) mise in evidenza le analogie tra il solfo e l'ossigeno; analogia dimostrata dall'analoga composizione dei solfuri e degli ossidi; e meglio ancora dall'esistenza dei *solfosali* che egli scoprì, cioè composti salini in cui l'ossigeno è sostituito dal solfo.

Analogie tra gli elementi. Gruppo del solfo, selenio e tellurio. - Berzelius già da tempo aveva notato le analogie fra il solfo e il selenio e già nel 1821 aveva pubblicato l'interessante Memoria: *Sui solfocianuri e sui seleniocianuri*⁽¹⁴²⁾.

È vero che Müller e Reichenstein nel 1783 osservarono in certi minerali rari una specie di metallo che non seppero dire se era antimonio o no; ed anche il Bergman non seppe riconoscerne una sostanza nuova; è pur vero che questa sostanza trovata da Müller e Reichenstein fu meglio esaminata da Klaproth (1798 e 1802), il quale, riconoscendola un corpo nuovo, la denominò tellurio, e che Davy nel 1810 ottenne l'acido telluridrico, ma è pur vero che prima delle ricerche di Berzelius⁽¹⁴³⁾ il tellurio era assai imperfettamente conosciuto. Sino, può dirsi, al 1834 si conosceva assai poco intorno a questo elemento stante la scarsità dei suoi minerali.

Scoperto il tellururo d'argento in Siberia e il tellururo di bismuto a Schemnitz, Berzelius intraprese subito uno studio completo del tellurio, che fece conoscere nella Memoria: *Recherches sur les propriétés du tellure*⁽¹⁴⁴⁾, nella quale descrive i vari modi di ottenere il tellurio, la separazione dal selenio, ne determina il peso atomico, ne descrive tutti i principali composti. È una massa di lavoro che pare incredibile, impossibile sia fatta da un sol uomo. Tra i quali derivati gli acidi telluroso e tellurico, analoghi al selenioso e selenico ed al solforoso e solforico.

Le analogie fra:



che ora noi siamo soliti far notare anche nei corsi di lezioni, discendono in linea retta dalle ricerche di Berzelius.

Egli dunque stabilì per primo le principali relazioni fra gli elementi del secondo gruppo dei metalloidi, cioè: l'*ossigeno*, il *solfo*, il *selenio* ed il *tellurio*.

Le sue Memorie sul selenio e sul tellurio sono bellissime, classiche, e degne di stare alla pari con la Memoria sul jodo di Gay-Lussac.

Berzelius si compiaceva di scorgere le *analogie fra gli elementi*. Egli nel suo *Trattato* ha messo lo zirconio insieme al torio e sta bene; ma fa anche notare che potrebbe stare insieme al silicio e nel *Traité*, 1846, t. II, pag. 479, scrive:

«Dans l'état où nous connaissons ce corps combustible, il diffère beaucoup des métaux proprement dits par ses caractères extérieures.... Quand on a égard aux caractères extérieures du

⁽¹⁴²⁾ A. Ch.. 1821 [2], t. XVI, pag. 23.

⁽¹⁴³⁾ Schw.. 1812 e 1823; Pogg. Ann., 1826, t. VIII e t. XXVIII.

⁽¹⁴⁴⁾ A. Ch.. 1835 [2], t. LVIII, pag. 113 e 225 (dal Pogg. Ann., 1834, t. XXXII).

zirconium, il parait devoir être rangé parmi les métalloïdes, à côté du bore et du silicium. Mais comme il faut prendre aussi en considération les propriétés de l'oxide, et que, parmi les oxides des métalloïdes, il ne s'en trouve pas un seul qui soit base salifiable, j'ai mieux aimé placer le zirconium ici».

Il nostro Avogadro non ammetteva per l'ossido di zirconio Zr^2O^3 come Berzelius, ma bensì ZrO^2 ed era nel vero. Allora saltan fuori meglio le analogie col carbonio e silicio.

Sul vanadio. - Assai interessante è la Memoria *Sur le vanadium et ses propriétés*⁽¹⁴⁵⁾; è la prima monografia completa, pel tempo, sul vanadio e suoi composti. Vi descrive un gran numero di composti nuovi, fra i quali l'*acido vanadico*. È a pag. 382 ove fa cenno dell'azione degli acidi *ossalico, tartrico e citrico sull'acido vanadico*; ed ancor meglio nel suo *Traité de Chimie*, 4^a ediz. franc., 1839, t. II, pag. 219; sull'acido ossalico, ad esempio, si forma un ossalovanadato che però non ha analizzato. Ditte nel 1886 ottenne un ossalovanadato in cristalli gialli; così pure Rosenheim nel 1893⁽¹⁴⁶⁾.

Il prof. G. Barbieri, che ha studiato i tartro- e citrovanadati, ha confermato la grande esattezza delle osservazioni di Berzelius⁽¹⁴⁷⁾.

Nel 1813 con Marcet (V. sopra) fece conoscere anche la composizione del solfuro di carbonio, allora detto solfo carburato⁽¹⁴⁸⁾. Per le ricerche sul boro, manganese, ecc., si veggia il cap. XIV.

Può dirsi che non vi è parte della chimica inorganica che non sia stata toccata dal Berzelius.

Metodi analitici. - Il Berzelius, in seguito ai suoi numerosi lavori sui pesi atomici, su quasi tutti gli elementi allora conosciuti ha dovuto scoprire e modificare tutti i migliori metodi di analisi inorganica. Nel 1827 pubblicò il libriccino: *De l'analyse des corps inorganiques*, trad. dal tedesco, Parigi 1827. Egli era conscio della grande importanza che ha pel chimico l'analisi chimica e giustamente, nella prima pagina del suo libro, trovansi le celebri parole: «L'analyse chimique met à l'épreuve tout à la fois les connaissances, le jugement et l'exacitude du chimiste», che hanno poi servito come epigrafe in tanti libri di analisi. Questo lavoro fa parte del 2° vol. (in fine) del suo *Traité de Chimie*, ediz. 1826.

A proposito dell'analisi, ecco quanto il Berzelius scriveva il 13 dicembre 1831 a Wöhler, poco dopo che questi era a Cassel: «Je suis très-rejoui que vous vous soyez enfin assuré que l'analyse organique n'est pas si difficile à faire. Je me permets pour vos travaux futurs de vous recommander les précaution suivantes:

«1) Ne vous contentez pas du résultat d'une seule analyse; mais prenez comme règle d'en avoir au moins trois concordantes;

«2) Ne vous servez pas, pour ces trois analyses, de la substance provenant d'une seule et même préparation: analysez au contraire, à chaque fois, le produit d'une autre opération. Car la combustion peut avoir donné un résultat exact, et votre analyse être cependant fausse, à cause de la pureté incomplète du produit. Ces deux points essentiels sont rarement pris en considération, et de là vient que des analyses faites par de bons manipulateurs ne donnent pas toujours des résultats identiques».

Marignac nella Memoria: *Recherches chimiques et cristallographiques sur les fluozirconates*⁽¹⁴⁹⁾, a proposito dello zirconio, scrive: «Dès ses premiers travaux sur le zirconium, Berzelius, avec celle sagacité qui caractérise ses recherches, avait remarqué que ses propriétés devraient le faire placer à côté du silicium et du bore».

⁽¹⁴⁵⁾ *Pogg. Ann.*, t. XXII, pag. 1; *A. Ch.*, 1831 [2], t. XLVII, pag. 337 a 409.

⁽¹⁴⁶⁾ Ditte, *C. R.*, 1886, t. CII, p.1019; Rosenheim, *Z. f. anorg. Chem.*, t. IV, pag. 369, e *acido vanadotunstico* (*A.*, t. CCLI, pag. 200).

⁽¹⁴⁷⁾ *Atti R. Acc. Lincei*, 1915, t. XXIV, 1° sem., p. 724.

⁽¹⁴⁸⁾ *Phil. Trans.*, 1813, pag. 171.

⁽¹⁴⁹⁾ *Œuvres*, t. II, pag. 6.

Tutti i suoi metodi analitici erano applicabili con grande sicurezza. A proposito dei *silicotunstati*, il Marignac nel 1864 scriveva:

«L'analyse de ces sels présente quelque difficulté....., mais on y parvient bien par la méthode que Berzelius a indiquée pour l'analyse des tungstates...»⁽¹⁵⁰⁾.

Berzelius analizzò e determinò la composizione di un numero enorme di composti chimici inorganici, quali ad esempio: l'ossido di zinco, gli ossidi e solfuri di piombo, gli ossidi e acidi dello stagno, gli ossidi e solfuri di rame, gli ossidi e gli acidi dell'antimonio, dell'arsenico, del molibdeno, del tungsteno, gli ossidi di sodio, cloruri di fosforo, ecc., ecc. Può dirsi che non vi è nessun elemento e suoi composti che non siano passati per le sue mani. Ed in tutti questi numerosi lavori vi è l'impronta della esattezza.

Marignac, Stas ed altri illustri chimici, conosciuti per la grande esattezza nelle analisi chimiche, hanno sempre confermato le ricerche di Berzelius quando a loro capitava di dover ripetere delle esperienze di questo illustre chimico. Per avere idee chiare intorno all'esattezza colla quale lavorava Berzelius con mezzi semplicissimi e modestissimi, basta leggere le Memorie originali di Marignac e di Stas sulla determinazione dei pesi atomici di molti elementi. L'esattezza dei numeri dati da Berzelius in molti casi non fu mai superata. Ad esempio, pel potassio Berzelius aveva trovato 489,916 e Marignac trovò 490,01. Marignac trovò che 100 parti di argento sono precipitate da 69,098 di cloruro di potassio e Berzelius aveva trovato 68,907, e le prime di Marignac 69,047. Per lo stronzio Berzelius trovò 43,67 e Marignac 43,77. Per il piombo Berzelius aveva trovato l'equivalente 103,56 e Marignac trovò 103,52.

Egli inventò, modificò e perfezionò un gran numero di metodi analitici; ed ancora oggi ai chimici provetti sembra meraviglioso come egli abbia potuto, quasi sempre da solo, compiere tanto lavoro. Egli non aveva collaboratori; tutto faceva colle proprie mani. Ed insieme a questo immenso lavoro sperimentale, egli teneva frequente corrispondenza coi maggiori chimici del tempo, con Berthollet, con Marcet, con Davy, con Wöhler, con Mitscherlich, con Liebig, ecc., corrispondenza immensa, e che in parte ora è pubblicata, in più volumi.

Egli era una mente generalizzatrice per eccellenza, anche nelle cose che sembrano di lieve importanza. Si legga, ad esempio, la sua Nota: *Observations sur les combinaisons qui dépendent des affinités faibles*⁽¹⁵¹⁾; egli osserva la formazione dei sali basici di magnesio, zinco, rame, ecc. Fa notare che la così detta *magnesia alba* ha una composizione variabile secondo le condizioni in cui si prepara, ecc., ecc. Termina il suo lavoro colle parole: «Ces recherches nous indiquent l'existence d'une espèce de combinaisons que jusqu'ici on n'avait point remarquée ou à laquelle on n'avait donné assez d'attention. Il est cependant clair que les affinités d'où dépend cette espèce de combinaisons, doivent avoir joué un rôle dans la formation de la partie solide du globe, et que leur étude peut devenir extrêmement utile, pour ne pas dire indispensable, dans l'examen des substances minérales». Ed aveva ragione; i sali basici in natura sono numerosi ed abbondanti.

Fece molte analisi di acque minerali: *Lettre sur l'analyse des eaux de Carlsbad*⁽¹⁵²⁾, *Examen chimique des eaux minérales de Carlsbad, de Teplitz et de Königswart*⁽¹⁵³⁾.

II.

Scoperta di numerosi elementi nuovi: Cerio (1803), Litina (1817), Selenio (1817), Silicio (1824), Zirconio (1824), Tantalio (1823), Torio e Vanadio (1830).

Il Berzelius è stato uno di quei chimici che hanno scoperto un notevole numero di elementi o corpi semplici.

⁽¹⁵⁰⁾ *Ivi*, pag. 155; *A. Ch.*, 1864 [4], t. III pag. 6.

⁽¹⁵¹⁾ *Afhandlinger*, 1818 e *Journ. de Phys.*, 1818. t. LXXXVII, pag. 462.

⁽¹⁵²⁾ *A. Ch.* [2], t. XXI.

⁽¹⁵³⁾ *Ivi*, t. XXVIII

Cerio. - Ecco come Berzelius stesso descrive la scoperta del cerio. «Nelle miniere di ferro di Bastnäs, oggi abbandonate, vicino a Westmanland, si trova un minerale di peso specifico molto elevato e che perciò si chiamava *pietra pesante di Bastnäs* e perciò Scheele vi aveva ricercato, ma invano, il tungsteno. Questo minerale rimase dimenticato sino a che nel 1803 fu nel tempo stesso esaminato da Klaproth e da me ed Hisinger. Noi vi trovammo un nuovo corpo; Klaproth lo chiamò *terra ochroïte*, io ed Hisinger lo denominammo *ossido ceroso*, perchè vi è un altro ossido superiore e perchè i due ossidi danno dei sali con proprietà e colori diversi. Il nome del radicale *cerium* fu dedotto da *Ceres*, che Klaproth cambiò in *cererium*, ma questo nome fu subito abbandonato. Il minerale si compone principalmente di silicato ceroso e perciò si chiamò *cerite*. Più tardi si scoprì il cerio in molti altri minerali».

Il Mosander, allievo di Berzelius, nel 1839 osservò che la cerite, oltre al cerio, contiene due altri metalli: il lantanio (da *λανθάνειν*, essere nascosto) ed il didimio (da *δίδυμοί*, gemello)..

Litina e sali di litio. - La *litina* LiO (da *λίθος* pietra) fu scoperta da Arfwedson nel laboratorio di Berzelius. La *petalite* è un minerale che attrasse l'attenzione di Arfwedson, giovane chimico allievo di Berzelius: lo trovò composto di silice, allumina e di un *alcali*; una perdita di peso che ebbe luogo in tre analisi ch'egli ne fece, lo condusse ad esaminare la natura di questo alcali e ne riconobbe delle proprietà nuove, speciali. Secondo l'idea che gli suggerì Berzelius, l'Arfwedson distinse il nuovo alcali col nome di *litina*.

Il Berzelius parla di questa scoperta in una lettera, 9 febbraio 1818, a Berthollet.

BERZELIUS A BERTHOLLET.

9 février 1818.

«Je vous dois bien des remerciements, M. le Comte, de votre obligeante lettre du 21 juillet 1817. J'ai retardé la réponse pour avoir à vous communiquer quelques résultats des recherches faites ici en Suède dans notre science favorite. Pour cette fois j'en ai de bien intéressants à vous mander, c'est à dire la découverte d'une substance métallique, dont l'oxyde est un nouvel alkali fixe, et celle d'une substance métallique nouvelle acidifiable, plus analogue au soufre qu'à tout autre corps.

«Le nouvel alkali a été découvert par M. Arfwedson, jeune chimiste très-habile qui depuis un an travaille dans mon laboratoire. Il a trouvé cet alkali dans une pierre déjà découverte par M. D'Andrada dans la mine d'Utö et nommée par lui *pétalite*. Cette pierre consiste, en négligeant les fractions, de 80% de silice, 17% d'alumine et 3% du nouvel alkali. Pour en retirer ce dernier, on se sert de la méthode ordinaire de brûler la pierre en poudre avec du carbonate de baryte, et d'en séparer toutes les terres. Voici les principaux caractères de cet alkali: la plupart de ses combinaisons avec les acides sont très-fusibles, le sulfate et le muriate se liquéfient longtemps avant d'être portés à une chaleur rouge. Le carbonate entre en fusion lorsqu'il commence à devenir rouge, et dans cet état, il attaque le platine, presque aussi fortement qu'un nitrate d'un autre alkali.

«Le sulfate se cristallise assez aisément; les cristaux ne contiennent point d'eau de combinaison. Leur dissolution ne se précipite ni par le muriate de platine, ni par l'acide tartreux. Le muriate est extrêmement déliquescent et surpasse en cette qualité peut être même le muriate de chaux.

«Le nitrate cristallise en rhomboèdres, mais attire l'humidité avidement. Le carbonate est difficilement soluble dans l'eau. Par l'évaporation, on l'obtient cristallisé en prismes, mais ordinairement très-petits.

«Cet alkali a une plus grande capacité de saturer les acides que les autres alkalis fixes, et surpasse même la magnésie. C'est par cette circonstance qu'il a été découvert. Car le sel à base d'alkali, obtenu par l'analyse, surpasse beaucoup en poids ce qu'il aurait dû peser si la base en avait été de la soude o de la potasse. Il était bien naturel de conclure qu'un sel à base d'alkali qui n'est point précipité par l'acide tartreux doit contenir de la soude. C'est ce que fit d'abord M. Arfwedson, mais ayant répété l'analyse de la *pétalite* 3 fois avec entièrement les mêmes résultats, il crut en

devoir examiner de plus près chaque constituante, et c'est par la suite d'un tel examen qu'il s'aperçut que la substance alcaline avait des propriétés différentes des autres alkalis. Nous avons donné à cet alkali le nom de *lithion*, pour rappeler qu'il a été découvert dans le règne minéral, alors que les deux autres l'ont été dans le règne végétal.

«Ce nom est conforme à la nomenclature des langues suédoise et allemande où l'on dit kali et natrium au lieu de potasse et de soude. Je suppose qu'en France on le nommera *lithine*».

Selenio, Se. - Il selenio fu scoperto dal Berzelius nel 1817. La sua Memoria: *Recherches sur un nouveau corps minéral trouvé dans le soufre fabriqué à Fahlun*⁽¹⁵⁴⁾ è veramente magnifica e può stare almeno alla pari colla Memoria di Gay-Lussac sul jodo.

Il primo accenno alla scoperta del selenio si trova in una lettera di Berzelius a Marcet in data 23 settembre 1817 e più ampi particolari in una lettera 6 febbraio 1818. Comunicò la scoperta a Berthollet con lettera in data 9 febbraio 1818⁽¹⁵⁵⁾. Prima egli credeva fosse un solfuro di tellurio. Descrisse tutti i principali caratteri del nuovo corpo scoperto come meglio non si sarebbe potuto fare; ottenne molti composti, l'acido selenico (da Mitscherlich), l'idrogeno seleniato, i seleniuri, i seleniocianuri, ecc. In ultimo, sempre per la sua tendenza alla generalizzazione, in un bellissimo capitolo: *Observations générales par rapport aux propriétés du sélénium*, discute quale sia il posto del nuovo elemento relativamente agli altri conosciuti e conclude col porlo tra il solfo ed il tellurio.

Nella lettera 9 febbraio 1818 a Berthollet⁽¹⁵⁶⁾ il Berzelius racconta pure come in quel tempo sia stato scoperto anche il litio (V. sopra).

LETTERA A BERTHOLLET.

9 febbraio 1818.

«La substance métallique acidifiable vient d'être découverte de la manière suivante: dans une fabrique d'acide sulfurique, où on brûle du soufre ratiré des pyrites de la mine de Fahlun, il se dépose sur le pavé de la grande citerne de plomb une masse rougeâtre, qui consiste principalement en soufre. J'ai, conjointement avec M. Gahn, acheté une part dans cette fabrique, et lorsque nous primes connaissance de la méthode d'opérer l'acidification du soufre, qui n'est pas entièrement la même que celle employée en Angleterre, le précipité rougeâtre nous frappa. Nous l'examinâmes, et, trouvant qu'il donne en brûlant une odeur très-forte de tellurium, nous crûmes pouvoir conclure que le précipité en question était un mélange de sulfure de tellurium avec du soufre. Cependant nous ne pûmes réussir à en extraire du tellure. J'en pris une petite quantité avec moi à Stockholm, où je l'examinai de plus près. Je trouvais d'abord que ce soufre contenait une substance étrangère très-volatile, très-aisément réductible, mais qui ne se laisse point précipiter par les alkalis.

«Après quelques tentatives infructueuses, je parvins à isoler cette substance».

Poi continua la lunga lettera descrivendo i caratteri principali della nuova sostanza scoperta. Questa lunga lettera può riguardarsi come una breve Memoria scientifica riguardante la *litina* ed il *selenio*.

Del selenio e del litio il Berzelius discorre a lungo in una lettera a Marcet del 22 aprile 1818.

Silicio. - In una lettera del 30 giugno 1809 a Davy⁽¹⁵⁷⁾, il Berzelius espone come egli abbia esaminato bene il ferro fuso e determinato con esattezza il carbonio, e vi abbia inoltre trovato «une portion assez considérable de la base de la silice». Questa base della silice sarebbe il silicio. E poi prosegue: «La silice consiste en 0,51 de base (silicium) e 0,49 d'oxygène ou à peu près. Cette grande quantité d'oxygène nous fait voir pourquoi elle ne forme point de sels avec les acides, quoiqu'elle se combine avec les alkalis, les terres et quelques oxydes métalliques».

Del silicio fa poi cenno nel *Gilbert's Journ.*, 1810, t. XXXVI, pag. 89.

⁽¹⁵⁴⁾ A. Ch., 1818 [2], t. IX, pag. 160, 225 e 337.

⁽¹⁵⁵⁾ *Ivi*, t. VII, pag. 199.

⁽¹⁵⁶⁾ *Correspondance avec Berthollet*, pubblicata da Söderbaum.

⁽¹⁵⁷⁾ *Corresp. entre Berzelius et sir Humphry Davy* (1808-1825), Upsala 1912, pag. 13.

Ma la vera scoperta fu fatta nel 1823-24 quando ne descrive i modi di prepararlo e questi li descrive in una bella lettera a H. Davy, 21 aprile 1824: «En examinant les phénomènes qui se présentent, lorsqu'on fait brûler le potassium dans le gaz fluorique silicié, j'ai trouvé moyen d'isoler le radical de la silice et de l'obtenir en des quantités suffisantes pour étudier ces propriétés, qui sont extrêmement curieuses». Poi descrive a lungo i due metodi per questa estrazione e le principali proprietà.

«Le silicium ne donne aucune trace de propriété conductrice pour l'électricité. Il a tant de commun avec le bore et le charbon qu'il doit être classé, comme aussi vous l'avez justement remarqué il y a longtemps, auprès de ces deux substances combustibles».

Il nome di *silicati* ai sali formati dalla silice fu dato la prima volta da Berzelius⁽¹⁵⁸⁾.

Scoperta dello zirconio. - Anche di questa scoperta, fatta nel 1824, ne dà notizia in una lettera a Davy, 21 aprile 1824. Egli fa notare che nè il silicio, nè lo zirconio presentano splendore metallico e assomigliano all'uranio in polvere. Descrive l'estrazione dello zirconio nella sua Memoria *sui fluoruri*.

Vanadio. - Fu scoperto nel 1830 da Sefström e Berzelius insieme; Sefström, suo allievo, era direttore della Scuola delle miniere di Fahlun. Lo denominarono *vanadium* da *Vanadis*, nome di una divinità scandinava.

Il Berzelius poi da solo fece uno studio completo di questo elemento⁽¹⁵⁹⁾, ne determinò il peso atomico e ne preparò numerosissimi composti, i più importanti. È una Memoria che da sola basterebbe a rendere celebre un chimico.

Torio. - Quando Berzelius nel 1815 faceva l'analisi della gadolinite di Korarvet, trovò questa sostanza solamente in un campione e in piccola quantità, e all'esame che fece nel 1816 con Gahn di alcuni minerali dei dintorni di Fahlun, riconobbe ancora l'esistenza di questo metallo in due minerali: nel fluoruro di cerio e nel fluoruro doppio di cerio e di ittrio. Però non vi scoprì il torio, che fu confuso coll'ittrio. Fece una esposizione di questa scoperta nel vol. V dei suoi *Afhandlingar* (e in *Ann. of Philos.*, t. IX, p. 452). Berzelius l'ottenne allo stato di ossido e non potendolo ridurre col carbone, lo considerò come analogo alle terre, e chiamò quest'ossido *thorina* classificandola insieme allo *zircono*⁽¹⁶⁰⁾.

Nel 1830 Berzelius analizzò un nuovo minerale trovato nella sienite, nell'isola di Löv-ön presso Brevig in Norvegia. A questo minerale, trovato nel 1828 dal ministro dei culti Esmarck, diede il nome di *thorite* e al nuovo ossido o nuova terra che conteneva diede il nome di *thorina* (nome già dato da lui ad un minerale di ittrio) e dal fluoruro di torio e potassio scaldato col potassio ottenne il nuovo metallo libero, che denominò *torio* (dal nome dell'antico dio scandinavo *Thor*); ne determinò il peso atomico e studiò i principali composti. Tutti sanno l'importanza che hanno oggi i sali di torio.

Della sua scoperta del *torio*, che fu confuso coll'ittrio, fa cenno Berzelius sino dal 1829 in una lettera del 29 giugno a Dulong. Dice che i sali di torio hanno gusto astringente come il tannino e che il cloruro decomposto col potassio fa lieve deflagrazione e fornisce il metallo *torio* in polvere nera, che non decompone l'acqua e che scaldato già prima del rosso brucia con splendore che oltrepassa quello del fosforo nell'ossigeno.

Giusta è l'analogia osservata col zirconio. Appartiene allo stesso gruppo.

⁽¹⁵⁸⁾ *Journ. de Phys.*, ott. 1811; *Essai pour établir un système électrochimique e Nouveau système de minéralogie*, 1819, pag. 23.

⁽¹⁵⁹⁾ *A. Ch.*, 1830 [2], t. XLV, pag. 332; 1831, t. XLVII, pag. 337, 409.

⁽¹⁶⁰⁾ V. in Thomson, *Système de Chimie*, t. I, pag. 415. Sulla scoperta della *torina* si può consultare l'estratto d'una Memoria: *Esame di alcuni minerali trovati nei dintorni di Fahlun e del loro giacimento* (*A. Ch.* [1], 1817, t. V, pag. 5), di Gahn, Berzelius, Wallmann ed Eggertz.

Tantalio. - Nel 1801 Hatchett scoprì in un minerale d'America un metallo ch'egli chiamò *columbium*, ed Ekeberg⁽¹⁶¹⁾ nel 1802, sotto il nome di *tantalo*, segnalò un metallo (non allo stato libero) trovato in due minerali svedesi, la tantalite di kimito e l'ittriotantalite d'Ytterby e lo considerò come nuovo. Nel 1809 Wollaston riconobbe che i due corpi *columbium* e *tantalium* erano identici. Ma, come dice bene Marignac, le proprietà di questi corpi e i loro principali composti non furono realmente conosciuti che dopo il lavoro di Berzelius, pubblicato nel 1824. Berzelius con grande difficoltà riuscì a ottenere l'elemento libero nel 1824 circa. Le ricerche di Berzelius furono eseguite sull'acido estratto dalle tantaliti di Svezia e di Finlandia ed il nome di acido tantalico e di tantalio da questo tempo furono adottati. Non possono essere dimenticate le sue ricerche sul tantalio metallico, sui fluoruri doppi di tantalio⁽¹⁶²⁾, sull'anidride tantalica Ta_2O_5 , sull'acido tantalico, su diversi tantallati, sul solfuro di tantalio, ecc.

Calcio, Bario, Stronzio. - Le sue ricerche sulla elettricità condussero Berzelius nel 1808 a scoprire il *calcio*, il *bario*, lo *stronzio* e l'*ammonio*⁽¹⁶³⁾.

III

Analizza molti minerali - Fonda la Chimica mineralogica. Chimica geologica.

Questo capitolo non è in fondo che la continuazione dei due capitoli precedenti. Berzelius non si limita all'analisi dei minerali, ma emette idee generali, anche sulla loro classificazione, al punto che fece cambiare indirizzo alla mineralogia. La ricchezza mineraria, anche in minerali rari, della Svezia fu per Berzelius una inesauribile fonte di ricerche mineralogiche e della scoperta di nuovi elementi.

Berzelius ha analizzato con grande esattezza un immenso numero di minerali i più diversi, sia della Svezia, sia di altri paesi, come nessun chimico o mineralogista aveva ancora fatto. Le ricerche di Klaproth erano meno esatte, per quanto buone relativamente al tempo. Egli perfezionò a questo scopo molti metodi analitici e principalmente i saggi col cannello ferruminatorio.

Anche molti dei suoi allievi hanno fatto lavori importanti di chimica mineralogica e basti ricordare Arfwedson, lo scopritore del litio, H. Rose, lo scopritore del niobio e che fece ricerche della più grande importanza sulle miche, sull'augite, sui minerali di titanio e tantalio, ecc., e così potrei ricordare Wöhler, Magnus, E. Mitscherlich, Bunsen, Nordenskjöld ed altri. Egli stesso, il Berzelius, coi suoi classici lavori sui minerali di platino, sui minerali di cerio, ittrio, tantalio, sulle meteoriti, ha contribuito immensamente al progresso di questo ramo della chimica. Molti altri prima di lui hanno analizzato numerosi minerali (Pfaff, Döbereiner, Wiegand, V. Rose, Stromeyer, Gahn, Gadolin, ecc.), ma egli solo col suo sguardo d'aquila seppe coordinare i fatti mineralogici e costituire un tutto.

Con un materiale numeroso e prezioso, dovuto alle sue esatte ricerche sperimentali, poté il Berzelius, già verso il 1814, volgere indietro lo sguardo e dare un quadro generale dei suoi risultati. Egli, allievo della celebre scuola d'Upsala, che aveva avuto a capo Bergman⁽¹⁶⁴⁾, abituato sino dai primi anni alle accurate analisi, base inconcussa di ogni ricerca chimica, pubblicò nel 1814 a Stoccolma in lingua svedese, il suo prezioso libro: *Försök till ett reut Kemisk mineral system* ossia *Saggio d'un sistema mineralogico interamente chimico*, che dal Berzelius fu anche pubblicato nella

⁽¹⁶¹⁾ A. G. EKEBERG, distinto chimico svedese, morì l'11 febbraio 1813. Nella sua lettera 22 aprile 1813 Berzelius ne dà notizia a Marcet colle parole seguenti: «Ekeberg vient de mourir après une maladie hectique longue et malheureuse. Cet homme était des plus aimables, il possédait des connaissances solides et un penchant irrésistible pour le travail. Il était bon chimiste et minéralogues, heureux poète et très bon peintre».

⁽¹⁶²⁾ *Traité de Chimie; Pogg. Ann.*, t. IV.

⁽¹⁶³⁾ V. *Teoria elettrochimica* nel Capitolo VI.

⁽¹⁶⁴⁾ Berzelius aveva appena 5 anni quando morì, nel 1784, Bergman.

4^a parte del suo: *Afhandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogi*, Stockholm 1815; fu tradotto in inglese e riveduto da Thomson e tradotto in francese nel *Journ. de Phys.*, 1818, t. LXXXVI, pag. 137, 209, 276 e 356, col titolo: *Essai d'établissement d'un système de minéralogie entièrement scientifique par l'application de la théorie électrochimique et des proportions définies*; come pure era stato tradotto in tedesco dall'Hausmann. Ma in ogni caso, in vari punti assai inesattamente. Perciò, ed anche perchè dopo il 1814 aveva ancora fatto un gran numero di analisi che inserì nel suo: *Afhandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogi*, t. IV (1815), decise di rifarne *ab novo* una edizione francese completa e corretta: *Nouveau système de Minéralogie*, Paris 1819, dedicata ad Haüy, e che è il testo che io ho ora sotto gli occhi; la 2^a edizione tedesca fu fatta dal Rammelsberg nel 1847.

I migliori mineralogisti adottarono le idee di Berzelius e, ad esempio, il Dufrénoy⁽¹⁶⁵⁾ scriveva: «La chimie ne tarda pas alors à envahir la minéralogie, et à la réclamer comme un de ses apapages. L'un des chimistes les plus illustres de notre siècle, M. Berzelius, dont le nom est marqué par de si importantes découvertes, et qui le premier a fait connaître la véritable composition de minéraux, a exprimé cette opinion d'une manière très-nette dans l'ouvrage qu'il a publiée, en 1819, sous le titre *Nouv. syst. de Minéral.*». Ed invero il Berzelius scriveva: «La minéralogie, considérée en elle-même, n'est qu'une partie de la chimie. Elle ne peut avoir d'autre base scientifique que la base chimique».

Quando fu a Parigi nel 1819 abitava in casa Berthollet, nel cui laboratorio lavorava; e qui fece l'analisi anche di numerosi minerali nuovi ed invero incomincia la sua Nota: *Analyse de quelques minéraux*⁽¹⁶⁶⁾, colle parole: «M. Berthollet ayant voulu m'offrir l'occasion d'examiner, dans son laboratoire, quelques substances minérales dont j'avais long-temps souhaité de connaître la composition, j'ai profité de sa bienveillance, et je vais communiquer à l'Académie les résultats que je viens d'obtenir». Nel tempo che era a Parigi, nel 1819, analizzò un campione di euclasio, pietra piuttosto rara⁽¹⁶⁷⁾.

Dai magnifici lavori di Mitscherlich sull'isomorfismo e il dimorfismo, Berzelius ne trasse subito delle importanti conseguenze per la mineralogia chimica e lo dimostrò nel 1826 quando pubblicò la bella Memoria mineralogica intitolata: *Des changements dans le système de Minéralogie chimique, qui doivent nécessairement résulter de la propriété que possèdent les corps isomorphes, de se remplacer mutuellement en proportions indéfinies*⁽¹⁶⁸⁾, nella quale, tenendo conto di tutte le sue ricerche precedenti, dà una classificazione chimica dei minerali, che in fondo è quella che è adottata ancora adesso; ed invero il Miers, nel suo *Manuel pratique de Minéralogie*, 1906, pag. 231, dice: «Une réaction contre une telle manière (il metodo di Werner e Mohs dei caratteri esterni, naturalistici) de traiter le sujet se produisit sous l'influence de Berzelius et des chimistes suédois, et subséquemment les propriétés chimiques en sont venues à être tenues dans une estime tout à fait différente, jusqu'à ce que, à l'époque actuelle, elles soient regardées comme d'importance primaire». E più avanti, pag. 232: «De plus, la base tout entière de la classification, devant son origine à celle de Berzelius, est surtout chimique, et sans la connaissance de la composition, il serait impossible de se faire une idée claire des relations qui existent entre les minéraux».

Berzelius stesso prevede, in una lettera importantissima del 7 maggio 1814 a Berthollet, che il suo sistema avrebbe avuto la prevalenza. Dopo accennato alle ricerche per determinare la quantità di ossigeno necessaria per ossidare i metalli nei loro differenti gradi di ossidazione⁽¹⁶⁹⁾, egli scriveva: «Après ces recherches, j'ai dans un autre Mémoire examiné les minéraux. Je me suis proposé deux questions: a) qu'est-ce que les minéraux au sens chimiques? comment faut-il les considérer dans les raisonnements théoriques de la science? et b) est-ce que les lois des proportions chimiques sont applicables à la composition des minéraux? Quant à la première question, il paraît qu'aucune combinaison entre des corps oxydés ne peut exister dans laquelle, exposés à l'influence

⁽¹⁶⁵⁾ *Traité de Minéralogie*, t. I. *Preface*.

⁽¹⁶⁶⁾ *A. Ch.* [2], t. XII, pag. 12.

⁽¹⁶⁷⁾ *Ivi*, 1829 [2], t. XI, pag. 216.

⁽¹⁶⁸⁾ *Ivi*, 1826 [2], t. XXXI, pag. 5.

⁽¹⁶⁹⁾ *Essai sur la cause des proportions chimiques*, in *Annales di Thomson*.

décomposante de la pile électrique, un ou plusieurs des oxydes dont elle est composée, ne se rangeront point autour du pôle négatif, tandis qu'au moins un d'eux sera attiré par le pôle positif; c'est à dire que, dans toute combinaisons entre des corps oxydés, il y a une ou plusieurs bases, tandis qu'il y a un (ou plus rarement deux) corps qui joue le rôle d'acide, de manière que les minéraux oxydés sont à considérer comme des combinaisons salines à 1, 2, 3, peut-être plusieurs, bases, et dans différents degrés de neutralisation.

«Par ces réflexions, la minéralogie ne devient en effet qu'une branche de la chimie plutôt que de l'histoire naturelle; et les anomalies apparentes, présentées par les minéraux, cessent de exister. En jetant un coup d'œil sur l'ensemble des minéraux, on trouve que les substances qui y jouent le rôle d'acides, sont, hors les acides reconnus pour tels, l'oxyde de titan, celui de tantale, et la silice. Tous les autres n'y jouent que le rôle de bases».

Della mineralogia si intratteneva spesso coi suoi amici.

Il 18 febbraio 1815 scriveva a Marcet: «Je suis très-curieux de savoir la sort de mes essais, tant sur la minéralogie que sur les proportions chimiques dans la nature organique. Je m'attends à ce que tout le monde dispute mes idées sur la première et que personne ne fasse attention à la dernière; il serait cependant très-agréable de savoir à quel degré j'ai deviné juste.

«Je me suis occupé tout cet hiver à des recherches minéralogiques, et je m'en occupe encore. C'est un travail beaucoup moins intéressant que ceux qui m'ont occupé auparavant; mais comme il m'a paru utile de chercher à faire avancer cette partie de nos connaissances chimiques, afin de la mettre au niveau des autres, j'ai cru devoir l'entreprendre, quoique j'avoie que les analyses minéralogiques ne m'amusement nullement. Mes recherches minéralogiques font un très-long Mémoire, dont la publication m'embarrasse un peu, car tous les formalistes redoutent des Mémoires longues et d'un contenu suivi.

«Je suis à présent occupé à faire un exposé critique des systèmes minéralogiques les plus estimés et à donner ensuite une exposition du système chimique pour la minéralogie. La plu-part des littérateurs allemands qui ont pris connaissance du système chimique me traitent un peu mal, parce qu'il prennent mon essai sur le principe da système pour un échantillon du système lui-même. Je ne suis cependant pas sans expérance d'en faire bientôt des prosélytes». Ed invero poco dopo fece un gran numero di proseliti.

Per la storia della chimica mineralogica e della mineralogia è assai interessante anche il lavoro critico che egli fece del *Sistema di classificazione dei minerali* di Neumann⁽¹⁷⁰⁾, inserito nel suo *Jahresb.*, 1846⁽¹⁷¹⁾, e riprodotto nel *Journ. f. pr. Ch.* [1], t. XXXIX, pag. 297. Questo è, può dirsi, l'ultimo suo scritto che riguarda la chimica mineralogica. Egli insiste per la classificazione chimica. «Già da più che trenta anni io ho fatto, scrive, un saggio di una simile classificazione, che può essere considerato come il primo saggio di questo genere. Il principio che ha servito di base a questo sistema è stato esclusivamente la composizione chimica, ed io persisto ancora nell'impiego esclusivo di questa base, come la sola che possa condurre a un risultato soddisfacente».

Appartengono alla chimica mineralogica le sue: *Recherches sur quelques nouveaux fossiles trouvés à Fahlun*⁽¹⁷²⁾; *Sur la composition de la topaze*⁽¹⁷³⁾; *Examen de quelques minéraux et découverte de la tharine*⁽¹⁷⁴⁾; *Note sur l'analyse de quelques minéraux d'Utö renferments de la lithine*⁽¹⁷⁵⁾; *Analyse de l'euclase*⁽¹⁷⁶⁾; *Analyse de quelques minéraux*⁽¹⁷⁷⁾; *Note sur la composition chimique de la pyrite blanche efflorescente*⁽¹⁷⁸⁾, ecc.

⁽¹⁷⁰⁾ *Edinb. new Phil. Journ.*, t. XXXVIII, pag. 29.

⁽¹⁷¹⁾ *Rapp. Ann.*, 1846, pag. 162-173.

⁽¹⁷²⁾ *A. Ch.* [2], t. II e III.

⁽¹⁷³⁾ *Ivi*, t. IV.

⁽¹⁷⁴⁾ *Ivi*, t. V.

⁽¹⁷⁵⁾ *Ivi*, t. X.

⁽¹⁷⁶⁾ *Ivi*, t. XI.

⁽¹⁷⁷⁾ *Ivi*, t. XII.

⁽¹⁷⁸⁾ *Ivi*, t. XIX.

Un immenso numero di analisi di minerali fatte da Berzelius o suoi allievi trovansi negli *Afhaudlingar i Fysik, Kemi och Mineralogi*, pubblicati da una società di scienziati svedesi, con alla testa Berzelius stesso; lavori in gran parte tradotti nel *Journ. de Phys.*, 1819, ecc.

Egli ha fatto interessanti osservazioni sul nickel privo d'arsenico⁽¹⁷⁹⁾; ha fatto l'analisi di una pirite magnetica nickelifera di Kiefva in Smiland che conteneva:

Fe = 57,643

S = 38,089

Ni = 3,044

Da questo minerale si ha il nickel privo affatto di arsenico, utile per la fabbricazione dell'argento.

Interessante per la chimica mineralogica è il lavoro fatto da Arfwedson nel laboratorio di Berzelius su molti minerali della miniera d'Utö, ove fu trovata la litina⁽¹⁸⁰⁾, Berzelius vi aggiunse una nota sulle tormaline e termina colle parole seguenti, le quali dimostrano la sua tendenza sempre a generalizzare: «Queste esperienze sembrano provare che nè la litina, nè l'acido borico sono essenziali alla combinazione che produce la forma cristallina della tormalina, poichè quella di Karinbricks possiede questa forma a un grado eminente. Vi sono delle tormaline a base di potassa, di soda, di litina e di magnesia, come vi sono degli allumi con queste basi differenti; ma, a quanto sembra, della stessa forma cristallina».

Berzelius pubblicò, insieme a Gahn, quattro lavori, fra i quali: *Recherches sur quelques nouveaux fossiles trouvés près de Fahlun*⁽¹⁸¹⁾; fra i minerali esaminati sono la gadolinite, l'ittriocerite, l'ossido di stagno, la tantalite, lo pseudosmeraldo, l'albite, ecc. Gli altri tre lavori pubblicati in lingua svedese (1815-1816) trovansi anche nello *Schweigger's Journ.* del 1816 e 1817.

Un lavoro d'indole mineralogica pubblicò pure (1811) insieme a Hedenberg ed un altro (1810) con Ström.

Egli modificò il cannello a miscela detonante di Brooke applicandovi una rete metallica, secondo la bella invenzione di Davy relativa alla lampada per minatori⁽¹⁸²⁾.

Nel 1821 pubblicò il suo prezioso libro: *De l'emploi du chalumeau dans les analyses chimiques et des déterminations minéralogiques*, trad. par F. Fresnel (fratello del famoso fisico), Paris 1821. È questo il primo vero Trattato completo sull'uso del cannello ferruminatorio, ossia dei saggi chimici per via secca. È stato utilissimo specialmente ai mineralogisti. Servì come tipo ai Trattati posteriori di Plattner, di Richter, di Kobell, di Cornwall ed altri. Ora è un libro abbastanza raro nel commercio librario. L'edizione 1^a, tedesca, del 1820, ha il titolo: *Anwendung des Loethrohrs in der Chemie und Mineralogie*.

Egli vide anche, col suo occhio scrutatore, la grande importanza che la chimica aveva per la geologia, e spesso nei suoi *Jahresberichte* vi è un capitolo riguardante la geologia. Egli riassumeva e criticava quei lavori di geologia che avevano relazione colla chimica o viceversa. Tali sono, ad esempio: *I calcoli astronomici possono condurre ad ammettere per la Terra un nucleo solido o in fusione?*; *Le correnti elettriche fra i filoni*; *La formazione del carbon fossile*; *I gas dei vulcani*; *Sulla natura della creta*; *Cause dei terremoti*; *Sulle acque del mare e dei laghi*; *Composizione chimica delle diverse rocce (basalti, fenoliti, schisti, ecc.)*; *Guano*; *Depositi nelle sorgenti vulcaniche*; *Delle pozzolane*.

Una fra le ultime sue lettere è quella del 12 gennaio 1847 a Léonhard: *Sûr les roches polies de Suede*⁽¹⁸³⁾.

Negli ultimi anni riassumeva anche e criticava i lavori relativi ai *minerali artificiali*.

⁽¹⁷⁹⁾ *J. pr.*, t. XL., p. 246; *Rapp. Ann.*, 1846, p. 109.

⁽¹⁸⁰⁾ *Analyses de quelques minéraux de la mine d'Utö en Suède, dans lesquelles on a trouvé un nouvelle alkali fixe* (*A. Ch.*, 1819, t. X, pag. 82).

⁽¹⁸¹⁾ *A. Ch.* [2], 1816, t. II, pag. 411.

⁽¹⁸²⁾ *Journ. de Phys.*, 1819, t. LXXXIX, pag. 78.

⁽¹⁸³⁾ *Bibl. Univ. Arch.*, 1848, t. VII, pag. 74.

IV.

Grandi lavori sulle proporzioni chimiche determinate - Teoria atomica - Leggi delle proporzioni definite e multiple - Stechiometria - Legge della composizione dei sali, ossia del rapporto fra l'ossigeno della base e quello dell'acido - Legge delle reazioni integrali - Sali basici e sali doppi.

Questa è stata la parte più laboriosa di Berzelius, nella quale ha dimostrato una forza di resistenza al lavoro veramente incredibile.

Nel 1810 pubblicò in lingua svedese il suo primo grande lavoro sulle proporzioni determinate⁽¹⁸⁴⁾, che fu conosciuto dai chimici solamente quando fu tradotto in tedesco e inserito negli *Annalen d. Gilbert*, 1811, vol. XXXVIII, e quando nell'aprile 1811 si cominciò a pubblicare negli *Annales de Chimie*⁽¹⁸⁵⁾, col titolo: *Essai sur les proportions déterminées dans lesquelles se trouvent réunis les éléments de la nature inorganique*.

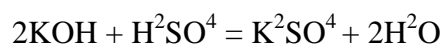
Questa classica Memoria ebbe molta influenza sulle ricerche posteriori; qui conferma ed estende la legge di Proust e porta un valido contributo alla legge di Dalton. Stabilisce con grande esattezza la composizione di un gran numero di corpi onde dedurre poi i pesi atomici o, come si diceva allora, i pesi di combinazione.

Le vere basi sperimentali della chimica moderna furono gettate, a mio parere, dal Berzelius con questa magnifica Memoria.

Thenard nel 1815, quando scriveva la prima edizione del suo Trattato di Chimica, non ammetteva ancora che le combinazioni chimiche fossero fisse, costanti, determinate.

Berzelius incominciò le ricerche sulle proporzioni chimiche nel 1807; egli stesso lo dice: «Nel 1807 io cominciai le mie esperienze sulla determinazione delle proporzioni in chimica, che mi furono suggerite dalle eccellenti esperienze di Richter⁽¹⁸⁶⁾. Io allora non prevedevo l'estensione di questo soggetto».

Berzelius ha fondato su solide basi la legge delle proporzioni definite di Proust, anche col dimostrare che la stessa legge vale per la combinazione dei corpi composti fra loro. Egli fece vedere con un gran numero di analisi che il *peso molecolare* di un composto (allora si diceva il peso atomico) è uguale alla somma dei pesi atomici dei corpi semplici che lo compongono. Coll'uso delle formole da lui proposte e quindi delle equazioni, come ad esempio:



venne messo in chiaro ciò che risultava dalle analisi, che, cioè, la somma dei pesi atomici dei corpi che reagiscono è sempre uguale alla somma dei pesi atomici dei corpi che si formano; il primo membro della equazione deve essere, in quanto alla somma dei pesi, uguale al secondo. È l'espressione più chiara, evidente e semplice della legge di Lavoisier che il peso dei corpi che reagiscono è uguale al peso dei corpi prodotti.

⁽¹⁸⁴⁾ Nel 1806 Berzelius, insieme ad Hisinger, incominciò la pubblicazione della raccolta: *Ahandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogi*, nel quale nel 1810 inserì il lavoro sopraccennato col titolo: *Forsock rorande de bestoemda proportionar hvori den organiska naturens bestoendsdelar finnes foerenade; summarisht*, ecc.

⁽¹⁸⁵⁾ *A. Ch.*, 1811 [2], t. LXXVIII, pag. 5, 105, 217; t. LXXIX, pag. 113 e 233; t. LXXX, pag. 5, 171 e 225; t. LXXXI, pag. 5 e 278; t. LXXXII, pag. 5, 113 e 225; t. LXXXIII, pag. 5 e 117; *Gilb.*, 1811, t. VII; J. Berzelius, *Versuch die bestimmten und einfachen Verhältnisse, aufzufinden nach welchen die Bestandtheile der anorganischen Natur mit einander verbunden sind*. Fu riprodotta dall'Ostwald nella collezione *Klassiker d. exakten Wissenschaften*, 1892, n. 35, e nel 1910 ne fu fatta una nuova edizione, con prefazione di J. Haas, Leipzig, 122 pag.

⁽¹⁸⁶⁾ *Ueber die neuen gegenstande der Chemie*, fasc. IX e X.

Dalla corrispondenza con H. Davy risulta che ancora nel 1811 Berzelius non era venuto alla chiara conoscenza della teoria atomica di Dalton. In una lettera in data 11 giugno 1811 Berzelius scriveva a Davy:

«Pardonnez-moi, Monsieur, si je vous importune encore par une demande que j'ai déjà faite une fois, c'est-à-dire de me faire connaître les idées et le système de M. Dalton. Malgré toutes mes recherches, je n'ai encore pu obtenir d'autre renseignement sur sa doctrine que par un supplément de *Murray's System of Chemistry*⁽¹⁸⁷⁾, que M. Brandel m'apporta lors de son retour de Londres. L'édition de la *Chimie* de M. Thomson⁽¹⁸⁸⁾ où il doit être fait mention des idées de M. Dalton, traduite en français par M. Riffault et que j'ai demandée au comte Berthollet, ne m'est pas non plus parvenue. Il y a toute apparence que les idées de M. Dalton, dont j'ai une très-haute opinion, contribueront à rectifier les miennes, outre qu'il doit avoir fait beaucoup d'expériences qui m'épargneront la peine de les faire de mon côté».

Relativamente alle proporzioni determinate, secondo le quali i corpi si combinano, egli stesso nel suo *Traité de Chimie*, nel capitolo: *Développement de l'analyse chimique; Doctrine des proportions chimiques et déterminations des poids atomiques*, scriveva:

«Dal 1807 io ho cominciato i miei lavori sulle proporzioni chimiche e a studiarle assiduamente. Le molte Memorie che io ho pubblicato su questo argomento si trovano nell'opera svedese: *Afhandlingar i Fisik, Kemi och Mineralogi*⁽¹⁸⁹⁾.

«Occupato nella pubblicazione di un *Trattato elementare di Chimica*, io lessi, tra le altre opere che generalmente non si leggono, le *Memorie di Richter*, di cui già ho parlato. Io fui colpito dalle cognizioni che vi trovai⁽¹⁹⁰⁾ sulla composizione dei sali e sulla precipitazione dei metalli gli uni cogli altri e da cui non si era ancora tratto nessun frutto. Risulta dalle ricerche di Richter, che a mezzo di buone analisi di alcuni sali, si può calcolare con precisione la composizione di tutti gli altri. Ne ho dato un riassunto nel mio *Trattato elementare*, t. I, pag. 398-401, nella prima edizione svedese del 1808, e nel medesimo tempo preparai eziandio il progetto di analizzare una serie di sali, a mezzo dei quali sarebbe superfluo esaminarne altri. Egli è evidente che se si analizzano tutti i sali formati da un acido, per esempio l'acido solforico con tutte le basi e quelli formati da una base, ad esempio la barite con tutti gli acidi, si avranno i dati necessari per calcolare la composizione di tutti i sali formati per doppia decomposizione, conservando la loro neutralità. Durante la esecuzione di questo progetto, la composizione degli alcali fu scoperta da Davy. Io trovai, come altri chimici, che l'ammoniaca lasciava al polo negativo della pila elettrica un corpo che manifestava le proprietà di un metallo, e ne conclusi che questo alcali doveva essere considerato come un ossido, di cui la quantità di ossigeno, benchè fosse impossibile constatarla coll'analisi diretta, doveva essere calcolata secondo i fenomeni della precipitazione dei metalli. Lo studio di questi fenomeni doveva dunque

⁽¹⁸⁷⁾ JOHN MURRAY, professore di chimica a Edimburgo, pubblicò nel 1806-1807: *A system of Chemistry*, in 4 vol. in-8°, e nel 1809 un *Supplemento* a questo libro contiene un breve riassunto della teoria atomica di Dalton (Söderbaum).

⁽¹⁸⁸⁾ TOMMASO THOMSON nacque nel 1773 a Crieft nel Perthshire e morì nel 1852 a Glasgow. Prima medico, poi si occupò di chimica a Edimburgo e a Londra, poscia nel 1817 fu professore di chimica a Glasgow. Fu un ardente propagatore della teoria atomica di Dalton e fece non poche esperienze che servirono a stabilire la legge delle proporzioni multiple: tali sono quelle dei sali di potassio e dell'acido ossalico.

Scrisse molte opere importanti. La 1ª edizione del suo *A new System of Chemistry*, in 4 vol., è del 1802; la 3ª edizione, del 1807, fu tradotta in francese dal Riffault, con una lunga ed importante introduzione del Berthollet; è in questa edizione che comparve per la prima volta la teoria atomica di Dalton. La 6ª ed ultima edizione è del 1820; la 5ª, del 1817, fu tradotta in francese nel 1818 in 4 grossi volumi, con 1 vol. di Supplemento. La sua *Storia della Chimica*, in 2 vol., fu pubblicata nel 1830-1831. A Londra pubblicò un giornale molto importante: *Ann. of Philosophy*, che è la continuazione del *Journ. di Nicholson*. Pubblicò inoltre: *The elements of Chemistry*, 1810; *Systeme of Chemistry in organic Codies*, 2 vol., 1883, e 8ª ed. nel 1831, traduz. in tedesco da Wolff in 5 volumi, 1805-1811; *Chemistry of organic Codies and vegetables*, 1838; *Outlines of mineralogy and geology*, 1836. Era in relazione con Berzelius, il quale però, come chimico, non lo considerava di molto valore.

⁽¹⁸⁹⁾ *Mémoires relatifs à la physique, à la chimie et à la minéralogie*, t. III, IV, V e VI, nelle *Mémoires de l'Académie des Sciences de Stockholm pour l'année 1813*, e in altre Memorie pubblicate più tardi.

⁽¹⁹⁰⁾ Con altre belle parole il Berzelius ricorda questi suoi studi sulle opere di Richter nel suo *Essai*, pag. 4.

far parte delle mie esperienze, ed allorquando io ebbi conoscenza delle idee di Dalton sulle proporzioni multiple, «je trouvais [egli continua con queste belle parole⁽¹⁹¹⁾] dans le nombre des analyses dont j'avais déjà les résultats, une telle confirmation de cette théorie, que je ne pus m'empêcher d'examiner les dits phénomènes; et ce fut ainsi que le plan de mon travail sur une partie, d'abord très-limitée, des proportions chimiques, l'agrandit de plus en plus, et embrassa finalement les proportions dans toute leur étendue, dont j'étais loin de me faire une juste idée en commençant mes expériences. Elles donnèrent d'abord des résultats bien différents de ceux auxquels je croyais devoir m'attendre. À force de les répéter et d'y employer des méthodes variées, je m'aperçus des fautes commises. Eclairé par l'expérience de mes propres erreurs, et à l'aide de meilleurs procédés, je parvins à trouver une grande corrélation entre le résultat des analyses et les calculs de la théorie. La comparaison de ces résultats développa successivement de nouvelles vues, qui demandaient à être vérifiées, en sort que le travail augmenta d'étendue, et peut-être aussi d'importance».

Uno dei grandi meriti di Berzelius è quello, secondo me, di aver fatto conoscere i lavori di Wenzel e di J. B. Richter. Egli è certo che prima di Berzelius le ricerche di questi due chimici erano dimenticate. Il nostro Berthollet però fece conoscere i lavori di Richter. A proposito di Wenzel e di Richter, il Berzelius scrive già nel 1807, poi nel suo *Essai* del 1819 e nel suo Trattato.

È vero che, osservarono i biografi di Richter e anche il Wurtz, a Wenzel non si deve la scoperta della proporzionalità tra le quantità dei corpi che entrano in reazione, e qui il Berzelius ha errato, perchè in realtà questa legge è di Richter, ma non è men vero che Berzelius riconobbe anche i grandi meriti di Richter e sui lavori analitici di questo chimico egli s'ispirò nelle prime sue ricerche.

«Ma, egli scrive⁽¹⁹²⁾, è principalmente a Richter, chimico di Berlino, che noi dobbiamo le prime indicazioni positive sulle proporzioni chimiche fondate su numerose esperienze», ecc.

Ostwald⁽¹⁹³⁾ esagera grandemente quando dice che Richter era quasi sconosciuto nel 1845 e attribuisce a C. B. Hess⁽¹⁹⁴⁾ il merito di aver fatto conoscere la legge di Richter della proporzionalità o degli equivalenti. Esagerazione dimostrata dal fatto che Berzelius, per quanto abbia attribuito una parte dei meriti di Richter al Wenzel, è stato colui che proprio ha fatto conoscere bene il Richter.

I lavori di Wenzel e di Richter sono stati da loro esposti in una forma oscura e non facile da decifrare, ed è quindi tanto più grande il merito di Berzelius di aver fatto conoscere questi autori già nel 1807.

Grande era la cura di Berzelius nel ricordare i lavori dei suoi predecessori e farne vedere il legame che hanno avuto con i suoi stessi lavori.

Nell'anno 1811 il Berzelius fece conoscere la sua bella lettera a Berthollet⁽¹⁹⁵⁾ relativa all'analisi di differenti sali, nella quale per primo egli fa ben notare i grandi meriti di Richter⁽¹⁹⁶⁾;

⁽¹⁹¹⁾ *Traité de Chimie*, t. IV, pag. 495.

⁽¹⁹²⁾ *Essai*, ecc., Paris 1819, pag. 3.

⁽¹⁹³⁾ *L'évolution d'une science, la Chimie*, p. 45.51.

⁽¹⁹⁴⁾ Secondo il Ladenburg, sarebbe stato lo Smith (*Memoir of J. Dalton*, pag. 160) il primo a far notare l'errore di Berzelius. A Wenzel si deve forse la prima idea dell'azione di massa ed i primi tentativi per determinare numericamente le forze chimiche; anzi, secondo Ostwald, a lui si deve la *legge quantitativa dell'azione di massa con tutta la chiarezza desiderabile*. Ma io credo che Wenzel non pensasse ad una vera azione di massa come l'ha indicata esattamente il Berthollet nel 1799-1801.

⁽¹⁹⁵⁾ *A. Ch.* [1], t. LXXVII, pag. 63

⁽¹⁹⁶⁾ J. BENIAMINO RICHTER. Può dirsi che Berzelius iniziava i suoi studi sulla chimica quando J. B. Richter pubblicava le sue ricerche sull'azione reciproca fra i sali. J. Beniamino Richter è stato un chimico di gran valore. Egli, forse per primo, tentò di applicare la matematica alla chimica e ne tratta già nella sua dissertazione inaugurale a Königsberg nel 1789: *De usu matheseis in Chymia*. La scoperta della neutralizzazione dei sali, per quanto intravveduta dal Wenzel, pare spetti proprio al Richter (si veggia il bel lavoro, poco conosciuto, di Karl Löwig: *Jeremias Benjamin Richter, der Entdecker der chemischen Proportionen*, Breslau 1874, in-4°). E lo fece notare G. E. Fischer nella traduzione tedesca della *Memoria sulle leggi dell'affinità* di Berthollet, nel 1802. Ed il Berthollet stesso riproduce quest'osservazione in una nota a pag. 134 del suo *Essai de statique chimique*, t. I. A pag. 116 dello stesso volume, egli imparzialmente scrive:

questa lettera può riguardarsi come l'introduzione alla sua classica Memoria: *Essai*, ecc. del 1811. Incomincia dicendo⁽¹⁹⁷⁾:

«Studiando l'opera di Richter, intitolata: *Ueber die neuern gegenstände der Chemie* (1°-10° stück, 1795-1800), vi trovai due teoremi, che mi parvero di altissima importanza per la teoria delle affinità. Cioè: 1) che tutti i sali neutri che conservano la loro neutralità quando si mescolano le loro soluzioni, sono composti in modo che le quantità delle diverse basi, che saturano uno degli acidi che si trova nella miscela, conservano le stesse proporzioni fra loro, saturando gli altri acidi; 2) che un sale metallico neutro, di cui si precipita il metallo, con un altro metallo più combustibile, cambia soltanto di metallo, ma che la porzione di ossigeno che entra nell'ossido metallico e l'acido di cui è saturato, restano gli stessi; e che i diversi ossidi metallici che saturano una porzione data d'un acido qualsiasi contengono tutti la stessa quantità d'ossigeno.

«Il primo di questi teoremi mi parve dapprima il più importante. Le esperienze di Richter essendo quasi sempre errate, cominciai ad applicare questo principio ad una grande quantità di altre

«Richter parait être le premier chimiste qui ait fait attention à cette propriété remarquable des combinaisons salines de n'éprouver point de changement dans l'état de saturation, lorsqu'elles sont confondues dans une même dissolution. L'on trouvera dans une Note que je tire de la traduction de Fischer un précis de ses opinions».

Il fatto fondamentale scoperto da Richter consiste in ciò che quando si mescolano le soluzioni di due sali neutri la soluzione rimane neutra. Se si mescolano, ad esempio, le soluzioni di solfato sodico e di nitrato baritico, si ottiene un precipitato di solfato baritico e in soluzione rimane il nitrato sodico neutro. Stabilendo la quantità dei diversi acidi che reagiscono con una stessa base e quella di una base che reagisce con diversi acidi, arrivò alla legge dell'equivalenza, che è fra le fondamentali in chimica e che deve aver avuto, insieme alla legge di Proust, influenza sulla mente di Dalton per concepire la sua teoria atomica.

Le principali ricerche di Richter si trovano nei suoi *Elementi di stechiometria (Anfangsgründe der Stöchiometrie oder Messkunst chemischer Elements)* (3 vol., Bresl. 1792-1794) e *Mittheilungen über der neuen Gegenstände d. Chemie*, 11 fasc., Bresl. 1791 a 1802. Importanti specialmente i fascicoli 5, 7, 8 e 9. Berzelius è stato il primo a far conoscere bene le opere di Richter. Il Richter, relativamente ai sali metallici, osservò che quando due di questi sali si decompongono per doppia affinità, vale a dire quando si scambiano le loro basi e i loro acidi, il metallo dell'uno ritrova nell'altro esattamente la quantità di ossigeno necessaria per mantenerlo in soluzione nell'acido; o in altre parole, le quantità dei diversi metalli necessarie per formare dei sali neutri, sciogliendosi in un medesimo peso d'acido, si combinano con la stessa quantità di ossigeno. Nel linguaggio di Lavoisier questa proposizione, dei resto esatissima (scrive Wurtz), ha preso una forma più chiara, quando si disse più tardi che le quantità differenti di ossidi, le quali si combinano con uno stesso peso d'acido, contengono la stessa quantità di ossigeno. Questa scoperta, diceva giustamente Wurtz, passò inosservata a Gay-Lussac, il quale la riferisce nel 1808.

Il Richter ammise inoltre che i rapporti secondo i quali l'ossigeno si combina con altri corpi, e particolarmente coi metalli, sono perfettamente costanti e definiti e che la quantità di ossigeno che un metallo fissa sciogliendosi in un acido non è sempre la stessa di quella che assorbe allorchando lo si scalda nell'aria (Wurtz).

Così, scrive Wurtz, il Richter fu condotto ad ammettere diversi gradi di ossidazione; egli riconobbe che certi metalli, come il ferro ed il mercurio, possono combinarsi coll'ossigeno in più proporzioni, in modo da formare due gradi di ossidazione. Wurtz, che ha fatto conoscer bene Richter in Francia, dice: «Proust ha scoperto il fatto una seconda volta e l'ha fortemente accentuato nella sua discussione contro Berthollet, ma senza riconoscere che le quantità di ossigeno contenuto nei differenti ossidi d'un medesimo metallo aumentano in un rapporto semplicissimo» (Wurtz, *La théorie atomique*, 1879, p.16). Richter ha errato quando ha cercato di dimostrare che le quantità di basi che saturano un medesimo peso di acido rappresentano i termini di una proporzione aritmetica, e che le quantità di acidi che si combinano ad un medesimo peso di base formano i termini di una proporzione geometrica.

Comunque, le ricerche di Wenzel, e specialmente quelle di Richter, costituiscono le prime leggi dei numeri in chimica.

Richter espose le sue ricerche in forma un po' confusa, perchè non volle abbandonare la teoria del flogisto, mentre sotto molti riguardi accettò le nuove idee antiflogistiche; anzi si fa sentire nei suoi lavori l'influenza delle nuove idee lavoisieriane. Trovò un buon commentatore in G. E. Fischer e poi fu meglio fatta conoscere tutta l'opera sua dal Berzelius. Ai suoi tempi Richter era pressochè sconosciuto; nacque in Hirschberg nel 1762 e morì a Berlino nel 1807. A lui si debbono molte altre ricerche (sull'alcolometria, su molti metalli, ecc.).

Il Berthollet apprezzava altamente le ricerche di Richter e anche qui si dimostra animo imparziale, onesto; egli nella nota II, pag. 134, del suo *Essai*, t. I, riproduce intera la nota di Fischer che riguarda i lavori di Richter, il che ha contribuito non poco a far conoscere la *legge di proporzionalità*, oggi conosciuta col nome di *legge di Richter*. Se si guarda bene, nella legge di proporzionalità vi è inclusa la legge delle proporzioni definite; ma ciò nulla toglie ai meriti di Proust, che arrivò alla sua legge dopo una lunga serie di determinazioni quantitative, quali prima di lui non si erano mai fatte.

⁽¹⁹⁷⁾ Traduzione di mia figlia MARIA, fatta nel 1894, come pure le altre seguenti.

analisi fatte da diversi chimici; ma non ne trovai che 6 rispondenti con qualche esattezza alla regola. Erano le analisi dei solfati e muriati di barite, di potassa e di soda, fatte da Bucholz e Rose. Le analisi di Kirwan. corrispondevano benissimo fra loro, ma non con altre analisi. Le esperienze precitate di Bucholz e Rose diedero dei risultati che non differivano se non per millesimi di parti, onde mi parvero le più giuste e quasi le sole abbastanza esatte per ricerche di questo genere. Per stabilire questo punto e verificare l'idea di Richter in modo più decisivo, mi proposi di fare una serie di analisi colla precisione più scrupolosa. Feci il progetto di analizzare tutti i solfati e tutti i sali a base di barite. Secondo queste due serie di analisi, io potevo calcolare la composizione di tutti gli altri sali e il risultato di questo calcolo doveva sempre essere confermato dall'esperienza. Di questo lavoro mi occupava già nel 1807 e resi conto di alcune di queste analisi nel mio *Trattato elementare di Chimica*, che fu pubblicato al principio del 1808. Avendo queste analisi confermato pienamente la verità del principio, non restava più che compiere le due serie di analisi che mi ero proposto di fare. In quel tempo furono pubblicate le scoperte di Davy sulla decomposizione degli alcali fissi. L'idea che tutte le basi salificabili fossero ossidi metallici, mi colpì dapprima ed io non dubitai di venire fra poco a sapere che Davy avesse metallizzato anche le terre e l'ammoniaca. Ripetei tuttavia con Pontin, medico del re, le esperienze di Davy, ma non avendo che una debolissima pila voltaica, tentammo, per mezzo di un conduttore metallico, fissato al polo negativo e immerso nel mercurio, di raccogliere la piccola quantità di base metallica che pareva si formasse. Il potassio si depositò facilmente e il piccolo globulo di mercurio si ridusse in un'amalgama fissa. Ripetemmo la stessa esperienza con ammoniaca, che si decompose più facilmente ancora. Il mercurio, attaccato all'estremità del conduttore negativo, diede una vegetazione metallica, simile a quella che si forma decomponendo, nel lavoro della pila, un sale a base di piombo. La vegetazione aumentò di volume tanto che si staccò dal conduttore e nuotando sul liquido, si trasformò in ammoniaca con effervescenza e sviluppo di calorico. Tutti i miei sforzi per ottenere separatamente questa sostanza metallica riuscirono vani: io la considerai dapprima come un metallo composto d'idrogeno e d'azoto, ma le esperienze di Berthollet, Davy e Henry, che conobbi poi, mi persuasero che questa idea era infondata. Non potendo produrre questo corpo problematico senza il mercurio, volli almeno conoscere la quantità di ossigeno colla quale è combinato nell'ammoniaca e vedendo l'impossibilità di farlo con esperienze dirette, ricorsi all'idea di Richter: che tutte le basi che saturano la stessa quantità di un acido qualsiasi, debbono contenere la stessa porzione di ossigeno».

E dopo (pag. 75) esposte alcune sue ricerche analitiche e discusse altre, ma inesatte, del Bucholz, continua:

«Era presumibile che una base salificabile determinerebbe per parte sua in qualche modo la quantità d'ossigeno nell'acido necessario a saturarla; ma questo rapporto fu più difficile da trovare, che non quello fra l'acido e l'ossigeno nella base. Tuttavia io fui tanto fortunato da scoprirlo. Ecco lo:

«In una combinazione, formata da due corpi ossidati, quello che, nel circuito della pila elettrica, si dispone presso il polo positivo (ad esempio l'acido) contiene 2, 3, 4, 5, ecc., volte tanto di ossigeno di quello che si dispone presso il polo negativo (ad esempio l'alcali, la terra, l'ossido metallico). Questa regola, essendo applicabile a molte altre combinazioni oltre i sali, darà presto all'analisi chimica una perfezione inattesa. La maggior parte degli acidi contengono due volte tanto di ossigeno delle basi che li saturano, come l'acido carbonico, l'acido solforoso; altri ne contengono tre volte tanto, ad es. l'acido solforico, e altri ancora, ad es. l'acido muriatico sovraossigenato, ne contengono fino a due⁽¹⁹⁸⁾ volte tanto. Fra tutte queste combinazioni, l'acqua ha una parte assai interessante; ora, come base, si unisce agli acidi, per es. agli acidi minerali, agli acidi vegetali cristallizzati; ora, sostituendo gli acidi, si combina cogli alcali, le terre e gli ossidi metallici, formando ciò che noi chiamiamo idrati».

Questa lettera a Berthollet (1811) termina con una tabella delle analisi che egli ha fatto; ed è meravigliosa per l'esattezza dei risultati. Per il solfuro di rame, ad esempio, trova 25,6 di solfo per

⁽¹⁹⁸⁾ Forse qui vi è un errore nel testo.

100 di rame, mentre ora si calcola 25,2; per l'ossido CuO trova 25 % di ossigeno mentre ora si calcola 25,3, ecc., ecc.

Egli poi comincia la sua classica Memoria: *Essai sur les proportions déterminées dans lesquelles se trouvent réunis les éléments de la nature inorganique*⁽¹⁹⁹⁾, colle parole seguenti:

«C. L. Berthollet, uno dei più illustri chimici del nostro secolo, nelle sue ingegnose ricerche sulle leggi delle affinità, cercò di stabilire il fatto che i corpi possono entrare in combinazione in proporzioni progressive e indefinite dai principi.

«Un altro scienziato, primo maestro della scienza, L. Proust, provò, al contrario di lui, che non vi sono progressioni indefinite di questa specie, ma che tutti i corpi composti, distinti da un carattere specifico, non esistono che in una sola e invariabile proporzione fra i loro elementi e che quando, ad esempio, per far passare l'ossidulo di un metallo allo stato di ossido, si aumenta la quantità di uno dei principi costituenti, quest'aumento si fa saltando immediatamente ad un'altra quantità ugualmente determinata e invariabile; nessun'altra serie di combinazioni potendo avvenire fra queste quantità definite. L'esattezza di questa osservazione di Proust non sfuggirà a nessun chimico sperimentato; ma non è noto ancora se questi salti seguono certe leggi generali per tutti i corpi o se dipendono da circostanze indeterminate, particolari ai corpi considerati specialmente.

«Nelle esperienze che comunicherò si troverà qualche regola generale di queste combinazioni. Io fui condotto a queste ricerche da alcune esperienze che facevo per determinare la quantità dell'ossigeno nell'ammoniaca. Durante queste esperienze, mi avvidi che in tutti i muriati, di cui la quantità d'acido muriatico era stata determinata secondo l'analisi del muriato d'argento fatta da Bucholz e Rose, la parte della base che saturava una certa quantità d'acido conteneva la stessa quantità di ossigeno. La stessa cosa avvenne pei solfati, determinati secondo l'analisi del solfato di barite fatta da Bucholz, quantunque nel resto queste due serie non si accordassero bene, neppure nei casi in cui la determinazione di uno di questi acidi in un sale era stata fatta in altro modo. Inoltre, io trovai nei muriati di piombo e di rame con eccesso di base, che l'acido prendeva per saturazione quattro volte tanto di base che nei sali neutralizzati. Tutte queste particolarità dovevano provenire da una causa, che io speravo di scoprire sottomettendo ad un esame rigoroso la composizione di parecchi di questi corpi.

«Mentre io ero occupato in questi lavori, mi caddero sotto gli occhi le esperienze di Wollaston⁽²⁰⁰⁾ sui sali aciduli, riguardo all'ipotesi di Dalton, che *quando i corpi possono combinarsi in proporzioni diverse, queste proporzioni sono sempre una moltiplicazione semplice di 1, 2, 3, 4, ecc., col peso di uno dei corpi*, il che pareva confermato anche dalle esperienze di Wollaston. Questo modo di considerare le combinazioni dei corpi getta già a primo sguardo una tale luce sulla dottrina delle affinità, ch'esso può considerarsi come il più gran passo che la chimica abbia fatto verso il suo perfezionamento come scienza, se l'ipotesi di Dalton può essere provata. Ignoro il modo con cui Dalton ha trattato questa ipotesi nei suoi particolari e su quali esperienze l'abbia fondata, e quindi non so se essa sarà confermata interamente dalle mie esperienze o se potrà venirne più o meno modificata.

«Si vedrà in seguito che quando due corpi, ad esempio A e B, possono combinarsi in parecchie proporzioni diverse, queste saranno: 1° 1A con 1B (il che noi chiamiamo combinazione al *minimum*); 2° 1A con 1½B (o forse piuttosto 2A con 3B); 3° 1A con 2B; 4° 1A con 4B; ma in queste esperienze non si troverà esempio di 1A con 2B.

«Si troverà inoltre che se due corpi A e B hanno entrambi affinità per due altri C e D, il C che satura A sta al D che satura A come il C sta al D, il cui B è saturato. Se, ad es., 100 p. di piombo al *minimum* prendono 15,6 p. di solfo e 7,8 p. di ossigeno, e se 100 p. di ferro, secondo l'analisi che riferirò in seguito, prendono 58,8 p. di ossigeno, la composizione dell'ossidulo di ferro può trovarsi con un calcolo semplice: poichè 15,6: 7,8 = 58,8: 29,4 e 100 p. di ferro prendono 29,4 p. di ossigeno. Questo sarà ancora confermato dalle esperienze seguenti. In questo modo si può fare l'estimazione

⁽¹⁹⁹⁾ A. Ch., 1811 [1], t. LXXVIII, pag.5.

⁽²⁰⁰⁾ Journ. de Nicholson, novembre 1808.

di tutte le combinazioni binarie, come pure con un simile calcolo deve trovarsi la composizione dei sali, il che fu già da tempo provato da Richter.

«È evidente che il risultato del calcolo sarà assai più sicuro di quello dell'analisi, quando per il calcolo vi siano dati sicuri. Le analisi che comunicherò furono fatte a questo scopo colla maggiore accuratezza e le più essenziali furono ripetute parecchie volte prima di trarne le conseguenze; ma nonostante che le più importanti di esse, certamente, non si potranno trovar errate per più di un millesimo, e le altre per più della metà di uno per cento, tuttavia esse sono sempre abbastanza inesatte per non essere altro che approssimazioni; e quando vi è qualche leggiero errore in ogni esperienza, ne risulta talvolta una compensazione, ma talvolta anche una incorrettezza moltiplicata al termine del calcolo.

«Non si giungerà forse mai a dare alle analisi chimiche quel grado di perfezione che sarebbe necessario perchè i risultati esprimessero fino all'ultimo decimale le vere proporzioni dei principi; ma non sarà impossibile, quando si sieno fatte parecchie analisi colla maggior cura, dar loro, per mezzo del calcolo, una correzione tanto perfetta che tutti i dati ottenuti poi col calcolo vi corrispondano esattamente.

«Io riferirò i miei lavori nell'ordine più conveniente per rischiarare il soggetto, senza entrare in speculazioni teoriche. La teoria che si trova congiunta ai risultati delle esperienze è troppo evidente per sè stessa e per quanto riguarda i presentimenti a cui le mie esperienze potranno dare origine, essi nasceranno certamente senza di me in ogni attento lettore».

Il Berzelius dopo una così lunga serie di ricerche chiude questa parte della Memoria dicendo⁽²⁰¹⁾:

«Del resto bisogna riconoscere che queste esperienze non sono ancora tanto numerose perchè si possa incondizionatamente adottare il loro risultato come delle leggi generali; ma prima di pervenire ad una certezza perfetta bisogna stabilire delle leggi ipotetiche che dopo essere state dimostrate dalle esperienze fatte da *differenti chimici* potranno infine essere ammesse nella scienza come delle leggi reali», ecc.

È indubitato che Berzelius fu colui che portò il maggior contributo alla teoria daltoniana.

Berzelius era sulla via di scoprire la legge delle proporzioni multiple ancor prima che conoscesse le ricerche di Dalton e di Wollaston. Se Proust invece di limitarsi a dare la composizione centesimale dei suoi composti (ossidi, solfuri, ecc.) avesse riferito la quantità di ossigeno, di solfo, di cloro, ecc., che stava combinata col metallo all'unità di peso di questo, ad esempio a 100 p., egli sarebbe stato indubbiamente condotto alla scoperta sperimentale della legge delle proporzioni multiple, come s'avvide subito il Berzelius dopo aver avuto sentore della legge trovata da Dalton. Se nell'analisi, a cagion d'esempio, dei due ossidi di rame, invece di dare come risultato: ossido rameoso:

88,9 rame
11,1 ossigeno

e ossido rameico:

80,0 rame
20,0 ossigeno

avesse riferito le quantità di ossigeno ad una stessa quantità di rame, come ha poi fatto Berzelius, avrebbe trovato che nel primo⁽²⁰²⁾:

100 p. di rame stavano uniti a 12,45 di O

e nel secondo:

100 p. di rame stavano uniti a 25,00 di O.

Cioè nel secondo caso esattamente il doppio della quantità d'ossigeno contenuto nel primo. E pei due solfuri di ferro, Berzelius trovò, pel solfuro al *minimum*:

Ferro. 63 100,00

⁽²⁰¹⁾ A. Ch. [1], t. LXXXII, Pag. 124.

⁽²⁰²⁾ Ivi [1], 1811, t. LXXXVIII, pag. 109.

Solfo. 37 58,75
 e pel solfuro al *maximum*:

Ferro. 45,08 100
 Solfo. 53,92 117

Cioè, nel secondo composto la quantità di solfo è doppia di quel che sia nel primo.

Le analisi di Berzelius erano meglio eseguite che non quelle di Proust ed i risultati erano da lui esposti in vari modi, per cui doveva scaturirne la legge delle *proporzioni multiple*.

Ed anche in questa classica Memoria appare la grande esattezza nei lavori di Berzelius.

Per il cloruro d'argento trova:

	Berzelius	Calcolato
Ag.	75,33	75,273
Cl.	24,67	24,727

Per l'ossido d'argento trovò:

	Vecchie analisi	Poi	Calcolato
Ag. . .	92,67	93,10	93,11
O . . .	7,33	6,88	5,88

Berzelius determinò con grande esattezza la composizione dell'ossido di potassio⁽²⁰³⁾:

	Trovato	Calcolato
K ²	82,97-83,03	83,03
O	17,03-16,95	16,97

e del cloruro di potassio:

	Berzelius	Calcolato
K.	52,598	52,466
Cl.	47,402	47,534

Stas e Marignac trovarono poi quasi esattamente il calcolato.

Nel dosamento dell'ossigeno nel KClO³ Berzelius trovò 39,151 mentre si calcola 39,151 e ad identici risultati, ma un po' meno esatti, arrivarono Stas, Marignac e Pelouze.

Uguale esattezza egli dimostra nelle analisi di tanti altri sali di potassio. E così pure nell'analisi di numerosi composti di sodio.

Si guardi ad esempio l'analisi dell'ossido di sodio:

	Davy	Gay-Lussac E Thenard	Berzelius 1811	Calcol.
Sodio (NA ²)	74,6	74,7	74,29	74,23
Ossigeno O	25,4	25,3	25,71	25,77

Anche nell'analisi del solfato di sodio anidro trova:

	Prima	Poi	Calcolato
Na ² O	44,24	43,72	43,67
SO ³	55,76	56,28	56,33

⁽²⁰³⁾ *Essai*, ecc., in *A. Ch.* [1], 1811. t. LXXX, p. 245.

Molto meno esatte sono le analisi di Dalton, Wenzel, Kirwan, Longschamp.

L'analisi di questi sali, quali il cloruro di potassio, il solfato di sodio, il clorato di potassio, ecc., aveva moltissima importanza, sia perchè se ne deduceva il peso atomico del cloro, del potassio, ecc., sia perchè è la forma sotto la quale si possono dosare il potassio, il sodio.

Conosciuta la composizione dell'acqua (vedi il lavoro citato più sopra, fatto con Dulong), Berzelius se ne valse per stabilire la quantità di acqua di cristallizzazione nei sali. Pel solfato ferroso, ad esempio, trovò:

SO ³	28,9
FeO	25,7
H ² O	45,4

Ma l'ossigeno in 45,4 di acqua è 40,16 e nell'ossido ferroso è 5,8, dunque $5,8 \times 7 = 40,6$. Dunque l'acqua di cristallizzazione contiene sette volte tanto ossigeno quanto la base. Sappiamo infatti che $\text{FeO} \cdot \text{SO}^3 + 7\text{H}^2\text{O}$. Così pel solfato di rame trovò $\text{CuO} \cdot \text{SO}^3 + 5\text{H}^2\text{O}$ ⁽²⁰⁴⁾.

E così egli ne deduce che il cloruro di bario contiene $\text{BaCl}^2 + 2\text{H}^2\text{O}$, il solfato di calcio: $\text{CaSO}^4 + 2\text{H}^2\text{O}$ ⁽²⁰⁵⁾,

il cloruro di calcio $\text{CaCl}^2 + 6\text{H}^2\text{O}$, ecc.: tutti risultati esattissimi.

Legge del rapporto dell'ossigeno nei sali e legge delle reazioni integrali. - Le sue numerose ed esatte analisi lo condussero a stabilire la legge che: *in ciascun genere di sali esiste un rapporto semplice e costante fra gli atomi di ossigeno della base e gli atomi di ossigeno dell'acido*. Così, ad esempio, nei solfati:

$\text{K}^2\text{O} \cdot \text{SO}^3$, il rapporto è di 1:3;

nei solfiti:

$\text{K}^2\text{O} \cdot \text{SO}^2$, il rapporto è di 1:2;

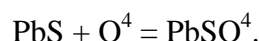
nei fosfati:

$3\text{K}^2\text{O} \cdot \text{P}^2\text{O}^5$, il rapporto è di 3:5;

nei clorati e nitrati:

$\text{K}^2\text{O} \cdot \text{ClO}^2$ e K^2ONO^2 , il rapporto è di 1:2.

È interessante quella parte della Memoria in cui dimostra che il solfuro di piombo contiene il solfo e il piombo nello stesso rapporto che nel solfato di piombo; fatto importante che ora noi rappresentiamo in questo modo



«Avendo fatto l'osservazione, egli dice, che nei solfiti, come nei solfati, l'acido contiene 2 oppure 3 volte tanto ossigeno quanto quello della base, mi sembra verosimile che lo stesso rapporto dovrebbe esistere tra l'ossigeno degli acidi e quello delle basi in tutti gli altri sali neutri. I risultati delle mie esperienze confermano questa supposizione e danno origine alla scoperta di una legge che in seguito avrò cura di sviluppare e di adoperare. Questa legge consiste essenzialmente in ciò:

«Nei sali neutri, l'ossigeno dell'acido è un multiplo di quello della base per un numero intero, cioè 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Si può esprimere questa legge in modo ancora più generale dicendo: allorquando due sostanze ossidate entrano in un composto neutro, l'ossigeno di quella che nella pila

⁽²⁰⁴⁾ A. Ch [1], t. LXXXII, pag. 121.

⁽²⁰⁵⁾ Molti modesti farmacisti erano a quel tempo analizzatori esattissimi. Il Bucholz, ad esempio, pel solfato di calcio ebbe i risultati seguenti (in Berzelius, A. Ch., 1812 [1], t. LXXXII, pag. 118):

	Calcolato	Trovato
SO ³	46,2	46
CaO	32,4	33
H ² O	20,8	21

elettrica sarà attratta dal polo positivo è un multiplo per un numero intero dell'ossigeno di quella che si depositerebbe al polo negativo»⁽²⁰⁶⁾.

La legge di Berzelius sulla composizione dei sali, cioè sul rapporto tra l'ossigeno dell'ossido e l'ossigeno dell'acido, è benissimo esposta nelle *Leçons de Chimie* del Malaguti, dicendo: *Nei sali esiste un rapporto semplice e costante tra l'ossigeno della base e quello dell'acido*, o ciò che torna lo stesso: *le quantità ponderali delle diverse basi che formano dei sali neutri con un medesimo peso d'un acido, contengono esattamente la stessa quantità di ossigeno*⁽²⁰⁷⁾.

La legge di Berzelius sul rapporto tra l'ossigeno della base e l'ossigeno dell'acido fu ammessa anche dal Dumas nel suo *Traité de Chimie*, 1830, t. II, pag. 209.

Questa legge generale del Berzelius ha avuto grande importanza per stabilire definitivamente la composizione di un gran numero di sali.

Egli deduceva la composizione di un corpo composto tenendo conto anche del costante rapporto fra l'ossigeno quando il composto era ossidato. Egli partiva, ad esempio, dal *solfito di piombo* $\text{PbO} \cdot \text{SO}^2$ (ossia PbSO^3), l'ossidava con acido nitrico, lo trasformava in solfato e notava che oltre a solfato di piombo non trovava traccia nè di piombo, nè di acido solforico in eccesso; dunque, egli diceva, nel solfuro di piombo PbS , nel solfito $\text{PbO} \cdot \text{SO}^2$ e nel solfato $\text{PbO} \cdot \text{SO}^3$ il rapporto tra piombo e solfo si mantiene costante e varia solo la quantità di ossigeno che però è costante; nel solfito il rapporto 1 : 2 fra l'ossigeno della base e l'ossigeno dell'acido e 1 : 3 nel solfato.

Per formare più combinazioni, più o meno complesse, scrive Ostwald, gli stessi elementi si uniscono sempre nel medesimo rapporto; è ciò che si potrebbe chiamare la *legge delle reazioni integrali*. Questa legge di Berzelius fu poi seguita da Stas quando lavorava con il clorato, bromato e jodato d'argento AgClO^3 , AgBrO^3 , AgJO^3 , che, come aveva fatto Berzelius, trasformava in cloruro, bromuro e ioduro; i rapporti AgCl , AgBr , AgJ restavano gli stessi.

È questo dunque un altro punto importante fissato da Berzelius.

Io credo di non esagerare dicendo che Berzelius nel 1811 gettò le *basi della chimica sperimentale moderna*, come Avogadro gettò, nello stesso memorabile anno, le *basi delle teorie chimiche moderne*.

Nè può essere passata sotto silenzio la sua Memoria di grande importanza storica pubblicata nel 1813 e che ha il titolo: *Essay on the Cause of chemical Proportions, and on some Circumstances relating to them: together with a short and easy Method of expressing them*⁽²⁰⁸⁾.

In un'altra importante Memoria del 1814: *Mémoire pour déterminer les proportions simples et définies dans lesquelles les parties constituantes des substances inorganiques sont unies les unes avec les autres*⁽²⁰⁹⁾, il Berzelius stabilisce bene cosa deve intendersi per *sottosali* o *sali basici* e per *sali doppi*. Nel capitolo: *Leggi per la formazione dei sali basici*, il Berzelius⁽²¹⁰⁾ stabilisce che si debbano considerare *neutri* tutti i sali terrosi e metallici nei quali l'acido è unito con tanto ossigeno nella base quanto se ne trova in un'altra combinazione indubbiamente neutra del medesimo acido con un alcali o una terra alcalina. «Così, egli dice, considero come neutri tutti i solfati nei quali la base contiene un terzo dell'ossigeno dell'acido, così pure tutti gli arseniati⁽²¹¹⁾, carbonati e fosfati nei quali la base contiene la metà dell'ossigeno dell'acido». Egli chiama *soprasali* quelli nei quali vi è più ossigeno che non nell'acido e *sottosali* quelli ove se ne trova meno.

Questa Memoria è importante anche perchè in essa stabilisce la composizione chimica di sali basici e doppi, assai difficili da analizzare.

In questa Memoria analizza il solfato ferrico basico $2\text{Fe}^2\text{O}^3 \cdot \text{SO}^3 \cdot 6\text{H}^2\text{O}$, pel quale trova:

⁽²⁰⁶⁾ A. Ch. [1], 1811, t. LXXIX, pag. 127.

⁽²⁰⁷⁾ *Leçons de Chimie*. 2^{me} éd., 1858, t. I, pag. 444.

⁽²⁰⁸⁾ *Ann. of Philosophy* di Thomson, t. II, 1813, pag. 443; t. III, 1814, pag. 51, 93, 244 e 353.

⁽²⁰⁹⁾ *Journ. de Phys.*, 1815, t. LXXX, pag. 113-130. Ancora nel 1815 Berzelius aveva il titolo di *Professeur de Médecine et de Pharmacie à Stockholm*.

⁽²¹⁰⁾ *Journ. de Phys.*, 1815, t. LXXX, pag. 114.

⁽²¹¹⁾ La composizione degli arseniati e fosfati non era ancora ben stabilita.

	Calcolato	
Acido solforico. .	15,9	15,75
Ossido ferrico. . .	62,4	62,09
Acqua.	21,7	21,27

Analizzò il solfato basico di rame (ora rappresentato da $6\text{CuO}\cdot 2\text{SO}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$):

	Calcol. (da me)	
Acido solforico. .	21,28	21,4 ⁽²¹²⁾
Ossido di rame. . .	64,22	64,03
Acqua.	14,50	14,46

In questa stessa Memoria, nel capitolo: *Leggi per la formazione dei sali doppi*, egli denomina *sali doppi* quei sali che prima si chiamavano *sali tripli*, perchè sono sempre formati da due combinazioni neutre e perchè comunemente si possono ottenere mescolando le soluzioni e facendo cristallizzare. Dopo preparati i due solfati doppi di ammonio e magnesio e di ammonio e di rame, analizza l'*allume*, che era stato inesattamente analizzato da Thenard e trova che deve essere considerato come un *solfato doppio* di allumina e di potassa, e ne stabilisce la composizione in:

	Calcolato	
Ac. solforico (SO_3). .	34,23	33,73
Allumina	10,86	10,85
Potassa	9,81	9,93
Acqua.	45,00	45,50

Analizza pure il *copro-ammonicale* o *cuprum ammonicum*.

Come seguito a queste famose ricerche del 1811 pubblicò nel 1818 una serie di: *Expériences pour déterminer la composition de plusieurs combinaisons inorganiques qui servent de base aux calculs relatifs à la théorie des proportions chimiques*⁽²¹³⁾, nella quale determina con estrema esattezza la composizione quantitativa delle sostanze che servono a determinare i pesi atomici degli elementi fondamentali, quali sono: il *cloruro di potassio*, il *clorato di potassio*, il *nitrate d'argento*, il *solfato, cloruro e ossido di bario*, il *fluoruro di calcio*, ecc.

Qui espone tutte le difficoltà incontrate: «Dopo sei anni di un lavoro continuo su questa materia, egli dice, e dopo avere acquistato molto più esperienza e trovato dei perfezionamenti nei metodi analitici, io mi sono deciso a riprendere queste ricerche che, secondo me, sono di un'altissima importanza».

Dopo il suo grande lavoro sulle proporzioni determinate nei corpi inorganici, iniziò un lavoro analogo sulle materie organiche; il 7 maggio 1814 scriveva a Berthollet: «Je me suis occupé cette dernière année et je m'occupe encore d'un travail d'une bien plus grande importance, savoir des expériences sur les proportions déterminées dans la nature organique. J'ai employé un travail d'environ 12 mois à l'analyse de seulement 14 substances végétales». È questa la Memoria che in riassunto pubblicò nel *Schweigger's Journal f. Chem. u. Phys.*, t. X, e completata col titolo: *Experiments to determine the definite Proportions in which the Elements of organic Nature are combined*⁽²¹⁴⁾. In questa Memoria analizza i principali acidi organici: citrico, ossalico, tartarico, acetico, succinico, benzoico, ecc.; perfeziona e descrive il metodo di analisi elementare e per la prima volta a questo scopo si usa un tubo quasi orizzontale.

⁽²¹²⁾ Questo sale è dimenticato dal Gmelin nel suo *Handbuch*, t. III, pag. 625. ecc.

⁽²¹³⁾ Trad. in *A. Ch.*, 1819, t. XI, pag. 58, 113, 225.

⁽²¹⁴⁾ *Thomson's Journ.*, 1814, t. IV; 1815, t. V.

Il fare in quei tempi una analisi elementare era una operazione difficilissima, che soli pochi chimici sapevano mettere in pratica; egli poi in modo particolare ha contribuito a perfezionare questo metodo di analisi.

La coscienziosità e l'esattezza colla quale il Berzelius fece la massa immensa di lavoro per la determinazione dei pesi atomici e consolidare la dottrina delle proporzioni chimiche definite, è incredibile. Molte determinazioni di pesi atomici furono fatte con tanta esattezza che cinquant'anni dopo non fu superata nè dallo Stas, nè dal Marignac, nè da altri fra i migliori analisti con nuovi metodi perfezionati. Egli sentiva la responsabilità morale di questo enorme lavoro e nel vol. IV del suo *Traité de Chimie*, nel capitolo: *Observations générales sur les poids atomiques* (pag. 405 e seguenti), scriveva:

«...et lorsque j'eus connaissance des idées de Dalton sur les proportions multiples, je trouvais dans le nombre des analyses dont j'avais déjà les résultats, une telle confirmation de cette théorie, que je ne pus m'empêcher d'examiner les dits phénomènes; et ce fut ainsi que le plan de mon travail sur une partie d'abord très-limitée des proportions chimiques, s'agrandit de plus en plus, et embrassa finalement les proportions dans tout leur étendue, dont j'étais loin de me faire une juste idée en commençant mes expériences. Elles donnèrent d'abord des résultats bien différents de ceux auxquels je croyais devoir m'attendre. À force de les répéter et d'y employer des méthodes variées, je m'aperçus des fautes commises. Éclairé par l'expérience de mes propres erreurs, et à l'aide de meilleurs procédés, je parvins à trouver une grande corrélation entre le résultat des analyses et les calculs de la théorie. La comparaison de ces résultats développa successivement de nouvelles vues, qui demandaient à être vérifiés, en sort que le travail augmenta d'étendue, et peut-être aussi d'importance..... Je parvins bientôt, par de nouvelles expériences, à me convaincre que les nombres de Dalton manquaient de l'exactitude nécessaire à l'application de la théorie.

«Je reconnus ainsi la nécessité, pour le développement de la science, de déterminer d'abord aussi exactement que possible les poids atomiques d'un très-grand nombre de corps simples, et surtout de ceux qu'on rencontre les plus communément; puis de fixer les rapports dans lesquels les atomes complexes se combinent entre eux, comme, par exemple, dans les sels que j'étais depuis quelque temps occupé d'analyser. Sans ce travail, tout progrès était impossible. C'était là l'objet le plus important de la science, et je m'y livrais tout entier.

«.....Après de longs intervalles, j'ai soumis, à l'aide de meilleurs méthodes, plusieurs poids atomiques importants à une nouvelle vérification. Après des travaux de dix ans (publiés, à mesure qu'ils s'achevaient, dans les journaux scientifiques), je fus mis à même de faire paraître, en 1818, une table qui donnait les poids atomiques établis par mes expériences, et l'analyse d'environ deux mille corps simples et composés».

Quest'immenso lavoro, pubblicato a Stockholm nel 1818 col titolo di: *Table contenant les poids atomiques, ainsi que la composition, en centièmes, de la plupart des corps simples et composés, indispensables à l'étude de la chimie inorganique*, ediz. svedese, Stockholm 1818, in-4°; ediz. francese del 1819, Paris (Méquignon-Marvis). Queste tabelle, ma ridotte, sono incluse, a guisa d'appendice, nel suo celebre libro: *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité, traduit du suédois sur les yeux de l'auteur*, Paris 1819 (Méquignon-Marvis). È dedicato a Berthollet. La seconda edizione ha il titolo: *Théories des proportions chimiques et table synoptique des corps simples et leurs combinaisons les plus importantes*. Paris 1835.

Questa importante pubblicazione è inclusa nel suo *Traité de Chimie*, 2^a ediz. francese 1830-32, e nell'edizione francese del 1838, t. II, pag. 234, e nell'ultima edizione francese 1845, t. IV.

Berzelius tien conto dei suoi risultati e insieme a quelli degli altri chimici li fa convergere in un unico punto: lo stabilimento dei pesi atomici ed il sistema elettrochimico dualistico, le due preoccupazioni più importanti di Berzelius.

Berzelius ha corretto un numero grandissimo di errori in cui erano incorsi vari chimici nel determinare la composizione di corpi che hanno molta importanza per lo stabilimento delle proporzioni definite. Ad esempio, dimostrò che Davy errò nel determinare il rapporto fra l'ossigeno e il

fosforo negli acidi fosforoso e solforoso; Davy sosteneva il rapporto di 4 a 2, mentre giustamente Berzelius dimostrava essere 5 a 3; dimostrò errate le analisi di Laugier sul solfuro d'arsenico e dimostrò che questo solfuro è As^2S^3 ; Pelletier trovò numeri inesatti relativamente alla quantità di ossigeno combinata con 100 p. d'oro, Berzelius dimostrò che si combinano con 11,91 di ossigeno, ed invero poco dopo Javal trovò 12,07 e confermava l'esattezza di Berzelius.

Egli fu sempre uno strenuo e costante propugnatore della teoria atomica. Ancora negli ultimi anni della sua vita ha scritto in difesa di questa teoria della costituzione della materia. Coglieva qualunque occasione per ribattere le critiche contro la teoria atomica.

Il Faraday invece non ammetteva volentieri la teoria atomica. «Non è facile, egli diceva, a farsi una chiara idea della natura degli atomi, specialmente se si considerano i corpi composti»⁽²¹⁵⁾. Ma dobbiamo notare che il Faraday, come tanti altri chimici e fisici del tempo, non facevano una distinzione netta tra atomo e molecola.

Faraday nel 1845⁽²¹⁶⁾ pubblicò un lavoro di chimico-fisica in generale *intorno la natura della materia*, nel qual lavoro cercava di dimostrare la poca probabilità dell'ipotesi atomica. Dopo riassunto il lavoro di Faraday ed espostene le idee, nel suo *Rapp. Ann.* Pel 1845, pag. 2, così scriveva: «Non si può negare che la teoria atomica sia una ipotesi: ma essa è una conseguenza di fatti innumerevoli, la cui causa sfugge ai nostri sensi. Se questa conseguenza è inesatta, deve esistere un'altra causa che possa soddisfare ugualmente bene ai risultati delle esperienze. Se noi non ne troviamo un'altra simile, noi dobbiamo conservare quella che abbiamo ammessa sino ad ora. La prova tratta dalla corrente elettrica non prova nulla per sè stessa. Prima di poter trarre una conseguenza di questa obiezione, noi dobbiamo sapere in che consista una corrente elettrica. È forse la corrente elettrica un fluido imponderabile che scorre negli interstizi della materia, od è uno scambio di elettricità opposte tra le parti materiali, scambio che può effettuarsi a distanza e che non esige punto un contatto immediato? Si capirà facilmente che la prima alternativa può difficilmente essere dimostrata; se, per contro, la probabilità è in favore della seconda, si trova affatto naturale la ragione della corrente elettrica nella natura degli stessi materiali, e la prova dell'obiezione si accorda al contrario interamente coll'opinione che era destinata a rovesciare. Quanto al fatto, così straordinario, che le combinazioni chimiche contengono nel medesimo spazio un maggior numero di atomi materiali che non i corpi elementari, mi limiterò a far osservare che molti autori, i quali hanno emesso le loro opinioni in proposito, hanno dimenticato che nei corpi elementari una sola forza entra in scena, e anche una forza debole, la coesione; mentrechè nei composti chimici è l'affinità che lega gli atomi elementari diversi, probabilmente senza intervalli, e in seguito la coesione che ritiene gli atomi composti con intervalli».

Nel *Jahresb.* dei 1836 il Berzelius contestò le esperienze fatte da Faraday sulla pretesa esistenza di un solfuro, cloruro e ossido antimoniali, ed invero quei composti non esistevano.

V.

Determinazione dei pesi atomici - Tavole relative - Ipotesi di Prout.

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, questo è il campo in cui Berzelius è più benemerito della scienza. Più di trenta anni di ricerche analitiche contribuirono a creare quella massa di lavori sui pesi atomici intorno ai quali dei chimici posteriori illustri, quali Marignac e Stas, hanno portato nuovo materiale, ma in fondo non hanno fatto che confermare la grande esattezza dei risultati di Berzelius⁽²¹⁷⁾.

⁽²¹⁵⁾ *Experimental Researches of Electricity*, 1834, serie VII, in *Phil. Trans.*, 1834, parte I, pag. 121.

⁽²¹⁶⁾ *London, Edinb. a. Dublin Phil. Mag. a. Journ. of Science*, t. XXIV, pag. 136.

⁽²¹⁷⁾ La parte importante avuta da Berzelius nello sviluppo del sistema dualistico e nella determinazione dei pesi atomici, è benissimo esposta nello scritto di S. Cannizzaro: *Notizie storiche e considerazioni sull'applicazione della teoria atomica e sui sistemi di formule esperimenti la costituzione dei composti*, in *Gazz. Chim.*, 1871, pag. 1 e seg. Questo importante lavoro storico-critico fu opportunamente tradotto in tedesco dal dott. prof. L. Vanzetti.

Ancora nel 1819 questi intraprese una lunga serie di ricerche⁽²¹⁸⁾ per stabilire la composizione esatta di quei composti chimici che servono di base ai calcoli relativi ai pesi atomici, quali sono il cloruro e il clorato di potassio, il cloruro d'argento, l'ossido di piombo, l'acido solforico ed il solfato di bario, l'acido borico, ecc., dei quali fece delle mirabili analisi. Già nel 1817 egli aveva pubblicato una Nota: *Nouvelles recherches sur les proportions chimiques*⁽²¹⁹⁾.

Egli raccolse questa massa di lavoro in quella sua celebre opera: *Essai sur la théorie des proportions chimiques*, ecc., 1^a ediz., Paris 1819, e 2^a ediz., 1835. Nella 1^a edizione di quest'opera, cioè nel 1819, il Berzelius dà già una tavola abbastanza completa di pesi atomici, tutti o quasi tutti determinati da lui stesso. Però la prima tavola completa dei pesi atomici fu data dal Berzelius nel 1828.

Berzelius e Dulong furono i primi a determinare per via chimica il peso atomico dell'ossigeno e trovarono 15,87-16,11. Il primo numero coincide con quello del Keiser, ora adottato, 15,87. Le esperienze più antiche avevano dato dei risultati incerti.

Nel 1828 Berzelius pubblicò una *Tabella dei pesi atomici*, che era il risultato delle sue numerose esperienze fatte in tanti anni di lavoro: Tavola dei pesi atomici dei corpi semplici e dei loro ossidi, secondo le analisi le più esatte e le più recenti⁽²²⁰⁾. Io mi limito a trascrivere qui solamente i numeri che riguardano i principali elementi chimici:

H	=	1
O	=	16,025
Cl	=	35,47
N	=	14,18
Pt	=	194,75
Cu	=	63,41
Ba	=	137,42
C	=	12,25
As	=	75,329
Cd	=	111,665

Come si scorge, molti coincidono quasi esattamente coi pesi atomici ancora ammessi oggi.

Il Jörgensen, nel suo pregevole libro: *Principii fondamentali della Chimica*⁽²²¹⁾, scriveva ancora nel 1904: «L'uomo al quale più che ad ogni altro siamo debitori della precisa conoscenza dei numeri atomici è il celebre chimico svedese Giov. Jacopo Berzelius. Egli determinò il peso atomico di circa 50 elementi con una esattezza che è tanto più meravigliosa inquantochè egli compì questo lavoro gigantesco in meno di dieci anni (1810-1818) e con metodi da lui stesso inventati. Le modificazioni apportate poi ai numeri atomici di Berzelius sono, per quanto riguarda gli elementi più importanti e più comuni, quasi insignificanti».

Sull'esattezza dei risultati analitici egli era inflessibile e non posso a meno di riprodurre qui alcune parole in risposta ad una critica di H. Davy relativamente al peso atomico (molecolare) dell'acido fosforico pel quale aveva trovato che la quantità di ossigeno assorbita da 100 p. di fosforo variava entro limiti da 131 a 137,2, ciò che fa almeno 1,66 % del peso dell'acido fosforico.

«Allorquando si tratta di esperienze esatte e soprattutto di quelle i cui risultati debbono servire (per impiegare le parole stesse del sig. Davy) a *correggere* e *fissare* il peso dell'atomo d'una sostanza qualunque, bisogna prima scegliere un metodo sperimentale scevro da ogni obiezione. Per un

⁽²¹⁸⁾ *Expériences pour déterminer la composition exacte de plusieurs combinaisons inorganiques qui servent de base aux calculs relatifs à la théorie des proportions chimiques* (A. Ch. [2], 1819, t. XI, p. 58, 113 e 225).

⁽²¹⁹⁾ A. Ch. [2]. 1817, t. V, pag. 174.

⁽²²⁰⁾ *Ivi* [2], 1828, t. XXXVIII, pag. 426. L'ultima tavola dei pesi atomici data dal Berzelius è quella che trovasi nel suo *Traité*, 5^a ed ultima ediz. tedesca e nel vol. IV, 1847, dell'ult. ediz. franc., pag. 566. Le tavole sinottiche dei pesi atomici, dei corpi inorganici e della composizione delle loro combinazioni su 100 parti, calcolate da Öngrén, trovansi nel vol. II del *Traité*. ediz. franc., 1838.

⁽²²¹⁾ Trad. ital. di Maria Guareschi, Torino 1904, pag. 32.

gran numero di queste esperienze io ho trovato che i migliori metodi analitici sono quelli nei quali gli errori inevitabili non arrivino punto al millesimo del numero che si deve determinare.

È là il termine oltre il quale io non sono mai andato, se non accidentalmente. Una analisi nella quale i millesimi del peso totale variano è ancora buona quando non si può trovarne una migliore; ma allorquando, malgrado le cure necessarie, i risultati differiscono dell'1 per 100, non si può considerarli che come approssimativi. Io considero queste idee come fondamentali in fatto di analisi esatte».

Parole aeree, che dovrebbero essere impresse nella mente e nel cuore di tutti i giovani chimici.

A proposito dell'esattezza nella determinazione dei pesi atomici si legga la bellissima lettera scritta dal Berzelius a Marignac nel 1842-43 e da me riprodotta a pag. 344.

Il nostro compianto Aug. Piccini, che di determinazioni di pesi atomici si intendeva molto bene, era veramente entusiasta dell'opera grandiosa di Berzelius, ed il lettore italiano troverà molte notizie intorno ai pesi atomici degli elementi determinati da Berzelius e da altri chimici nel bellissimo scritto del Piccini: *Determinazione dei pesi atomici*⁽²²²⁾.

Anche nei Trattati i più moderni, nei capitoli ove si discorre della *Stechiometria*, il nome di Berzelius è in prima linea, di tempo e di importanza.

Il metodo di Berzelius per giungere a conoscere, ad esempio, il peso atomico del cloro, comprendeva tre distinte operazioni:

1) Determinazione dell'equivalente del cloruro di potassio cercando quale è la quantità di ossigeno che perde il clorato potassico quando per calcinazione lo si trasforma in cloruro;

2) Determinazione dell'equivalente del cloruro d'argento determinando la quantità di cloruro d'argento prodotta da una data quantità di cloruro potassico;

3) Analisi del cloruro d'argento da cui, a mezzo dei dati precedenti, si calcolano gli equivalenti del cloro, dell'argento e del potassio.

Berzelius indicò tutte le precauzioni da aversi in queste analisi ed i chimici più distinti ottennero dopo risultati identici.

Dal clorato di potassio Berzelius ottenne il 39,15 % di ossigeno e Marignac il 39,16 %. La quantità di cloruro d'argento dal cloruro potassico fu di 132,74 % (Berzelius) e Marignac trovò 132,75%. Essi trovarono i seguenti pesi atomici:

	Berzelius	Marignac
Cloro . . .	442,651	442,13
Argento . .	1351,607	1350,00
Potassio . .	489,916	490,01

Berzelius trovò che 100 p. di clorato potassico per calcinazione danno in media 60,85 di cloruro, e Marignac nel 1846 trovò 60,839 e poco dopo Pelouze 60,840. Mentre Gerhardt, che pure era un abile operatore, trovò 60,949, numero non esatto.

A proposito del metodo per determinare l'equivalente del bario, il Marignac scrive⁽²²³⁾: «Il primo processo seguìto già dal Berzelius, soprattutto dopo la modificazione apportatavi da Pelouze, è sì semplice e suscettibile di una tale precisione che mi sembra difficile preferirne un altro».

L'equivalente del piombo fu determinato da Berzelius per riduzione dell'ossido di piombo coll'idrogeno e fu trovato 103,56 (cioè, peso atomico 207,12); molti anni dopo, nel 1851, Marignac⁽²²⁴⁾ trovò 103,52 (cioè, peso atomico 207,04). Il peso atomico attualmente ammesso da tutti è 207,10!

Berzelius già da lungo tempo trovò il peso atomico dei cobalto = 58,98, ed il peso atomico attuale è 58,97. Le determinazioni posteriori di Schneider erano erronee, come dimostrò Marignac nel 1858.

⁽²²²⁾ *Nuova Enciclopedia di Chimica*, vol. I, cap. V, pag. 303.

⁽²²³⁾ *Œuvres*, t. I, pag. 560.

⁽²²⁴⁾ *C. R.*, 1857, t. XLV, pag. 650.

Anche nei composti rari il Berzelius colpiva bene nel segno relativamente alla loro analisi. Ad esempio, da 100 p. di solfuro di tantalio si ottennero le quantità seguenti di acido tantalico:

89,60 e 89,74 . secondo Berzelius
 89,51 » H. Rose
 90,00 » Hermann

Il Berzelius diede al solfuro e all'ossido bruno le formule TaS^2 e TaO^2 , che sono ancora adottate.

Si deve fare attenzione che i pesi atomici adottati da Berzelius erano molto vicini ai pesi atomici moderni. La differenza principale si nota nei metalli alcalini, perchè Berzelius ammetteva per questi dei pesi atomici doppi (K = 78,3, sodio 46,5, Hg = 216, ecc.), e così pure per il silicio, ma per tutti gli altri elementi vi è perfetta concordanza coi moderni.

Ecco un piccolo quadro che lo indica chiaramente:

NOME Degli elementi	PESI ATOMICI DI		
	Berzelius	Gerhardt	Moderni
Idrogeno. . .	1	1	1
Ossigeno. . .	16	16	16
Solfo.	32,2	32	32,07
Cloro.	35,47	35,5	35,46
Bromo.	79,8	80	79,92
Jodo	126,8	127	126,92
Azoto	14,1	14	14,01
Fosforo. . . .	31,5	31	31,04
Arsenico. . . .	75,1	75	74,96
Carbonio. . . .	12	12	12
Silicio.	44,4	»	28,3
Stagno.	117,6	58,75	119
Bario.	137,42	68,5	137,37
Stronzio	87,3	43,8	87,63
Calcio	40,2	20	40,07
Magnesio. . . .	25	12,5	24,32
Manganese. . .	55,1	27,8	54,93
Ferro	56,1	28	55,84
Zinco	65	32,75	65,37
Cadmio	111,6	55,7	112,4
Rame.	63,41	31,75	63,57
Piombo.	207,12	103,5	207,10
Mercurio	200,2	100	200,3
Argento	215,6	108	107,8
Potassio	78,3	39	39,1
Sodio	46,5	23	23
Litio.	13	6,5	7

Come si scorge, i metalli bivalenti di Gerhardt hanno un peso atomico metà di quello di Berzelius; i pesi atomici di Berzelius per i metalli alcalini hanno un peso atomico pure doppio. Cannizzaro fece notare questa discordanza; raddoppiò i pesi atomici dei metalli bivalenti ed accettò i pesi atomici dei metalli alcalini quali erano ammessi da Gerhardt, e ne venne fuori il sistema moderno dei pesi atomici, tutti uniformi e corrispondenti alla valenza. Quindi, mentre giustamente Berzelius scriveva, come modernamente $BaCl^2$, $CaCl^2$, $PbCl^2$, ecc., e Gerhardt $BaCl$, $CaCl$, $PbCl$, ecc., per i composti alcalini Gerhardt dava KCl , $NaCl$, $AgCl$, mentre Berzelius scriveva KCl^2 , $AgCl^2$, ecc.

Le formole dei composti dei metalli bivalenti erano precisamente quelle che furono adottate dall'Avogadro e poi, dopo il 1860, come ad esempio CaO, BaO, ZnO, PbO, HgO, CuO, Hg²O, Cu²O, HgCl², PbCl², ecc., e quelle per l'argento e i metalli alcalini di Berzelius erano diverse: KO, KCl², KSO⁴, AgO, AgCl², ecc., invece di Ag²O, K²O, KCl, K²SO⁴, AgCl, ecc.

Sul peso atomico del carbonio si è discusso molto prima del 1850. Nei primi anni del secolo XIX si ammetteva, calcolato dalla composizione dell'acido carbonico, il numero 12 quale fu ammesso anche dall'Avogadro, poi il Berzelius in base a nuove determinazioni della densità dei gas ammise il numero 12,24, numero che fu accettato dai chimici per più di 20 anni.

Dumas e Stas nel 1840 ristarono la composizione dell'acido carbonico, bruciarono nell'ossigeno puro dei diamanti, ecc., ed arrivarono al numero esatto 12, contrariamente a quello dato da Berzelius. Altri chimici, quali Erdmann e Marchand, confermarono il numero trovato da Dumas e Stas. Per Berzelius fu un brutto colpo, perchè egli era convinto di non avere errato. Ma in realtà il peso specifico dell'ossigeno non era 1,1026 quale fu da lui determinato con Dulong, ma bensì 1,1056. Questo fatto isolato parve scuotere la fiducia di esattezza negli altri pesi atomici dati dal Berzelius, ma tutti i lavori fatti dopo da Stas, Marignac, Strecker, Pelouze, ecc., non fecero altro che confermare la grande esattezza dei dati di Berzelius. Mentre il lungo lavoro sui pesi atomici, pubblicato nel 1859 dal Dumas, lascia non poco a desiderare e le sue critiche contro Berzelius non hanno valore.

La legge di Petit e Dulong fu formulata dai loro autori dicendo: «Les atomes de tous les corps simples ont exactement la même capacité pour la chaleur».

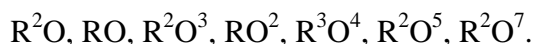
Questa legge e quella di Mitscherlich sull'isomorfismo vennero in buon punto per confermare i pesi atomici degli elementi determinati con tanta costanza da Berzelius.

E poco dopo, le ricerche di Dumas e di Mitscherlich sulla densità dei vapori venivano con opportunità applicate alla legge di Avogadro. E così verso il 1835 le determinazioni quantitative di Berzelius per i pesi atomici potevano essere controllate dal calorico atomico, dall'isomorfismo e dalla densità di vapore.

Berzelius riconobbe subito l'importanza dell'isomorfismo scoperto dal Mitscherlich, l'applicò all'edificazione del suo sistema dualistico, e fu condotto alla regola seguente⁽²²⁵⁾:

«Quando un corpo è isomorfo ad un altro corpo, di cui si conosce il numero degli atomi, si può riguardare come conosciuto il numero di atomi di ambedue i corpi, l'isomorfia essendo una conseguenza meccanica dell'uguaglianza nell'atomica costruzione».

Egli stabilì i principali gradi di ossidazione quali sono indicati nelle formule generali seguenti:



Ipotesi di Prout. - Berzelius non ha certamente trascurato l'ipotesi di Prout, secondo la quale i pesi atomici di tutti gli elementi sarebbero dei multipli in numeri interi di quello dell'idrogeno; le differenze nei risultati trovati sarebbero dovuti ad errori sperimentali. Ma egli non volle mai accettare quest'ipotesi. Il sistema di Prout fu subito invece accettato da Thomson, il quale raccolse un gran numero di dati conosciuti allora e nel 1825 pubblicò un volume: *An Attempt to establish the first principles of Chemistry*. In Inghilterra specialmente quest'ipotesi era accettata dalla maggioranza dei chimici. Nel 1832, scrive Berzelius, nella riunione dell'*Associazione per il progresso delle scienze*, il Turner, che era fra i sostenitori dell'ipotesi di Prout, fu incaricato di fare delle esperienze di controllo. Nel 1833 espose i risultati ottenuti, i quali dimostrarono che l'ipotesi non era esatta e si doveva abbandonare. Venne poi il Dumas col nuovo peso atomico 12 per *carbonio* e allora da alcuni si volle sostenere l'ipotesi di Prout; ma Berzelius non ne era persuaso, ed invero le ricerche sui pesi atomici di molti elementi fatte da diversi chimici, fra i quali principalmente Marignac e Stas, dimostrarono insostenibile quest'ipotesi; e Berzelius aveva ragione.

⁽²²⁵⁾ *Trattato di Chimica*, ed. ital.. t. IV. pag. 594.

VI.

Sistema dualistico - Elettrochimica - Prima legge dell'elettrolisi - Memoria originale con Misinger - Teoria elettrochimica dualistica - Elettroaffinità - Scoperta del bario, calcio e stronzio - Berzelius e la teoria delle sostituzioni - Le ricerche di J. J. Thomson confermano la teoria berzeliana.

Nella sua Memoria: *Considérations générales sur la dissolution des métaux dans les acides*⁽²²⁶⁾, Lavoisier dimostra di essere stato colpito dal fatto che il ferro non può unirsi all'acido solforico che sviluppando idrogeno e all'acido nitrico se non sviluppando del biossido d'azoto; egli nota inoltre che il ferro, previamente ossidato, si unisce a questi due acidi senza sviluppo di gas e ne trasse la conclusione che il ferro, per unirsi agli acidi, ha bisogno di essere ossidato e che in generale un sale risulta dall'unione di un acido con un ossido. Così nacque la cosiddetta *teoria dualistica*. Lavoisier ammetteva che:

1) Tutti i sali derivano dalla combinazione di un acido con una base, i quali si uniscono senza perdere la loro individualità primitiva.

2) È nell'ossigeno che risiede la forza acidificante.

Nella teoria di Lavoisier si dissero composti binari di 1° ordine gli acidi e le basi; composti binari di 2° ordine i sali; composti binari di 3° ordine i sali doppi, ecc. (Berzelius).

Il concetto di costituzione dualistica dei corpi, e specialmente nei sali, è dunque già in Lavoisier. Ma una nuova via si aprì alla chimica colla scoperta della *pila di Volta* e la concezione di Lavoisier ricevette un'ampia conferma dall'altro grande chimico, continuatore dell'opera lavoisieriana, J. Berzelius.

L'elettrochimica comincia con Galvani, Fabbroni, Volta e Berzelius.

Devesi a Berzelius la prima teoria delle combinazioni chimiche, che egli fondava sui fenomeni da lui osservati nella elettrolisi dei sali. Egli cominciò la sua carriera scientifica con delle ricerche sull'elettricità; nel 1801 pubblicò un lavoro: *Azione del galvanismo sui corpi organici*, che gli servì come tesi pel dottorato in medicina.

Nel 1802 Berzelius, con Hisinger, fece le sue prime e classiche esperienze intorno all'azione della corrente elettrica sui corpi sciolti⁽²²⁷⁾. Essi dimostrarono:

1) Che quando l'elettricità attraversa un liquido i principi costituenti si separano, gli uni vanno al polo positivo e gli altri al polo negativo; al polo negativo vanno i principi combustibili, gli alcali e le terre, e al polo positivo l'ossigeno e gli acidi.

2) Che l'acqua è decomposta in idrogeno e ossigeno.

3) Che i sali neutri depositano le loro basi al polo positivo e i loro acidi al polo negativo.

4) Che l'acido nitrico dà il suo ossigeno al polo positivo e l'azoto al polo negativo, e così pure l'acido solforico dà ossigeno al polo positivo e solfo al polo negativo.

5) Che la quantità relativa della decomposizione nei liquidi composti è in proporzione dell'affinità dei composti e dei loro punti di contatto coi conduttori. Così può avvenire che il composto il più concentrato sia solo decomposto e che il più diluito non lo sia affatto. Così, ad esempio, l'ammoniaca concentrata è facilissimamente decomposta, invece diluita con acqua non è decomposta che l'acqua.

6) Che la quantità assoluta di decomposizione è in ragione della quantità d'elettricità.

7) Che più un liquido è cattivo conduttore dell'elettricità e più è difficile da decomporre.

Questo lavoro fu subito riassunto nei principali Trattati del tempo.

H. Davy, nella sua Memoria: *Su alcuni effetti chimici dell'elettricità*, letta alla Società Reale di Londra il 20 novembre 1806⁽²²⁸⁾, generalizzò le esperienze di Berzelius e Hisinger, e confermò

⁽²²⁶⁾ *Mém. de l'Acad.*, 1782.

⁽²²⁷⁾ *Expériences galvaniques* (A. Ch., 1803 [1] t. LI, pag. 167 e *Neues Allg. Journ. d. Chem.*, t. I).

che l'idrogeno, gli alcali, i metalli e certi ossidi metallici sono attratti al polo positivo. Fece vedere i rapporti che esistono fra le forze elettriche dei corpi e le loro affinità chimiche ed affermò che *l'affinità chimica consiste nell'energia dei poteri elettrici opposti*; ammise che i corpi che più avevano affinità chimiche gli uni per gli altri si trovavano in stato elettrico opposto e che è in causa di queste tensioni elettriche opposte che essi si combinano e che l'energia di questa combinazione misura l'affinità ed è proporzionale al grado delle tensioni. Egli ammise che la forza che presiede alle alterazioni ed alle repulsioni elettriche è anche quella che regge le reazioni chimiche.

Per queste ricerche Davy ebbe il premio dell'*Institut de France*, fondato da Napoleone I (di 50.000 franchi), pei progressi dell'elettricità. Ma è per me fuori di dubbio che le ricerche di Berzelius e Hisinger furono il filo conduttore delle ricerche di Davy⁽²²⁹⁾.

I migliori chimici del tempo, e fra questi Th. Thomson, rilevarono subito l'importanza della scoperta di Berzelius ed Hisinger, ed invero il Thomson, nella 5^a ediz. del suo *Système de Chimie*, vol. I, pag. 205, scrive:

«*Loi de Berzelius.* - Berzelius et Hisinger découvrirent, en 1803, un fait de la plus grande importance relativement à l'action de la batterie galvanique pour la décomposition des corps. Ils essayèrent ses effets sur une grande variété de sels et d'autres corps composés, et ils trouvèrent que dans cette décomposition les corps observent cette loi: *L'oxigène et les acides sont accumulés autour du pôle positif; tandis que l'hydrogène, les alcalis, la terres et les métaux se sont au pôle négatif.* Les acides et les bases peuvent traverser une colonne considérable d'eau, et même se croiser le uns les autres, pour venir s'accumuler dans cet ordre vers les pôles auxquels ils sont respectivement attirés. Berzelius déduisit, de cette loi générale, la conséquence que les décompositions avaient lieu en vertu des attractions exercées entre les corps et les électricités respectives. Depuis, il généralisa encore beaucoup plus cette conclusion, ou plutôt il adopta l'opinion, emise par H. Davy, que l'affinité chimique est identique avec les attractions électriques; que les corps qui s'unissent chimiquement, possèdent des électricités de différentes sortes; que l'oxigène et les acides sont toujours résineusement électriques, tandis que l'hydrogène, les alcalis, les terres et les métaux sont toujours vitreusement électriques; d'où il résulte qu'une de ces sortes d'électricités est attirée par le pôle positif, et l'autre par le pôle négatif».

«Humphry Davy (continua Thomson) prit ce sujet au point où Berzelius et Hisinger l'avaient laissé. Sa dissertation, qui lui valut le prix du galvanisme institué par le gouvernement français, n'est que la vérification de la loi découverte par Berzelius et Hisinger.....».

Ed è perfettamente vero.

Dunque la prima legge della elettrolisi si deve a Berzelius. Faraday poi, nel 1831, trovò altre leggi che si possono dire e si dicono infatti *leggi quantitative dell'elettrolisi*; ma la base di queste leggi trovasi nella prima legge scoperta da Berzelius ed Hisinger. E molto ingiustamente, in alcuni importanti Trattati di Fisica, quale il Chwolson, si tace a questo proposito il nome del chimico e fisico svedese.

Perciò io credo che quella breve Memoria meriti di essere conosciuta e la riproduco qui testualmente.

⁽²²⁸⁾ *Journ. d. Phys.*, 1807, t. LXIV, pag. 421. Davy conosceva bene i lavori di Berzelius e Hisinger pubblicati nel 1802-1803 e nel 1806, e in questa sua Memoria ricorda quei lavori, ma non dà ad essi quella importanza che merita.

⁽²²⁹⁾ Il concetto sviluppato da Grothus nel 1805 quando, trovandosi a Roma, pubblicò la celebre Memoria: *Sulla decomposizione dell'acqua*, per spiegare l'esperienza di Nicholson e Carlisle secondo la polarità elettrica delle molecole, contiene forse il primo germe della teoria elettrochimica (V. pag. 312, in nota).

MEMORIA ORIGINALE DEL 1802-1803⁽²³⁰⁾*Expériences galvaniques par MM. Hisinger et Berzelius.**1. Muriate d'ammoniaque.*

Ce sel décomposé par des fils de fer à l'aide d'une colonne de vingt-sept paires de plaques de cuivre et de zinc, a donné de l'hydrogène et de l'oxide de fer: la liqueur étoit trouble, et a déposé sur le verre un peu d'oxide de fer.

2. De l'ammoniaque concentrée.

Traitée de la même manière, on a obtenu de l'hydrogène et de l'azote; il s'est dissout un peu d'oxide de fer, l'azote se dégageoit du côté positif.

3. Ammoniaque étendue d'eau.

L'eau seule fut décomposée dans cette expérience.

4. Du sulfate d'ammoniaque avec excès d'acide.

Le côté négatif a donné de l'hydrogène, et le positif de l'oxigène.

Cette expérience répétée dans un siphon renversé avec du sulfate d'ammoniaque qui contenoit un excès d'alcali, a donné, du côté positif, du sulfate d'ammoniaque mêlé de beaucoup de sulfate de fer rouge et de l'oxigène; et du côté négatif, du sulfate d'ammoniaque avec excès d'alcali et de l'hydrogène.

Une grande quantité de sels neutres alcalins et métalliques ont été successivement décomposés par le même procédé, sans présenter des faits nouveaux.

Le prussiate d'ammoniaque a donné, du côté positif, du prussiate de fer avec excès d'oxide.

Le muriate de soude, décomposé par des fils d'argent, donna, du côté positif, une liqueur jaune qui sentoit l'acide muriatique oxigéné; le côté négatif étoit alcalin; au bout de 36 heures tout le muriate d'argent fut dissous, la liqueur du côté positif étoit jaune, décoloroit le tournesol, avoit une saveur métallique; évaporée, sa couleur s'est foncée, il s'en est séparé du muriate de soude, mais pas de sel métallique; mêlée avec de l'alcali, il s'est formé un précipité d'oxide d'argent, et la liqueur parut alors contenir du muriate de soude ou peut-être du muriate oxigéné de soude et d'argent. La liqueur négative étoit alcaline et précipitoit la positive. Le sulfate de potasse, décomposé par des fils de plomb, a donné de l'oxide de plomb puce, et du gaz oxigène et hydrogène.

Le même sel a été décomposé par un fil positif de zinc et un négatif de fer; le fil négatif a donné du gaz; le positif s'est oxidé, il s'en est séparé une pellicule qui a partagé la liqueur en deux; la supérieure négative contenoit un grand excès d'alcali, la positive contenoit du sulfate de zinc.

Nous avons souvent observé que le dégagement de gaz continuoit encore longtemps après même qu'on avoit séparé les tubes de la chaine; surtout dans cette expérience, le fil négatif présentoit ce phénomène d'une manière frappante, et même lorsqu'on le rétroit, qu'on l'essuyoit bien et qu'on le replongoit dans la liqueur électrisée, le dégagement de gaz recommençoit; si lorsqu'on avoit bien essuyé le fil de fer, on le mettoit sur la langue, et qu'on en mît un endroit en contact avec les lèvres ou avec les dents, on sentoit une saveur acide très-sensible.

Le sulfate de potasse, décomposé par des fils d'argent, donne, du côté négatif, de la potasse; et du côté positif, du sulfate d'argent.

⁽²³⁰⁾ Dal *Nouveau Journal de Chimie* di Klaproth. Scherer. Gehlen e Trommadorff, trad. in *A. Ch.* [1], 1803, t. LI, pag. 167-174.

Le même sel, décomposé par des fils d'or, donne, du côté négatif, de l'alcali; du côté positif, de l'acide; mais lorsqu'on agite les deux liqueurs ensemble, il se forme du sulfate neutre, sans qu'il se précipite aucune trace d'oxide noir.

L'eau de chaux, électrisée avec des file de fer, n'a pas été altérée; l'eau seule fut décomposée.

Le muriate de chaux, traité de même, a été décomposé; le fil négatif s'est recouvert de chaux pure, et la liqueur négative ne contenoit plus de chaux. La liqueur positive étoit incolore, mais mêlée avec du prussiate d'ammoniaque, elle donnoit beaucoup de prussiate de fer. Un phénomène assez remarquable, est que le dégagement de gaz a cessé à mesure que le fil négatif se couvrit de chaux; peut-être l'hydrogène s'est-il combiné ici avec la chaux.

Un siphon, dont la courbure étoit tronée, afin de laisser échapper les gaz, et à travers les extrémités duquel on avoit fait passer des fils de fer, fut rempli au $\frac{2}{3}$, d'un côté, avec du muriate d'ammoniaque, de l'autre, avec du sulfate de potasse; les liqueurs furent mises en contact par de l'eau distillée, avec laquelle on a rempli le siphon: au bout de vingt-huit heures la liqueur négative, qui contenoit du sulfate de potasse, étoit devenue alcaline, et contenoit aussi de l'ammoniaque libre; la liqueur positive, qui ne devoit être que du muriate d'ammoniaque, contenoit de l'acide sulfurique, de l'ammoniaque, de l'acide muriatique et de l'oxide de fer; il paroît donc que le sel du côté négatif avoit cédé une partie de son acide au sel du côté positif, et celui-ci avoit cédé une partie de son alcali à l'autre.

Ayant versé dans un siphon, disposé comme le précédent, du muriate de chaux d'un côté et de l'eau de l'autre, nous avons vu que l'acide passoit du côté positif, et la chaux du côté négatif.

De toutes ces expériences et de toutes les autres déjà connues, nous avons tiré les conclusions suivantes:

1. Lorsque l'électricité traverse une liqueur, les principes de cette liqueur se séparent tellement, que les uns se rassemblent autour du pôle positif, les autres autour du négatif.

2. Les principes qui se rassemblent autour d'un pôle ont entr'eux une certaine analogie. Au côté négatif passant les corps combustibles, les alcalis, les terres.

Au pôle positif, le gaz oxigène, les acides et los corps oxidés.

3. La quantité relative de la décomposition dans les liqueurs composées est en proportion de l'affinité des composés et de leurs points de contact avec les conducteurs. Ainsi, il peut arriver que le composé le plus dense soit seul décomposé, et que le plus divisé ne le soit pas de tout. Par exemple, l'ammoniaque concentrée est très-facilement décomposée; étendue d'eau, il n'y a que cette dernière qui le soit.

4. La quantité absolue des décompositions est en raison des quantités d'électricité.

La quantité de l'électricité est en raison de la grandeur du contact des métaux de la colonne avec leurs conducteurs humides.

5. Plus une liqueur est mauvais conducteur de l'électricité, plus elle est difficile à décomposer.

6. Les phénomènes de la décomposition sont déterminés par:

a) L'affinité des parties composantes pour le conducteur, autant qu'elles peuvent entrer en combinaison avec lui;

b) Par l'affinité réciproque des corps composans, lorsqu'il y en a plusieurs à la fois, par exemple, lorsqu'on décompose le nitre, il se forme aussi de l'ammoniaque;

c) Par la cohésion des nouvelles combinaisons.

7. L'eau est décomposée en hydrogène et oxigène, qui tous deux sont insolubles dans l'eau; c'est pour cela que le premier est dégagé par le fil négatif, et le dernier par le positif.

L'acide sulfurique donne du soufre au côté négatif, et de l'oxigène au côté positif.

Les sels neutres déposent leurs bases du côté positif, et leurs acides da côté négatif.

Le sels métalliques acides ou alcalins ne sont pas décomposés de la même manière que les précédens; car il n'y a que leurs bases qui soient réduites en oxigène et en metal; l'on peut en ce cas

considérer l'acide on l'alcali comme le véhicule de l'oxide métallique: quelquefois il arrive cependant que l'acide est décomposé en même temps, comme cela a lieu avec le nitrate de zinc.

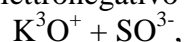
Il résulte de tous ces faits, que l'on a une idée fausse de la réduction opérée par l'électricité, puisqu'on l'attribue au dégagement de l'hydrogène: comment expliquerait-on la réduction du fer et du zinc, qui ont la propriété de décomposer l'eau sans électricité?

Sans oser expliquer ces phénomènes, nous pensons qu'on peut les considérer comme le résultat de l'attraction plus ou moins forte que l'électricité peut avoir pour l'un ou l'autre corps.

Dopo il suo lavoro con Hisinger nel 1802, Berzelius nel 1806-1807⁽²³¹⁾, e meglio nel 1811, annunciò la sua teoria elettrochimica ed attribuì agli atomi delle *polarità elettriche*, cioè ammise che gli atomi di tutti i corpi avessero due *poli* nei quali si accumulano delle quantità di elettricità che non sono sempre uguali. Secondo la predominanza dell'una o dell'altra, l'atomo diventa elettro negativo od elettro positivo e secondo la natura degli elementi che si considerano, le loro ultime particelle sono polarizzate in grado diverso. Nelle combinazioni le particelle si riuniscono pei loro poli contrari, e le affinità che esercitano hanno la loro sorgente nelle attrazioni elettriche (Wurtz).

La considerazione che i sali sono composti di basi e di acidi lo portò a pensare che tutti gli altri composti chimici hanno, come i sali, una composizione binaria.

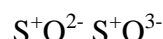
Berzelius classificò tutti gli elementi in due serie: *elettro negativi* ed *elettro positivi*. Per *elettro positivi* si deve intendere, secondo Berzelius, dei corpi infiammabili (solfo, idrogeno, fosforo, ecc.) e delle basi salificabili, e per *elettro negativi* l'ossigeno e gli acidi, che si portano al polo positivo della pila; i composti chimici risultavano in conseguenza come la neutralizzazione delle due differenti elettricità. Le combinazioni chimiche, nel concetto di Berzelius, dovevano riguardarsi come formate da due gruppi elettricamente diversi, i quali alla loro volta potevano risultare da due altri gruppi od elementi diversi. In tal modo i sali, ad esempio, erano considerati nel senso anche la-voisieriano, come la riunione di un acido elettro negativo con una base elettro positiva:



e cosa la potassa come $K^+ + O^-$ e l'acido solforico(o anidride) come S^+O^3- . Uno stesso elemento può essere elettro negativo od elettro positivo, secondo la natura dell'altro elemento con cui sta combinato; nei solfuri e solfidrati si ha



e il solfo è elettro negativo, ma negli acidi solforoso e solforico:



è elettro positivo, relativamente all'ossigeno. Così pure, secondo le idee di Berzelius, per l'acqua si avrebbe:



Questo concetto elettrochimico dualistico fa esteso anche alla chimica organica (Berzelius, Liebig) e si considerarono i corpi organici come derivanti da radicali composti, anzi si definì la *chimica organica* come la *chimica dei radicali composti* (Liebig).

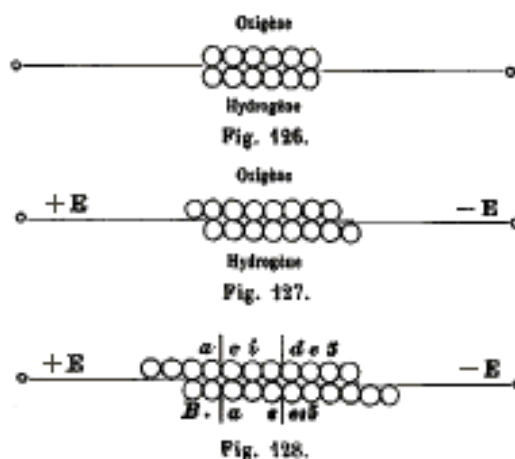
Anche i corpi organici sarebbero costituiti da due parti: l'una elettro positiva col carbonio e l'idrogeno, oppure anche l'azoto, e l'altra elettro negativa coll'ossigeno od altro elemento elettro negativo. L'acido acetico si considerò come l'ossido di acetile $C^4H^6 + O^2$, l'acido formico come l'ossido di formile, ecc.

⁽²³¹⁾ *Gilbert's Ann.*, 1807, t. XXVII. pag. 270; *Afh. Fysik Kemi och Mineral.*, Stockholm 1806. Erra il Tilden (*Hist. Scient. Chem.*, 1899) quando dice che la teoria elettrochimica del Berzelius è del 1827.

Questo concetto di Berzelius trovasi già da lui sviluppato nella sua Memoria: Essai sur la nomenclature chimique et sur le système électrochimique⁽²³²⁾; Berzelius appena appena allora era venuto a conoscenza della teoria atomica di Dalton:

«La plupart de ceux qui ont traité ces matières, emploient ces dénominations en sens contraire. M. Davy, ayant trouvé que les substances que je nomme *électropositives*, mises en contact avec les substances électronégatives, acquièrent toutes deux une électricité opposée à celle d'après laquelle je les ai nommées; il est possible que j'aie eu tort de changer cette signification, mais voici mes raisons: la pile ayant décomposé un corps quelconque, par exemple un sel, l'acide s'est rangé autour du pôle positif et l'alcali autour du pôle négatif; or, l'acide étant mis en liberté, c'est-à-dire à son état électrochimique originaire, par l'influence d'une électricité qui manque au point où le dégagement se fait, n'est-il pas plus vraisemblable de croire que la quantité d'E⁺ qui entre par les conducteurs dans la liqueur exposée à la décomposition, ne pouvant se décharger à travers de celle-ci, les E E se déchargent par un moyen chimique, en combinant ce qui à chaque moment devrait s'accumuler avec les corps qui se présentent au contact des conducteurs d'E⁺, en mettant en liberté une particule de l'acide, et l'E⁻ en dégageant une particule de l'alcali se déchargent, et les deux EE se mettent en équilibre, pendant que celui des principes constituans de la liquer se détruit.

«Voici comment on peut s'imaginer grossièrement l'opération intérieure de ce phénomène.



«Les petits globules de la fig. 126 représentent les deux parties constitutives, par exemple, de l'eau; aussi longtemps que ces globules sont situés l'un auprès de l'autre, la combinaison est neutre. Exposée à présent dans le travail de la pile, l'E⁺ surabondante au conducteur positif, attirera un globule d'oxygène qui y fera disparaître le surplus d'E⁺, pendant que l'E⁻ en fera autant avec l'hydrogène au conducteur négatif. Les globules se rangeront comme dans la fig. 127, et la ligne des globules d'oxygène marchera de plus en plus vers le conducteur positif, pendant que celle de l'hydrogène ira en sens contraire, attirée par le pôle négatif. Ce phénomène durera autant que la liqueur environnante aura de nouvelles particules pour suppléer à mesure que les autres se rangent chacune autour du pôle qui les attire. Pendant ce jeu des puissances électriques, la neutralité se conserve parfaitement entre les points des conducteurs. Si vous vous imaginez que dans la fig. 128, les trois zones de globules soient de trois différents sels dissous dans de l'eau, il est évident que les trois bases arriveront l'une après l'autre au pôle négatif, comme nous le savons par des expériences déjà publiées.

«Je ne cacherai cependant pas qu'il y a encore une manière d'envisager cette décomposition, c'est-à-dire, l'E⁺ au conducteur positif donne naissance, par une décharge dite *chimique*, à une particule d'hydrogène, et la repousse comme ayant la même E qui abonde au pôle, pendant que l'oxygène est repoussé de la même manière de l'autre côté. Les figures auxquelles je me suis

⁽²³²⁾ Journ. de Phys., 1811, t. LXXIII, pag. 278; Mémoires de l'Acad. des Sciences de Stockholm, 1812.

rapporté plus haut, servent aussi pour expliquer cette idée, et font voir comment il est possible qu'une particule d'oxygène produite et repoussée par le conducteur négatif, ne soit point mise en liberté, et comment par une impulsion communiquée à toute la ligne d'oxygène, ce n'est qu'au conducteur positif que la dernière de ces particules ne trouve point une particule correspondante d'hydrogène, et qu'en conséquence elle s'y dégage en forme de gaz.

«La différence entre ces deux hypothèses consiste donc principalement dans ce que dans la première l'E⁺ attire la ligne des globules d'oxygène, et l'E⁻ attire celle des globules d'hydrogène, lorsque dans la dernière hypothèse l'E⁺ repousse la ligne d'hydrogène et l'E⁻ celle d'oxygène, en partageant entre elles les électricités réciproques.

«Je ne chercherai pas à déterminer laquelle de ces deux manières d'expliquer ce phénomène est la plus vraisemblable, j'observerai seulement que si un jour il est prouvé que j'ai eu tort de changer les significations d'électropositif et d'électronégatif, ou n'a qu'à changer les deux mots, et la chose reste absolument la même»⁽²³³⁾.

Già in sul principio di questa Memoria bellissima del 1811 il Berzelius chiama *sostanze elettropositive* quelle che nelle decomposizioni operate dalla pila elettrica si raccolgono attorno al polo positivo e chiama *elettronegative* quelle che si raccolgono attorno al polo negativo.

Dopo aver accennato al modo di comportarsi dei corpi per l'azione della corrente elettrica, espone nel *Traité* la sua teoria elettrochimica nel modo seguente⁽²³⁴⁾:

«Ainsi que nous venons de le dire, les corps dont la combinaison est détruite par la courant électrique, apparaissent à des points séparés, et on ne peut découvrir la moindre trace dans les portions du liquide qui se trouvent entre ces points, quand même ils sont entièrement insolubles dans le liquide. Ce fait excita, dès les premiers moments de sa découverte, beaucoup de surprise, et donna lieu à différents essais destinés à eu trouver l'explication. On a cru, par exemple, que l'électricité positive s'unissait à l'oxygène, et le conduisait, sous la forme de cette combinaison, à travers le liquide, par le moyen d'un transport semblable à celui de l'électricité elle-même; dans ce cas, l'hydrogène devait devenir libre, au point où l'oxygène était séparé de l'électricité négative, et l'oxygène au point où l'électricité à laquelle il était uni, était saturée par l'électricité opposée.

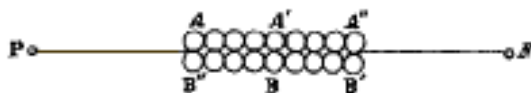


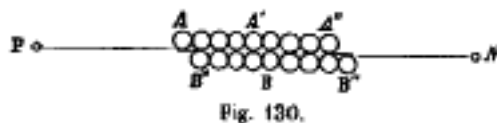
Fig. 129.

«On a admis la même chose pour l'hydrogène, ou, en général, pour les corps élémentaires combinés avec l'oxygène, relativement à l'électricité positive. Mais ces transports mystérieux de la matière à travers la matière, sont contraires à nos conceptions ordinaires, et ne peuvent, pour cette raison, être une explication juste. La théorie atomique rend compte de ce phénomène d'une manière beaucoup plus simple et plus probable. Supposons que, dans la fig. 129 ci-dessous, les globules de la série A, A', A'' soient des atomes d'oxygène, et les globules de la série B, B', B'' des atomes d'un corps combiné avec l'oxygène, d'hydrogène, par exemple, ou d'un métal, et que P représente le conducteur de +E, et N le conducteur de -E des pôles d'une pile électrique; enfin que les atomes A se trouvent en combinaison avec les atomes B, placés en face. Dès que le courant est établi, les atomes A tendent à se mouvoir dans la direction de P, les atomes B dans celle de N, et les derniers atomes A e B'' sont alors les premiers mis en liberté, ainsi qu'on le voit dans la figure 130; et comme les atomes correspondants, auxquels ils pourraient s'unir, leur manquent, ils se séparent à l'état libre. Mais ces atomes B'' et A, devenus libres, n'avaient pas été combinés ensemble et n'ont pas cheminé à l'état libre à travers le liquide, car l'atome duquel ils ont été séparés, s'est uni à celui

⁽²³³⁾ Il Dumas adottò questa interpretazione data dal Berzelius (*Traité de Chimie, Introduct.*, t. I, p. LVII).

⁽²³⁴⁾ *Traité de Chimie*. 5^a ediz., 1845, t. I, pag. 97.

qui est arrivé le premier, de sorte que l'état neutre n'a dû éprouver aucune altération dans toute la distance qui separe les extrémités N et P, comme en effet le démontre l'expérience.



«Admettons maintenant que les atomes depuis A jusqu'à A' appartiennent à un acide, et les atomes situés de A' à A'' à un autre acide, tandis que les atomes depuis B jusqu'à B' sont ceux d'une base, par exemple, d'un alcali ou d'un oxyde, et les atomes de B' à B'' ceux d'une autre base. Dans ce cas, d'après la position même des atomes, l'acide qui le premier devient libre au point P n'avait pas été en combinaison avec la base qui la première est mise en liberté au point N, et des échanges d'acide et de base ont eu lieu pendant la progression des atomes, ainsi que l'expérience l'a réellement constaté».

L'affinità, secondo Berzelius, era un attributo della elettricità. Ogni azione chimica, egli diceva, è dunque un fenomeno elettrico dipendente dalla polarità elettrica delle particelle.

«Si les vues électrochimiques sont justes, il s'ensuit que toute combinaison chimique dépend uniquement de deux forces qui sont l'électricité positive et la negative, et qu'ainsi chaque combinaison doit être composée de deux parties constituantes réunies par l'effet de leur réunion électrochimique, attendu qu'il n'existe pas une troisième force. Delà, découle que tout corps composé, quel que soit d'ailleurs le nombre de ses principes constituants, peut être divisé en deux parties, dont l'une est positivement et l'autre négativement électrique... que l'une et l'autre peuvent être encore divisées en deux éléments, l'un positif et l'autre négatif»⁽²³⁵⁾.

Berzelius in base a questo suo concetto distribuì tutti gli elementi in una lunga serie a seconda dell'ordine elettrochimico, che sostituì le vecchie tavole delle affinità. Questa serie è disposta in modo che comincia coll'elemento più elettronegativo e termina con quello più elettropositivo; ciascun elemento è collocato in modo che è elettropositivo verso quelli che lo precedono ed è elettronegativo verso quelli che lo seguono:

O, S, N, F, Cl, Br, J, Se, P, As, Cr, V, Mo, W, B, C, Sb, Te, Ta, Ti, Si, H.

Au, Os, Ir, Pt, Rh, Pd, Hg, Ag, Cu, V, Bi, Sn, Pb, Cd, Co, Ni, Fe, Zn, Mn, Ce, Th, Zr, Al, Y, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Li, Na, K.

L'idrogeno, come si vede, è collocato nel mezzo. I metalli furono da lui distinti in tre gruppi (1819): 1) dal molibdeno all'osmio; 2) dall'oro al berillio; 3) dal magnesio al litio.

«I composti chimici formati da questi elementi si dispongono pure in una serie elettrica. Fra i composti con l'ossigeno, gli acidi sono elettronegativi, le basi elettropositive. Come per l'una, così per l'altra classe di composti si tratta di un carattere relativo, e non di rado un acido debole si combina con uno più forte, funzionando come componente elettropositivo del nuovo composto. I sali occupano il centro della serie elettrochimica fra gli acidi e le basi.

«Ammettere che ogni composto risulti di due parti, una elettropositiva e l'altra elettronegativa, significa il tentare di scoprire l'intima costituzione delle sostanze. Se queste sono formate da due soli elementi (*composti di primo ordine*), nessuna ipotesi occorre a stabilire le parti componenti; basta la semplice analisi. Ma quando sono formate da più elementi ed a formarli (*composti di secondo ordine*) hanno concorso corpi già composti, le ipotesi s'impongono» (Aug. Piccini).

Il Lavoisier aveva stabilito che l'ossigeno è il principio acidificante; il Berzelius (quando ancora non si conoscevano gli acidi non ossigenati) precisò meglio la nozione di acido, definendolo *la combinazione dell'ossigeno con un elemento elettronegativo*; e di base, definendola *la combinazione dell'ossigeno con un elemento elettropositivo*. Così, SO_3 , CO_2 , N_2O_5 sono altrettanti acidi; CaO , PbO , Na_2O , K_2O altrettante basi. Quando questi corpi si combinano, l'elettricità positiva delle basi viene saturata dall'elettricità negativa degli acidi e si formano i sali in cui si trovano, l'uno in

⁽²³⁵⁾ *Essai des proportions chimiques*, ecc., Paris 1819; *Lehrb. d. Chem.*, 1836, t. V. pag. 61. 62. 67.

faccia all'altro, nella loro integrità, i due ossidi di polarità elettrica diversa. Donde le formole dei sali:



cioè in essi l'ossigeno non si trova tutto riunito, ma nell'interno della molecola è distribuito, in rapporti determinati, fra l'elemento elettropositivo (*metallo*) e l'elemento elettronegativo (*metalloide*). Queste furono le prime formole razionali che s'introdussero nella scienza, questo fu il primo passo per investigare l'intima compagine dei composti (A. P.).

Si può dire che Berzelius considerava gli atomi dei corpi come delle piccole calamite; attribuiva loro due poli nei quali i due fluidi elettrici erano distribuiti separatamente, ma inegualmente, di modo che uno di essi fluidi fosse in eccesso in un polo. Vi erano così, secondo Berzelius, degli atomi con eccesso di fluido positivo ed altri con eccesso di fluido negativo. I primi, scrive Wurtz, attirano i secondi, e questa attrazione sorgente dall'affinità chimica mantiene uniti gli atomi nei vari composti.

Il concetto dell'*affinità* era nella mente di Berzelius applicato direttamente all'atomo; e non solo affinità diverse secondo gli atomi, ma l'affinità chimica era identica colla polarità elettrica.

Il concetto elettrochimico di Berzelius, se si guardi bene, è molto diverso da quello di Davy; secondo Davy, l'elettricità si produce al contatto di due corpi, di cui uno si carica positivamente e l'altro negativamente. Per Berzelius invece l'elettricità è una delle proprietà della materia ed egli ammise che ciascun atomo già per sè possieda due sorta di elettricità: positiva e negativa; ma l'elettricità essendo in quantità diversa nei singoli atomi, questi sono, come suol dirsi, *unipolari* e così ogni atomo è elettrizzato negativamente o positivamente. L'idea di Berzelius, che l'elettricità sia insita nella natura dell'atomo, si avvicina molto all'idea moderna della costituzione elettrica della materia.

«L'elettricità (scrive Berzelius), la cui natura ci è ancora ignota e non ha analogie con alcun altro corpo tra tutti quelli che si sperimentano (se si eccettui il fluido magnetico, analogo all'elettricità come la luce al calore, mentre l'elettricità è causa nel tempo stesso di calorico, di luce e di polarità magnetica), sembra essere dunque la prima causa di azione in tutta la natura che ne circonda⁽²³⁶⁾. Taccio di tutte le ipotesi che essa fa nascere; esse non potrebbero avere per fondamento che il confronto con altri corpi meglio conosciuti, coi quali l'elettricità non ha relazione alcuna. Si suppose che l'elettricità fosse un movimento di vibrazione dei corpi, analogo a quello prodotto dal suono; si disse ch'essa era una forza primitiva inerente ai corpi, ecc., ma niuna di queste ipotesi ne chiarì meglio la sua natura, e furono tutte in qualche parte difettose: si potè conoscere non essere questa la vera maniera di rappresentarsi un agente tanto considerevole.

«Ogni azione chimica è dunque da principio un fenomeno elettrico dipendente dalla polarità elettrica degli atomi».

Anche la combustione era per Berzelius un fenomeno elettrico e nel 1819 scriveva⁽²³⁷⁾: «Nello stato attuale delle nostre conoscenze, la spiegazione più probabile della combustione e dell'ignizione che n'è l'effetto, sta in ciò: *che in ogni combinazione chimica, vi ha neutralizzazione delle elettricità opposte, e che questa neutralizzazione produce il fuoco nello stesso modo ch'essa lo produce nelle scariche della bottiglia elettrica, della pila elettrica e del fulmine, senza essere accoppiata, negli ultimi fenomeni, d'una combinazione chimica*».

⁽²³⁶⁾ Tutte queste idee, ed altre, sono state espone dal Berzelius non nel 1827, come crede Tilden, ma molto tempo prima: già nel suo *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité*, Paris 1819, trovasi in gran parte ciò che poi egli inserì nel suo *Traité*. È stato il chimico che ha più pensato intorno alla natura dell'elettricità. Io sono di parere che il Faraday deve aver meditato non poco sulle opere di Berzelius che riguardano l'elettricità. Quando Berzelius esponeva le sue idee sull'elettricità (1802-1819) il Faraday non se ne occupava ancora di proposito. Nelle lettere ad Alex. Marcet nel 1819-1822 il Berzelius discorre spesso dell'elettromagnetismo, delle esperienze di Ampère, ecc. Anche nella corrispondenza Berzelius-Dulong (1819-1837) il Berzelius discorre spesso dell'elettricità e dell'elettromagnetismo.

⁽²³⁷⁾ *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité*, Paris 1819, pag. 71.

Il Faraday considerava molto buona quest'idea di Berzelius riguardo la teoria elettrochimica dell'affinità, che cioè la luce ed il calore sviluppato nell'energica combinazione siano una conseguenza della scarica elettrica avvenuta nel momento di combinarsi. «L'idea è in perfetta concordanza (dice Faraday) con ciò che io ho ammesso della quantità di elettricità associata alle particelle o atomi di materia»⁽²³⁸⁾.

Già nelle prime edizioni del suo classico *Traité* tratta estesamente della elettricità. Egli non sa concepire un atomo, una minima particella d'un corpo senza elettricità. Nel suo *Traité* del 1827, pag. 578⁽²³⁹⁾, scriveva: «Ma si consideri che le minime parti di un corpo debbono possedere questa polarità; poichè non si può concepire una porzione d'un corpo elementare che non abbia le proprietà dell'intero corpo o quelle della riunione di varie parti. Quindi ne viene che senza questa teoria corpuscolare, non puossi concepire l'idea di una polarità elettrica nei corpi. Ma ammettendo che ognuno di questi atomi possedga una polarità elettrica donde dipendano i fenomeni elettrochimici della loro riunione, la cui ineguale intensità sia la cagione della differenza di forza con cui si esercitano le loro affinità».

Nel 1830 circa l'edificio chimico di Berzelius era completo; egli aveva determinato un numero grande di pesi atomici con un'esattezza non mai superata. Questo sistema, scrive il Ladenburg, era degno d'ammirazione.

«Benchè non si possa pretendere che le idee fondamentali del sistema siano esclusivamente di Berzelius, quand'anche egli dovesse molto a Lavoisier, a Dalton, a Davy, a Gay-Lussac, non è men vero che egli è stato colui che ha riunito e fuse insieme queste idee e teorie e ne ha tratto un tutto armonico, nel quale entrano una buona parte di scoperte sue personali. La sua ipotesi elettrochimica aveva, senza dubbio, dei punti di contatto con quella di Davy, ma ne era essenzialmente distinta. È a Berzelius che noi dobbiamo il primo metodo generale di determinazione dei pesi atomici, che ha reso dei così grandi servigi, poichè ha permesso di determinare i pesi atomici con tanta sicurezza che non si sono più cambiati se non in un numero limitato di casi.

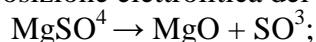
«Il suo sistema regnò senza contestazione. La pubblicazione dei *Jahresberichte*, cominciata nel 1821, aumentò ancora la sua influenza, perché questo nuovo lavoro non aveva per iscopo di enumerare le ricerche di chimica, ma ne faceva la critica. Perciò si leggono quei rapporti annuali come espressione delle idee di Berzelius».

Tutto ciò sia bene; solamente che io ritengo essere l'idea fondamentale proprio di Berzelius; l'idea della polarità è tutta sua ed il concetto di ritenere quasi un'unica cosa l'elettricità e la materia, è pure suo. Da ciò ne viene che J. J. Thomson, recentemente, ha fatto rivivere l'antico sistema berzeliano (V. pag. 400).

È erroneo il giudizio che ne dà l'Ostwald quando afferma che: «la teoria elettrochimica di Berzelius non appartiene alla elettrochimica propriamente detta. Essa non ha promosso nessuna ricerca più estesa nel dominio comune dell'elettricità e della chimica, e Berzelius stesso non ha più fatto delle esperienze di questo genere. La sua importanza rimane affatto confinata alla sistematica».

Questo è in contraddizione con quanto scrive in altra parte l'Ostwald stesso, che cioè profonda fu l'influenza della teoria elettrochimica di Berzelius sul problema della costituzione chimica dei corpi. Non solo, ma e le leggi di Faraday riguardo l'elettrolisi sarebbero state scoperte senza le precedenti ricerche di Berzelius e di Davy? E qui Ostwald fa una giusta osservazione: «Le leggi di Faraday fanno credere che a delle masse determinate di corpi siano legate delle quantità determinate di elettricità positiva o negativa e che queste quantità si muovano quando passa la corrente secondo la teoria di Berzelius. Si poteva dunque supporre che questo grande chimico avrebbe accettato questo appoggio che a lui veniva dal campo fisico, ma così non fu, come nel caso di Dalton relativamente a Gay-Lussac». Berzelius invece mise in dubbio le leggi di Faraday.

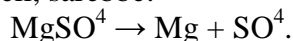
Secondo Berzelius, la decomposizione elettrolitica dei sali avverrebbe, ad esempio, secondo:



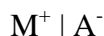
⁽²³⁸⁾ *Experim. Researches of Electricity*, serie VII, in *Phil. Trans.*, 1834, parte I, pag. 121.

⁽²³⁹⁾ Ediz. italiana, 1833; t. IV, pag. 578.

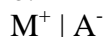
mentre, secondo Davy, Dulong e Daniell, sarebbe:



Ma il concetto fondamentale è lo stesso. In linea generale *le soluzioni elettrolitiche contengono dunque un composto suscettibile di essere scisso dalla corrente secondo il simbolo binario:*



essendo M un metallo o dell'idrogeno o un radicale composto, A⁻ rappresenta un elemento o gruppo elettronegativo (Cl, ClO³, SO⁴, ecc.). Il simbolo:



è dunque lo schema generale dell'elettrolisi dei corpi, sciolti o fusi⁽²⁴⁰⁾, ossia la formola ionica, potendosi considerare M e A come gli joni. Sotto qualunque parte la si consideri, è sempre l'idea originale binaria di Berzelius⁽²⁴¹⁾.

Nel 1830, scrive Wurtz, tutti i chimici avevano accettato l'ipotesi elettrochimica di Berzelius. L'esperienza della decomposizione elettrolitica del solfato di sodio era diventata classica. Essa era ripetuta in tutti i corsi pubblici ed invocata in favore delle idee sì generalmente diffuse allora sulla costituzione dei sali.

Stabilita ed adottata dai chimici la sua teoria elettrochimica, egli non si occupò più di ricerche sperimentali riguardanti l'elettrochimica.

Però la teoria elettrochimica dualistica di Berzelius si applicava male alla maggior parte dei corpi organici, perchè questi non essendo elettroliticamente decomponibili come i sali inorganici, ed in seguito alla teoria delle sostituzioni che condusse al sistema unitario, la molecola della maggior parte dei corpi organici si rappresentò come un solo organismo i cui elementi potevano essere sostituiti da altri elementi. Il sistema unitario si estese anche ai composti inorganici e la teoria elettrochimica dualistica del Berzelius cadde. Ma doveva risorgere, e risorse, infatti, dopo aspra lotta.

La maggior parte delle sostanze organiche anche oggi debbono essere riguardate dal punto di vista unitario, appunto secondo le idee di Gerhardt e Laurent, contrarie a quelle di Berzelius, perchè non sono elettroliti, ma invece per la maggior parte dei composti inorganici, e specialmente per i sali, le basi, gli acidi, il concetto di Berzelius ritorna al suo vero posto e oggi corrisponde alla divisione della molecola in joni positivi e negativi. È questo stesso concetto berzeliano che ha guidato il Werner per la determinazione della costituzione binaria dei corpi detti *combinazioni molecolari*. L'idea del Berzelius, concepita nel 1803-1811, è stata una idea veramente geniale.

Come già dissi, il dualismo elettrochimico risorge quasi in ogni nuova teoria, benchè in senso anche un poco diverso; nella stereochimica, quando si considera la trasformazione dell'acido monobromosuccinico in acido fumarico, cosa si dice? «L'acido monobromosuccinico subisce una modificazione in seguito alla mutua repulsione degli atomi di idrogeno ed i gruppi positivi e negativi vengono a disporsi l'uno rimpetto all'altro e separandosi acido bromidrico non può formarsi se non acido fumarico».

Anche le idee moderne di Abegg si collegano colle vecchie di Berzelius; secondo Abegg⁽²⁴²⁾, l'unione di due atomi sarebbe sempre accompagnata dalla neutralizzazione di due elettricità contrarie; egli arriva a questa conclusione supponendo in ciascun atomo delle valenze positive e negative la cui somma è sempre uguale a 8, vale a dire uguale al numero dei gruppi del sistema di Mendelejeff.

Ed il Nerust giustamente, nel suo *Traité de Chim. Génér.*, trad. franc., 1911, vol. I, pag. 325, scrive: «L'esistenza di un contrasto polare nell'azione chimica reciproca è dunque indubbia ed appare sotto un aspetto più luminoso nei fenomeni d'elettrolisi, ove i rappresentanti del primo gruppo

⁽²⁴⁰⁾ Jamin, *Cours de Phys.*, t. IV, parte I, pag. 166.

⁽²⁴¹⁾ Dopo le sue esperienze galvaniche, pubblicate con Hisinger nel 1802-1803, egli fece conoscere altri lavori che dovevano condurlo alla sua teoria elettrochimica, e sono: *Theorie der elektrischen Säule* (*Gehlen Journ.* 1807, t. III, pag. 177-193). *Electriska Stapelus Teori* (Hisinger, *Afhandl. Fysik*, 1807, t. II pag. 14-34); *Försök med. Electriska Stapelus verkan pa Salter och pa nagra af deras baser* (Hisinger, *Afhandl. Fysik*, 1806, t. I, pag. 1-38; *Gilb. Ann.* 1807, t. XXVII, pag. 269-324).

⁽²⁴²⁾ *Die Valenz u. das periodischen System. Versuch einer Theorie d. Molekularverbindungen* (*Z. f. anorg. Chem.*, t. XXXIX, pag. 330).

(positivo) vanno al catodo e quelli del secondo gruppo (negativo) all'anodo; la scoperta di questi fenomeni condusse Davy, e specialmente Berzelius (1810), a stabilire la teoria elettrochimica; Berzelius faceva di questo dualismo evidente dell'affinità reciproca, la guida conduttrice in ogni ricerca chimica e spiegava questo contrasto polare con quello delle cariche elettrostatiche positive e negative».

Il concetto di elettroaffinità, quale era nella mente di Berzelius, può essere accettato ancora oggi, tanto più che vi è tendenza ad identificare l'elettricità e la materia. Volere o non volere, la concezione fondamentale di Berzelius è conciliabile coi principi dell'elettrochimica attuale⁽²⁴³⁾.

Ed anche recentemente non si discute intorno al concetto elettronico della valenza, e delle valenze positive o negative?⁽²⁴⁴⁾.

Il Berzelius, anche negli ultimi anni della sua vita, dimostrava di tenere in gran pregio il suo concetto elettrochimico; prevedeva che la elettricità doveva vincere qualunque altra ipotesi. Nel suo *Traité de Chimie*, ultima edizione, 1845, t. I, pag. 113, scrive:

«En 1802, je fis voir, avec Hisinger, que cette décomposition s'opère d'après des lois déterminées, que les corps combustibles et les bases salifiables se rendent au côté négatif, et l'oxygène et les acides au côté positif. Nous décrivîmes la décomposition de l'ammoniaque et de plusieurs sels».

Nel principio di questo suo magnifico *Traité de Chimie* il Berzelius discorre dei così detti allora *imponderabili*, cioè, della luce, del calore, dell'elettricità e del magnetismo. E a proposito dell'elettricità sviluppa la sua teoria elettrochimica. In questo capitolo, quando tratta degli effetti chimici della corrente idroelettrica, descrive una sua esperienza, che è poi diventata un'esperienza di scuola ed è sempre stata ripetuta nelle prime lezioni di chimica. La detta esperienza consiste nel decomporre colla pila una soluzione di un sale alcalino neutro e dimostrare che ad un polo va l'acido che arrossa il tornasole ed all'altro polo l'alcali che lo rende azzurro. Ecco come egli descrive questa elementare, ma classica esperienza⁽²⁴⁵⁾:

«Per quanto riguarda la natura dei corpi, che da ogni parte polare sono separati dal corpo liquido composto, non mi posso qui esprimere che in un modo generale, poichè debbo supporre che i miei lettori non conoscano ancora questi corpi. Per darne più facilmente un'idea, metterò i miei dati in rapporto con la fig. 131 qui unita. AB è un tubo di vetro aperto alle due estremità e ricurvo nel mezzo; si appoggia sulla parte curva nello esterno. Vi s'introduce una soluzione acquosa F, che deve raggiungere una certa altezza nei due bracci. N e P sono due fili metallici che pescano nel liquido, in modo che fra l'uno e l'altro vi sia la distanza di un mezzo pollice. N conduce l'elettricità del polo negativo della pila, e P quella del polo positivo. Questi fili possono essere di qualunque metallo; ammettiamo intanto ch'essi siano d'oro o di platino, perchè questi metalli non si combinano con alcuna parte costituente del liquido, che si separa da un lato o dall'altro.

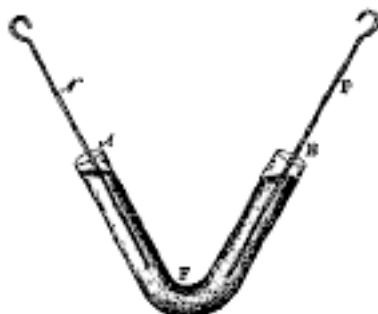


Fig. 131.

⁽²⁴³⁾ V. anche Urbain e Sénéchal, *Introduction à la Chimie des complexes*. 1913. cap. IV.

⁽²⁴⁴⁾ Si vegga pure il lavoro di F. Brunel (*Journ. Am. Chem. Soc.*, 1915) e quello di Fry (*Ivi*, 1915, pag. 2368).

⁽²⁴⁵⁾ *Traité de Chimie*, 5^a ediz., trad. franc., t. I, pag. 94.

Ammettiamo, inoltre, che il liquido sia una soluzione acquosa di solfato potassico, sale composto, come già abbiamo visto, di acido solforico e di potassa. Mettendo in contatto i fili N e P coi poli della pila, si stabilisce una corrente elettrica che passa attraverso il liquido; -E va da N a P, e +E da P ad N. Nel momento in cui comincia la corrente elettrica, i fili metallici si coprono di bollicine di gas, che si staccano e salgono nei bracci del tubo; esse provengono dalla decomposizione dell'acqua. Questo liquido è composto, come già abbiamo detto, di due elementi: ossigeno e idrogeno, nel rapporto di un atomo del primo e di due atomi del secondo. Non potendo esistere allo stato libero che sotto forma di gas, assumono questa forma nel momento in cui essi vengono separati, si depositano sui fili, e raggiungono in seguito la superficie libera del liquido, dove si può, con l'aiuto di un apparecchio adatto, raccogliarli separatamente. Il gas idrogeno va al conduttore negativo N, mentre il gas ossigeno si accumula sul conduttore positivo P. Misurando i gas raccolti, si vede che il volume del gas idrogeno è esattamente il doppio di quello del gas ossigeno, rapporto uguale a quello col quale questi gas sono combinati nell'acqua.

«Ma il solfato potassico è ugualmente decomposto: si separa della potassa, che va al - conduttore N, e dell'acido solforico che va al + conduttore P. La potassa e l'acido solforico essendo entrambi solubili nell'acqua, rimangono nel liquido, il cui sapore diventa acido vicino a P e alcalino vicino ad N. La potassa e l'acido solforico possono anche essere decomposti dalla loro parte; ma finchè l'acqua, più facilmente decomponibile, si trova in eccesso, gli altri due corpi su accennati non vengono alterati».

Si procede in un modo perfettamente analogo colla soluzione del solfato di rame; nel qual caso al polo negativo si deposita il rame.

Quest'esperienza classica, di scuola, si trovava in tutti i Trattati di chimica, anche elementari, ben fatti; si veggano, ad esempio, le magnifiche *Leçons élémentaires de Chimie* del nostro Malaguti.

Berzelius sviluppò la sua teoria dualistica elettrochimica in molte sue opere e Memorie, ed a questo proposito, oltre la Memoria sovraricordata nel *Journ. de Phys.*, si può vedere: *Dell'influenza dell'elettricità sulle affinità; Base di una teoria elettrochimica*⁽²⁴⁶⁾. Egli poi ha esposto la sua teoria elettrochimica nel suo *Essai d'une théorie des proportions chimiques*, 1819, e specialmente nell'edizione 1835 tutto il capitolo III: *Exposition de la théorie électrochimique, telle qu'elle paraît résulter de l'expérience acquise jusqu'à présent*, e nel suo *Traité de Chimie*, nelle varie edizioni.

Berzelius attribuiva grande importanza alla teoria elettrochimica anche per la mineralogia⁽²⁴⁷⁾: «Per l'influenza della elettricità sulla teoria della chimica, questa scienza ha subito una rivoluzione ed i punti di vista che essa abbraccia sono stati estesi e rettificati in modo più importante per l'insieme di quanto non lo fu nè colla dottrina di Stahl, nè con quella di Lavoisier. L'influenza della teoria elettrochimica si estende anche alla mineralogia, della quale essa deve servire a sviluppare le dottrine come quelle della scienza madre. È per mezzo della elettrochimica che si è appreso a cercare nei corpi composti le parti costituenti aventi qualità elettrochimiche opposte, e questa teoria inoltre ci ha fatto conoscere che le combinazioni sono legate da una forza proporzionata al grado di opposizione che esiste nella natura elettrochimica dei componenti. Risulta da ciò che in ciascun corpo composto si trovano uno o più ingredienti elettropositivi, come pure uno o più ingredienti elettronegativi».

Ecco quanto scrive il Chwolson sulla teoria elettrochimica del Berzelius, nel capitolo: *Teoria dell'elettrolisi e lavori anteriori a quelli di F. Kohlrausch*, nel suo *Traité de Physique*, t. IV, 1910, pag. 650: «Bisogna innanzi tutto ricordare la celebre teoria elettrochimica di Berzelius (1812), leggermente modificata in seguito da Fechner (1838). I punti più essenziali di questa teoria sono i seguenti: Ciascun atomo è legato a *due* cariche di elettricità di nome contrario; quando due atomi si combinano, una delle cariche si separa in ciascun atomo, in totalità o in parte, di modo che nel composto ciascun atomo contiene un eccesso dell'una delle due cariche. Le due cariche che si

⁽²⁴⁶⁾ *Schw.*, t. VI; *A. Ch.* [1], t. LXXXV, pag. 225; t. LXXXVI, pag. 146; t. LXXXVII, pag. 50; t. LXXXVIII, pag. 113, ed anche già nel *Gilbert's Ann.*, 1807. t. XXVII, pag. 270, e 1812, t. XLII, pag. 451.

⁽²⁴⁷⁾ *Nouveau système de Minéral.*, 1819, pag. 7.

sono separate restano libere, secondo Berzelius, e si uniscono tra loro, secondo Fechner».— È troppo poco!

Scoperta del bario, calcio e stronzio. - Al Berzelius, contemporaneamente al Davy, si deve la scoperta dei tre metalli alcalino-terrosi.

Per ottenere il *bario*, il *calcio* e lo *stronzio*, cioè i metalli alcalino-terrosi, che non si riesce ad ottenere col metodo di Davy pel potassio e sodio, bisogna impiegare il mercurio come conduttore negativo, sul quale si pongono gli idrati di bario, calcio e stronzio ridotti in poltiglia con poca acqua; e in questa poltiglia si immerge un filo di platino che parte dal polo positivo. Bisogna che la batteria elettrica sia composta da un gran numero di dischi e che abbia molta intensità (Berzelius, 1808). Questo è il metodo tenuto da Davy, pure nel 1808, per ottenere anche il calcio, il bario, e lo stronzio e il magnesio. Possiamo dunque dire che i tre metalli: *calcio*, *bario* e *stronzio*, furono scoperti da Berzelius e da Davy. Ed inverò, in una Memoria: *Ricerche elettrochimiche sulla decomposizione delle terre; con osservazioni sui metalli che si ottengono dalle terre alcaline e sull'amalgama prodotta coll'ammoniaca*, letta il 30 giugno 1808 alla Società Reale⁽²⁴⁸⁾, Davy descrive le esperienze che lo condussero alla scoperta del *calcio*, *bario*, *stronzio* e *magnesio* in modo analogo con cui ottenne il potassio e il sodio. Ma col metodo adoperato pel potassio e pel sodio, Davy non riuscì a separare il bario, calcio e stronzio, ma vi riuscì coll'adoperare il metodo usato prima da Berzelius. Ed infatti Davy racconta in questa Memoria di aver ricevuto, nel maggio 1808, una lettera da Berzelius, colla quale lo informa che egli e Pontin erano riusciti a decomporre la barite e la calce elettrolizzando negativamente il mercurio in contatto con queste terre⁽²⁴⁹⁾.

Berzelius e la teoria delle sostituzioni. - Laurent, Dumas, Malaguti, Regnault ed altri chimici, dal 1832 al 1850, dimostrarono che l'idrogeno delle sostanze organiche poteva essere sostituito da elementi o da gruppi elettronegativi, quali il cloro, il bromo, il residuo nitrico NO², ecc. Ad esempio, dal metano CH⁴ si aveva CH³Cl, CH²Cl², CHCl³ e CCl⁴, dalla naftalina C¹⁰H⁸ si aveva C¹⁰H⁷Cl, C¹⁰H⁸Cl², C¹⁰H⁷Br³, ecc. E nel 1839 Dumas dimostrò che dall'acido acetico CH³COOH si poteva ottenere un acido triclorurato, l'acido tricloroacetico CCl³COOH, con proprietà chimiche perfettamente analoghe a quelle dell'acido acetico e ad esempio, come dall'acido acetico si può ottenere il gas metano o formene CH⁴, così dall'acido tricloroacetico si otteneva il cloroformio CHCl³ o tricloroformene. Il grande lavoro di Malaguti sugli eteri venne in conferma delle idee di Laurent sulle sostituzioni. I chimici della scuola di Laurent e Gerhardt non ammisero più che un composto chimico possa riguardarsi come formato da due parti, una elettropositiva e l'altra elettronegativa nel senso di Berzelius, ma ammisero che la molecola fosse costituita da un tutto unico in cui era possibile sostituire un elemento con un altro.

Così, ad esempio, l'acido solforico era H²SO⁴ ed i solfati Me²SO⁴, l'acido acetico C²H⁴O² e l'acido tricloroacetico C²HCl³O², ecc. Il sistema unitario di Laurent e Gerhardt prevalse.

⁽²⁴⁸⁾ *Phil. Trans.*, 1809, pag. 29; *Journ. de Phys.*, 1808, t. LXVIII, pag. 468; 1809, t. LXIX, pag. 78.

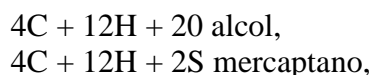
⁽²⁴⁹⁾ H. Davy riconosce di aver ottenuto il bario e il calcio, e quindi anche lo stronzio, solamente dopo le informazioni sul modo di operare di Berzelius. Nei suoi *Elementi di filosofia chimica*, vol. II (ed. franc.), pag. 386, scriveva: «Io ottenni il primo dei segni di decomposizione della barite verso la fine di ottobre 1807, e in marzo 1808 io mi procurai una lega del metallo col ferro. In maggio 1808, quando io mi occupavo di queste ricerche, i signori Berzelius e Pontin di Stockholm mi comunicarono il metodo di elettrolizzare il mercurio in contatto colla terra, e al principio di giugno dello stesso anno io ottenni il metallo della barite».

Ma vi ha di più. Nella Memoria originale del 1808 riconosce di aver ripetute le operazioni consigliate da Berzelius e scrive (*Phil. Trans.*, 1808, e 30 giugno 1808 alla *Royal Society; The collected Works*, t. V, p. 109):

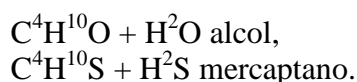
«Whilst I was engaged in these experiments, in the beginning or June, I received a letter from Professor Berzelius of Stockholm, in which he informed me that in conjunction with D. Pontin, he had succeeded in decomposing barytes and lime, by negatively electrifying mercury in contact with them, and that in this way he had obtained amalgams of the metals or these earths. I immediately repeated these operations with perfect success; a globule of mercury...». E così fece pel calcio e per lo stronzio.

È evidente dunque che il merito principale della scoperta è di Berzelius.

Berzelius però, cosa curiosa, non era contrario alla teoria delle sostituzioni quando si trattava di sostituire l'ossigeno col solfo. Già nel 1834 egli fece notare che il mercaptano di Zeise C^2H^6S (allora $C^4H^{12}S^2$) era alcol nel quale il solfo sostituisce l'ossigeno⁽²⁵⁰⁾. E nello stesso anno Liebig, appena uscì il lavoro di Zeise⁽²⁵¹⁾ sul *mercaptano*, fece notare come questo composto si possa considerare come alcol in cui l'ossigeno è *sostituito* dal solfo, e diede le formole:

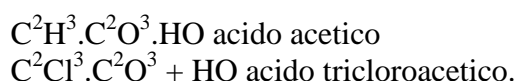


e considerandoli come derivanti da un radicale

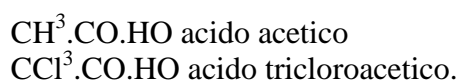


Berzelius combatter sin che ha potuto il concetto della sostituzione di un elemento elettropositivo con uno elettronegativo. E a dir vero, talora anche con grande violenza.

Però in ultima analisi il Berzelius finì per fare qualche concessione alla teoria delle sostituzioni ed anch'egli ammise che in certi casi il cloro possa sostituire l'idrogeno. Avendo egli considerato l'acido tricloroacetico come un corpo copulato di acido ossalico e di sesquicloruro di carbonio e l'acido acetico come contenente la copula C^2H^3 , così scriveva



E se si guardi bene, queste formole sono le moderne, quando si divida per 2 il numero degli atomi di carbonio e di ossigeno:



Ad ogni modo, la teoria delle sostituzioni ebbe la vittoria. Ma giustamente il Wurtz scrive: «Aujourd'hui, vingt ans après sa mort, devons-nous regretter pour sa mémoire les débats qu'ont agité ses dernières années et dont il n'est point sorti victorieux? En aucune façon. Cette grande discussion a porté ses fruits, et l'opposition violente de Berzelius a été plus salutaire que n'eussent été le silence ci le repos. Ainsi, après avoir tant honoré la science par ses découvertes, ce puissant contradicteur l'a encore servie par ses écarts mêmes. Telle est la vertu bienfaisante du travail».

Le ricerche recenti di J. J. Thomson confermano l'antica teoria berzeliana. — La costituzione elettrica della materia è un concetto che si è andato lentamente sviluppando dai tempi di Berzelius, poi di Faraday, sino ai tempi moderni. Berzelius fece del suo dualismo la guida in tutte le ricerche chimiche e spiegava questo contrasto polare con quello delle cariche elettrostatiche positive e negative. «Colla sua teoria elettrochimica, Berzelius aveva portato, nell'insieme delle conoscenze chimiche del suo tempo, l'ordine e le vedute generali, ed ha servito di guida alla chimica per tutta una vita scientifica rimarchevolmente feconda» (Ostwald).

Il Nernst, nel suo *Traité de Chimie théorique*, scrive che l'identificazione delle forze chimiche e dell'attrazione delle elettricità contrarie non fu che temporanea, ma malgrado l'autorità di un Berzelius la chimica si sbarazzò di questa ipotesi, la quale invece di condurre a conoscenze più estese non faceva che recar confusione nella nozione precisa e naturale dei fatti. Ma il Nernst è poi in

⁽²⁵⁰⁾ Lettera di Berzelius a Liebig, 5 aprile 1814, in Carrière, pag. 87.

⁽²⁵¹⁾ A., t. XI, pag. 1.

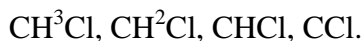
contraddizione quando afferma in altro luogo del suo Trattato che la teoria elettrochimica è rinata nella teoria dei joni.

«Il concetto veramente geniale del dualismo elettrochimico berzeliano risorge quasi in ogni nuova teoria chimica generale.

«Questo dualismo elettrochimico fu attaccato da varie parti. La prima e più importante obiezione fu quella, come ho già detto, dovuta alla teoria delle sostituzioni, che fu causa di una lunga lotta tra Berzelius e Laurent, Gerhardt e Dumas. Se la combinazione chimica dipendesse solamente dalle cariche elettriche, la proprietà del nuovo composto che si forma sarebbe una funzione di queste cariche. Si osservò che nella naftalina, nell'acido acetico, ecc., si poteva sostituire l'idrogeno col cloro, col bromo senza cambiare la natura del composto che si otteneva. Dall'acido acetico CH_3COOH si otteneva l'acido tricloroacetico CCl_3COOH . Berzelius non poteva allora spiegare bene come tre atomi di idrogeno che portano una carica positiva possano essere sostituiti con quelli di cloro o di bromo che portano cariche negative. Questo fatto ed analoghi che molti atomi di idrogeno a cariche positive possono essere sostituiti con elementi o gruppi a cariche negative, senza che sostanzialmente cambiasse la natura del composto, fu di grande ostacolo alla teoria dualistica del Berzelius, che dovette cadere e cedere il posto alla teoria unitaria di Laurent e Gerhardt.

«Ma il dualismo berzeliano, come ho detto, è risorto colla teoria dei joni; non solo, ma nel 1895 J. J. Thomson ha esposto una teoria elettrochimica che rimette al suo posto il grande concetto berzeliano. Egli dimostrò sperimentalmente che, a seconda delle condizioni, il medesimo atomo può caricarsi ora positivamente, ora negativamente: elettrolizzando⁽²⁵²⁾ l'idrogeno gassoso trovò che a un polo andava idrogeno positivo e all'altro idrogeno negativo. Esaminando gli spettri dell'idrogeno sviluppatosi intorno ai due poli, trovò una differenza di comportamento. Probabilmente, secondo Thomson, la molecola dell'idrogeno gassoso è formata di un jone positivo e di uno negativo. Ed il Thomson, riferendosi alla teoria dualistica berzeliana, scrive⁽²⁵³⁾:

«In molti composti organici un atomo dell'elemento elettropositivo, idrogeno, può essere rimpiazzato da un atomo dell'elemento elettronegativo, cloro, senza che con ciò si alteri il tipo del composto. A cagion d'esempio, si possono sostituire successivamente i quattro atomi di idrogeno del metano con il cloro ed ottenere:



«Era interessante investigare in quale stato si trovi il cloro in questi composti, perchè, scrive Thomson, la possibilità di sostituire un elemento elettropositivo di un composto con uno elettronegativo fu una delle principali obiezioni mosse contro la teoria dualistica di Berzelius.

«Quando il vapore di cloroformio, CHCl_3 , era collocato nel tubo, si trovava che tanto le linee dell'idrogeno quanto quelle del cloro erano brillanti sul lato negativo della lamina, mentre non risultavano su quello positivo, e che qualunque aumento nella lucentezza delle linee dell'idrogeno era accompagnato da un aumento di lucentezza di quelle dovute al cloro. Lo spettro risultante sul lato positivo della lamina era quello conosciuto con il nome di spettro dell'ossido di carbonio; quando la scarica era passata prima per il tubo, lo spettro sul lato positivo era quello chiamato spettro della candela, ma questo si mutava rapidamente nello spettro dell'ossido di carbonio. La presenza degli spettri dell'idrogeno e del cloro sullo stesso lato della lamina era pure osservata nel cloruro di metilene e nel cloruro di etilene. Anche quando tutto l'idrogeno in CH_4 era sostituito da cloro, come nel tetracloruro di carbonio CCl_4 , lo spettro del cloro rimaneva sul lato negativo della lamina. Per meglio accertare questo punto ho provato il composto analogo di silicio, cioè il tetracloruro di silicio, inserendo nel circuito una piccola bottiglia per rendere più brillante lo spettro.

«Lo spettro del cloro era nuovamente più brillante sul lato *negativo* della lamina, mentre lo spettro del silicio era più brillante su quello positivo. Questo è un caso favorevolissimo per l'applicazione di tale metodo, perchè vi sono due linee del silicio (lunghezza d'onda 5058, 5043)

⁽²⁵²⁾ Harry C. Jones, *Trattato di Chimico-Fisica*, trad. ital. del dott. M. Giua. Milano 1913, pag. 334.

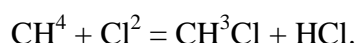
⁽²⁵³⁾ *On the Electrolyse of Gases*, in *Nature*, 1895, t. LII, pag. 453. Della nota del Thomson sono riportate dal Jones solamente poche righe; ma per averne un concetto più chiaro ho creduto bene riprodurre un brano più esteso.

vicinissime a due linee di cloro (lunghezza d'onda 5102, 5078), in modo tale che la loro relativa lucentezza può essere facilmente confrontata.

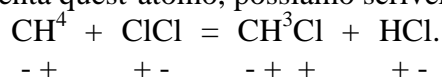
«L'esperimento con il tetracloruro di silicio è più conclusivo che non quelli fatti con i composti di carbonio, perchè in questi ultimi lo spettro sul lato positivo della lamina è una fascia di spettro e mentre l'inclinazione virtuale, quando la scarica passa, è molto più ripida sul lato negativo della lamina che non su quello positivo, si può supporre che gli effetti osservati siano dovuti alle condizioni del lato negativo, meglio adatte per la produzione delle linee degli spettri che non quelle del lato positivo. Queste spiegazioni però non sono applicabili al caso del tetracloruro di silicio, dove gli spettri sui due lati della piastra sono linee di spettri.

«Da questi esperimenti risulterebbe che gli atomi di cloro nei derivati clorurati del metano sono carichi della stessa elettricità degli atomi di idrogeno che spostano.

«Quando possiamo determinare la qualità delle cariche elettriche portate dagli atomi in una molecola di un composto, possiamo accertare se una data reazione chimica provoca o non provoca uno scambio delle cariche elettriche negli atomi che prendono parte alla reazione. Prendiamo ad esempio la reazione:



«Se noi rappresentiamo la qualità della carica elettrica portata da un atomo con + o - collocato sotto il simbolo che rappresenta quest'atomo, possiamo scrivere l'ultima reazione così:



di modo che questa reazione può essere prodotta da un nuovo aggiustamento degli atomi senza nessuna alterazione delle loro cariche elettriche.

«Se però prendiamo la reazione



vediamo che, oltre ad un nuovo aggiustamento degli atomi, in questo caso vi deve essere uno scambio di cariche elettriche fra gli atomi; perchè prima della combinazione metà degli atomi dell'idrogeno erano carichi di elettricità negativa e metà degli atomi di cloro erano carichi di elettricità positiva, mentre dopo la combinazione nessun atomo di idrogeno è caricato negativamente, e nessun atomo di cloro è caricato positivamente. Possiamo quindi distinguere due classi di reazioni chimiche: quelle che necessariamente non richiedono uno scambio delle cariche elettriche dell'atomo e quelle che lo richiedono. Si potrà quindi ripetere le ricerche per vedere se il fatto di un cambiamento chimico è influenzato nella stessa maniera dalla presenza di una terza sostanza, in queste classi di combinazione chimica» (Thomson).

Quindi, scrive il Jones, il classico argomento contro la teoria di Berzelius è senza fondamento, perchè gli atomi H dell'acido acetico sono sostituiti da atomi di cloro, che spostano la stessa specie di elettricità. Per conseguenza, se la teoria di Berzelius è giusta, le proprietà dell'acido tricloroacetico somiglieranno a quelle dell'acido acetico; ed è così precisamente.

VII

Nomenclatura - Classificazione - Simboli - Formole - Equazioni.

La mente generalizzatrice di Berzelius si dimostrò subito anche nella nuova nomenclatura latina, che egli propose nel 1811. Pochi mesi dopo una sua lettera a Berthollet, pubblicò la sua Memoria per mezzo dello stesso Berthollet, che ne corresse le bozze.

La distinzione fra *elementi metallici e non metallici*, già fatta da Lavoisier, fu mantenuta dal Berzelius, ma alle sostanze non metalliche diede il nome di *metalloidi*; nome che è rimasto nella scienza.

La importante Memoria di Berzelius: *Essai sur la nomenclature chimique* trovasi nel *Journal de Phys.*, 1811, t. LXXIII, pag. 253; in *Actes de l'Acad. des Sciences de Suède*, 1812, pag. 28-74; in *Ann. of Phil.* di Thomson, 1814, t. III, p. 450. Questa nomenclatura è in lingua latina. Berzelius distingue tutti gli elementi in *semplici (simplicia)* e *composti (composita)*. I corpi semplici li distingue in tre gruppi:

- 1) OXIGENIUM
- 2) METALLOÏDA

Sulphuricum	Fluoricum
Phosphoricum	Boracicum
Muriaticum	Carbonicum.
- 3) METALLA

Arsenicum	Hydrargyrum
Molybdænum	Argentum
Chromium	Plumbum
Wolframium	Niccolum
Tellurium	Cuprum
Osmium	Ferrum
Tantalium	Manganium
Silicium	Cerium
Titanium	Ittrium
Zirconium	Beryllicum
Iridium	Aluminium
Platinum	Magnesium
Aurum	Calcarium
Rhodium	Strontium
Palladium	Barytium.

Distingue tutti i corpi in *imponderabilia* (calore, luce, elettricità, magnetismo) e *ponderabilia*. Rispetto ai rapporti dei corpi ponderabili coll'elettricità li distingue in *sostanze elettropositive* e *sostanze elettronegative*. Divide i corpi in *semplici* e *composti* e i corpi semplici in *metalloidi* e *metalli*. Nei primi mette il solfo, il fosforo, il cloro, il fluoro, il boro, il carbonio, e nei metalli tutti gli altri; l'ossigeno lo mette in un gruppo a sè, prima dei metalloidi.

Poi distingue i corpi composti in *inorganici* ed *organici*. Gli inorganici in: I) composti coll'ossigeno: *a)* ammonio con ossigeno (*idrogeno, ammoniacum, nitrogenium*)⁽²⁵⁴⁾, *b)* subossidi, *c)* ossidi, *d)* acidi, *e)* superossidi; II) composti combustibili (solfuri, ecc.); III) combinazioni degli ossidi cogli acidi, o sali; IV) combinazioni dei combustibili con gli ossidi; V) combinazioni degli ossidi con gli ossidi.

I composti organici distingue in *vegetabilia* e *animalia*.

Il Berzelius discorre della sua Memoria sulla nomenclatura nella bella lettera, sovraricordata, a Berthollet, del 15 agosto 1811⁽²⁵⁵⁾:

«Mon intention (scrive Berzelius) est d'obtenir par cet essai une nomenclature latine générale à l'usage des Pharmacopées, où l'on trouve actuellement une nomenclature antiphlogistique, mais extrêmement fautive. Le Gouvernement a ordonné une nouvelle édition de la Pharmacopée suédoise, et on l'a voulue conforme à l'état actuel de la science; mais en comparant

⁽²⁵⁴⁾ Considerava ancora l'idrogeno e l'azoto come corpi composti. E l'ammoniaca come un composto di una base metallica con ossigeno.

⁽²⁵⁵⁾ In Söderbaum, *Correspondance entre Berzelius et Cl. L. Berthollet*, Stockholm 1912.

les meilleurs Pharmacopées, il n'y en a aucune dont la nomenclature soit ni juste ni conséquente, et les inconséquences se manifestent au plus haut degré dans celles qui sont les plus récentes, par exemple celle de Londres et celle de Berlin. On aurait tort de suivre une nomenclature fautive et inconséquente, mais laquelle choisira-t-on pur modèle, quand il n'y a rien de fixe?

«M. Böcker m'a informé qu'on était occupé actuellement de la rédaction d'une Pharmacopée française, et j'ai conçu l'espérance que les rédacteurs, exposés au même embarras que moi quant à la nomenclature, trouveront mon essai digne de leur attention et qu'en y faisant les corrections nécessaires, ils l'adopteront pour la nouvelle Pharmaceutopée française. Lorsque, une fois, les Pharmacopées françaises et suédoise auront adopté la même nomenclature, arrangée d'après les progrès de la science, il y a lieu d'espérer que les auteurs pharmaceutiques suivront dorénavant cet exemple et qu'ils se serviront des mêmes dénominations.

«Vous voyez, M. le Comte, qu'une telle nomenclature n'est pas sans intérêt pour la chimie et, surtout, pour la pharmacie», ecc.

Simboli, formole, equazioni. - I simboli alchimistici per rappresentare le sostanze chimiche erano ancora usati nel secolo XVIII da chimici e da alchimisti. Geoffroy li adoperò nel suo studio delle affinità chimiche (1718); Lavoisier usava pure dei simboli analoghi. Ma dopo la distinzione fra corpo semplice e composto, dopo le ricerche di Proust, dopo l'ammissione della teoria atomica, questi simboli non potevano più servire. J. Dalton nel 1804 creò dei simboli, molto semplici, per rappresentare gli elementi e il relativo peso atomico; ad esempio:

○ Ossigeno ;
 ⊙ Idrogeno ;
 ⊗ Carbonio ;
 ⊕ Azoto ;
 ○ ⊙ Acqua ;
 ○ ⊗ Ossido di carbonio ;
 ○ ⊗ ⊙ Acido carbonico ;
 ○ ⊕ ⊙ Acido nitrico, ecc.

Dalton non usa più un simbolo speciale per le diverse sostanze composte, ma bensì i simboli solamente per gli elementi; la riunione di più simboli costituisce la formola di un composto. Il simbolo di Dalton rappresenta l'atomo ed il suo peso:

○ Ossigeno = 16
 ⊗ Carbonio = 12
 ⊕ Azoto = 14.

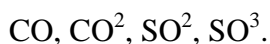
Ciò piacque molto a Berzelius, ma il celebre chimico svedese nel 1814 fece una proposta anche migliore, che fu subito accettata da tutti i chimici ed ancora oggi serve mirabilmente; egli propose di rappresentare i diversi elementi, e quindi anche il loro peso atomico, con la lettera colla quale comincia la parola latina indicante l'elemento:

O ossigeno . . . *Oxygenium*
 H idrogeno . . . *Hydrogenium*
 S solfo *Sulfur*
 K potassio *Kalium*
 J jodo *Jodium*
 N azoto *Nitrogenium*

Ma essendochè il nome di molti elementi comincia colla stessa lettera, così egli propose di distinguerli aggiungendo alla lettera maiuscola una lettera minuscola corrispondente alla prima lettera della prima o seconda sillaba della parola latina:

C	carbonio. . .	Carbonium
Cu	rame	Cuprum
P	fosforo. . . .	Phosphorus
Pt	platino.	Platinum
Pd	palladio. . . .	Palladium
Pb	piombo.	Plumbum
N	azoto.	Nitrogenium
Na	sodio.	Natrium
Ni	nickel.	Nichelium
Nd	neodidimio. .	Neodidymium

La riunione di diversi simboli costituisce le formole: CO, COO, SOO, SOOO e per abbreviare indicò l'uso di *esponenti*:

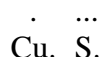


Queste proposte del Berzelius costituirono un vero colpo di genio. Qualunque più complicata reazione si può esprimere in modo relativamente semplice.

Berzelius cominciò ad usare i simboli chimici nel suo *Nouveau système de Minéralogie* già nel 1814 ed in esso si trova anche la prima Tavola completa dei pesi atomici (ed. del 1819).

Quasi nello stesso tempo pubblicava un altro prezioso libro: *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence de l'électricité*, Paris 1819, nel quale pure propone l'uso dei simboli e dà la stessa Tavola dei pesi atomici che trovasi nel *Système de Minéralogie*, ed. 1819. Incominciò a pubblicare questo lavoro nel 1813, nel giornale di Thomson.

Per evitare le formole lunghe, specialmente in mineralogia, egli propose e usò sempre di rappresentare il numero degli atomi dell'ossigeno contenuti nel composto con tanti punti posti sul simbolo dell'elemento cui l'ossigeno sta combinato. Così, invece di scrivere il solfato di rame con CuO.SO^3 , egli scriveva:



I sali solforati, seleniati, tellurati erano segnati con, - +. Esempio:

·	··	K Mo. . .	Molibdato potassico;
·	···	K Mo. . .	Solfomolibdato potassico;
-	---	K Mo. . .	Selenimolibdato potassico;
+	+++	K Mo. . .	Tellurimolibdato potassico.

Questo modo di rappresentazione ora non è quasi più usato⁽²⁵⁶⁾.

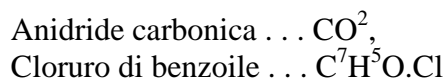
⁽²⁵⁶⁾ Riproduco qui in nota alcune pagine dell'*Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité*, Paris 1819, pag. 109. nelle quali il Berzelius espone le sue idee sui simboli:

«Méthode de compter le nombre relatif des atomes dans les combinaisons chimiques, et d'exprimer par des signes leur composition en qualité et en quantité.

«Lorsque nous essayons d'exprimer les proportions chimiques, nous trouvons qu'il est nécessaire d'avoir des signes chimiques. On en a employé depuis longtemps, quoiqu'ils aient été jusqu'à présent de peu d'utilité. A l'époque

«Berzelius ci ha legato, scrive Malaguti, la scrittura chimica della quale noi ci serviamo oggigiorno. Essa ci rende ad ogni istante dei grandi servigi»⁽²⁵⁷⁾.

Dobbiamo a Berzelius il modo di scrivere le formole come si usa ancora oggi; egli propose di indicare il numero degli atomi o degli equivalenti o delle molecole con esponenti; ad esempio:



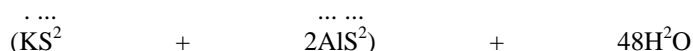
de l'alchimie, des signes furent créés par le besoin de s'exprimer d'une manière mystique et incompréhensible pour le vulgaire. La chimie antiphlogistique voulut leur en substituer d'autres, fondés sur le même principe scientifique que les nouveaux noms chimiques: le signe devait indiquer les parties constituantes d'un corps composé. Mais quoique ces signes, il fait l'avouer, fussent bien choisis, ils n'étaient guère utiles; car il est plus aisé d'écrire un mot en abrégé que de dessiner une figure, qui d'ailleurs, pour être aisément remarquée, doit être plus grande que les caractères ordinaires de l'écriture. En proposant ici d'autres signes, je chercherai à éviter ces inconvénients. Je dois cependant faire observer que ces nouveaux signes ne sont pas créés dans la vue de les placer, comme les anciens, sur les vases de laboratoire, mais qu'ils ont pour objet de faciliter l'expression des proportions chimiques. et de nous mettre en état d'énoncer brièvement et avec facilité le nombre d'atomes élémentaires qui se trouve dans chaque corps composé. Lorsque nous aurons déterminé le poids relatif des atomes des corps simples, nous pourrons, au moyen de ces signes, exprimer le résultat de chaque analyse d'une manière à-la-fois simple et aisée à retenir.

«Les signes chimiques doivent être des lettres alphabétiques, pour pouvoir être facilement tracés et imprimés sans défigurer le texte. Je choisis donc à cet effet la lettre initiale du nom latin de chaque corps simple; mais plusieurs de ces corps ayant la même initiale, je les distingue de la manière suivante: 1° les corps simples non métalliques (les métalloïdes) ne seront désignés que par la lettre initiale, quand même elle serait commune à quelque métal; et 2° le métal qui aura la même initiale qu'un autre métal ou un métalloïde, sera indiqué par les deux premières lettres de son nom, ou, si elles se trouvaient les mêmes dans un autre nom, on ajoutera à l'initiale la première consonne différente. Par exemple: S = *Sulphur*, Si = *Silicium*, St = *Stibium*, Sn = *Stanneum*, C = *Carbonicum*, Co = *Cobaltum*, Cu = *Cuprum*, O = *Oxygenium*, Os = *Osmium*. Le signe chimique n'indique jamais qu'un atome. S'il en faut désigner plusieurs, on place un chiffre à la gauche; par exemple, Cu + O désigne l'ozidule de cuivre, et Cu + 2O l'oxide de cuivre. Mais pour exprimer un atome composé du second ordre, il faudrait, d'après cette méthode, une formule trop longue; c'est pourquoi nous l'abrégeons de la manière suivante. L'oxigène, entrant dans la plupart des combinaisons, et souvent pour un nombre considérables d'atomes, nous l'indiquons par des points sur le radical oxidé, et nous en mettons autant qu'il y a d'atomes d'oxigène dans l'oxide; par exemple, l'oxidule de cuivre = Cu, et l'oxide de cuivre = Cu; l'acide sulfureux = S et l'acide sulfurique = S; ce qui fait voir que l'oxidule de cuivre contient un atome d'oxigène, que l'oxide de cuivre et l'acide sulfureux en contiennent 2, et l'acide sulfurique 3. Un sel composé de ces substances, par exemple, le sulfate de l'oxidule de cuivre, sera désigné par CuS; et lorsque l'un des corps combustibles y entre pour plusieurs atomes, on en marque le nombre par un petit chiffre placé à la droite de la lettre, en haut, comme un exposant algébrique; par exemple, CuS² signifie sulfate d'oxide de cuivre, et indique que pour chaque atome de cuivre ou d'oxide de cuivre, ce sel contient deux atomes de soufre ou d'acide sulfurique. Cette formule montre donc tout-à-la-fois le rapport entre l'acide et la base, entre les radicaux et entre l'oxigène des corps oxidés. J'ai trouvé que cette méthode donnait beaucoup de facilité pour exprimer par écrit la composition des corps d'après la théorie des proportions chimiques.

«Il est également aisé d'énoncer, par des signes, la composition des atomes du troisième ordre; par exemple, CaC² + MgC² exprime le sel double fossile, connu sous le nom de dolomie ou chaux carbonatée magnésifère, qui est composé d'un atome de carbonate de chaux et d'un atome de carbonate de magnésie. Si l'une de ces substances entre pour plusieurs atomes dans l'atome composé, on en marque le nombre par un chiffre à gauche; par exemple, la formule de l'alun est:



Pour exprimer les atomes composés du quatrième ordre, l'on peut mettre entre parenthèses chaque atome du troisième ordre; ainsi, par exemple, l'atome de l'alun cristallisé serait exprimé par:



étant composé d'une particule du troisième ordre, combinée avec 48 particules d'eau; mais je préfère exprimer l'atome d'eau par Aq».

⁽²⁵⁷⁾ È curioso l'osservare come il Dumas, ancora nel 1830, nel suo *Traité de Chimie*, non usasse la scrittura delle equazioni chimiche coi simboli di Berzelius e designava, ad esempio, il protosolfuro di potassio con 1 atomo di potassio e 1 atomo di solfo, il bisolfuro con 1 atomo di potassio e 2 atomi di solfo, e così via per tutti gli altri.

In Italia il primo *Trattato di Chimica* nel quale siano stati usati i simboli e le formole di Berzelius è stato, forse, quello di Vittorio Michelotti. Anche H. Rose adottò subito la nomenclatura di Berzelius nella 1^a ediz. del suo *Traité pratique d'analyse chimique*, trad. franc., 1832.

mettendo l'esponente in alto. Liebig e Poggendorff⁽²⁵⁸⁾ proposero invece di mettere il numero in basso, al piede della lettera, e quindi:

Anidride carbonica . . . CO₂,
Cloruro di benzoile . . . C₇H₅O.Cl

Questo modo di scrivere, proposto da Liebig e Poggendorff, è ora usato in Germania, in Inghilterra, ecc. In Francia e da molti chimici italiani si usa ancora il modo di scrivere berzeliano, che anche noi ancora adottiamo.

Questa proposta fu fatta per non confondere questi numeri coi veri esponenti⁽²⁵⁹⁾. Essendo però una convenzione, è impossibile confondere questi numeri cogli esponenti. Scrivendo CO² tutti intendono che O² vuol dire 2 atomi di ossigeno e non 2 × 2 = 4 atomi di ossigeno.

Mitscherlich, per evitare l'impiego di questi numeri simili a degli esponenti algebrici, propose di porre a sinistra dei simboli un numero in cifre della stessa altezza, come un coefficiente. Il cloruro di benzoile, ad esempio, e la benzina erano da lui scritti con:

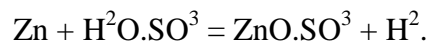
7C5HOCl;
6C6H.

Ognuno vede quale confusione generi questo metodo; da nessuno fu adottato. Appena Berzelius ebbe fatto la giusta proposta, adottata poi da tutti i chimici, di rappresentare gli elementi con *simboli*, distinguendoli con la prima lettera del loro nome *latino*, lingua specialmente allora conosciuta da tutto il mondo ed usata da molti celebri autori nella redazione delle loro Memorie, il Beudant⁽²⁶⁰⁾ ebbe tanto amor proprio nazionale, o come meglio in simili casi si dice oggi, ebbe tanto *chauvinisme*, da cambiare queste iniziali dei nomi latini con quelle del corrispondente nome francese. Il mercurio invece di Hg diventava Me, il sodio invece di Na diventava So, il potassio Po invece di K, ecc.⁽²⁶¹⁾.

La scienza deve essere imparziale, e dicendo scienza in questo caso intendiamo coloro che la rappresentano. Lo *chauvinisme* è sempre dannoso.

Humphry Davy, nel discorso che pronunciò come presidente della Società Reale di Londra, pel conferimento della medaglia Copley ad Arago per la scoperta dello stato magnetico del rame in rotazione, diceva: «Science, like that nature to which it belongs, is neither limited by time nor space, it belongs to the world and is of no country and of no age». «La scienza appartiene al mondo intero; essa non è il patrimonio di un paese o di un'epoca».

Stabiliti così i simboli e le formole, Berzelius se ne servì per esprimere le reazioni in forma di equazioni. La reazione, ad esempio, fra lo zinco e l'acido solforico si rappresentò così:



È dunque a Berzelius che devesi l'uso dei *simboli*, delle *formole* e delle *equazioni* quali si usano ancor oggi.

Questo linguaggio convenzionale, scrive Jörgensen⁽²⁶²⁾, che nello sviluppo della chimica ebbe un'importanza incalcolabile, fu introdotto da Berzelius nel 1814.

⁽²⁵⁸⁾ A., t. IX, pag. 3; *Jahresb.*, 1836, pag. 101.

⁽²⁵⁹⁾ *Rapp. Ann.*, 1826-1827, pag. 101.

⁽²⁶⁰⁾ *Cours de Minéralogie*.

⁽²⁶¹⁾ Osservo che W. Higgins, nel suo opuscolo: *Experiments a: Observ. on the atomic Theory*, Dublin 1814, usa simboli analoghi a quelli di Berzelius: A = azoto, O = ossigeno, S = solfo, C = copper ossia rame, I = ferro (iron), ecc. Non so se Higgins conoscesse già la proposta di Berzelius.

⁽²⁶²⁾ Loc. cit., pag. 34.

VIII.

Ricerche di chimica organica - Acidi organici - Analisi organica - Determinazione dell'azoto - Acido lattico - Acido racemico - Acido glicerotartarico - Acido solfonaftalinico - Acido piruvico - Ferrocianuri - Solfo e seleniocianuri.

La chimica organica deve molto al Berzelius, sia per la parte teorica, sia per la scoperta di nuovi corpi o per l'analisi di corpi già conosciuti.

È noto come il suo compatriota Scheele scoprì i principali acidi organici: egli determinò la composizione dei principali acidi organici.

Lavoisier fu il primo a dimostrare che l'alcol, l'olio, la cera, quando bruciano completamente nell'ossigeno, danno solamente dell'acido carbonico e dell'acqua, e giustamente ne concluse che questi corpi contengono solamente: carbonio, idrogeno ed ossigeno.

Saussure⁽²⁶³⁾ e Berthollet⁽²⁶⁴⁾ si occuparono pure dell'analisi elementare, e Berzelius pubblicò i suoi primi lavori nel *Gilbert's Ann. d. Phys.*, t. XL. Però nel 1811 Gay-Lussac e Thenard fecero conoscere il loro metodo, fondato sulla combustione della materia organica con clorato potassico⁽²⁶⁵⁾ e con questo analizzarono molte sostanze. È un metodo poco comodo e che talora può essere accompagnato da esplosione.

Nel 1814-1815 Berzelius pubblica la classica Memoria più sopra ricordata: *Esperienze per determinare le proporzioni definite, secondo le quali gli elementi della natura organica sono combinati*⁽²⁶⁶⁾. In questo grande lavoro determina la composizione dei principali composti organici, fra i quali l'acido acetico. È in questa Memoria ch'egli descrive il suo metodo d'analisi organica. Brucia la sostanza con una miscela di clorato potassico, cloruro di sodio ed ossido di piombo, ed eseguisce la combustione in un tubo tenuto molto inclinato. Pesa l'acqua assorbita dal cloruro di calcio e dosa l'acido carbonico facendolo assorbire in un tubo pesato contenente KOH solida non troppo calcinata. Introduce questo tubo in una gran campana piena di mercurio ove si raccoglie l'CO² e l'eccesso dell'ossigeno; assorbito CO², estrae il tubo e lo pesa. È una manovra delicata. Ma era già un gran passo verso il metodo più pratico dato poi da Liebig col suo famoso tubo a cinque bolle. L'apparecchio di Berzelius è rappresentato dalla figura 132.

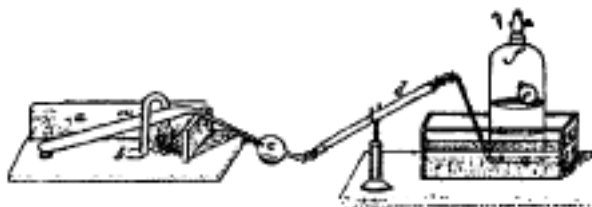


Fig. 132.

Erano così esatte le analisi del Berzelius, che quella dell'acido succinico, ad esempio, concorda esattamente colla teoria.

Nel 1829 (26 novembre) Liebig scrive a Wöhler a proposito di un antico lavoro: «Io ho ripreso l'analisi dell'acido succinico e dei suoi sali, ma ho perduto molto tempo e fatica; i miei risultati non differiscono di più di ¼ % da quelli che Berzelius ha già ottenuto. È l'ultima volta, non tenterò più di rifare le sue analisi».

⁽²⁶³⁾ *Journ. de Phys.*, t. LXIV, pag. 316; *Bibl. Brit.*, t. LIV, n. 4; *Ann. of Phyl.*, t. IV, pag. 34.

⁽²⁶⁴⁾ *Mém. Soc. d'Arcueil*, t. II, pag. 34.

⁽²⁶⁵⁾ *Recherches phys.-chim.*, t. II, pag. 265.

⁽²⁶⁶⁾ *Experiments to determine the definite Proportions in which the Elements of organic Nature are combined* (*Ann. of Phil.* di Th. Thomson, 1814, t. IV, pag. 323 e 401; t. V, pag. 520; in sunto, *A. Ch.*, 1818 [1], t. XCII, pag. 191, e *Mem. completa* in *A. Ch.*, t. XCIV [1], pag. 5, 170, 296 e t. XCV). Nel 1811, per mezzo di Van Mons, comunicò al *Journ. de Phys.* t. LXXIII pag. 464, una breve Memoria: *Sur les rapports des principes dans les corps des régnee organisés*, che può riguardarsi come l'inizio della più grande Memoria del 1814-1815.

Nella loro *Memoria sugli eteri composti*⁽²⁶⁷⁾, Dumas e Boullay ricordano di aver rifatto le analisi degli acidi organici che entrano nella composizione degli eteri e «nous avons également obtenu des résultats identiques avec ceux que M. Berzelius a fait connaître».

Il Berzelius, in questa grande Memoria ed in altre, come dissi, studia e determina la composizione dei principali acidi organici: ossalico⁽²⁶⁸⁾, formico⁽²⁶⁹⁾, acetico e molti acetati⁽²⁷⁰⁾, succinico⁽²⁷¹⁾, citrico⁽²⁷²⁾, tannico⁽²⁷³⁾, gallico⁽²⁷⁴⁾.

Oltre a questi acidi studiò l'acido racemico⁽²⁷⁵⁾, l'acido ulmico⁽²⁷⁶⁾.

È pure assai interessante il suo lavoro sull'*acido lattico*. L'acido lattico era stato scoperto verso il 1770 da Scheele nel latte inacidito. Nel 1808 Berzelius, esaminando il succo muscolare della carne, vi trovò dell'acido lattico, che fu denominato poi *acido lattico della carne*.

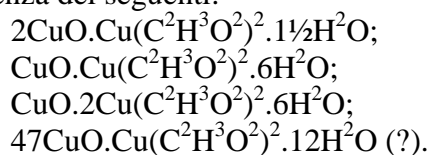
Leopoldo Gmelin ed altri chimici credevano di aver dimostrato che il cosiddetto acido lattico di Scheele e di Berzelius non fosse che acido acetico impuro. Però Berzelius nel 1831, in una Nota: *Sur l'acide lactique*⁽²⁷⁷⁾, dimostrò ad evidenza che l'acido lattico è un acido a sè, diverso dall'acido acetico. Ma Liebig non accettò l'affermazione del Berzelius e mise in dubbio l'esistenza dell'acido lattico nella carne. Questa fu una delle cause che determinarono la rottura dei rapporti amichevoli fra Liebig e Berzelius. Ma Berzelius aveva ragione, perché Liebig stesso, quando nel 1847 pubblicò la sua Memoria sulla composizione della carne, non solo dimostrò che nel succo muscolare veramente vi è dell'acido lattico, ma che questo acido è identico all'acido lattico di fermentazione del latte. Precisamente come già ammise Berzelius.

Nella classica Memoria sovraricordata del 1814-1815, insegnò ad analizzare i sali degli acidi organici e specialmente quelli di piombo. L'analisi dei sali di piombo non solo fu applicata da Berzelius per determinare la composizione degli acidi organici, ma anche molte sostanze organiche di carattere neutro e che pure hanno la proprietà di formare dei composti piombici, quali sono lo zucchero, la gomma, ecc.

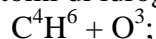
Conosciuta, scrive Dumas, la proporzione della materia organica che entra nel sale di piombo, Berzelius procede all'analisi del sale di piombo coll'ossido di rame, come se si trattasse di una sostanza organica qualunque. L'ossido di piombo non prova nessun cambiamento in questa analisi.

Però, bisogna dirlo, in qualche caso l'analisi dei sali di piombo ha condotto a risultati erronei; spesso sono preferibili i sali di argento.

Egli nel 1824 fece una serie di ricerche sugli *acetati di rame*, argomento allora specialmente ben difficile, perché si conoscono numerosi *acetati basici di rame*. Egli esaminò specialmente questi ultimi e riuscì a stabilire l'esistenza dei seguenti:



Gli acidi organici erano da lui considerati come l'unione di un radicale idrocarbonato con dell'ossigeno. L'acido acetico, secondo Berzelius, era da considerarsi come un radicale *acetile* C^4H^6 formato da quattro atomi di carbonio e sei atomi di idrogeno unito con tre atomi di ossigeno, cioè:



⁽²⁶⁷⁾ A. Ch. [2], t. XXXVII, pag. 15.

⁽²⁶⁸⁾ A. Ch. [1] t. XCIV, pag. 185; [2], t. XVIII, p.155.

⁽²⁶⁹⁾ Ivi [2], t. IV, pag. 78.

⁽²⁷⁰⁾ Ivi [1], t. XCIV, pag. 301.

⁽²⁷¹⁾ Ivi, t. XCIV, pag. 187.

⁽²⁷²⁾ Ivi, t. XCIV, pag. 171; [2], t. LII, pag. 424 e 437.

⁽²⁷³⁾ Ivi, t. XCIV, pag. 318; [2], t. XXXVII, pag. 385.

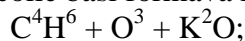
⁽²⁷⁴⁾ A. Ch., t. XCIV, pag. 303.

⁽²⁷⁵⁾ Ivi, t. XLVI, pag. 113.

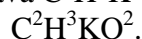
⁽²⁷⁶⁾ J. Pharm., t. XV, pag. 217.

⁽²⁷⁷⁾ A. Ch. [2], 1831, t. XLVI, pag. 420. Si vegga anche il cap. *Chimica animale o Zoochimica*.

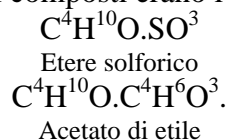
questo era l'acido anidro per Berzelius, colle basi formava i sali e così si aveva *acetato di potassio*:



dove si vede che anche qui l'ossigeno dell'acido e l'ossigeno della base sono nel rapporto 3 : 1. Nel sistema unitario l'acetato di potassio diventava $C^4H^6K^2O^4$ che è, coi pesi atomici moderni:



Così egli dimostrava le analogie fra gli acidi organici e minerali. Analogie molto evidenti egli scorse giustamente tra i sali e gli eteri, nei quali egli ammise un radicale ossigenato che non è poi altro se non l'ossido di etile. Gli eteri composti erano l'insieme dell'ossido di etile con l'acido:



E se si guardi bene, in fondo è ciò che si ammette ancora oggi.

Le sue ricerche dal 1813 al 1815 lo condussero all'analisi di un gran numero di sostanze organiche (acidi) che formano dei composti anche in proporzioni multiple cogli acidi metallici. A lui così venne l'idea di confrontare le materie inorganiche colle organiche, di considerarle sotto un punto di vista generale, comune, e di considerare le prime come derivanti da radicali semplici e le seconde da radicali composti. Ecco quanto egli scriveva nel 1817 nel suo *Traité de Chimie*, 1^a ediz.: «Noi troviamo che la differenza tra i corpi organici e gli inorganici consiste in ciò che nella natura inorganica tutti i corpi ossigenati hanno un *radicale semplice*, mentre tutte le sostanze organiche sono formate da *ossidi di radicali composti*. Nelle materie vegetali il radicale si compone generalmente di carbonio e idrogeno e nelle sostanze animali di carbonio, idrogeno e azoto. Così il dire acido a radicale composto significa acido di origine organica».

Il Berzelius ammetteva la *forza vitale*, cioè egli credeva che a differenza dei corpi inorganici non si poteva ottenere artificialmente partendo dagli elementi. E nel 1827, nella 2^a ediz. del suo *Traité*, scriveva: «Gli elementi che si trovano negli esseri viventi ubbidiscono a delle leggi affatto diverse da quelle che reggono la natura inorganica».

Egli così ritorna al suo concetto fondamentale del dualismo elettrochimico: gli atomi di tutti i corpi, egli dice, hanno due poli nei quali si accumulano delle quantità di elettricità quasi sempre diverse e a seconda che predomina l'una o l'altra si hanno i corpi elettronegativi od elettropositivi, e secondo la natura dei corpi semplici le loro ultime particelle sono polverizzate a gradi diversi; queste particelle nei composti si uniscono pei loro poli contrari e le affinità che esercitano hanno la loro sorgente nelle attrazioni elettriche (Wurtz).

«In ciascuna combinazione, scrive il Wurtz, Berzelius distingue due elementi la cui opposizione è marcata dalla natura del fluido che vi predomina, ma che sono giustapposti e mantenuti per l'attrazione delle due elettricità di senso contrario. Nella decomposizione colla pila, questa attrazione è vinta dall'attrazione più forte che dirige ciascun elemento verso il polo di nome contrario. Questa teoria si applicava facilmente ai composti semplici della chimica inorganica, ma fu impossibile applicarla ai composti organici di natura più complessa. Infatti, nei corpi che contengono carbonio, idrogeno, cloro, ossigeno, se i due primi elementi formano, come ammetteva Berzelius, il radicale elettropositivo, due elementi elettronegativi, il cloro e l'ossigeno dovevano spartirsi, come si direbbe, tra questo radicale, e questo spartimento era indicato nelle formole dualistiche spesso diffuse e complesse, ove l'ipotesi invece di piegarsi ai fatti vi si sostituiva arbitrariamente. La teoria elettrochimica di Berzelius però per le sue esagerazioni». Ma il Wurtz ha ragione solamente in parte. Perché anche nei composti organici che sono elettroliti l'ipotesi dualistica del Berzelius si applica ancora oggi.

Il grande concetto berzeliano di considerare sotto un unico punto di vista dualistico tanto i composti inorganici quanto gli organici, rimane.

Rispetto agli acidi organici il Berzelius ci diede il primo metodo per determinare il peso molecolare o l'equivalente, dopo averne determinata la composizione elementare (1814); questo metodo consiste nel determinare le quantità rispettive di questi acidi che si combinano con un equivalente di ossido di piombo o di ossido di argento. Egli considerò gli acidi organici, come costituiti da

radicali idrocarburi uniti con un determinato numero di atomi di ossigeno, e riconobbe che nei loro sali, come per i sali inorganici, il rapporto tra gli atomi di ossigeno della base e quelli dell'acido è costante.

Dosamento dell'azoto nelle sostanze organiche colla calce potassica. - In una magnifica Memoria: *Second Mémoire sur des types chimiques*, Dumas e Stas⁽²⁷⁸⁾ nel 1840 usarono una miscela fusa di calce e potassa, che denominarono calce potassica; al Berzelius, nel render conto di questo lavoro nel *Rapport Ann.* pel 1840 e presentato all'Accademia di Stockholm il 31 marzo 1841, venne l'idea di applicare la calce potassica per dosare l'azoto nelle sostanze organiche azotate, trasformando l'ammoniaca che si sviluppa in cloroplatinato di ammonio. Ed invero egli descrive questo suo processo nel *Rapp. Ann.*, 1840 (ediz. fr., 1842, pag. 89) colle parole seguenti:

«*Détermination du nitrogène dans des corps nitrogénés.* - Quand nous rendrons compte de la chimie organique, nous aurons occasions de parler d'un travail de ces même chimistes, dans lequel ils ont montré qu'un mélange fondu de parties égales de chaux vive et d'hydrate potassique, peut être employée à produire différentes réactions sur des corps organiques à une température; il se dégage de l'hydrogène, tandis que des acides nouveaux restent combinés avec l'alcali. Ils n'ont employé ce mélange que pour des corps non nitrogénés.

«Une expérience qui se rapproche beaucoup de celle-ci, est de se servir du même mélange, ou de tout autre alcali hydraté fixe, l'hydrate baritique par exemple, pour produire de l'ammoniaque de toute la quantité de nitrogène que renferme un corps organique, de le recueillir dans l'acide chlorhydrique, et de déterminer le nitrogène au moyen du chlorure platinico-ammonique. Comme dans cette réaction il se produit continuellement un excès d'hydrogène, il faut que le nitrogène forme de l'ammoniaque et s'échappe sous cette forme, pour que la température nécessaire pour la réaction ne soit pas assez élevée pour décomposer l'ammoniaque. Le cyanure ferroso-potassique donne de l'ammoniaque avec la chaux potassée, tout comme un mélange d'un sel ammoniaque et de chaux, à une température qui n'est point fort élevée. Il est évident qu'une méthode de ce genre, qui peut servir de contrôle pour la détermination du nitrogène de matières organiques, sera d'une haute importance».

Questo metodo accennato così in breve non è poi che il metodo di Will e Varrentrapp, fatto conoscere qualche tempo dopo⁽²⁷⁹⁾, come fece osservare il Berzelius stesso nel *Rapp. Ann.*, 1841. E a pag. 96 il Berzelius scriveva: «L'idea che io ho esposto nel *Rapporto* precedente, p. 89, d'impiegare la calce potassica di Dumas per determinare il nitrogeno nelle analisi organiche e di cui è riferito estesamente nel *Journal für prakt. Chem.*, 1841, pag. 251 (giugno) è stata adoperata con tutti i particolari dai signori Will e Varrentrapp, i quali sembra ignorassero i dati più antichi di qualche mese del lavoro da me citato. A giudicare dal lavoro esteso, che è di grande merito, questo metodo usato da Will e Varrentrapp sarà quello più generalmente usato per dosare l'azoto nelle sostanze organiche azotate».

Come si scorge, il Berzelius fu molto mite nel rivendicare a sè l'idea originale, ed in parte anche la pratica, del metodo; il quale più giustamente dovrebbe denominarsi: *metodo Berzelius, Varrentrapp e Will*.

Ora bisogna essere giusti e riconoscere che in tempi in cui la ricerca bibliografica era relativamente facile ed i rapporti annuali di Berzelius erano conosciutissimi e ricercatissimi, i signori Varrentrapp e Will non avrebbero dovuto ignorare la proposta di Berzelius.

Di più Berzelius aveva annunciato, in un giornale conosciutissimo in Germania, che aveva con Plantamour iniziato delle esperienze con questo metodo, e la Redazione degli *A. Ch.* (3), 1842, t. IV, pag. 230, ove è inserito il lavoro di Varrentrapp e Will scrive: «È da lamentare che nè gli autori, nè Liebig non abbiano pensato a citare il brano di una lettera del 9 aprile 1841, stampata nel *Journ. f. pr. Chem.* di Erdmann, 1841, t. XXIII, pag. 231, e che è il seguente:

⁽²⁷⁸⁾ *A. Ch.* [2], 1840, l. LXXIII, pag. 118.

⁽²⁷⁹⁾ *A. Ch.*, 1841, t. XXXIX; *J. pr.*, 1841, t. XXIV, pag. 303.

«Nel lavoro di redazione del mio *Rapporto Annuale* e in occasione dell'interessante Memoria di Dumas sulla decomposizione delle materie organiche coll'idrato di potassio, io ho notato che i corpi organici azotati dovrebbero perdere tutto il loro azoto allo stato di ammoniaca, e che questo gas raccolto nell'acido cloridrico, come l'acido carbonico nella potassa, sarebbe poi trasformato in cloroplatinato di ammonio. Io lavoro intorno a questa idea con Plantamour.

«Per sapere come si comporterebbero i cianuri abbiamo cominciato col cianogeno; abbiamo visto che forniscono facilmente l'ammoniaca, come la miscela di calce e cloruro di ammonio.

«Quale facile e prezioso controllo delle determinazioni dell'azoto, se tutto avesse luogo come sembra dalle esperienze fatte! Noi facciamo l'esperienza come se si trattasse dell'analisi elementare ordinaria. Noi facciamo passare i vapori attraverso una colonna di calce potassica quando si tratta di corpi quali l'anilina ($C^{12}H^8 + N^2H^6$)».

Acido glicerotartrico. - Berzelius fu uno dei primi ad ottenere dei gliceridi artificiali con acidi organici. Scaldando a 150° una miscela di glicerina anidra con acido tartarico o dell'acido racemico sfiorito, ottenne un acido complesso, un acido tartroglicerico e probabilmente gliceroditartarico⁽²⁸⁰⁾, che fu poi ottenuto anche da Desplats⁽²⁸¹⁾.

Sull'acido solfonaftalico. - Berzelius, nella sua breve Nota sull'*acido naftalinsolforico*⁽²⁸²⁾, osserva il fatto, importante, che questo acido per ebollizione con soluzione di potassa non si altera quasi, mentre fuso con potassa solida, poi sciolto in acqua e trattato con acido cloridrico, dà dell'acido solforoso.

Egli osserva che così avviene coi solfoacidi dall'indaco.

Fa notare le differenze dall'acido solfovinico.

Nè possiamo tacere le sue ricerche sull'indaco⁽²⁸³⁾, sulla glicocolle⁽²⁸⁴⁾, sulla gelatina e l'albumina⁽²⁸⁵⁾, sui tannini della noce di galla, della corteccia di quercia, della china, del cattù, della gomma kino⁽²⁸⁶⁾, sul tannino⁽²⁸⁷⁾, sulla composizione dell'acido citrico⁽²⁸⁸⁾; considerazioni sulla composizione degli atomi organici⁽²⁸⁹⁾, su due acidi organici che si trovano nelle acque minerali⁽²⁹⁰⁾.

L'*acido aconitico* dell'*Aconitum napellus* è identico coll'acido che si forma disidratando l'acido citrico. Ciò fu dimostrato nel laboratorio di Berzelius dal suo allievo Dahlstroem, dietro consiglio del Berzelius stesso⁽²⁹¹⁾.

Nè possono essere dimenticate le sue ricerche sul solfuro di carbonio e i solfocarbonati, con Marcet⁽²⁹²⁾; sull'acido formico⁽²⁹³⁾, sull'acido ossalico⁽²⁹⁴⁾, sui cianuri di palladio⁽²⁹⁵⁾; sulla composizione dell'acido acetico e degli acetati di rame e di piombo; sulla composizione dei tartrati⁽²⁹⁶⁾, sul tartrato di antimonio⁽²⁹⁷⁾; le sue ricerche sull'acido citrico⁽²⁹⁸⁾, sull'acido tannico⁽²⁹⁹⁾, sull'acido suc-

⁽²⁸⁰⁾ *Mem. R. Accad. delle Scienze di Svezia*, 1846, t. IV, pag. 4; *Rapp. Ann.*, 1847, pag. 260.

⁽²⁸¹⁾ *C. R.*, t. XLIX, pag. 216.

⁽²⁸²⁾ Lettera a Wöhler. in *A. 1837*. t. XXII, pag. 69. e *A. Ch.*, 1837 [2], t. LXV, pag. 293.

⁽²⁸³⁾ *A. Ch.*, [2]. t. XXXVI.

⁽²⁸⁴⁾ *Ivi*, t. XXXVII.

⁽²⁸⁵⁾ *Ivi*, t. XXXVII.

⁽²⁸⁶⁾ *Ivi*, t. XXXVII, pag. 385.

⁽²⁸⁷⁾ *Ivi*, t. XXXVIII.

⁽²⁸⁸⁾ *Ivi*, t. LII.

⁽²⁸⁹⁾ *Ivi*, t. LIV.

⁽²⁹⁰⁾ *Ivi*, t. LIV.

⁽²⁹¹⁾ *Traité de Chimie*, ed. fr., 1849, t. V, pag. 136.

⁽²⁹²⁾ *Schw.*, t. IX; *Pogg. Ann.*, t. VI.

⁽²⁹³⁾ *A. Ch.* [2], t. IV, pag. 109.

⁽²⁹⁴⁾ *Ivi* [1], t. XC, e [2], t. XVIII, pag. 155.

⁽²⁹⁵⁾ *Pogg. Ann.*, t. XIII.

⁽²⁹⁶⁾ *A. Ch.* [1], t. CXIV.

⁽²⁹⁷⁾ *J. pr.*, t. XIV.

⁽²⁹⁸⁾ *A. Ch.* [1], t. XCIV; [2], t. LII, LXVII e LXX.

⁽²⁹⁹⁾ *Ibidem*.

cinico⁽³⁰⁰⁾, sull'amido⁽³⁰¹⁾, sui licheni⁽³⁰²⁾, sul saccarosio⁽³⁰³⁾, sul lattosio⁽³⁰⁴⁾, sull'*humus*⁽³⁰⁵⁾; l'acido butirrico nella urina umana⁽³⁰⁶⁾.

Fra le sue ricerche di chimica organica non si può dimenticare il fatto di aver stabilito l'isomeria tra l'acido racemico o paratartarico e l'acido tartarico ordinario⁽³⁰⁷⁾, i due acidi che furono poi la base delle classiche ricerche di Pasteur.

Acido piruvico. - A lui si deve la scoperta dell'acido piruvico CH^3COCOOH , che è il primo acido α -chetonico conosciuto, e che egli ottenne decomponendo l'acido racemico o acido uvico⁽³⁰⁸⁾. L'ottenne anche per distillazione dell'acido tartarico ordinario.

L'acido piruvico è da lui descritto anche nel suo *Rapp. Ann.*, 1835-1836. Nel suo *Traité*⁽³⁰⁹⁾ scriveva: «Io scoprii questo acido nel 1834 in occasione di un esame comparativo dell'acido uvico (racemico) e dell'acido tartarico. Prima di me, Pèlouze aveva ottenuto lo stesso acido per distillazione dell'acido tartarico, ma credeva fosse acido acetico e non lo studiò più». Egli invece dubitò che non fosse acido acetico, perché allora molti acidi, come il lattico, si confondevano con l'acido acetico, e dimostrò che era un acido nuovo con caratteri proprii. Si ottiene tanto dall'acido tartarico quanto dal racemico.

Ricerche sui cianuri, sui ferrocianuri e sui solfocianuri e seleniocianuri. - È questo un altro capitolo della chimica organica magistralmente trattato da Berzelius. Incomincia nel 1819 con una grande Memoria: *Recherches sur la composition des prussiates ou des hydro-cyanales ferrugineux*⁽³¹⁰⁾, ove descrive un numero enorme di composti nuovi e considera questi cianuri come cianuri doppi. Dopo il classico lavoro di Gay-Lussac sull'acido cianidrico, questo è il lavoro più importante sui cianuri. E poco dopo lo fece seguire dall'altra sua bella Memoria: *Sur la combinaison des cyanures avec le soufre et avec le selenium*⁽³¹¹⁾, ove stabilisce la composizione e le proprietà dei solfocianuri e dei seleniocianuri.

La scoperta dei *solfocianuri* metallici è dal Berzelius annunciata al Marcet con lettera del 22 luglio 1820; ne stabilisce la composizione. Il nome di *solfocianuri* si deve a Berzelius.

IX.

Teoria dei radicali composti - Composti copulati - Teoria dell'ammonio – Costituzione chimica dei corpi - Forme empiriche e razionali - Accenni alla stereochimica?

Si può dire che il principale lavoro dei chimici, al principio del secolo XIX, fu la conferma del sistema e delle profezie di Lavoisier; ed invero Berzelius per i sali ammette che risultino dalla

⁽³⁰⁰⁾ *Ibidem.*

⁽³⁰¹⁾ *Ibidem.*

⁽³⁰²⁾ *Schw.*, t. VII.

⁽³⁰³⁾ *A. Ch.* [1], t. XCV.

⁽³⁰⁴⁾ *Ibidem.*

⁽³⁰⁵⁾ *Pogg. Ann.*, t. XIII.

⁽³⁰⁶⁾ *Ivi*, t. XVIII.

⁽³⁰⁷⁾ *Composition de l'acide tartarique et de l'acide racémique (Traubensäure), poids atomique de l'oxide de plomb*, ecc. in *A. Ch.* [2], t. XLVI, pag. 113.

⁽³⁰⁸⁾ *Pogg. Ann.*, 1834, t. XXXVI, pag. 1.

⁽³⁰⁹⁾ Trad. franc., 1849, t. V, pag. 187.

⁽³¹⁰⁾ *A. Ch.* 1820 [2], t. XIV, pag. 190 (breve lettera a Berthollet); t. XV, pag. 144 e 225; *Schw.* t. XXX, pag. 12.

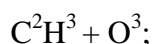
Le sue ricerche sui ferrocianuri furono da lui comunicate a Marcet con una lettera 7 marzo 1820. Qui prepara e descrive il *ferrocianuro di potassio* FeCy^6K^4 , il *ferrocianuro di piombo* FeCy^6Pb^2 , il *ferrocianuro di bario* $\text{FeCy}^6\text{Ba}^2+6\text{H}^2\text{O}$ ed il *ferrocianuro di calcio* $\text{FeCy}^6\text{Ca}^3 + 12\text{H}^2\text{O}$, le cui analisi, possono essere citate come modelli di esattezza analitica (V. sopra, pag. 309). Segue a questa Memoria un'altra: *Sur le bleu de Prusse et le cyanoferrure de plomb*, in *A. Ch.*, t. LI, pag. 357.

⁽³¹¹⁾ *A. Ch.*, 1821 [2], t. XVI, pag. 23.

combinazione di un acido con una base e che tanto l'uno quanto l'altro risultino dalla combinazione di un radicale con l'ossigeno; Davy scopre i metalli alcalini e poi Davy stesso e Gay-Lussac e Thénard scoprono il boro o radicale dell'acido borico, dimostrano che l'acido muriatico ossigenato è un elemento: il *cloro*, e nel tempo stesso Berzelius considera la silice come un acido, ma essendochè allora si ammetteva che tutti gli acidi contenessero ossigeno, così si ammise dal Berzelius che anche la silice contenesse dell'ossigeno.

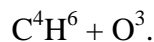
La famosa teoria dei *radicali composti* creata da Berzelius, fu sviluppata da Liebig. Già Lavoisier diceva che la chimica organica è la chimica dei radicali composti⁽³¹²⁾. Secondo Berzelius, come già Lavoisier, i corpi organici si distinguono dagli inorganici, perchè mentre questi si possono considerare come composti di un elemento o radicale semplice coll'ossigeno, i composti vegetali ternari si debbono riguardare come ossidi di radicali composti di due elementi, il carbonio e l'idrogeno. Berzelius sviluppò questa sua teoria nella seconda edizione del suo *Trattato di Chimica*, 1817 (1^a ediz. tedesca) e nell'edizione francese, 1830, t. II, pag. 111: «Tutte le sostanze organiche ossigenate, egli dice, sono formate da ossidi di radicali composti, i quali non esistono liberi, ma sono interamente ipotetici».

Il radicale dell'acido formico, che egli chiamò *formile*, è costituito da C^2H^3 e quindi:



Acido formico od ossido di formile

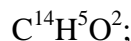
così l'acido acetico contiene il radicale acetile formato da C^4H^6 e quindi



Acido acetico od ossido di acetile

In questo tempo, e anche prima, sorse la teoria dell'*ammonio*.

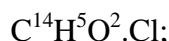
La scoperta fatta da Wöhler e Liebig nella loro celebre Memoria: *Ricerche sul radicale dell'acido benzoico*, che l'essenza di mandorle amare è una combinazione di idrogeno col radicale dell'acido benzoico, fece colpo nella mente di Berzelius, il quale era entusiasta di questo magnifico lavoro. Nella notazione di Berzelius il *benzoile* ed i suoi derivati erano rappresentati dalle formole seguenti:



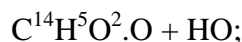
Benzoile



Idruro di benzoile



Cloruro di benzoile



Acido benzoico idrato

ecc., ecc,

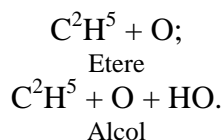
Questo lavoro condusse Berzelius alla prima idea di considerare l'etere come l'ossido di un radicale⁽³¹³⁾ e lo scrisse con $C^4H^{10} + O$.

⁽³¹²⁾ Il nome di *radicale* (*radical*) deve veramente al Morveau, ed invero Lavoisier stesso nel suo *Traité*, vol. I, pag. 69. scrive: «Il faut donc distinguer dans tout acide, la base acidifiable à laquelle M. de Morveau a donné le nom de radical, et le principe acidifiant, c'est-à-dire, l'oxygène».

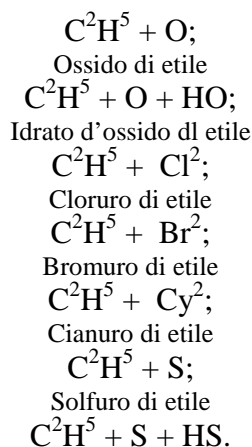
⁽³¹³⁾ Lettera a Liebig. 3 giugno 1837.

La teoria vera dei radicali nacque quando Berzelius, in una lettera a Liebig nel 1833⁽³¹⁴⁾, fa un giusto parallelo fra le sostanze inorganiche e le organiche. Egli osserva che come l'*acido cianico* e l'*acido cianidrico* sono considerati come ossido e idruro del cianogeno CN.O e CN + H, così deve ammettersi per l'alcol e gli eteri. All'etere dà la formola C⁴H¹⁰.O. Egli dice inoltre che gli eteri degli idracidi si possono considerare come cloruri, bromuri, joduri del medesimo radicale e quindi C⁴H¹⁰ + Cl², ecc., e che gli eteri degli acidi inorganici ossigenati si possono considerare come sali dello stesso radicale; ad es.: l'etere nitrico C⁴H¹⁰O + N²O⁵⁽³¹⁵⁾.

Liebig, in una lettera a Berzelius (26 novembre 1833), adotta subito le nuove vedute di Berzelius sulla composizione teorica (ora diremmo costituzione) dell'etere C²H⁵ + O e va più in là facendo ben notare i rapporti fra l'alcol e l'etere; se l'etere è l'*ossido* del radicale, egli dice, l'*alcol* è il suo *idrato*:



Liebig diede al radicale C²H⁵ di Berzelius il nome di etile (da αίθηρ, etere, e ὕλη, sostanza), e da ciò i nomi di *ossido di etile* all'etere, e di *idrato d'ossido di etile* all'alcol, che furono subito adottati dal Berzelius, e quindi le denominazioni seguenti:



Mercaptano o solfidrato di solfuro di etile

Così nacque la *teoria dei radicali composti* di Berzelius e Liebig.

La corrispondenza fra Berzelius e Liebig in questo periodo di tempo è assai preziosa. Liebig accettò subito le idee di Berzelius⁽³¹⁶⁾.

Berzelius, che prima del lavoro di Wöhler e Liebig non ammetteva che l'esistenza di radicali composti non ossigenati, accettò il radicale benzoile, il primo radicale ossigenato. Ma poi nella sua lotta per la teoria delle sostituzioni tornò al suo vecchio sistema e non ammise che radicali con due elementi.

Liebig, in una *Memoria per la costituzione dell'etere e delle sue combinazioni*⁽³¹⁷⁾, discute la questione della costituzione dell'etere e suoi derivati. Chiama *etile* il gruppo C⁴H¹⁰ e ammette la serie:

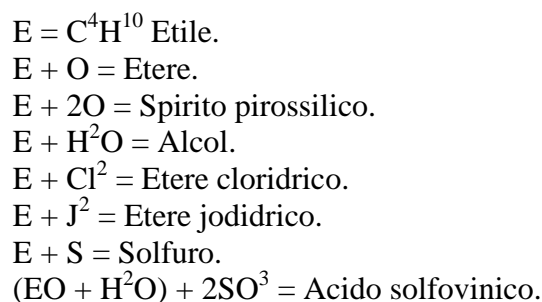
⁽³¹⁴⁾ 21 maggio 1833, in *Berzelius-Liebig; Ihre Briefe von 1831-1845*, di J. Carrière, pag. 55 e A., t. VI. pag. 173.

Con i pesi atomici attuali l'*etile* è C²H⁵.

⁽³¹⁵⁾ Ossia, come scriveva allora Berzelius: C²H⁵NO³.

⁽³¹⁶⁾ Lettera 30 maggio 1833. in Carrière. loc.cit., pag. 61.

⁽³¹⁷⁾ A. Ch., 1834 [2], t. LV, pag. 113.



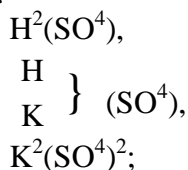
In questa Memoria Liebig stabilisce la composizione del *saccarosio* quale è ora, mentre Dumas e Boullay ammettevano $C^6H^{10}O^5$. Accenna ad un gran numero di analisi di corpi organici fatte nel suo laboratorio.

Berzelius⁽³¹⁸⁾ aveva per il primo ammesso per l'alcol $C^2H^6 + O$ e per l'etere $C^4H^{10} + O$; il radicale dell'alcol sarebbe C^2H^6 e quello dell'etere C^4H^{10} .

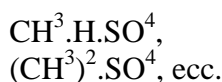
La teoria dell'*etile* fu subito accettata da quasi tutti i chimici, e Regnault nella sua bella Memoria: *Dell'azione del cloro sugli eteri*, ecc.⁽³¹⁹⁾ se ne serve per spiegare la formazione dei numerosi derivati clorurati ottenuti dall'etere, ecc.

La *teoria dei radicali* ha reso alla scienza degli importanti servizi e fu punto di partenza per molte ricerche importanti.

La teoria dei radicali, come era intesa allora, non era in fondo che una estensione, un'applicazione della grande teoria elettrochimica generalizzata da Berzelius nel suo sistema dualistico elettrochimico. I *joni* attuali rappresenterebbero idealmente gli antichi radicali *etile*, *metile* CH^3 , ecc.; i solfati si consideravano come:



e gli eteri come:



Composti copulati. - Due sostanze, secondo Berzelius, possono reagire tra loro dando origine ad un composto più stabile, più intimo che non sia quello che si formano tra gli acidi e le basi cioè i sali. Questo avviene specialmente per l'azione di acidi minerali energici sulle sostanze organiche: l'acido solforico, ad esempio, reagendo su diverse sostanze organiche, dà origine a dei solfoacidi che non precipitano più colla barite. La riunione dell'acido colla sostanza organica è così intima che l'acido solforico non è più svelabile dalla barite.

Gerhardt aveva già fatto questa osservazione⁽³²⁰⁾ e questi nuovi acidi, sino dal 1839, egli aveva denominati *acidi copulati* o, come disse poi Dumas: *acidi coniugati*. Gerhardt li chiamò anche *prodotti di accoppiamento*. Vi è sempre eliminazione di acqua. Berzelius, che prima non aveva accettata l'idea di Gerhardt, in seguito l'adottò e classificò fra i corpi copulati un gran numero di so-

⁽³¹⁸⁾ P. A., t. XXVIII. pag. 626.

⁽³¹⁹⁾ A. Ch. [2], t. LXXI, pag. 353.

⁽³²⁰⁾ Ch. Gerhardt, *Sur la constitution des sels organiques à acides complexes, et leurs rapports, avec les sels armoniacaux*. in A. Ch. [1], 1839, t. LXXII, pag. 184. È questa una bella Memoria fondamentale, e Gerhardt non aveva che 23 anni! Berzelius ingiustamente non tenne abbastanza in considerazione questo lavoro, dal quale prese l'idea di corpo copulato.

stanze⁽³²¹⁾. Il corpo che è in combinazione coll'acido è chiamato da Berzelius la copula⁽³²²⁾. Per esempio, considerò l'acido tricloroacetico come un acido copulato dell'acido ossalico $C^2Cl^3.C^2O^3.HO$.

Il gruppo C^2Cl^3 sarebbe la copula.

Non posso entrare in maggiori particolari perché dovrei discorrere delle idee di Kolbe, il quale sviluppò il concetto di Gerhardt e di Berzelius. Fra i corpi copulati ve ne sono anche dei non acidi, come il nitrobenzene $C^6H^5NO^2$ e un numero infinito di composti simili.

Teoria dell'ammonio. - A Berzelius devesi la prima idea di considerare l'ammonio, ossia il supposto composto d'ammoniaca e idrogeno, come un metallo analogo al potassio e al sodio. E ciò prima ancora che Gay-Lussac scoprisse il cianogeno (1815).

Seebeek a Jena, nel 1808⁽³²³⁾, osservò che il carbonato di ammonio (detto carbonato di ammoniaca), solido, umettato di acqua, poteva, per l'azione dell'elettricità, trasformare il mercurio in una vera amalgama, che coll'acqua si decomponeva dando ammoniaca.

Berzelius e Pontin⁽³²⁴⁾, contemporaneamente, ammisero che l'amalgama ammoniacale non fosse altro che un composto di mercurio col metallo dell'ammoniaca, l'*ammonio*. Essi riempirono di mercurio una cavità praticata in un pezzo di sale ammonico umido, comunicante col polo positivo d'una pila e nel mercurio immersero una punta di platino che conduceva il fluido negativo; e subito videro gonfiarsi il mercurio e acquistare un volume 5 a 6 volte quello di prima, e diventare pastoso. Il Berzelius ammise che si fosse formata un'amalgama con un metallo che denominò *ammonio*. Ecco come il Berzelius accenna alla scoperta dell'ammonio nel suo *Traité de Chimie*, 1845, t. II, pag. 99:

«Il metallo composto, l'ammonio, fu scoperto poco tempo dopo che Davy ebbe ottenuto il potassio e il sodio. Nelle esperienze che io feci insieme con Pontin per ottenere il potassio per via di riduzione, a mezzo di una corrente idroelettrica, noi non riuscimmo punto con le deboli pile elettriche che noi avevamo allora a nostra disposizione. Noi tentammo in seguito di impiegare il mercurio come conduttore elettronegativo, e trovammo che non solamente la potassa e la soda sono ridotte e danno delle amalgame, ma anche le terre alcaline: la barite, la stronziana e la calce, che Davy non era riuscito a ridurre. Questo fatto ci incoraggiò a tentare la riduzione dell'ammoniaca per la stessa via; e trovammo, con grande nostra sorpresa, che questo corpo dava un'amalgama ben più facilmente che non le sostanze precedenti. Queste esperienze furono che fatte nel mese di marzo e di aprile 1808 e descritte negli *Annales économiques de l'Académie des Sciences*⁽³²⁵⁾; in seguito Davy ampliò queste esperienze. Seebeek e Trommsdorff ignoravano le nostre esperienze e ne fecero allora delle simiglianti, arrivando agli stessi risultati». Poco dopo Davy ottenne questa amalgama solida ed osservò che decomponendosi produce mercurio, ammoniaca e idrogeno, e, come Berzelius e Pontin, ammise che poteva riguardarsi come un composto di mercurio con un metallo particolare base dell'ammoniaca, ed anch'egli la chiamò *ammonio*.

La teoria dell'ammonio come radicale composto fu sviluppata specialmente da Berzelius.

Berzelius⁽³²⁶⁾ già allora faceva il parallelo seguente fra i sali di ammonio e di potassio, erano inoltre isomorfi:

Sale ammonico $(N^2H^8)Cl^2$	KCl^2 Cloruro di potassio
Solfato di ammonio $(N^2H^8)OSO^3$	$KO.SO^3$ Solfato di potassio

⁽³²¹⁾ Veggasi Berzelius, *Traité de Chimie*, 1845, t. I, pag. 437; t. V, pag. 116. Berzelius anche in questo fu ingiusto verso Gerhardt. Parla dei corpi copulati in una lettera a Wöhler del 30 aprile 1841. Si veggia pure una Memoria di Gerhardt: *Sur la loi des corps copulés*, in *C. R. trav. Ch.*, 1845 e *C. R.*, t. XX, p.1648.

⁽³²²⁾ *Jahresb.*, 1840, pag. 156.

⁽³²³⁾ *A. Ch.* [1] 1808 e *Journ. de Gehlen*.

⁽³²⁴⁾ Questo lavoro con Pontin fu poi tradotto col titolo: *Elektrisch-chemische Versuche über die Zerlegung der Alkalien und der Erden*, in *Gilbert's Ann.*, 1810. t. XXXVI, pag.247-280.

⁽³²⁵⁾ Maggio 1808, pag. 110-130 e poi in *Bibl. Brit.*, 1809, pag. 122.

⁽³²⁶⁾ *Gilbert's Journ.*, t. XLVI, pag. 131, e *Traité de Chimie*.

Nitrato di ammonio $N^2H^8.ON^2O^5$ KON^2O^5 Nitrato di potassio
 Acetato di ammonio $N^2H^8O.C^4H^6O^3$ $KOC^4H^6O^3$ Acetato di potassio.

Anche Ampère ammise una teoria simile dell'ammonio e per analogia coi metalli già il Dumas esponeva le idee di Ampère colle formole:

N^2H^4 Corpo analogo al cloro, esistente nelle amidi.
 N^2H^6 Ammoniaca.
 N^2H^8 Ammonio. Corpo analogo ai metalli.
 N^2H^8O Protossido di ammonio.
 $N^2H^8Cl^2$ Idroclorato di ammoniaca o piuttosto cloruro di ammonio.
 $N^2H^8O.SO^3$ Solfato di ammoniaca o meglio solfato di ammonio.

Sulla costituzione chimica dei corpi. - Berzelius non solamente ha stabilito la composizione chimica di un gran numero di corpi, impiegando metodi analitici suoi o perfezionando quelli conosciuti, ma ha sempre dimostrato grande interesse a discutere la questione della intima costituzione chimica dei corpi, cioè del come stanno disposti gli atomi nei corpi semplici e composti.

Sembra che la parola *costituzione* nel senso di indicare la disposizione degli atomi nei composti sia stata usata per primo dal Berzelius⁽³²⁷⁾.

Merita di essere qui ricordata la sua breve Memoria: *Considérations sur la composition des atomes organiques*⁽³²⁸⁾, nella quale egli distingue le *formole empiriche*, a cagion d'esempio l'etere con $C^4H^{10}O$, come quelle che risultano dall'analisi e sono invariabili, dalle formole che egli chiama *razionali*, come, ad esempio, $(C^2H^5)^2 + O$ per l'etere, perchè hanno per iscopo di dare una idea intorno ai due corpi elettrochimicamente contrari da cui si considerano come formati e rappresentano la disposizione (*vorstellung*) dei componenti. L'idea di considerare l'etere come l'ossido di un radicale è ben accennata da Berzelius in questa Nota, ove scrive: «Io ho ammesso come probabile che l'etere contenga un atomo di ossigeno su due atomi di radicale. Benchè quest'ossido non manifesti nessuna reazione basica, possiede però la proprietà di formare con gli ossiacidi dei composti tanto neutri quanto acidi e di scambiare il suo ossigeno coi corpi alogeni degli idracidi, come farebbe un ossido inorganico».

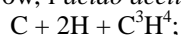
La formola empirica dell'alcol è C^2H^6O , la sua formola razionale, diceva Berzelius, secondo la maniera di vedere, può essere $C^2H^4 + H^2O$ oppure $C^2H^6 + O$. Decidere quale delle due sia la vera è un problema difficile; ciò che si può dire è che *la formola razionale non può avere più di due termini*. Dunque fuori di una formola dualistica non vi può essere una formola razionale. Quanto era radicata in lui l'idea dualistica!

Tra gli esempi di formole razionali cita il *seleniato di stagno*, la cui formola empirica è $SnSeO^4$, e le formole razionali diverse secondo il modo di considerare la sostanza e i vari modi di reagire, per cui sarebbero formole razionali le seguenti:

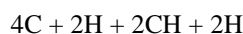
$SnO.SeO^3$
 $Sn.SeO^4$
 $SnSe.O^3$
 $SnO^2.SeO^2$.

⁽³²⁷⁾ *Rapp. Ann.*, 1836-1837, pag. 100.

⁽³²⁸⁾ *A. Ch.*, 1833 [2], t. LIV, pag. 5; *Pogg. Ann.*, 1833, n. 8 e *Jahresb.*, 1833, pag. 185. Nel *Jahresb.* per 1833, nel quale il Berzelius espone le sue idee sulle formole empiriche e costituzionali, a pag. 189 accenna ad un lavoro, assai poco conosciuto, di Gusserow: *Die Chemie des Organismus*, Berlin 1832, nel quale l'autore assegna delle formole costituzionali ai diversi composti chimici; secondo Gusserow, l'*acido acetico* sarebbe



l'*acido mucico*:



l'*amido*:



Inoltre discorre dei radicali composti e pel radicale C^4H^4 propone il nome di *eterino*.

Egli tornava spesso su queste sue idee intorno alla disposizione degli atomi nella molecola e ancora nel 1834⁽³²⁹⁾: «Io voglio qui accennare come possiamo vedere la posizione relativa degli atomi semplici nell'atomo composto (mol.) del solfato di rame, ad esempio. Egli è chiaro che qualunque sia questa posizione noi non vi ritroveremo nè l'acido solforico, nè l'ossido di rame, perchè noi abbiamo un corpo unico le cui parti stanno unite. Noi possiamo in vari modi considerare come ripartiti gli elementi di questo sale in due gruppi: 1 atomo di solfuro di rame e 4 atomi di ossigeno ($CuS + O^4$), cioè l'ossido di un radicale composto; 1 atomo di biossido di rame e 1 at. di gas solforoso ($CuO^2.SO^2$); 1 at. di ossido e 1 at. di acido solforico ($CuO.SO^3$), oppure 1 at. di rame e 1 at. del gruppo salino SO^4 . Sino a che gli atomi sono riuniti, queste supposizioni si equivalgono; ma quando si tratta del modo di comportarsi nella decomposizione colla elettricità o in altro modo, le cose vanno diversamente, perchè l'atomo composto non è giammai scisso secondo i due primi modi, ma lo può essere secondo i due ultimi. Secondo $Cu + SO^4$ il rame può essere sostituito da un altro metallo; ma se il rame non è sostituito, come avviene nel caso della decomposizione elettrica, il gruppo SO^4 si decompone in ossigeno e acido solforico». E così prosegue col dimostrare che il sale deve essere $CuO.SO^3$.

Nei lavori di Brodie⁽³³⁰⁾ si trovano sviluppate, o meglio sminuzzate, le idee di Berzelius.

In seguito alla Memoria di Mitscherlich sulla costituzione delle sostanze organiche (preparazione dell'acido benzensolfonico, ecc.), che il Berzelius stesso riassunse nel suo *Rapp. Ann.*, 1836, pag. 110, subito dopo la sua Nota sulla catalisi, espone delle idee sue proprie sulla costituzione atomica dei corpi, e mi piace qui riprodurre il brano seguente, che ha molto interesse per le idee allora nuove sull'aggruppamento degli atomi:

«L'attività colla quale la chimica vegetale tende ora a svilupparsi doveva necessariamente condurre a delle vedute differenti e assolutamente contraddittorie sulla natura della composizione e degli atomi organici e del loro assettamento.

«Egli è certo che noi non possiamo determinare la giustaposizione relativa degli atomi; ma è ugualmente pressochè così positivo che in ciascun corpo l'assetamento molecolare deve essere particolare, senza di che questi corpi non avrebbero le proprietà che li distinguono. Sino a che gli atomi semplici si trovano giustapposti, gli atomi composti non contengono verosimilmente nulla dei corpi composti, per la combinazione dei quali essi stessi sono stati formati, nulla nemmeno di quelli nei quali essi potevano essere decomposti dagli agenti chimici. Egli è sull'assetamento relativo degli atomi che si fonda la possibilità d'isolare questi corpi composti od anche di formarne e separarne, in certe circostanze, per la sostituzione di altri corpi, dei nuovi corpi. Sino a che noi possiamo separare degli atomi più composti, i differenti corpi più semplici per la combinazione dei quali essi sono stati formati, oppure sino a che noi possiamo sostituire questi corpi con una quantità equivalente di altri, noi siamo sino ad un certo punto in diritto di considerarli come le parti costituenti dei corpi più composti. Ma se d'altra parte è possibile che per una qualche combinazione di corpi composti se ne formi uno nuovo, di cui noi non possiamo nè separare queste parti costituenti composte, nè sostituirne una parte qualunque, con un equivalente, noi abbiamo altrettanto ragione di credere che la causa sia dovuta ad uno spostamento relativo degli atomi elementari, che avrebbe luogo al momento della combinazione. Questo spostamento impedisce affatto la separazione di uno degli elementi composti senza che vi abbia decomposizione completa del nuovo corpo, come se la combinazione degli elementi composti vi fosse più intima che non in altri atomi organici, benchè io non voglia negare la possibilità di una simile combinazione più intima. Ma io debbo anche ricordare ciò che ho detto più avanti, che delle ipotesi differenti possono essere in fatto ugualmente vere. Così, a cagion d'esempio, le opinioni sulla costituzione degli eteri sono diverse. Io ho stabilito nel *Rapp. Ann.* del 1834 le due teorie che sembrano essere le più probabili. Secondo l'una, l'etere sarebbe una combinazione del radicale C^4H^{10} con 1 atomo di ossigeno; l'altra lo suppone formato di C^4H^8 con 1 atomo

⁽³²⁹⁾ *Jahresb.*, 1835, t. XIV, pag. 348.

⁽³³⁰⁾ *Phil. Trans.*, 1850, t. II, pag. 759.

di acqua; io ho ammesso la prima come più verosimile⁽³³¹⁾. Ma mediante un esempio tratto dalla natura inorganica, egli è facile dimostrare che sinchè queste due opinioni non sono che delle considerazioni sugli atomi ancora coerenti dell'etere, senza essere legate ad un sistema qualunque, nella chimica organica esse possono essere tutt'e due perfettamente giuste. Prendiamo ad esempio la combinazione dell'ossido coll'ossidulo di ferro ed esprimiamone la composizione colla figura 133. Io impiego qui dei circoli, ed è chiaro che si possono considerare come rappresentanti degli atomi sferici disposti nel medesimo ordine.

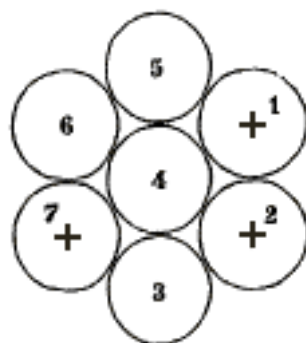


Fig. 133.

«I tre cerchi segnati con una croce rappresentano gli atomi di ferro, gli altri quattro gli atomi di ossigeno. Noi considereremo questa combinazione come composta di 1 atomo di ossido di ferro, circoli da 1 a 5, e di 1 atomo di ossidulo, circoli da 6 a 7. I reattivi lo decompongono nello stesso modo e l'atomo di ferro 7 è spesso sostituito in natura da un atomo di manganese, di zinco, di magnesio, come anche gli atomi 1-2 dal cromo o dall'alluminio; cosicchè questo modo di considerare il corpo non può essere falso. Ma più metalli formano coll'ossigeno delle combinazioni corrispondenti: il manganese, il cobalto, il piombo (*minium*). Gli acidi decompongono questi ultimi in modo differente. L'ossido ossidulato di manganese è decomposto, come l'ossido ossidulo di ferro, cogli acidi diluiti (acido nitrico), di modo che l'atomo del radicale 2 si combina all'atomo di ossigeno 3, e l'atomo del radicale 7 all'atomo d'ossigeno 6, e che tutti e due si combinano come atomi di ossiduli di ferro all'acido, mentre che l'atomo radicale 1 forma, con i due atomi di ossigeno 5 e 4, del perossido che resta. Il minio è sempre decomposto in questo secondo modo. Se l'ossido ossidulo di manganese è decomposto in due maniere differenti in seguito all'ineguaglianza delle forze elettronegative che le sollecitano, egli è evidente che questa anomalia deve provenire da altra cosa che dalla posizione differente degli atomi semplici, e che così tutte le combinazioni citate più sopra devono avere lo stesso assetto atomico. Allora nasce una discussione, come già ebbe luogo una volta nel mio *Rapp. Ann.* (1824), sull'esattezza dell'una o dell'altra delle due formole: $MnO + Mn^2O^3$ e $Mn^2O^2 + MnO^2$, e si trova che nessuna di esse considera l'atomo combinato in discussione, per le quali tutt'e due sono giuste in modo assoluto, ma che esse non concernono se non i rapporti di sviluppo e i prodotti di decomposizione. Si può dire altrettanto dell'etere: che esso sia composto di $C^4H^{10} + O$ oppure di $C^4H^8 + H^2O$, e l'etere idroeterico sia $C^4H^{10} + Cl^2$ oppure $C^4H^8 + 2HCl$, e così di seguito. Egli è lo stesso per molte combinazioni.

«Queste considerazioni contribuiranno, speriamo, a far esaminare sotto un giusto punto di vista le affinità, l'ordine e il metodo di assetto degli atomi giustapposti; essi ci condurranno a vedere a quale immensa distanza noi saremo condotti dai prodotti di decomposizione e soprattutto per le sostituzioni nelle quali certi corpi sono costituiti o rimpiazzati con quantità equivalenti di corpi nuovi».

L'idea di risalire agli elementi per determinare la costituzione chimica dei corpi è di Berzelius, in quanto specialmente ai corpi inorganici, ed a Kekulé per i corpi organici.

⁽³³¹⁾ Ed ora invero sappiamo che l'etere è $C^4H^{10}O$, ossia $(C^2H^5)^2O$.

Accenni alla stereochimica? - È da tempo noto che l'acqua è indispensabile per promuovere molte reazioni chimiche o, come si diceva, per mettere in giuoco l'affinità chimica; e a questo proposito si ricorda che l'anidride solforica SO^3 non reagisce colla calce viva e che la barite non assorbe l'acido carbonico anidro, ma bensì se è umido. Berzelius notò questi fatti e tentò di darne la spiegazione; nel suo *Traité de Chim.*⁽³³²⁾ così scriveva:

«Il concorso dell'acqua nella formazione dei composti è dunque evidente. La causa non può essere dimostrata sperimentalmente; così riflettendo di qual natura essa possa essere, noi vediamo essere probabilissimo che allorquando un acido anidro si combina con un ossido anidro, gli atomi di uno dei due corpi elementari o anche quelli di tutti e due devono raggrupparsi in un ordine dipendente dalla combinazione e differente da quello nel quale gli atomi si trovano isolatamente. Gli esempi seguenti faranno meglio comprendere la mia idea. L'acido solforico, che è anidro, vale a dire all'infuori di ogni stato di combinazione, è composto di 1 atomo di solfo e di 3 atomi di ossigeno. Secondo ogni probabilità, questi atomi si sono giustapposti nel modo più semplice. Ma questo modo di giustapposizione non può più essere il più semplice dal momento in cui l'acido entra in combinazione con un altro ossido. Allorquando, a cagion d'esempio, i tre atomi di ossigeno si trovano raggruppati in un piano, in modo da formare una superficie triangolare equilatera, l'atomo di solfo



Fig. 134.



Fig. 135.

si pone nel centro, dando origine ad un tetraedro, come si scorge dalle fig. 134 e 135; supponiamo inoltre che 1 atomo di acido solforico anidro si combini con 1 atomo di una base formata da 1 atomo di radicale e di 1 atomo d'ossigeno, l'ordine di giustapposizione del più semplice sembra abbia luogo quando i quattro atomi di ossigeno si riuniscono tutti per costituire una superficie quadrata, il cui centro è occupato da una parte dal radicale dell'acido e dall'altra dal radicale della base, il che produce un *ottaedro*, come lo mostrano la fig. 136 vista dall'alto e la fig. 137 vista di fianco. Le sfere ombreggiate rappresentano gli atomi dei radicali e le bianche gli atomi di ossigeno⁽³³³⁾. In questo caso dunque gli atomi di ossigeno e l'atomo di radicale dell'acido hanno cambiato la loro prima posizione relativa e la nuova combinazione ha ottenuto una forma determinata e più compatta, sotto l'influenza non solamente della forza di combinazione, ma anche dell'ordine nuovo nel quale gli atomi dei corpi elementari si sono raggruppati».

⁽³³²⁾ Quinta ediz. franc., 1845, t. I, pag. 434-435

⁽³³³⁾ Prego il lettore di considerare queste figure non come una immagine del modo *reale* di giustapposizione degli atomi in un solfato. Gli atomi potranno essere raggruppati in questo o in altro modo. Queste figure hanno solamente lo scopo di rendere sensibile l'espressione delle idee (Nota di Berzelius).



Fig. 136.



Fig. 137.

Volere o non volere, queste parole di Berzelius rappresentano un concetto moderno; l'idea, per quanto lontana, della stereochimica, vi è. Mi arreca non lieve meraviglia come non ne abbiano tenuto conto gli storici della stereochimica. Il Walden, nella sua interessante Conferenza: *Venticinque anni di studi stereochimici: sguardo retrospettivo e complessivo*⁽³³⁴⁾, attribuisce questo concetto al Gmelin, il quale, se si guardi bene, non ha che un po' sviluppato il concetto di Berzelius, estendendolo ad altri corpi oltre che all'acido solforico.

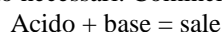
Resta stabilito dunque che la questione della *posizione mutua degli atomi elementari* fu discussa, prima che dal Gmelin, dal Berzelius. Ad ognuno il suo. L'opera scientifica di Berzelius è una miniera così grande che non fa meraviglia se talora anche ad uomini coscienziosi come Gmelin sfuggirono certe idee, allora nuove, che il Berzelius ha esposto nei numerosi e disparati suoi scritti. Del resto anche il Gmelin non aveva il vero concetto moderno della stereochimica.

Questo bellissimo brano, che riguarda la costituzione chimica dei corpi (ossiacidi, ossidi), non si trova nella 4^a edizione del *Traité* di Berzelius, ma solamente nella 5^a edizione. La 4^a edizione è del 1835 e fu tradotta in francese nel 1838-39, la 5^a edizione è del 1842 e fu tradotta in francese nel 1845: dunque questa aggiunta, che io chiamai di stereochimica, è dal 1836 al 1842. Forse trovasi in qualche annotazione del suo *Jahresbericht*. In questo suo classico *Traité* vi sono sparse qua e là moltissime idee originali.

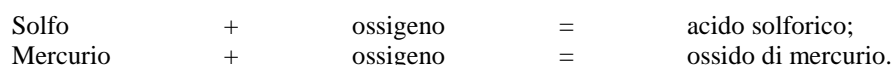
Coincidenza magnifica: fu il fatto scoperto ed osservato da Berzelius che l'acido racemico ha la stessa composizione chimica dell'acido tartarico ordinario, che decise l'illustre chimico a riunire questo ed altri casi simili sotto un punto di vista generale ed a creare i nomi di: *isomeria, metameria, polimeria*. Lo studio dell'isomeria ebbe un'importanza enorme. Ebbene, fu lo studio dello stesso acido racemico che condusse il Pasteur nel 1848 (l'anno della morte di Berzelius) a scindere quest'acido nei due acidi tartarici, cioè nell'acido tartarico destrogiro ordinario e nell'acido sinistrogiro. I due acidi, destro e sinistrogiro, hanno molte proprietà simili, ma l'uno devia la luce polarizzata a destra e l'altro a sinistra. La molecola di questi acidi doveva dunque avere una struttura spaziale diversa. E van't Hoff e Le Bel, nel 1874, crearono la stereochimica, in base quindi alle ricerche di Berzelius e di Pasteur⁽³³⁵⁾.

⁽³³⁴⁾ Nel *Naturwissens. Rundschau*, 1900, anno XV, e traduzione italiana della mia MARIA in *Suppl. Ann.*, 1902, pag. 138.

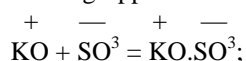
⁽³³⁵⁾ Se si guardi bene, tutti i periodi della storia della costituzione chimica dei corpi, da Lavoisier ai tempi nostri, formano una catena della quale tutti gli anelli sono necessari. Comincia Lavoisier col dualismo dei sali:



e degli ossidi



Segue Berzelius colla teoria del dualismo elettrochimico, caratterizzato dal concetto della polarità elettrica dei singoli atomi o gruppi di atomi:



poi lo stesso Berzelius verso il 1820-1830 discusse le formole empiriche e razionali ed ammette che per uno stesso corpo vi possano essere più formole razionali o di costituzione, e colla sua *teoria dei radicali* (1832-1834), con-

X.

Isomeria - Metameria - Polimeria e Allotropia - Ozono.

Anche in questi studi si scorge l'unghia del leone. Anche qui chiaramente si manifesta quanto la mente del Berzelius fosse una mente generalizzatrice per eccellenza. A lui non sfuggiva nulla delle relazioni fra la composizione e le proprietà dei corpi.

L'isomeria quale l'intendiamo oggi non poteva essere conosciuta dal chimico se non dopo il periodo in cui si iniziò lo studio della composizione quantitativa dei corpi; studio che fu iniziato da Lavoisier, poi seguito dalle ricerche di Proust, Berthollet, Wollaston, ecc., ma principalmente di Berzelius.

La prima osservazione di corpi con proprietà diverse, ma di uguale composizione, fu fatta dal Berzelius su due composti minerali: gli *acidi stannici*, nel 1811. Cioè l'*acido stannico* e l'acido che fu poi denominato *acido metastannico*.

Liebig nel 1822, a Parigi, nel laboratorio di Gay-Lussac, studiò il fulminato di mercurio e riconobbe essere il sale di un acido, l'*acido fulminico*, al quale assegnò la composizione CHNO, ma quasi contemporaneamente Wöhler nel 1823 aveva ottenuto dal ferrocianuro con agenti ossidanti un nuovo sale, il cianato potassico, da cui ottenne l'acido corrispondente, denominato *acido cianico* CHNO. Tanto Liebig quanto Wöhler, che avevano analizzato il loro rispettivo acido, non s'accorsero che avevano la stessa composizione; ma questo fatto non sfuggì all'accorgimento di Berzelius, il quale già da tempo era persuaso che vi doveva essere una relazione tra le proprietà dei corpi e la loro composizione; epperò in presenza di questo nuovo fatto cominciò a dubitare di questo principio, cioè che alle stesse proprietà corrisponda la stessa composizione. Egli spiegò la differenza fra i due acidi coll'ammettere un diverso assettamento atomico.

Poco dopo, nel 1825-1826, Faraday scoprì nel gas illuminante un idrocarburo che aveva la stessa composizione centesimale del gas oleofacente o etilene, già conosciuto da tempo, ma che a-

temporaneamente ai lavori di Mitscherlich sull'acido benzoico (1834) e di Wöhler e Liebig sul radicale benzoile (1832), contribuì sempre più alle indagini sulla costituzione dei corpi; ma la teoria dei radicali si trasforma prima nella teoria dei noccioli di Laurent (sostituzioni e carburi fondamentali) (1837) e dei *residui* di Gerhardt (1838) e poi in quella dei tipi (Gerhardt, 1850-1856), per dar luogo alle formole di struttura di Kekulé, Buff, Rutlerow, Erlenmeyer, ecc. (1858-1864) e queste alla stereochimica di van't Hoff e Lebel. Nessuna di queste teorie sulla costituzione dei corpi può dirsi falsa, perchè, ben considerando, anche nelle formole attuali si scorge il pensiero che ha dettato le prime teorie; in esse, cioè nella catena suaccennata, sono racchiusi tutti i concetti da Lavoisier-Berzelius sino a noi.

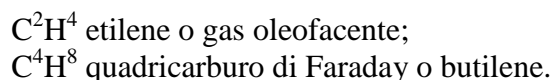
Consideriamo, a mo' d'esempio, l'acido solforico:

Formola	empirica	SO_2 ;		
	dell'acido anidro:			
»	dualistica	H^2O^+	+	SO_3^- ;
	dell'acido idrato:			
»	di Dulong (teoria idracidi):	$\text{H}^2.\text{SO}_4$;		
»	unitaria:	$(\text{H}^2).\text{SO}_4$;		
»	tipica:	SO_2 H^2	}	O^2
			/	OH
»	di costituzione moderna:	SO_2	\	OH
»		O	\\	S / OH
»	di struttura:	O	//	S \ OH

In questa ultima sono comprese tutte le altre formole.

Dunque, tutte le teorie precedenti sono state utili, tutte hanno cooperato al progresso della chimica; ma il primo a discutere le possibili formole di costituzione dei corpi indubbiamente è stato Berzelius.

veva proprietà diverse e specialmente aveva la densità di vapore doppia di quella dell'etilene. Ora noi rappresentiamo questi due corpi con:



È la prima volta, egli dice, che si osservano due corpi la cui densità di vapore dell'uno è doppia di quella dell'altro. Era, come si vede, un caso di polimeria. Ed il Faraday ha posto nella sua Memoria: *Sur des nouveaux composés de carbone et d'hydrogène*, ecc.⁽³³⁶⁾, una importante nota, nella quale fa osservare che forse in seguito saranno molti i corpi che avranno uguale composizione e proprietà diverse.

A questi fatti Clark, nel 1828, fece seguire l'altro delle proprietà diverse del fosfato sodico cristallizzato e del fosfato ottenuto per calcinazione del primo; due sali che per lungo tempo si considerarono poi come isomeri, ma che non lo sono, perchè il primo è Na^2HPO^4 ed il secondo è il pirofosfato $\text{Na}^4\text{P}^2\text{O}^7$.

Nel 1822 Kestner, fabbricante di prodotti chimici a Than in Alsazia, scoprì un acido che fu descritto da John col nome di *acido thanico* o *acido dei Vosgi*. Questo acido fu studiato da Gay-Lussac nel 1828 e da Berzelius nel 1830, i quali ne determinarono la composizione; il Berzelius di più s'accorse che aveva la stessa composizione dell'acido tartarico.

Wöhler nel 1828 scoprì il fatto importante che il cianato di ammonio si trasforma in urea, la quale ha la stessa composizione del cianato di ammonio. Anche Gay-Lussac aveva osservato⁽³³⁷⁾ che l'acido cianico di Wöhler e l'acido fulminico studiato da lui e da Liebig hanno la stessa composizione; e bisognerebbe ammettere, egli diceva, tra gli elementi un modo di combinazione differenti.

Tutti questi fatti, e specialmente quelli relativi agli acidi tartarico e paratartarico o racemico, fecero sull'animo di Berzelius una grande impressione. Egli allora, nel 1830, riunì⁽³³⁸⁾ sotto un unico punto di vista tutti questi casi in cui sostanze diverse per proprietà hanno composizione centesimale identica, e li denominò *composti isomeri*, da ἰσόμερής (da ἴσος, uguale, composto di parti uguali). Bellissima è la sua Memoria che in proposito pubblicò nel 1830⁽³³⁹⁾; distinse l'*acido stannico* dall'*acido parastannico*, l'*acido tartrico* dall'*acido paratartrico*, ecc. Egli per il primo propose l'uso della particella *para* per distinguere i corpi isomeri. «Sotto la denominazione (egli dice) di composti isomeri io comprendo dunque quelli che con una composizione chimica simile e uno stesso peso atomico, posseggono delle proprietà differenti». Poi continua: «È stato l'acido fosforico che ha fatto nascere l'idea che i corpi possono avere una composizione simile con proprietà chimiche differenti. Stromeyer si esprime a questo riguardo in modo preciso. Secondo Stromeyer, la differenza non è dovuta alla proporzione degli elementi, ma al modo diverso col quale essi sono combinati, come pure alla diversa condensazione che hanno provato». Cosa curiosa, le esperienze di Graham dovevano poi dimostrare che gli acidi fosforico e parafosforico non erano veramente isomeri.

In questa Memoria Berzelius ricorda le ricerche di Johnston (1829) sul cianogeno e la sostanza nera che fu poi detta *paracianogeno*. Egli prevede che, specialmente nei composti organici, saranno numerosi i casi di isomeria che si scopriranno.

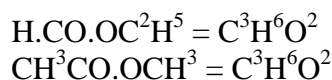
Il Berzelius stesso distinse poi tutti i corpi isomeri in due grandi classi: *composti metameri* o *metamerici*, quando l'isomeria consiste nel fatto che il peso molecolare è uguale, ma gli elementi o gruppi vi sono disposti diversamente, come, ad esempio, il *formiato di etile* e l'*acetato di metile*:

⁽³³⁶⁾ A. Ch. [2], 1825. t. XXX, pag. 285.

⁽³³⁷⁾ Ivi [2], 1824, t. XXVII, pag. 200.

⁽³³⁸⁾ Dell'isomeria ne parla nella lettera a Wöher, 9 luglio 1830, ed in altre lettere.

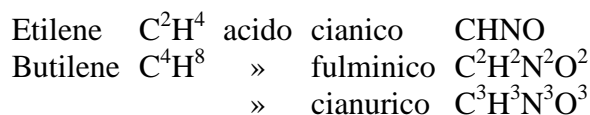
⁽³³⁹⁾ *Composition de l'acide tartrique et de l'acide racémique; poids atomique de l'oxide de plomb, et remarques générales sur les corps qui ont la même composition, et possèdent des propriétés différentes* (P. A., 1830. t. XIX. pag. 305; *Jahresb. f. Chem.*, 1831, pag. 41, e 1832, pag. 63; A. Ch. [2]. 1831. t. XLVI, pag. 113). Fu Gay-Lussac il primo ad usare il nome di *acido racemico* (*Traubensäure*).



e composti *polimeri* quando hanno peso molecolare diverso, multiplo.

Secondo Roscoe, Dalton sarebbe stato il primo ad osservare dei corpi con uguale composizione ma proprietà diverse, ed avrebbe attribuito queste differenze ad un assettamento diverso o multiplo dei loro costituenti⁽³⁴⁰⁾. Non ho potuto trovare nelle opere di Dalton questa affermazione per vedere se è anteriore o posteriore alle osservazioni di Berzelius⁽³⁴¹⁾.

Dumas riconobbe subito⁽³⁴²⁾ l'importanza della scoperta dell'isomeria. E, come già Berzelius, ammise che anche gli elementi possono presentare dei casi di isomeria, ossia ciò che poi in seguito si denominò dal Berzelius: *allotropia* e *polimeria* o *composti polimeri* (da *πολος*, *molto* e *μέρος*, *parte*) quando i corpi isomeri differiscono tra loro per contenere un numero multiplo di atomi, come:



Anche nel suo *Traité*, t. II, pag. 562-563, il Berzelius fa notare le differenze notevoli fra i due biossidi di stagno, che distingue con *a* e *b*, preparati l'uno dallo stagno coll'acido nitrico e l'altro precipitandolo dal cloruro stannico coll'ammoniaca. Anche questo è un bellissimo lavoro⁽³⁴³⁾.

Fra i composti isomeri si compresero anche il joduro giallo e rosso di mercurio.

⁽³⁴⁰⁾ Roscoe. *Les progrès de la Chimie moderne*, in *Rev. Scient.*, 1887, t. XIV, pag. 424.

⁽³⁴¹⁾ A proposito di Dalton e dell'isomeria, Schorlemmer (*Origine et développement de la Chimique organique*, 1885, pag. 95) scrive: «L'esistenza di casi simili era già stata segnalata al principio del nostro secolo. Dalton aveva rimarcato nel 1820 (deve essere nel 1802) che il gas ottenuto per distillazione pirogenica dall'olio conteneva un idrocarburo che si combinava facilmente col cloro, come il gas oleofacente, senza essere però identico con quest'ultimo. Potrebbe essere, diceva egli, che i suoi atomi (molecole) fossero formate del doppio di carbonio e idrogeno che non quelli del gas oleofacente; e il suo amico W. Henry avendo trovato, l'anno dopo, l'esistenza d'un idrocarburo simile nel gas del carbon fossile, Dalton (*Manchester Phil. Soc. Mem.*, t. IV, pag. 64) si convinse che il corpo ch'egli aveva estratto dal gas dell'olio era un composto *sui generis*, contenente probabilmente il carbonio e l'idrogeno nelle stesse proporzioni che il gas oleofacente, ma avente i suoi atomi (molecole) formati da due atomi di quest'ultimo».

Comunque sia, queste osservazioni isolate per sè stesse non avrebbero avuto grande importanza; la loro importanza fu manifesta dopo le osservazioni generali di Berzelius e il suo magistrale lavoro sui due acidi tartarici.

⁽³⁴²⁾ *A. Ch.* [2], 1831, t. XLVII, pag. 324.

⁽³⁴³⁾ Un cenno sull'isomeria il Berzelius fa già anche nel 1824 in una lettera a Dulong del 16 settembre, come già in una lettera a Marcet del 14 aprile 1817; in quest'ultima il Berzelius osserva che dalle esperienze di Gay-Lussac pare che i due ossidi di stagno che egli credeva avessero diversa composizione, abbiano invece «*le même degré d'oxidation*». Mais ce que je ne puis pas expliquer, c'est que ces deux oxydes ont des propriétés si différentes et donnent avec les acides des combinaison salines dont les propriétés chimiques différent d'une manière plus décisive que des sels formés par deux différents degrés d'oxydation chez d'autre métaux. Cette circonstance me parait pour le moment inexplicable et incompatible avec notre expérience chimique en général».

Intorno all'acido racemico egli scriveva, il 20 luglio 1830, a Dulong: «Recentemente io ho ottenuto dei risultati assai curiosi analizzando un acido vegetale che si trova, insieme all'acido tartarico, nel tartaro del vino. È l'acido di cui Gay-Lussac ha dato alcune notizie negli *Annales de Chimie* da alcuni anni e che prima di lui era conosciuto in Germania col nome di *acido dei Vosgi* (*Voghesensäure*). La mia analisi dell'acido tartarico differisce da quella di Proust, nei risultati del quale io ho una grande fiducia, e allora io ho ripetuto le mie analisi ed ho confermato il risultato di Proust. Ma nel tempo stesso ho ripreso l'analisi di quest'acido detto dei Vosgi e vi ho trovato la stessa composizione ed il medesimo peso atomico dell'acido tartarico ordinario, benchè i suoi caratteri chimici e la forma dei suoi sali cristallizzati differiscano essenzialmente da quelli dell'acido tartarico e dalla forma dei tartrati.....».

E più avanti: «Queste nuove idee richieggono una nomenclatura a parte ed io propongo di chiamare questi corpi *isomeri* (dalla parola greca *ισόμερος*) o modificazioni isomere. Per distinguerli gli uni dagli altri io uso la parola *παρά*, dicendo, ad esempio, acido fosforico, acido parafosforico, acido paratartarico, paracianico, ossido parastannico. Noi conosciamo già delle numerose modificazioni isomere, ma è probabile che la materia organica ce ne faccia conoscere più ancora dei composti inorganici. Così, ad esempio, i due stati dell'albumina, vale a dire lo stato solubile e lo stato coagulato, sembrano essere modificazioni isomere».

Quanta lucidità di idee!

La scoperta dell'isomeria dell'acido tartarico coll'acido racemico colpì i chimici tutti. Liebig, nella sua celebre Memoria sull'analisi organica, dice: «Berzelius anche in questo caso è il primo che ci ha additato il cammino; col suo lavoro sull'acido racemico ci ha aperto una preziosa sorgente di ricerche che avrà per la chimica organica delle conseguenze che non si saprebbe ancora apprezzare (pag. 180).

«La scoperta (egli dice) dell'urea artificiale ci ha inoltre fatto conoscere un nuovo modo di combinazioni sugli elementi dei corpi organici. Io considero queste *due* scoperte come il primo passo di una chimica organica veramente scientifica».

Il concetto generale dell'isomeria ebbe una grande importanza per la chimica teorica, perchè fu così dimostrato che per determinare le proprietà dei corpi non bastano la natura ed il numero degli atomi, ma bisogna considerare anche la loro disposizione o, come diceva Berzelius, «che gli atomi possono essere disposti diversamente gli uni relativamente agli altri». Questo studio ebbe un'immensa importanza per la chimica organica, specialmente in seguito alle ricerche di Wurtz, Gerhardt, Hofmann, Kolbe, Berthelot, ecc. Lo studio dell'isomeria condusse alla struttura chimica⁽³⁴⁴⁾.

Allotropia. - Berzelius⁽³⁴⁵⁾ fece già osservare che la parola *isomeria* non poteva servire a designare la causa della differenza delle proprietà di un elemento quale, ad esempio, il carbonio, il solfo, il silicio; per indicare gli stati diversi con proprietà diverse che può assumere un elemento, egli propose il nome di *allotropia* (da *ἄλλοτροπος*, che vuol dire di natura, di qualità differente, o meglio da *ἄλλος*, altro e *τρόπος*, modo) o *stato allotropico* (*allotropische Zustände*)⁽³⁴⁶⁾. E sin d'allora distinse il solfo α e il solfo β e poi l'ossigeno α e l'ossigeno β .

Nei suoi *Rapp. Ann.*, 1843 e 1844, ritorna spesso sull'*allotropia*. Nel *Rapp. Ann.*, 1843, p. 28, egli dice: «Ho ricordato alcune combinazioni di solfo e fosforo che sembrano confermare una mia supposizione sulle proprietà delle modificazioni allotropiche dei corpi semplici di persistere nelle combinazioni di questi ultimi con altri corpi e di determinare in questa maniera delle modificazioni isomere»⁽³⁴⁷⁾. Sviluppa ampiamente quest'idea nel *Rapp. Ann.*, 1844, p. 18, ove riassume il suo lavoro, pubblicato nel *Kongliga Vetenskap's Akademien's Handlingar*, 1843, pag. 1, e *Pogg. Ann.*, 1844, t. LXI pag. 1. E termina colle parole seguenti:

«Egli è impossibile rendersi conto della causa della differenza dei corpi semplici, secondo il loro stato allotropico, benchè noi possiamo determinare le proprietà che possiede ognuno degli stati. Risiederebbe forse in un aggruppamento particolare degli atomi di corpi semplici, in modo, per esempio, che 2, 3 o più atomi si riunirebbero per formare dei gruppi di atomi che terrebbero l'ufficio di uno solo, come ciò sembra essere il caso del solfo? O, in una polarità elettrica modificata o fissata sino ad un certo punto come lo fanno credere gli stati menzionati più in alto? Le nostre conoscenze attuali non ci permettono di rispondere a queste questioni».

Fu a proposito delle ricerche di Frankenheim sulle diverse varietà di solfo, che egli creò il nome di *allotropia* e che raccolse in un concetto generale i diversi elementi che esistono in stati diversi:

«Io ricorderò in questo caso che la parola *isomeria* che designa dei corpi differenti composti dello stesso numero di atomi, degli stessi elementi, non può essere impiegata per designare la causa delle dissomiglianze nelle proprietà, quali si riscontrano nello solfo, nel carbone, nel silicio e forse in più altri corpi. La parola *isomeria* esprime il rapporto che esiste fra il formiato etilico e l'acetato metilico, ma non è applicabile agli stati differenti che possono assumere i corpi semplici quando posseggono delle proprietà diverse. Forse dovrebbesi sostituire questo nome con un'altra denomi-

⁽³⁴⁴⁾ Il nome di *struttura*, per indicare la disposizione e l'assetto delle particelle nell'interno dei corpi, è stato usato, io penso, forse per la prima volta, da W. Higgins a proposito dell'acido nitrico (*Experiment. a. Obser. on the atomic Theory*. Dublin 1814. pag. 117). Di W. Higgins dirò ampiamente in altro lavoro.

⁽³⁴⁵⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 7.

⁽³⁴⁶⁾ *A.*, 1844, t. XLIX, pag. 247.

⁽³⁴⁷⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 7.

nazione meglio adattata, quale *allotropia* (da *αλλότροπος*), che significa di una qualità differente, oppure *stato allotropico*».

Il Berzelius ha poi sviluppato in modo magistrale questo concetto dell'allotropia in una Memoria: *Ueber Allotropie bei einfachen Körpern, als eine der Ursachen der Isomerien bei ihren Verbindungen*⁽³⁴⁸⁾, ossia: *Sull'allotropia dei corpi semplici e sui loro rapporti con certi casi di isomeria delle loro combinazioni*. Qui accenna al *carbone di legno*, alla *grafite* e al *diamante*, che scrisse con Ca, C β, Cγ; poi al Sia e Siβ; al Sa, Sβ, Sγ; ammette già tre stati allotropici del fosforo; parla degli stati allotropici del selenio, dell'arsenico, del tellurio, di molti altri elementi.

Egli ammetteva che l'isomeria fosse dovuta non solamente ad un aggruppamento diverso degli atomi nel composto, ma anche allo stato allotropico diverso nel quale si trova uno degli elementi o tutti e due⁽³⁴⁹⁾; le proprietà degli elementi allo stato allotropico si trasmetterebbero nei loro composti. E nel *Rapp. Ann.*, 1845, pag. 18, a proposito delle modificazioni allotropiche dei corpi semplici, dopo aver accennato all'esistenza di più modificazioni allotropiche del fosforo, scriveva: se si riferiscono queste considerazioni alle altre combinazioni isomere del fosforo, non si esiterà ad ammettere che l'ossido fosforico giallo, che si forma alla temperatura ordinaria dell'aria, contiene il fosforo ordinario; e che l'ossido rosso scuro che si forma insieme coll'acido fosforico quando il fosforo brucia all'aria, contiene la modificazione rossa».

E più avanti (pag. 29), dopo accennato ai diversi idrogeni fosforati, scriveva: «Questi diversi ravvicinamenti confermano ciò che io ho detto nel mio *Rapporto Annuale*, 1840, pag. 7, sulle modificazioni isomeriche, e cioè: che esse non sono sempre dovute ad un diverso assettamento atomico, ma anche allo stato allotropico differente nel quale si trova uno degli elementi o tutti e due; ciò che non impedisce in alcun modo di aver luogo ugualmente l'isomorfia».

Non si deve confondere l'*isomeria* coll'*allotropia*; Berzelius stesso l'ha fatto notare molto bene.

Giustamente il Berzelius considera come isomeri i due joduri di mercurio e scrive: «*Quelque fois on parvient à faire passer une combinaison d'un état isomérique dans l'autre*». E cita appunto la trasformazione del joduro giallo in rosso e viceversa. E così pure il solfuro rosso di mercurio e il solfuro nero.

Nel suo *Traité*, ult. ed. fr., t. I, pag. 20, scrive: «*Nous disons alors que la combinaison du mercure avec le soufre offre deux états isomériques, et nous désignons la loi par la quelle les mêmes corps élémentaires, réunis dans les mêmes proportions, peuvent donner naissance à des combinaisons données des propriétés différentes, par le nom d'isométrie, tiré du grec ισόμερος, signifiant composé de parties égales*».

E più avanti, a pag. 21: «*La seconde espèce d'isométrie est d'une nature différente. Plusieurs corps élémentaires ont la propriété singulière d'affecter sous l'influence de certaines circonstances qui ne sont pas encore déterminées, un état extérieur ou des formes différentes..., mais nous désignerons ce fait par le nom d'allotropie (tiré du mot grec αλλότροπος, de nature différente) et nous dirons que le corps élémentaire, le carbone, se trouve dans le charbon de bois et dans le diamant, dans des états allotropiques différentes*».

Anche nei suoi lavori sui composti solforati del fosforo, il Berzelius ammise che il fosforo possa entrare nei suoi diversi composti, conservando l'uno o l'altro dei suoi stati allotropici e che i solfuri solidi e rossi contengono del fosforo rosso mentre quelli liquidi e infiammabili lo contengono nello stato ordinario. Così per i due ossidi di fosforo rosso e giallo.

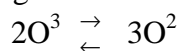
Anche questo carattere di tutti gli elementi, di assumere stati diversi con proprietà diverse, generalizzato dal Berzelius, ha oggi un'importanza grande non solo per i metalloidi, ma anche per i metalli, ed anche in questi ultimi tempi numerose sono le ricerche sull'allotropia dei metalli⁽³⁵⁰⁾.

⁽³⁴⁸⁾ *Rev. Scient.*, t. XV, pag. 137; *A.*, 1844, t. XLIX, pag. 247-264.

⁽³⁴⁹⁾ *Rapp. Ann.*, 1843, pag. 29; *P. A.*, 1844, t. LXI, pag. 1.

⁽³⁵⁰⁾ Si veggia, ad esempio: *Allotropy and metastability of metals*, di A. Holt, in *J. Soc. Chem. Ind.*, 1915, pag. 693, e le numerose ricerche di Cohen, Smits, ecc., in *Z. f. physik. Chemie*.

Sull'ozono. - Berzelius, poco dopo scoperto l'ozono da Schönbein, ammise che fosse del gas ossigeno modificato dall'azione dell'elettricità ed in questo stato eminentemente adatto per contrarre delle combinazioni chimiche. La trasformazione dell'ossigeno in ozono è un magnifico esempio di allotropia, il volume diminuisce di $\frac{1}{3}$ (e perciò si disse *ossigeno condensato*) e quando l'ozono si ritrasforma in ossigeno:



il suo volume aumenta di $\frac{1}{3}$ (Sorel). Berzelius diede grande importanza alle ricerche che dal 1840 al 1847 si facevano sull'ozono. Schönbein credeva che fosse un composto di ossigeno e di acqua. Invece Berzelius pensava che dovesse essere identico all'ossigeno che agisce come ossidante nell'acqua ossigenata. «Nel momento attuale, scriveva nel *Rapp. Ann.*, 1847, pag. 188, non esiste forse nessuna ricerca chimica così importante e necessaria quanto la storia scientifica dell'ozono».

Sull'ozono il Berzelius non ha fatto, io credo, delle ricerche sperimentali, ma ne ha attentamente seguita la scoperta e le sue conseguenze e ne ha fatto uno studio critico molto importante, come risulta anche dalla corrispondenza Berzelius-Schönbein, pubblicata nelle *Monographien f. Chemie* del Kahlbaum. A lui interessava specialmente per la questione dell'allotropia.

Nel suo *Rapp. Ann.*, 1846, ha scritto un articolo riassuntivo critico che può riguardarsi come una Memoria originale, ed infatti come tale fu inserito nel *Journ. f. pr. Chem.*, t. XL, pag. 242. Dopo esposte le belle ricerche di De la Rive, Marignac ed altri, scrive (loc. M., pag. 34):

«Noi siamo dunque giunti a questo risultato importante: che l'ozono non è un corpo semplice particolare, nè un composto sconosciuto di due elementi, ma bensì dell'ossigeno in una modificazione allotropica differente da quella che presenta l'ossigeno ordinario dell'aria o quale si ottiene nella sua preparazione chimica. La conoscenza delle modificazioni allotropiche dei corpi semplici si è arricchita con ciò di un esempio rimarchevolissimo. Come abbiamo fatto per altri corpi, noi possiamo rappresentare queste modificazioni dell'ossigeno coi simboli $\text{O}\alpha$ e $\text{O}\beta$. $\text{O}\alpha$ si distingue da $\text{O}\beta$ pel suo odore e per la proprietà di entrare in combinazione in circostanze nelle quali l'ultimo è completamente inattivo, come avviene per altri corpi. Riguardo poi al sapere se queste due modificazioni si conservano nei composti loro o se l'una di esse solamente si conserva, e in questo caso quale delle due si conservi, sono questioni che solo l'avvenire ci darà risposta. Noi abbiamo visto che la scintilla elettrica converte una certa quantità di $\text{O}\beta$ in $\text{O}\alpha$. probabilmente una quantità corrispondente alla capacità della scintilla, ciò che spiega in modo soddisfacente l'odore elettrico. Noi conosciamo inoltre dei corpi che si ossidano a bassa temperatura, tale è il fosforo, e che danno origine a questo odore; ma perciò la presenza d'un altro gas oltre l'ossigeno, quali l'alogeno, l'azoto o l'acido carbonico, è assolutamente necessaria, benchè noi non sappiamo se questo altro gas abbia un ufficio attivo o semplicemente l'ufficio passivo di diluire il gas ossigeno. Io ricorderò in questo caso le reazioni del fosforo sull'ossigeno colla sola rarefazione, mediante la pompa pneumatica, che non sono ancora state spiegate in modo soddisfacente. Si forma pure in questo caso dell' $\text{O}\alpha$?».

XI.

Chimica fisica - Legge dell'elettrolisi - Stechiometria - Peso specifico dei gas - Catalisi - Memoria originale sulla catalisi (1835) - Passività del ferro - Teoria delle fermentazioni - Stato colloidale.

Berzelius conosceva a fondo la fisica e *specialmente tutto ciò che riguardava l'elettricità*. Interessante è, ad esempio, la sua: *Lettre sur l'état magnétique des corps qui transmettent un courant d'électricité*⁽³⁵¹⁾. Mi pare non facile, anzi difficile, parlare dell'opera di Berzelius senza ricordare le sue benemeritenze anche verso la chimica fisica: s'intende la chimica fisica quale era prima del 1850. Può dirsi che i principali capitoli della chimica fisica, anche oggi, incominciano col

⁽³⁵¹⁾ A. Ch., t. XVI [2], pag. 113.

nome di Berzelius. Egli poi ne ha creato un capitolo affatto nuovo: quello della Catalisi e in parte quello dello *Stato colloidale*.

Berzelius nel 1802, con Hisinger, scopre la prima legge riguardante l'elettrolisi dei corpi composti (V. sopra, pag. 386).

Poi nel 1804-1807, e meglio nel 1811, crea e sviluppa la sua *teoria elettrochimica*, base del suo *sistema dualistico elettrochimico*, che ancora oggi domina nella chimica (si veggia il cap. VI, pag. 386); i suoi immensi lavori sulla *determinazione dei pesi atomici* sono la base di ogni parte della chimica e specialmente della chimica fisica; infine nel 1835 emette le sue idee, ora classiche, sulla *catalisi*, che, sviluppate in questi ultimi anni da Ostwald ed altri numerosi chimici, costituiscono uno dei capitoli più belli della chimica fisica, tanto utili anche nelle applicazioni; così può dirsi dei fermenti e dello stato colloidale.

Nelle prime pagine di tutti i suoi *Jahresberichte*, dal 1822 al 1848, egli ha sempre riassunto ed anche criticato tutti i più importanti lavori di fisica riguardanti il calore, la luce, l'elettricità, ecc., ed in particolare tutte quelle ricerche che più avevano attinenza colla chimica; anche sotto questo aspetto la scienza deve non poco al Berzelius.

Egli ha sempre raccomandato questo intreccio fra la chimica e la fisica. A proposito del famoso lavoro di Regnault: *Sui calori specifici*, a cagion d'esempio, egli fece notare che aveva adoperato delle sostanze non completamente pure: «È spiacevole che l'Autore, il quale ha avuto tante cure nell'eseguire queste esperienze, avendole anche ripetute più volte con uno stesso corpo, ed avendo perduto molto tempo e danaro, abbia poi trascurato di impiegare la stessa esattezza riguardo la purezza dei corpi semplici impiegati, e non li abbia preparati egli stesso per procurarseli nello stato della più grande purezza chimica. La maggior parte di essi furono impiegati tali e quali li fornisce il commercio». E così ad una ad una enumera le impurezze contenute nei vari elementi esaminati dal Regnault.

Le belle ricerche di Hess sul *calore sviluppato nelle reazioni chimiche*, e pubblicate dal 1840 al 1846, sono da lui riassunte ed esposte con grande chiarezza.

Così può dirsi dei lavori riguardanti il *peso specifico dei gas*, la *coesione*, l'*osmosi*, ecc. Nel *Jahresbericht* del 1846 riassume il lavoro del nostro Matteucci: *Sulla conducibilità dei corpi composti fusi*, ed incomincia il riassunto con queste parole, che tornano ad onore del nostro fisico: «Matteucci ha fatto una serie di esperienze sulla conducibilità dei corpi composti fusi, ed è arrivato a dei risultati rimarchevolissimi».

I principali lavori di Riess, di Faraday, di Schönbein, di Poggendorf, di Andrews, ecc., sono sempre da lui esaminati. Tutto ciò poi che interessava i gas, come il loro peso specifico, il calorico di combustione, l'effusione e traspirazione (lavori di Graham), la condensazione, ecc., era da lui con particolare cura assai bene riassunto.

Stechiometria. - B. Richter è stato colui che ha introdotto in chimica la parola *stechiometria* (o *stechiochimica*, come si dice anche oggi), che vuol dire la misura o determinazione dei rapporti ponderali secondo i quali si combinano i corpi.

Berzelius è stato colui che ha portato il massimo contributo alla stechiometria (si veggano i capitoli IV e V).

A proposito della determinazione dei pesi atomici, il Jones, nel suo *Trattato di chimica fisica*, trad. ital. del D^f M. Giua, Milano 1913, pag. 5-8, non dà abbastanza importanza ai lavori di Berzelius. Egli scrive:

«Berzelius tentò di risolvere questa parte del problema dei pesi atomici per mezzo di certe regole dogmatiche, le quali hanno il solo merito di aver prodotto una grande quantità di lavori sperimentali, e per risultato nuovi e migliori metodi di analisi».

Intanto io osservo che l'essere stato fonte di una grande quantità di lavori sperimentali e di aver scoperto nuovi e migliori metodi di analisi non è piccolo merito, ma è merito grandissimo. Senza il grandioso lavoro di Berzelius (tenuto in alta considerazione da tutti i più grandi chimici) sui pesi atomici, o, se si vuole, sui pesi di combinazione, era impossibile il progredire della chimica.

Tanto più che si trattava di determinare il peso atomico o i pesi molecolari anche di elementi e composti non volatili. L'opera del Berzelius costituisce una vera pietra miliare. E poi che vogliono dire quelle parole: *regole dogmatiche*?

Peso specifico dei gas. - Berzelius non solo fece insieme a Dulong delle esperienze esatte che stabilirono la vera composizione dell'acqua, ma in quell'occasione determinò insieme allo stesso Dulong il peso specifico di molti gas. Riunirono i loro risultati in una Tabella che ancora trovasi in tutti i principali Trattati di fisica. È la prima Tabella esatta del peso specifico di molti gas⁽³⁵²⁾.

Se dovessi fare un raffronto di Berzelius con un fisico del suo tempo, io sceglierei Faraday, il quale nei primi anni della sua carriera si occupò con ottimo frutto di chimica. L'uno era più fisico che non chimico e l'altro più chimico che fisico, ma tutti e due hanno lasciato profonde impronte nelle due scienze.

In origine i suoi *Jahresbericht* avevano il titolo più generico: *Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften*. In seguito poi furono separati in *Jahresb. f. Chem.* e in *Jahresb. f. Phys.* Potrebbe quindi dirsi giustamente che egli fondò anche i *Jahresb. f. Physik*. Ed invero la prima pubblicazione periodica di questo genere fu iniziata da Berzelius già nel 1805 coi suoi *Abhandlingar i Physik, Kemi och Mineralogi*.

Catalisi. - Questo capitolo importante di chimica fisica fu creato, può dirsi, da Berzelius e fatto rivivere magistralmente da Ostwald e suoi allievi in questi ultimi decenni.

Gottlieb Sigismund C. Kirchhof del Mecklemburg, direttore della farmacia imperiale di Pietroburgo, scoprì nel 1811 il fatto fondamentale che l'amido per ebollizione con acido solforico diluito si trasforma in destrina e zucchero d'uva senza che l'acido si combini o subisca trasformazione. Questa grande scoperta, che costituisce il primo caso ben accertato e studiato di una reazione catalitica e che ebbe in seguito tanta importanza anche per l'industria chimica, fu pubblicata nel *Giornale tecnologico della R. Accademia di Pietroburgo*, 1812, vol. IV. In seguito si scoprirono dei fatti analoghi dal Döbereiner sulla spugna di platino, dal Thenard collo studio dell'acqua ossigenata che si decompone in acqua e ossigeno in presenza di tanti corpi, ecc., e il Berzelius dopo alcuni anni creò il nome di *catalisi*, e ne fece notare tutta l'importanza.

Nel 1835-36, per spiegare le reazioni chimiche che avvengono in presenza di certi corpi senza che questi si combinino colla sostanza sulla quale agiscono (come, ad esempio, per spiegare l'azione degli acidi sulla saccarificazione dell'amido, l'azione della fibrina o del biossido di manganese sull'acqua ossigenata, l'azione del platino sull'alcol, ecc.), il Berzelius ammise l'esistenza di una forza speciale che denominò *forza catalitica* o *catalisi*⁽³⁵³⁾. Egli espone le sue idee in proposito nel *Jahresbericht* presentato il 31 marzo 1835, pag. 237-245 (1836, ed. ted., e *Rapport Annuel*, ed. franc., 1836-37, t. XV, pag. 103-108) in un breve capitolo intitolato: *Einige Ideen über eine bei der Bildung organischer Verbindungen in der lebenden Natur wirksame, aber bisher nicht bemerkte Kraft*. Lo stesso lavoro, ma più riassuntivo, fu inserito da Berzelius negli *A. Ch.* (2), 1836, t. LXI, pag. 147⁽³⁵⁴⁾.

Ed ora qui riproduco questa breve Memoria del Berzelius, classica, sulla catalisi, quale appunto fu tradotta, sino dal 1901, dalla compianta mia figlia MARIA. il testo del *Jahresbericht* è un poco più completo che non quello dell'edizione francese:

Alcune osservazioni su una forza, sconosciuta finora, e sull'azione che essa esercita

⁽³⁵²⁾ *Nouvelles déterminations des proportions de l'eau et de la densité de quelques fluides élastiques*, par Berzelius et Dulong. in *A. Ch.* [2], 1820, t. XV, pag. 395; *Ann. Phil. Thomson*, 1821, t. II, pag. 48; *Phil. Mag.*, 1821, t. LVIII, pag. 203; *Schw.*, 1820, t. XIX, pag. 83.

⁽³⁵³⁾ Catalisi viene da καταλύω, distruggo; da κατά, particella intensiva, e λύω, io sciolgo, struggo.

⁽³⁵⁴⁾ «Questo lavoro, scrive Ostwald, fornì a Berzelius l'occasione di dare una volta di più nella sua Rivista annuale uno dei suoi brillanti concetti d'insieme che conducono ad un punto di vista generale dei fatti isolati, e danno a dei nuovi concetti il diritto di cittadinanza nella scienza».

nella formazione delle combinazioni chimiche della natura vivente.

Quando si formano nella natura inorganica nuovi composti, come risultato di una reazione fra diversi corpi, ciò avviene in conseguenza di una mutua tendenza di questi corpi a soddisfare, in modo più completo, la loro affinità. Da un lato si combinano le sostanze la cui affinità è più potente, dall'altro, quelle che, essendo state espulse, hanno più deboli affinità. Prima dell'anno 1800 nessuno dubitava che esistesse un'altra causa determinante di questi fenomeni oltre il grado di affinità, il calore e in qualche caso la luce; si scoprì allora l'influenza dell'elettricità e ben presto si confuse la reazione elettrica colla reazione chimica dei corpi, non considerando l'affinità se non come la manifestazione di un forte contrasto elettrico esaltato dalla luce e dal calore. Questo sistema non presentava ancora nessun altro modo di spiegare l'origine di un nuovo composto se non supponendo che, pel ravvicinamento dei corpi messi in presenza, i loro rapporti elettrici giungessero a neutralizzarsi in modo più completo.

Partendo da queste idee, dedotte dagli effetti che avvengono nella natura inorganica e studiando le reazioni chimiche presentate dai corpi organizzati, abbiamo riconosciuto che, negli organi di questi ultimi, le sostanze più diverse venivano elaborate, mentre la materia bruta da cui esse provenivano non consisteva generalmente che in un unico liquido, circolante più o meno rapidamente nei vasi.

I vasi del corpo animale, ad esempio, pompano il sangue alla loro origine, senza interruzione e nondimeno secernono alle loro estremità il latte, la bile, l'urina, ecc. ecc., senza ammettere nessun altro liquido capace di operare, per doppia affinità, una decomposizione qualsiasi. Evidentemente, avveniva qui un fatto, di cui lo studio della natura organica non poteva ancora dar spiegazione.

A quest'epoca Kirchoff riconobbe che l'amido, sciolto in un acido diluito, si trasformava, ad una data temperatura, prima in gomma, poi in zucchero d'uva. Si cercò, conforme ai principii ammessi riguardo agli effetti di questo genere, che cosa l'acido avesse tolto all'amido per ridurlo in zucchero; ma nessun gas si era sviluppato, l'acido riappariva, per mezzo degli alcali, nella sua quantità primitiva, non si era combinato e il liquido non conteneva che zucchero, in quantità piuttosto superiore all'amido impiegato. La causa di questa trasformazione era altrettanto problematica quanto quella delle secrezioni nel corpo organizzato.

Thenard scoperse allora il perossido d'idrogeno, liquido i cui elementi sono assai debolmente combinati. Gli acidi non vi producono nessun cambiamento, gli alcali, invece, vi fanno nascere una tendenza alla decomposizione, una specie di fermentazione che torna a produrre acqua, in seguito a sviluppo d'ossigeno. Ma ciò che maggiormente interessa si è che lo stesso effetto si ottiene per l'azione di diversi corpi solidi, insolubili nell'acqua, tanto organici quanto inorganici, come il perossido di manganese, l'argento, il platino, la fibrina proveniente dal sangue. Il corpo che determina la decomposizione non viene alterato, non agisce come elemento di un nuovo composto, ma in virtù di una forza particolare inerente alla sua massa e che, quantunque sconosciuta nella sua essenza, ci è dimostrata per i suoi effetti.

Poco prima della scoperta di Thenard, H. Davy aveva osservato un altro fenomeno, di cui non si riconobbe subito l'analogia col precedente. Egli trovò che il platino, scaldato ad un certo grado e messo in contatto con una miscela di vapor d'alcol o di etere e aria atmosferica, possedeva la facoltà di determinare e di mantenere la combinazione di questi corpi, mentre l'oro e l'argento non avevano questa proprietà. Poco dopo, Ed. Davy scoprì una preparazione di platino, di grandissima divisione meccanica, che, a temperatura ordinaria e umettata di alcol, aveva la facoltà di diventare incandescente per la combustione dell'alcol, trasformando, nello stesso tempo, quest'ultimo, per ossidazione, in acido acetico.

Seguì allora la scoperta di Döbereiner, la più importante di tutte. Egli dimostrò la proprietà che ha la spugna di platino, d'infiammare spontaneamente una corrente di idrogeno proiettata nell'aria; fenomeno, che le ricerche di Thenard e Dulong estesero a parecchi altri corpi, sia semplici, sia composti, con questa restrizione però che, mentre il platino, l'iridio e qualche altro metallo

simile, agiscono a temperature inferiori a zero, altri corpi, come l'oro e più ancora l'argento, esigono temperature molto superiori, e il vetro stesso esige una temperatura di più che 300°.

Così, questa proprietà, considerata dapprima come un modo di agire eccezionale, apparve una proprietà generale, ma diversamente graduata, di tutti i corpi, e di cui fu possibile trar partito nell'applicazione. Noi sapevamo, ad esempio, che nell'atto della fermentazione, nella conversione dello zucchero in alcol e acido carbonico, la parte che prende la sostanza insolubile chiamata fermento e che si può sostituire, sebbene con minor successo, con fibrina animale, albumina, materie caseose, ecc., non poteva venir spiegata con una reazione chimica fra le affinità dello zucchero e del fermento, e che nessun altro effetto nella natura inorganica le assomigliava tanto quanto l'azione del platino, dell'argento o della fibrina, per decomporre il perossido d'idrogeno in ossigeno e acqua. Era quindi naturale supporre qui un modo di agire analogo. La trasformazione dell'amido in zucchero, per mezzo dell'acido solforico, non era ancora stata coordinata ai fatti precedenti; tuttavia la scoperta della diastasi (annunziata nel *Jahresb.* del 1833), sostanza che agisce sull'amido in modo analogo ma con maggiore energia, portò l'attenzione su questa analogia, che fu definitivamente provata dalle ricerche ingegnose di Mitscherlich sulla formazione dell'etere. Fra le numerose teorie della formazione dell'etere, ve ne è una, com'è noto, che fa dipendere la facoltà dell'acido solforico di trasformare l'alcol in etere dal suo potere assorbente per l'acqua, ammettendo che l'alcol, composto di un atomo di eterene (C⁴H⁸) e di due atomi di acqua, sia ridotto in etere cedendo la metà della sua acqua all'acido.

Questa teoria, semplice quanto ingegnosa, concordava perfettamente colle conoscenze nostre sulla reazione fra le affinità dei corpi: tuttavia essa non giungeva a spiegare perchè altri corpi non acidi, ugualmente avidi di acqua, non potessero ugualmente servire; perchè la soda, la potassa, il cloruro di calcio, la calce anidra, ecc., non producessero etere, so la trasformazione non dipendeva che da affinità per l'acqua. Le ricerche di Mitscherlich provarono che l'acido solforico, convenientemente diluito e preso ad una temperatura tale che il raffreddamento prodotto dall'aggiunta d'alcol compensasse il riscaldamento che avviene nella miscela, decomponeva l'alcol in etere ed acqua, i quali, poichè la temperatura superava il punto di ebollizione dell'acqua, si separavano per la distillazione della massa e presentavano, dopo una condensazione completa, una miscela di peso uguale a quello dell'alcol impiegato. Il modo di operare in questa esperienza, come pure il fatto della distillazione dell'acqua unitamente all'etere, erano, veramente, noti prima di Mitscherlich, ma è suo il merito di averne preveduto le conseguenze. Intatti, egli dimostrò che, a questa temperatura, l'acido solforico doveva agire sull'alcol, in virtù della stessa forza che determina l'azione degli alcali sull'acqua ossigenata, e poichè l'acqua, separandosi intieramente dalla miscela, non obbedisce ad un'affinità per l'acido, ne conchiude: che l'azione dell'acido solforico e della diastasi sull'amido, da cui risultava lo zucchero, doveva essere della stessa natura.

È dunque provato che molte sostanze, semplici o composte, solide o sciolte, possiedono la proprietà di esercitare su corpi composti un'influenza essenzialmente distinta dall'affinità chimica, influenza che consiste nel produrre uno spostamento e un adattamento diverso dei loro elementi, senza parteciparvi direttamente o necessariamente, ad eccezione di alcuni casi speciali. Certo, una forza tale capace di operare reazioni chimiche nella natura inorganica, come nei corpi organizzati, per quanto troppo poco nota ancora per poter essere ben spiegata, deve avere in natura una parte assai più importante di quanto si sia supposto fin qui. Definendola come una forza nuova, io non intendo negare che esista una certa relazione fra essa e i rapporti elettrochimici della materia; sono, invece, dispostissimo a riconoscervi una manifestazione affatto particolare di questi stessi rapporti. Tuttavia, finchè non avremo penetrato la natura reale di questa forza, sarà più semplice, per le nostre future ricerche, considerarla come indipendente e darle, per facilità di comprensione, un nome particolare. Io la chiamerò quindi, seguendo una etimologia ben nota in chimica, la *forza catalitica* dei corpi, e *catalisi* la decomposizione che essa determina, nello stesso modo che si è chiamata analisi la separazione degli elementi di un corpo per mezzo delle affinità chimiche ordinarie. Questa forza pare consistere in una facoltà dei corpi di svegliare colla loro semplice presenza, senza parteciparvi chimicamente, certe attività che, a tale temperatura, resterebbero inattive, in modo da deter-

minare, in conseguenza di una nuova disposizione degli elementi del composto, un nuovo stato di perfetta neutralizzazione elettrochimica.

Siccome questa forza agisce, in generale, in modo analogo al calore, è permesso di chiedersi se, essendo diversamente graduata, ora per un impiego diverso di uno stesso corpo catalizzante, ora per l'introduzione di diversi corpi catalizzanti, in uno stesso liquido, essa darebbe luogo, come si osserva nell'azione del calore e di temperature diverse, a prodotti catalitici diversi; e se, d'altro lato, il potere catalitico d'un corpo possa esercitarsi su un maggior numero di composti, oppure, come paiono indicare le nostre esperienze, su alcuni corpi soltanto e non su certi altri. Ma, nello stato attuale delle nostre cognizioni, è impossibile decidere tali questioni, come pure molte altre sullo stesso soggetto; la loro soluzione dipende dal risultato delle ricerche future.

Basta per ora aver dimostrato, con un numero sufficiente d'esempi, l'esistenza di questa forza che, definita come si è visto, getta una nuova luce sulle reazioni chimiche nei corpi organizzati. Non citeremo che un esempio: attorno ai germogli della patata (*Jahresb.*, 1835, pag. 283) si trova accumulata della diastasi che invece manca nel tubercolo e nel germe sviluppato; riconosciamo in questo punto un centro di forza catalitica in cui l'amido insolubile del tubercolo è trasformato in gomma e zucchero e questa parte della patata diverrà l'organo secretore per le sostanze solubili che devono formare i succhi del germe nascente. È poco probabile che l'azione suddetta sia, nella vita vegetale, unica nel suo genere; è possibile invece supporre che nei vegetali, come nel corpo animale, abbiano luogo mille effetti catalitici fra i tessuti e i liquidi, da cui nasce il gran numero di diversi composti chimici, la cui produzione a spese di una stessa materia greggia, che noi chiamiamo sangue o succo vegetale, non potrebbe essere spiegata con nessuna altra causa conosciuta.

Mitscherlich, verso il 1835, studiava la formazione dell'etere e si avvide che con poco acido solforico si poteva eterificare molto alcol. Egli ci diede cioè il metodo detto poi di eterificazione continua. Ed il Berzelius, nel render conto di questo lavoro di Mitscherlich, che fu quello determinante a creare il nome di forza catalitica, scrisse quanto segue⁽³⁵⁵⁾:

«Mitscherlich ha mostrato che la forza catalitica dell'acido solforico è aumentata per la sua concentrazione e l'innalzamento della temperatura; così impiegando nella preparazione del gas etilene (oleofacente) 1 p. di alcol anidro e 4 p. di acido solforico, l'alcol è decomposto in parte in gas etilene e acqua, in parte in olio di vino e acqua, e infine in parte in etere e acqua. Se si raccoglie il gas etilene in un recipiente raffreddato, vi si condensa continuamente dell'olio di vino e dell'acqua, il che prova che questo effetto catalitico non è dovuto ad una affinità dell'acido solforico per l'acqua. Ma nel mentre che una parte dell'acido solforico esercita queste azioni, se ne decompone una parte, si sviluppa del gas solforoso e si separa del carbone. Qui sarebbe il caso di dire che si forma dell'acqua per ossidazione dell'idrogeno a spese dell'ossigeno dell'acido. Ma se questa reazione fosse la sola, l'acido solforico dovrebbe trattenere l'acqua, e la reazione cesserebbe, come pure lo sviluppo del gas solforoso e la separazione del carbone.

«Mitscherlich confronta quest'azione dell'acido solforico con quella del platino e del manganese sul perossido d'idrogeno, con quella del fermento sullo zucchero e infine colla trasformazione dell'acido in zucchero per mezzo dell'acido solforico. Per distinguerla dalle azioni chimiche ordinarie, egli la denomina: *decomposizione e combinazione per contatto*. Benchè da un lato questa denominazione sia convenientissima, essa però contiene del vago, perchè tutte le combinazioni e separazioni, effettuate dall'affinità elettiva tra i corpi, esigono egualmente che questi corpi si trovino in contatto gli uni cogli altri».

Berzelius, nello stesso *Rapp. Ann.*, pag. 197 e 198, tiene in poca considerazione un lavoro analogo di Liebig sull'eterificazione.

Il Berzelius si compiacceva molto dei lavori che confermavano le sue idee sulla catalisi. Nel *Rapp. Ann.*, 1844, pag. 16, scriveva:

⁽³⁵⁵⁾ *Rapp. Ann.*, 1836. pag. 197.

«Le opinioni sulla forza catalitica sono sempre assai disparate. Mentre alcuni chimici si sforzano di dedurre da certi fatti chimici delle prove contro la sua esistenza⁽³⁵⁶⁾, altri si applicano al contrario a stabilire delle nuove prove degli effetti di questa forza. Tra questi ultimi sono Reiset e Millon⁽³⁵⁷⁾, che si sono occupati di molti fenomeni chimici dovuti a questa forza. Essi hanno fatto un confronto fra la spugna di platino, la pomice e la polvere di carbone. Si sa che l'ossido di manganese e l'ossido di rame sviluppano dell'ossigeno dal cromato potassico a una temperatura alla quale il sale solo non subisce decomposizione, e che l'acido silicico non esercita la minima influenza. Le loro esperienze provano che la spugna di platino e la pomice decompongono il sale tanto facilmente quanto l'ossido manganeseo».

E così prosegue, citando altre numerose esperienze di Reiset e Millon.

Nel suo *Trattato di Chimica*, ultima edizione, del 1845, discorre in varî punti della catalisi; usa le parole *catalizzazione*, *catalizzare*, ecc., precisamente come oggi. Ricordando il lavoro di Mitscherlich sull'eterificazione⁽³⁵⁸⁾, nel quale ammette l'azione catalizzatrice dell'acido solforico, il Berzelius fa notare l'analogia che vi è col modo di agire dei fermenti. Anche nella trasformazione dell'alcol amilico in amilene per l'azione dell'acido solforico egli vi scorge un'azione catalitica⁽³⁵⁹⁾.

Ecco quanto egli scriveva dieci anni dopo la sua prima Memoria, nel suo *Traité de Chimie*, 1845, t. I, pag. 110:

«*De la force catalytique.* - Certains corps exercent, par le simple contact, une telle influence sur d'autres corps, qu'il en résulte une action chimique: des combinaisons sont détruites ou de nouvelles combinaisons prennent naissance, et tout cela s'effectue sans que le corps qui produit ces changements soit altéré.

«Le premier exemple connu, et en général le plus frappant d'un pareil corps, nous est offert dans le platine, soit à l'état d'éponge, soit sous la forme que le platine prend lorsqu'il a été précipité de ses solutions par le zinc. Cependant, cette propriété catalytique du platine est partagée par plusieurs autres corps, peut-être par tous les corps, quoique souvent à un degré peu sensible, ou de manière que leur influence ne s'exerce que dans quelques cas déterminés. Le dégagement plus rapide de gaz du milieu des liquides, dont il a été question plus haut, appartient à cette classe de phénomènes. Comme preuve de l'action qu'exerce le platine, je rappellerai ici que, sous son influence, un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxygène se transforme en eau avec dégagement de lumière et de chaleur; qu'il opère, dans d'autres mélanges gazeux, de combinaisons qui n'auraient pas sans lui; qu'humecté avec de l'alcool, il porte celui-ci à se transformer rapidement, par voie d'oxydation, en acide acétique, ou même à entrer en combustion avec dégagement de lumière; qu'il décompose instantanément le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène, etc., sans entrer lui-même dans une combinaison quelconque.

«Par la suite, je traiterai de plusieurs cas remarquables où cette force occulte est exercée non seulement par des corps qui restent sans éprouver de changement, mais aussi par d'autres qui sont eux-mêmes altérés ou détruits, quoique, dans ce dernier cas, il soit difficile de distinguer l'action de cette force occulte du résultat d'échanges ordinaires qui s'établissent entre les parties constituantes par la simple tendance de combinaison. De ce nombre sont les changements qu'éprouve le sucre, quand il se transforme, sans l'influence du ferment, en acide carbonique et en alcool; la conversion de l'alcool en éther et en eau par l'acide sulfurique, etc.

«L'action de cette force est plus générale, et en même temps plus mystérieuse, dans les opérations de la chimie organique, surtout dans les corps vivants. La plupart du temps nous ne pouvons nous expliquer d'une manière plausible la multiplicité des produits qui se forment, à l'aide d'un même suc, au sein d'une plante vivante ou d'un animal, à moins d'admettre que les parties

⁽³⁵⁶⁾ *Ricerche intorno alle molecole dei corpi ed alle loro affinità dipendenti dalla forza repulsiva insita alle medesime*, del dott. Bart. Bizio, Venezia 1843.

⁽³⁵⁷⁾ *J. pr.*, t. XXIX, pag. 365.

⁽³⁵⁸⁾ *Traité de Chimie*, t. VI, pag. 559.

⁽³⁵⁹⁾ *Ivi*, pag. 881.

solides déterminent, dans différents points, des transformations différentes entre les parties constituantes du liquide conduit dans les différentes parties de l'être vivant.

«Nous avons donné à la cause de ces phénomènes le nom de *force calalytique*, tiré de *καταλύω*, je détruis».

Berzelius era d'avviso che la forza cosiddetta catalitica fosse dipendente da una influenza elettrica. Dei corpi elettropositivi, mescolati alla soluzione di perossido d'idrogeno, lo decompongono, mentre che dei corpi elettronegativi tendono a conservarlo inalterato, e tutto il contrario ha luogo quando questi corpi sono messi in forma solida in contatto col perossido di idrogeno⁽³⁶⁰⁾.

Tutte queste considerazioni e questi raffronti di Berzelius hanno l'impronta della genialità. E che il concetto generale di Berzelius di una forza catalitica fosse l'espressione di un qualche cosa che collegasse numerosi fatti apparentemente disparati, e potesse avere una grande influenza nell'avvenire, lo dimostra anche il fatto che subito dopo una Società scientifica di valore, quale la *Società olandese delle scienze di Harlem*, mise nel suo programma di concorso a premio per il 1839, la questione seguente⁽³⁶¹⁾: «Tra le scoperte le più ricche in conseguenze, e che sembrano soprattutto gettare nuova luce sui fenomeni dei corpi viventi, si deve porre quella d'una nuova azione chimica che Berzelius denomina *catalisi*. La Società richiede che questa azione sia studiata sotto tutti questi rapporti; che si facciano agire le une sulle altre, in circostanze svariatissime, le sostanze che hanno dimostrato questa azione; che si tenti di scoprire la catalisi in quei corpi ove essa non sia stata ancora scoperta od osservata, e che si cerchi se essa si fa notare nei tessuti organici delle piante e degli animali; infine che, nel caso affermativo, si esamini quali possano essere le conseguenze nella spiegazione dei corpi viventi». Il tutto è assai bene formulato e Berzelius deve avere provato grande compiacenza.

Egli aveva intuito la grande importanza che avrebbero i fenomeni catalitici negli organismi vegetale ed animale. Schönbein, in molti dei suoi lavori, fra i quali voglio ricordare una lezione all'Università di Basilea, dal titolo: *Delle azioni catalitiche prodotte dalle materie organiche, e della loro distribuzione nel regno vegetale e nel regno animale*⁽³⁶²⁾, dimostrò vera l'affermazione del Berzelius; e poco prima aveva applicato lo studio dei fenomeni catalitici al sangue.

Questa idea di Berzelius di sostanze che agiscono di presenza accelerando le reazioni, fu poi ammessa da molti chimici, ma da altri, quale il Liebig, aspramente combattuta. Oggi, dopo l'iniziativa presa da Ostwald, lo studio della catalisi è diventato uno dei più importanti, sia dal lato teorico che pratico. Importanza enorme ha pure per le fermentazioni. Ed il Wöhler presagiva che così doveva essere quando raccomandava a Liebig di non esagerare contro Berzelius.

La critica, motto vivace, ingiusta, che Liebig già nel 1838 fece della catalisi di Berzelius, era foriera di quella rottura delle relazioni amichevoli fra i due grandi chimici, che doveva effettuarsi completa nel 1844.

Quando Berzelius pubblicò nei suoi *Jaresberichte* del 1836-1837 la celebre Nota sulla forza catalitica, Liebig espresse subito in modo poco moderato ed anzi in termini molto vivaci il suo avviso contrariamente a Berzelius. Wöhler, temendo che il suo amico volesse introdurre questi apprezzamenti poco benevoli per Berzelius nella Memoria sulla amigdalina che i due amici dovevano pubblicare insieme, scrisse al Liebig la seguente lettera che dimostra una grande delicatezza ed equanimità:

⁽³⁶⁰⁾ *Traité de Chimie*, 5^a ed., t. I, pag. 431. Che le reazioni catalitiche fossero in relazione con uno stato elettrico dei corpi, secondo le idee di Berzelius, fu poi approfondito dal Brodie colle sue ricerche: *Sur l'état de certains éléments au moment des réactions chimiques* (A. Ch. [3], 1860, t. LX, pag. 227, dal *Phil. Trans.*, 1850, parte II, pag. 759). Ed il Brodie ricorda giustamente un brano del *Traité* di Berzelius, t. I, pag. 25. Questa vecchia Memoria di Brodie, del 1850, fu riassunta nel 1860 dal Wurtz stesso. Berzelius ammise che l'ossigeno messo in libertà provenisse dalla riunione di atomi positivi con atomi elettronegativi. Ossia:



⁽³⁶¹⁾ A., 1839, t. XXXI, pag. 108, e art. **Catalisi**, in *Suppl. Ann.*, 1901, pag. 347.

⁽³⁶²⁾ *Rev. des Cours scient.*, 1865-1866, pag. 62.

LETTERA DI F. WÖHLER A J. LIEBIG.

Göttingen, 30 maggio 1837.

«Ho inutilmente atteso finora la fine della nostra Memoria; volevo vedere ciò che tu vi dicevi della catalisi e prevenire ad ogni costo considerazioni come quelle che hai stampato nel tuo *Geiger* (pag. 84)⁽³⁶³⁾, caso mai tu avessi creduto bene di ripeterle. Io trovo poco amabile la maniera con cui esprimi il tuo disaccordo dalle idee di Berzelius che è amico tuo personale: non volermene male se ti dirò schiettamente la mia opinione e se cadrò così nell'errore che ti rimprovero. Nessuno può pretendere che noi dividiamo interamente il modo di vedere di un altro, fosse pure la più grande autorità: questo è evidente. Ma mi pare che non si dovrebbe esprimere il proprio risentimento in un modo tanto vivace, soprattutto ad un uomo che tanto ha fatto per lo sviluppo della scienza e i cui lavori sono le vere fondamenta su cui la giovane generazione edifica oggi. Dire crudamente ad un uomo tale, ch'egli esercita una nefasta influenza sul progresso scientifico, non può certo essere ascritto come una gentilezza di chi lo dice e tanto meno come un tentativo di fare avanzare la scienza. E con ciò sono persuaso che se tu leggessi una volta ancora attentamente l'articolo *Catalisi* dei *Jahresberichte* di Berzelius, riconosceresti che la sua opinione a quel proposito non differisce dalla nostra e che egli cercò semplicemente di indicare una relazione fra diversi ordini di fenomeni che noi oggi non ci spieghiamo e che neppure egli, come noi, non crede ad una nuova forza particolare. È stata un'idea felice quella di considerare tutti quei fatti sotto un punto di vista comune e io penso che egli rende un servizio risvegliando l'attenzione ed eccitando il desiderio di penetrare il segreto di quei fenomeni. Secondo me, egli non ha affatto «posto una barriera a ulteriori ricerche» come tu gli rimproveri.

«Sarebbe altrettanto prematuro, a mio avviso, spiegare la catalisi riconducendola ad un semplice fenomeno di doppia decomposizione, come si vuol fare oggi, quanto ammettere una forza nuova. Voglio dire con ciò che, personalmente, io non credo a nessuna di queste due ipotesi, ma che occorre anzitutto radunare dei fatti e dei risultati di osservazioni positive, prima di pronunciarsi. In tutti i casi, ciò può farsi senza guerra e in quel modo che conviene a due buoni amici che, discorrono insieme e cercano di convincersi reciprocamente».

Ed il Wöhler aveva pienamente ragione.

È proprio il caso di dire che Liebig qui non ha avuto buon naso; mentre Berzelius, Wöhler, Mitscherlich, e poco dopo Fr. Selmi, ed altri, hanno intravveduto tutta l'importanza che avrebbe avuto la *calatisi*.

Sulla passività del ferro. - Il curioso fenomeno della passività del ferro per l'azione dell'acido nitrico-nitroso fu osservato la prima volta da James Kair (1790), poi dal Wetzlar⁽³⁶⁴⁾ (1829) e da John Herschel, e più tardi riosservato dallo Schönbein⁽³⁶⁵⁾. Questi fece in proposito numerose esperienze, che sono riassunte bene dal Berzelius nel suo *Traité*. Il Berzelius si interessava molto a questo fenomeno, perché vi scorgeva qualche cosa in relazione colla catalisi. Il Berzelius attribuiva il fenomeno al diverso stato elettrico che assumeva il ferro: egli discorre a lungo e molto bene della passività del ferro nel *Traité de Chimie*, t. I, p. 110, e t. II, p. 661-666. Quest'opinione credo fosse condivisa dal Poggenдорf, secondo il quale il ferro passivo è elettronegativo rispetto al ferro comune, e riuscì a comporre una pila con piastra dell'uno e dell'altro.

⁽³⁶³⁾ *Handb. d. Pharm.*, di Ph. L. Geiger.

⁽³⁶⁴⁾ Wetzlar rendeva passivo il ferro mediante il nitrato d'argento.

⁽³⁶⁵⁾ La corrispondenza fra Berzelius e Schönbein fu pubblicata da Kahlbaum col titolo: *Briefwechsel Berzelius-Schönbein*. Molte notizie sui rapporti fra Berzelius e Schönbein, specialmente a proposito della passività del ferro, dell'ozono, della catalisi, ecc., trovansi in *Ch. Fr. Schönbein* (1799-1868) di Kahlbaum e Schaer, in *Monographien*, 1900, fase. IV.

SCHÖNBEIN, professore di chimica a Basilea, nacque nel 1799 e morì nel 1868. Scopri il *cotone fulminante* nel 1846. Fra i libri che Schönbein raccomandava, «per lo studio della chimica è affatto buono il Berzelius». Lo Schönbein era molto prolisso nei suoi scritti e glielo disse in una bella lettera il De la Rive nel 1839.

Beetz, Ohm e Loykauf ammisero che nella passività del ferro si formasse un sottile strato di un composto che coprirebbe il ferro. Ma Berzelius affermò subito che questa conclusione era poco probabile⁽³⁶⁶⁾.

Anche Faraday ammise che si formasse un ossido di ferro che preservasse dall'azione dell'acido il metallo sottostante.

Ma il Berzelius è sempre stato contrario a queste ipotesi. E fu sempre d'avviso che fosse un fenomeno essenzialmente elettrico.

Recentemente Varenne⁽³⁶⁷⁾ l'attribuisce alla formazione di un velo di biossido d'azoto sul metallo. Altri, come Moissan e Ramann, alla formazione di ossido ferroso-ferrico.

Ad ogni modo, per quanto il problema non sia ancora risolto, le pagine del Berzelius meritano di essere lette da chi vorrà studiare questa questione, la quale, insieme a quella del *chromo passivo*, non è ancora definitivamente risolta.

Teoria delle fermentazioni. - Appena espresso il concetto della catalisi nel 1835-36, il Berzelius nelle sue opere cercò di far notare tutti i casi nei quali certe reazioni chimiche, inesplicabili altrimenti, si possono raggruppare attorno alla forza catalitica. Già nella 4^a ediz. tedesca (1838) del suo *Lehrbuch*, e trad. franc. di Valerius, 1841 (t. III), in vari punti discorre della catalisi: nell'azione degli acidi specialmente su molte materie organiche, nella fermentazione vinosa, nella formazione dell'etere, sull'influenza catalitica degli acidi, sullo spirito di legno e prodotti che ne risultano, ecc. ecc.

A proposito della fermentazione vinosa scriveva (loc. cit., pag. 221): «Le reazioni che accompagnano la fermentazione vinosa sono ancora poco conosciute. Nelle edizioni precedenti di quest'opera io ho ammesso la congettura che l'azione del lievito nella trasformazione dello zucchero in alcol sia forse della stessa natura di quella del platino sul perossido di idrogeno, e che a questa causa bisogna attribuire la non riuscita di tutte le ricerche tentate per determinare l'andamento della sua azione sullo zucchero.

«Delle esperienze più recenti ci hanno famigliarizzati con questa forza, che io chiamo *forza catalitica*, ed hanno dimostrato che la sua azione è molto più grande di quanto poteva prevedersi alcuni anni fa. Noi possiamo dunque ammettere, con molta probabilità di non errare, che la fermentazione risulta dall'azione della forza catalitica del fermento sullo zucchero».

Ed invero, anche nella edizione italiana del suo *Trattato di Chimica*, Venezia 1833, t. VI, pag. 374, scriveva: «Le reazioni che accompagnano la fermentazione vinosa sono ancora poco note. Sarebbe possibile che essa dipendesse dallo sviluppo di forze d'una natura poco comune, analoghe all'effetto che esercita il platino spugnoso sopra il gas idrogeno, od all'azione decomponente che esercitano i metalli nobili ed i loro ossidi sopra il surrossido idrico. Infatti, le numerose esperienze sulla fermentazione non diedero mai risultamenti positivi».

In questo bellissimo capitolo sulla fermentazione vinosa, il Berzelius torna più avanti sulle cause e vi insiste. «La più essenziale questione parmi consistere nel sapere, se si stabilisca fra il fermento e lo zucchero un'azione chimica, per effetto di cui gli elementi di queste due sostanze contribuiscano alla formazione di nuovi prodotti, ovvero se l'azione che esercita il fermento sulla dissoluzione dello zucchero abbia analogia con quella che esercita, per esempio, l'ossido aurico sul perossido idrico, talchè lo zucchero rimanga decomposto in acido carbonico ed in alcol nei suoi punti di contatto col fermento...».

Il Berzelius tornò sul suo concetto della catalisi a proposito della Memoria di Liebig: *Sulla fermentazione e suoi prodotti; opinioni sulla fermentazione e sulla causa che la genera*⁽³⁶⁸⁾. Tra le cause che la generano il Liebig discute anche quella: *per il contatto di un corpo straniero che non si combina coi prodotti della fermentazione*, cioè la catalisi di Berzelius. Egli rigetta il concetto di catalisi e non nomina nemmeno Berzelius. Di qui cominciò o si acuì il malumore fra i due chimici. Il

⁽³⁶⁶⁾ *Jahres.*, 1845, pag. 93.

⁽³⁶⁷⁾ *C. R.*, 1879, t. LXXXIX, pag. 783.

⁽³⁶⁸⁾ *A.*, t. XXX, pag. 250 e 363; *P. A.*, t. XLVIII, p. 206; e in estratto: *A. Ch.* [2], 1839, t. LXXI, p. 159.

Berzelius, nel render conto della Memoria di Liebig nel suo *Rapp. Ann.*, 1840, ne fa una viva critica, ma in fondo moderata e nel tempo stesso loda il lavoro di Liebig.

Il Berzelius torna sulla catalisi anche a proposito del lavoro di H. Rose *sull'etere e la teoria della eterificazione*⁽³⁶⁹⁾.

«Liebig (scrive Ostwald) ebbe la mano infelice in una questione importante, la *teoria dei fermenti*. Berzelius aveva introdotto la nozione di forza catalitica e l'aveva espressamente definita come una pura etichetta d'insieme, senza pretendere di darla come una spiegazione determinata: Liebig attaccò questo punto di vista nel modo il più violento. Berzelius aveva basato le sue considerazioni sui lavori di Mitscherlich, facendo della decomposizione continua dell'alcol coll'acido solforico a 140° un'azione di contatto, nella quale un corpo agisce per la sua presenza, senza entrare in reazione. Liebig oppose a questo concetto sistematico una spiegazione materiale: ammise che i fermenti siano dei corpi in via di decomposizione che comunicano il loro movimento chimico ad altri corpi presenti. Già Wöhler per lettera aveva fatto delle obiezioni a Liebig. Questo punto di vista non poteva sostenersi dopo le ricerche di Pasteur fatte molto dopo. Oggi noi sappiamo che nell'azione dei fermenti e dei catalizzatori si tratta in generale di un problema di dinamica chimica, dell'accelerazione di una reazione già possibile per sé; e ciò concorda ben meglio colla nozione proposta da Berzelius che non colla *teoria degli urti* di Liebig, che sino a questi ultimi tempi fu riguardata come esatta, senza che essa facesse minimamente avanzare il problema»⁽³⁷⁰⁾.

Oggi non vi è nessun Trattato sui fermenti che non ricordi il classico lavoro di Berzelius del 1835-36, appunto perchè egli fu il primo ad attrarre l'attenzione sui fenomeni di presenza e raggruppare sotto un punto di vista generale molti curiosi fenomeni già osservati da altri (Döbereiner, Davy, Mitscherlich, ecc.).

Di tutte le teorie delle fermentazioni, quella che veramente è, nella sua essenza, rimasta, è quella di Berzelius.

Qui voglio ricordare che Francesco Selmi è stato uno dei primi, ed in Italia anzi il primo, a dare grande valore alla *catalisi* di Berzelius; egli ne vide e previde la immensa importanza in un grande ordine di fenomeni. Nel 1846 il Selmi scrisse una lunga ed assai importante dissertazione, esposta in forma di lezioni nella Scuola chimica del Liceo di Reggio Emilia e che col titolo: *Intorno all'azione di contatto* fu pubblicata nel *Giornale delle scienze mediche della R. Accademia Medico-Chirurgica di Torino*⁽³⁷¹⁾. Qui discute tutti i casi allora conosciuti di reazioni che potevano attribuirsi alla catalisi; egli ammise, come Berzelius, che i fermenti agiscono come catalizzatori o per contatto. Belle sono le sue esperienze sulla fermentazione amigdolica. Tutto ciò che riguarda le azioni catalitiche studiate dal Selmi è stato da me raccolto nel capitolo VI della mia Memoria: *Francesco Selmi e la sua opera scientifica*⁽³⁷²⁾. I trattatisti di chimica italiani di quel tempo non davano quasi nessuna importanza alla *forza catalitica* del Berzelius.

Stato colloidale. - Un altro importante capitolo della chimica fisica nel quale il Berzelius ha portato il corredo di un gran numero di fatti e di osservazioni, è quello dello *stato colloidale*. Egli dal 1808 al 1840 ebbe occasione di esaminare le proprietà di molti elementi e di molti composti, specialmente solfuri, che si comportano precisamente nello stesso modo di quelle sostanze che si dissero poi *colloidi*. Egli per il primo ottenne il *boro*, lo *zirconio* e il *molibdeno allo stato colloidale*⁽³⁷³⁾. Ad esempio, anche nel suo *Traité de Chimie*, 5^a ediz., così discorre del *boro*, che egli prepara, con il suo metodo, dal fluoborato potassico col potassio metallico: «Il boro così ottenuto è sotto forma di una polvere di color brunastro scuro, che trae al verde. Si nota che lavandolo quando si è

⁽³⁶⁹⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 267.

⁽³⁷⁰⁾ W. Ostwald, *Les grands hommes*, Paris-1912, pag. 125-126.

⁽³⁷¹⁾ Serie 2^a. anno I, 1848, t. III

⁽³⁷²⁾ *Mem. della R. Acc. delle Scienze di Torino* [III], t. LXII, pag. 159.

⁽³⁷³⁾ *Traité de Chimie*, 5^a ed., t. I, pag. 301, 634. ecc.; *P. A.*, 1824, t. I e II; sul zirconio (*P. A.*, t. IV, p. 122); sul molibdeno, ecc. Chi desidera conoscere tutti i casi in cui il Berzelius esamina o prepara elementi o composti con proprietà che ora noi diciamo colloidali, può consultare: Svedberg. *Die Methoden zur Herstellung Kolloider Lösungen anorg. Stoffe*, Dresda 1909.

separata la prima acqua di lavaggio, la quale contiene del borato o del fluoruro potassico, secondo il processo che si è seguito, il liquido che passa in seguito comincia a colorarsi, di modo che alla fine, quando non rimane più del sale, il boro passa attraverso al filtro con tinta giallo-scura. Si ha così una soluzione acquosa di boro. Si può impedire la formazione di questa soluzione operando il lavaggio con soluzione diluita di cloruro di ammonio, lavando il residuo con alcol per togliere il sale ammonico. La soluzione del boro nell'acqua è gialla traente al verde; quando vi si versa una soluzione di cloruro di ammonio, si intorbida ed il boro precipita». Il Berzelius notò subito che il boro è di tutti i corpi elementari solidi e non volatili, il solo che si discioglie nell'acqua. Ammise più varietà allotropiche di boro.

Berzelius già prima del 1840 distinse due varietà di *acido silicico*: l'*acido α silicico* insolubile e l'*acido β silicico* solubile, che si può preparare in vari modi. L'acido β silicico è gelatinoso, solubile nell'acqua, che per evaporazione e aggiunta di acido solforico o di acido cloridrico diventa insolubile⁽³⁷⁴⁾.

Notò che il *solfuro di tungsteno* può sciogliersi nell'acqua ed essere poi riprecipitato da un acido o dal cloruro di ammonio⁽³⁷⁵⁾; e a questo proposito scrive: «Questo solfuro è di un color bruno epatico che diventa nero per disseccazione e per triturazione riprende il suo colore primitivo. È solubile nell'acqua, dimodochè la sua quantità diminuisce continuamente coi lavaggi, e le acque di lavatura sono gialle. L'acqua bollente lo scioglie in notevole quantità e si colora in giallo bruno; ma aggiungendo del sale ammonico o un acido a questa soluzione, la maggior parte del solfuro viene precipitata».

Fatti simili egli osservò col solfuro di iridio e con altri solfuri.

Proprietà analoghe egli notò già nel 1820 a proposito delle sue ricerche sulla composizione dell'azzurro di Berlino⁽³⁷⁶⁾.

Ugualmente può dirsi del vanadio, dei solfuri di osmio, ecc.

Berzelius ha in questi casi notato i fatti con quell'abilità che gli era propria, cioè ha descritto assai bene le sue osservazioni, ma non ne ha tratto delle considerazioni generali come invece alcuni anni dopo fece Francesco Selmi verso il 1847 ed in seguito, per i *ferrocianuri*, il *solfo*, gli *albuminoidi*, ecc., e denominò questo stato instabile in soluzione: *pseudosoluzioni*; il Selmi descrisse i caratteri generali di queste pseudosoluzioni o false soluzioni⁽³⁷⁷⁾. Ciò non diminuisce affatto i meriti di Berzelius, il quale colla scoperta di fatti assai curiosi da lui notati contribuì allo studio di questa categoria di fenomeni, che ora va più specialmente sotto il nome di *stato colloidale*.

XII.

Confusione fra atomo e molecola - Avogadro - Composizione del cloro e dell'azoto.

Causa principale per la quale la legge di Avogadro non fu apprezzata ai suoi tempi (1811-1860 circa) è stata la grande confusione che si fece tra atomo e molecola. Già Dalton usava indifferentemente i nomi di *atomo* e di *molecola*. Così pure fece il Gay-Lussac nella sua Memoria: *Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*⁽³⁷⁸⁾.

Come ho fatto notare nel mio *Discorso storico-critico su Avogadro*, uno degli errori del Berzelius fu quello di confondere l'idea di *atomo* con quella di *molecola*. Egli non ha mai voluto

⁽³⁷⁴⁾ *Traité de Chimie*, 5a ed., t.I, pag. 635.

⁽³⁷⁵⁾ *Traité de Chimie*, 5a ed., t.I, pag. 347.

⁽³⁷⁶⁾ Schw., t. XXX, pag. 34-35, e *Traité de Chimie*.

⁽³⁷⁷⁾ Veggasi il mio lungo lavoro: *Francesco Selmi e la sua opera scientifica* (*Mem. R. Acc. delle Scienze di Torino* [II], vol. LXII, pag. 159). Ed ora i principali trattatisti dello *stato colloidale* riconoscono che il primo concetto d'ordine generale di questo stato della materia deve a Fr. Selmi; veggasi, quale esempio, Viktor Pöschl, *Einführung in die Kolloidchemie*, Dresden 1911, pag. 7.

⁽³⁷⁸⁾ Mém. de la Soc. d'Arcueil, vol. II.

ammettere la distinzione netta fra atomo e molecola quale l'ammettevano Avogadro, poi Gaudin. Considerava i lavori di Avogadro e di Gaudin come troppo e unicamente speculativi.

Secondo la teoria di Dalton, i corpi si combinano in proporzioni ponderali definite che esprimono i pesi relativi dei loro atomi. I gas ed i vapori si combinano pure in proporzioni volumetriche definite e costanti. Se quindi ai gas si applica la teoria atomica di Dalton, diceva Berzelius, i pesi dei volumi gassosi che si combinano rappresentano i pesi dei loro atomi. Il peso di un volume di idrogeno e il peso di un volume di cloro dovrebbero rappresentare il peso di un atomo di idrogeno e di un atomo di cloro. E quindi, secondo Berzelius, il volume = all'atomo ed essendo l'atomo indivisibile, si aveva

1 atomo di idrogeno con 1 at. di cloro = 1 atomo di acido cloridrico.

1 atomo d'ossigeno con 2 at. d'idrogeno = 1 atomo di vapor d'acqua, ecc.

Ma i pesi di volumi uguali riferiti al peso di uno di essi preso come unità, rappresenta ciò che si dice la densità. Deve dunque esistere, si diceva e si disse per lungo tempo, una relazione fra la densità dei gas ed i loro pesi atomici. Questa relazione fu subito afferrata dal Berzelius, il quale appunto ammise, già nel 1813, come legge che nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione *volumi uguali di gas contengono un ugual numero di atomi*. Il peso relativo del volume ed il peso dell'atomo erano considerati come identici. La proposizione così formulata dal Berzelius⁽³⁷⁹⁾ fu accettata dalla maggior parte dei chimici e fu causa per la quale la legge di Avogadro tardò tanto tempo ad essere accettata nel suo vero significato.

Tutto questo generò molta confusione; colle densità si credette di determinare il peso atomico e perciò questi pesi atomici spesso non corrispondevano a quelli determinati secondo altri criteri, quali l'analisi dei sali, l'isomorfismo, il calorico specifico⁽³⁸⁰⁾.

Composizione del cloro e dell'azoto. - Per lungo tempo il Berzelius, anche dopo le ricerche di Davy, di Gay-Lussac e Thenard⁽³⁸¹⁾ e di altri chimici, ritenne che il cloro e l'azoto fossero dei

⁽³⁷⁹⁾ Nella sua bella Memoria: *Sur la composition des acides phosphorique et phosphoreux et sur leurs combinaisons avec les bases salifiables* (A. Ch., 1816 [2], t. II, pag. 329), nel capitolo: *Sur la constitution des acides phosphorique et phosphoreux, d'après les vues de la théorie corpusculaire*, Berzelius tratta indifferentemente di atomo o di molecola, e scrive:

«Je crois que la plupart des chimistes qui ne s'attachent pas aveuglement aux spéculations purement dynamiques de certaines écoles de notre temps, lesquelles considèrent la matière comme le résultat de deux forces opposées, je crois, dis-je, que les chimistes qui ne sont pas adonnés à ces idées trouveront que les phénomènes de proportions chimiques se laisseront mieux comprendre, en admettant que les éléments se combinent, un atome ou molécule avec un ou plusieurs autres atomes ou molécules; en un mot, je suis persuadé, qu'une théorie corpusculaire raisonnée qui ne néglige point les forces dont les combinaisons des molécules dépendent, sera dorénavant la base de la théorie de la chimie et de la physique; que cette théorie corpusculaire soit, au reste, une exposition vraie de la nature des choses, ou seulement un mode de représentation qui nous fait comprendre et connaître ce qui sans cela serait resté inexplicable et inconnu».

Accenna quindi alla teoria corpuscolare di Dalton, alle ricerche di Thomson, ma non nomina Avogadro.

Più avanti, a pag. 332 della stessa Memoria, scrive: «S'il est juste de considérer les corps comme composés de molécules simples et (dans l'hypothèse) indivisibles», ecc. In tutta questa Memoria usa la parola atomo come sinonimo di molecola.

Da questo momento si cominciò ad enunciare la legge nella forma erronea seguente: *Volumi uguali di gas, nelle stesse condizioni di pressione e di temperatura, contengono un ugual numero di atomi*. La proposizione così formulata dal Berzelius fu discussa a lungo e accettata da tutti i chimici. Berzelius fu ingiusto verso l'opera scientifica di Avogadro, o forse l'opera di questi era ancora molto prematura.

⁽³⁸⁰⁾ Per questa questione rimando al mio: *Amedeo Avogadro e la sua opera scientifica*, Discorso storico critico, Torino 1911, pag. LI e seg. e C. Graebe, *Der Entwicklungsgang der Avogadroschen Theorie*, in *J. pr.*, 1913, t. LXXXVII, pag. 155.

⁽³⁸¹⁾ H. Davy incominciò le sue ricerche sulla supposta composizione dell'acido muriatico ossigenato (cloro) nel 1810 (*Phil. Trans.*, 1810, pag. 231), e nel 1811 (*Ivi*, 1811, pag. 1) dichiarò nettamente che il cosiddetto acido muriatico ossigenato è un corpo semplice, un elemento, che denominò *chlorine*; e dello stesso avviso furono poco dopo Gay-Lussac e Thenard (*Mém. de la Soc. d'Arcueil*, t. II pag. 339), che lo denominarono *cloro*. Per quanto si sia tentato coi

corpi composti⁽³⁸²⁾. Egli ancora nel 1816, in una lettera a Marcet⁽³⁸³⁾, tenta di dimostrare che le esperienze di Davy non sono sufficienti per far ritenere essere l'acido muriatico un composto d'idrogeno e di un elemento, il cloro.

Così egli fece per l'azoto e l'ammoniaca; ammetteva che questi corpi contenessero dell'ossigeno⁽³⁸⁴⁾.

Era tanto fissa l'idea in Berzelius che quasi tutti i corpi dovessero contenere dell'ossigeno, che anche negli idrocarburi della nafta esaminata da Th. de Saussure credeva vi fosse una piccola quantità di ossigeno⁽³⁸⁵⁾. Ancora nel 1815⁽³⁸⁶⁾ egli espresse l'opinione che il cloro non fosse un corpo semplice e si doveva quindi continuare a chiamarlo acido muriatico ossigenato.

Egli era tanto persuaso che anche l'azoto fosse un corpo composto, che nella sua lettera a Marcet (22 aprile 1813) scriveva: «J'ai repris mes recherches sur les nitrates et les nitrites de plomb avec excès de base, et j'en ai eu des résultats qui m'ont pénétré de plaisir, parce qu'ils prouvent de la manière la plus décisive que l'azote est composé de 44,4 parts d'un radical combustible et de 55,6 parts d'oxygène. Il serait inutile de détailler ici le procédé par lequel je suis parvenu à ce résultat», ecc.

E anche nella lettera 30 giugno 1813 discorre del cloro e dell'azoto come di corpi composti.

L'idea che l'ammoniaca fosse un corpo composto in cui entrasse l'ossigeno, lo trasse per vie tortuose e poco mancò non vi si smarrisse, ma questo meraviglioso ingegno raggiunse ugualmente la mèta.

Termina la parte della Memoria in cui tratta delle *Ricerche ulteriori sulla composizione dell'ammoniaca*⁽³⁸⁷⁾ colle parole seguenti, che dovrebbero essere ben meditate:

«Io mi sono inoltrato in vasto campo d'ipotesi; è molto difficile scoprire la verità e credo tanto più dover pregare i miei lettori di giudicarmi con indulgenza, avendo visto con dolore che l'abile Davy, il quale con una modestia delle più lodevoli ha comunicato al mondo scientifico le più belle ed importanti scoperte che hanno arricchito la nostra scienza, ha degli avversari i quali hanno più piacere poter dimostrare che egli ha torto che non quello di scoprire la verità». Se anch'egli, Berzelius, avesse giudicato benevolmente Laurent e Gerhardt, questi non avrebbero sofferto tanto delle inimicizie di chimici invidiosi.

Solamente verso il 1822 Berzelius accettò le idee di Davy che l'acido muriatico ossigenato sia veramente un corpo semplice, il *cloro*. L'esistenza dell'acido cianico di Wöhler contribuì a far adottare la nuova idea sulla natura dell'acido ossimuriatico.

E Wöhler racconta che un giorno, trovandosi egli nel laboratorio di Berzelius, verso la fine del 1823, la cuoca di Berzelius, Anna, pulendo un oggetto di vetro, fece osservare che vi era un forte odore di *acido muriatico ossigenato*, e Berzelius rispose: «Senti, Anna, tu non devi più dire *acido muriatico ossigenato*, ma bensì cloro; è meglio»⁽³⁸⁸⁾.

riduttori di dimostrare l'ossigeno nell'acido muriatico e nell'acido muriatico ossigenato, non si riuscì. Davy, GayLussac e Thenard basarono la loro idea che il cloro fosse un elemento e quindi non contenesse ossigeno, sui tre fatti seguenti: 1) $\frac{1}{2}$ vol. H + $\frac{1}{2}$ vol. Cl = 1 vol. HCl; 2) il sodio, agendo sul gas acido cloridrico, dà solamente idrogeno e cloruro di sodio: 1 vol. HCl + Na = NaCl + $\frac{1}{2}$ vol H; 3) il sodio e il cloro danno unicamente cloruro di sodio: Na + Cl = NaCl.

⁽³⁸²⁾ *On the nature of Muriatic Acid* (Ann. Phil. Thomson, 1843, t. II, pag. 254; Journ. de Phys., 1815, t. LXXXI, pag. 394, e Journ. de Pharm., 1816, t. II, pag. 103).

⁽³⁸³⁾ Schw., t. XIV, pag. 66.

⁽³⁸⁴⁾ *Experiments on the Nature of Azote of Hydrogene, and of Ammoniac, and upon the degrees of oxidation of which Azote is susceptible* (Ann. Phil. Thomson, 1813, pag. 276 e 357). - *Neue Unters. üb. d. Nat. d. Stickstoffs, d. Wasserstoffs, u. d. Amm. u. einige Bemerkungen über d. wahre Zusammen. d. salpeterbrige Säure u. d. Salpetersäure* (Gilb., 1814, pag. 131).

⁽³⁸⁵⁾ *Essai*, 1819, pag. 42.

⁽³⁸⁶⁾ *Ueber Jodine, Chlorine und das sogenannte detonirende Oehl* (Gilb., 1815, t. XLIX). - *Versuch einiger Vergleichung d. älteren n. d. ven. Meinungen über Natur der oxydirten Salzsäure*, ecc. (Gilb., 1815, t. L; Ann. Phil. Thomson, 1816, t. VII, p. 272; t. VIII, pag. 256).

⁽³⁸⁷⁾ A. Ch. [1], t. LXXIX, pag. 260.

⁽³⁸⁸⁾ Wöhler, *Ricordi della giovinezza di un chimico*.

Ad ogni modo, anche accettata l'idea che il cloro sia un elemento e i suoi sali si debbano chiamare *cloruri* o *idrocloruri*, egli mantenne ugualmente la divisione dei sali in due gruppi: sali *aloidi* quelli derivanti dagli idracidi (HCl, HBr, ecc.) e sali *amfidi* i sali ossigenati.

XIII.

Chimica animale o Zoochimica - Materie albuminoidi, ecc. - L'acido lattico nell'organismo animale - Analisi di vari prodotti di origine animale - Scopre la ptialina -- Ricerche di Chimica tossicologica - Azione fisiologica di alcuni corpi - Acido selenidrico.

Berzelius conosceva bene l'anatomia e la fisiologia del suo tempo ed è stato il primo chimico che abbia fatto delle estese ricerche sperimentali sulla composizione dei tessuti e dei liquidi componenti gli organismi animali e che abbia riunito sotto un punto di vista generale la cosiddetta *Chimica animale* o *Zoochimica*.

Già nel 1806-1808 egli pubblicò a Stockholm in 2 vol. in-8°: *Corso di Chimica animale*, che è un vero Trattato di zoochimica; fu tradotto in tedesco con aggiunte, non in francese.

A Berzelius debbono le prime analisi esatte delle ossa umane e di bue e dello smalto dei denti⁽³⁸⁹⁾; analisi poco diverse da quelle che altri sperimentatori ottennero molti anni dopo. Egli, te-

⁽³⁸⁹⁾ Le prime ricerche di Berzelius sui denti e sulle ossa umane e di bue, molto ben fatte, furono comunicate da Gehlen a Delaméthèrie con una lettera datata da Halle, 16 marzo 1807, pubblicata nel *Journal de Physique*, 1807, t. LXIV, pag. 355, che mi piace qui riprodurre:

«EXTRAIT D'UNE LETTRE DE M. GEHLEN A J.C. DELAMÉTHÉRIE SUR L'ANALYSE DES OS.

«Monsieur,

«Les expériences très-étendues et exactes de M. Berzelius, à Stockholm, ont prouvé que l'émail et la partie osseuse des dents de l'homme et des bœufs, ainsi que leurs os mêmes, contiennent de l'acide fluorique. Voici les résultats des analyses:

	<i>Èmail des dents de l'homme</i>		<i>Èmail des dents des bœufs</i>
Phosphate de chaux	85,5		81,00
Fluate de chaux	3,2		4,00
Carbonate de chaux	8,0		7,10
Phosphate de magnésie	1,5		3,00
Natron et parties animales combustibles. eau .	2,0	Natron	1,34
		Parties animales	3,56
	<i>partie osseuse des dents de l'homme</i>		<i>partie osseuse des dents des bœufs</i>
Phosphate de chaux	61,95		57,46
Fluate de chaux	2,10		5,69
Carbonate de chaux	5,30		1,38
Phosphate de magnésie	1,05		2,07
Soude avec un peu de muriate de soude	1,40		2,40
Gélatine, veines, eau	28,00		31,00
	<i>Os frais secs de l'homme</i>		<i>Os frais secs des bœufs</i>
Gélatine	32,27	}	33,30
Veines appartenantes à l'organisation	1,03		
Phosphate de chaux	51,04		55,45
Fluate de chaux	2,00		2,90
Carbonate de chaux	11,30		3,65
Phosphate de magnésie	1,16		2,05

nuto conto della scoperta del fluore in un dente d'elefante, fatta dal nostro Morichini nel 1801, riconobbe che anche le ossa e i denti dell'uomo e del bue contengono del fluore, s'intende sotto forma di fluoruro di calcio.

Egli analizzò anche le ossa bruciate dell'uomo in confronto di quelle bruciate del bue⁽³⁹⁰⁾. Analizzò anche il midollo di un omero di bue.

Materie albuminoidi e liquidi dell'organismo. - Riguardo alla composizione delle materie albuminoidi, Berzelius aveva annunciato, molto tempo prima che si facessero le numerose analisi da Liebig e da Dumas, che le materie albuminoidi dovevano essere considerate come aventi la stessa composizione e che probabilmente erano isomeriche.

Esperienze posteriori dimostrarono che, almeno in parte, Berzelius colpiva nel vero.

Già nel suo *Traité de Chimie* il Berzelius descrisse due varietà di *caseina*: una col nome di *caseina solubile*, e l'altra di *caseina insolubile*.

Egli fa il primo a dimostrare⁽³⁹¹⁾ che l'acido fosforico ordinario non coagula l'albumina. Però Berzelius ed Engelhart notarono che certi acidi fosforici, come quello che si ha trattando con acqua l'anidride fosforica, coagulano l'albumina e non la coagulano di mano in mano che l'acido sta in contatto dell'acqua. L'osservazione era giusta, benchè allora non si conoscesse ancora l'acido metafosforico, che coagula l'albumina e che coll'acqua a poco a poco si trasforma in acido ortofosforico, che non la coagula.

Coincidenza curiosa, propria solamente del genio, quando nel 1812-1813 il Berzelius era occupato a risolvere i più astrusi problemi della chimica teorica, pubblicava pure, nel 1812, una grande Memoria: *Sulla composizione dei fluidi animali*.

Berzelius ha esaminato il liquido della carne o succo muscolare; egli vi ha trovato dell'albumina, dei sali, dell'acido lattico. Secondo Berzelius, il succo muscolare coagula verso 50°⁽³⁹²⁾.

Per mezzo dell'amico suo dott. Alex. Maret, presentò alla Società medica di Londra questo suo lungo lavoro sulla composizione dei tessuti che col titolo: *General Views of the Composition of Animal fluids*, fu inserito negli *Ann. of Phis.* del Thomson, 1813, t. II, pag. 19-195, 377 e 415. Questo stesso lavoro fu subito tradotto in francese: *Mémoire sur la composition des fluides animaux* par J. Berzelius, professeur de Chimie au Collège de Médecine de Stockholm, tiré du 3^{me} vol. des *Transactions Médico-Chirurgicales de la Société de Médecine de Londres*, trad. par G. Delarive prof. à l'Acad. Imp. de Genève, Paris 1814⁽³⁹³⁾.

È un opuscolo, ora molto raro, di 96 pagine, che contiene le prime notizie importanti sulla Chimica applicata all'organismo animale. Egli trova l'acido lattico nella carne e diffuso nell'organismo, e dimostra che è diverso dall'acido acetico e identico coll'acido lattico di Scheele; dimostra anche la presenza del solfo nelle materie albuminoidi (pag. 76). Discute l'influenza che può avere il ferro nella materia colorante del sangue, dà l'analisi del *siero* dei sangue umano. Per la prima volta si dà un'analisi completa dell'urina, della bile e di altri liquidi animali. Ecco, ad esempio, l'analisi dell'urina, la prima, io credo, che sia stata fatta, completa, pel tempo.

1000 p. di urina sono composte di:

Acqua	p.	933,00
Urea	»	30,10

Sonde avec une petite quantité de muriate 1,20 2,45

«Les os de l'homme contiennent donc aussi du *phosphate de magnésie*; mais les os des bœufs en contiennent davantage. Vous trouverez ces analyses dans le N. 9 de mon *Journal*».

Come si scorge, già in queste prime ricerche di Berzelius vi sono molte cose nuove. I dati di queste analisi sono poco diversi da quelli che altri sperimentatori ottennero molti anni dopo.

⁽³⁹⁰⁾ *Trattato*, loc. cit., pag. 446.

⁽³⁹¹⁾ *P. A.*, 1827; *A. Ch.* 121. t. XXXVI, pag. 110.

⁽³⁹²⁾ *Chim. anim.*, 1806-1808.

⁽³⁹³⁾ Si veggia anche *A. Ch.* [2], t. LXXXVIII, pag. 26.

Solfato di potassa	»	3,72
Solfato di soda	»	3,16
Fosfato di soda	»	2,94
Muriato di soda	»	4,45
Fosfato di ammoniaca	»	1,65
Acido lattico libero	»	1,50
Lattato di ammonio		
Materia animale solubile nell'alcol e che accompagna ordinariamente i lattati	}	» 17,14
Materia animale insolubile nell'alcol		
Urea che non si può separare dalla materia precedente		
Fosfato calcico e fosfato magnesico	»	1,00
Acido urico ⁽³⁹⁴⁾	»	1,00
Mucus della vescica	»	0,32
Silice	»	0,03

Egli discute l'influenza che può avere il ferro nella materia colorante del sangue⁽³⁹⁵⁾. Analizza l'umore dell'occhio, ecc. Per la prima volta si dà l'analisi della saliva, ed in questo liquido il Berzelius vi scoprì poi la *ptialina*, che egli allora chiamava *materia particolare*; ecco l'analisi della saliva (badiamo che siamo verso il 1812-1813):

Acqua	992,9
Materia animale particolare	2,9
Mucus	1,4
Muriato alcalino	1,7
Lattato di sodio e materia anim.	0,9
Soda pura	0,2

Questa *materia animale particolare* è solubile nell'acqua, insolubile nell'alcol. Egli riconobbe che è diversa dalle solite materie albuminoidi. In seguito egli stesso la denomina: *ptialina*⁽³⁹⁶⁾ (da πτωω, io sputo), o *materia salivare*.

Egli analizzò prima di tutti la bile, e a quella materia che Gmelin chiamò *asparagina biliare* diede il nome di *laurina*.

Apprezza anche i lavori di altri, ed egli fa notare⁽³⁹⁷⁾ che le analisi dell'urea fatte da Prout sono le più esatte e che la formola $\text{CH}^4\text{N}^2\text{O}$ è esatta.

Nè sono da dimenticare le sue ricerche sul latte⁽³⁹⁸⁾ e sul liquido seminale o sperma⁽³⁹⁹⁾.

Egli studia ed analizza molte *concrezioni urinarie*, che distingue in tre gruppi:

- A) *Sedimento polverulento che esce coll'urina e l'intorbida;*
- B) *Sedimento cristallino o renella propriamente detta;*
- C) *Calcoli.*

⁽³⁹⁴⁾ A proposito dell'acido urico voglio qui correggere un errore storico. Nella mia opera: *La Chimica in Italia dal 1750 al 1800*, parte III (*Suppl. Ann.*, 1912 pag. 408) io feci notare che l'allossana o acido eritrico non fu scoperto, come si crede da tutti, da Luigi Brugnatelli, ma bensì dal figlio suo Gaspare, nel 1817. Orbene questo errore era già stato corretto da Berzelius, il quale nel suo *Trattato* (loc. cit., p. 690) scrive appunto che l'acido eritrico prima che da Prout fu scoperto da *Brugnatelli*, figlio. L'osservazione giusta di Berzelius era sfuggita a tutti. Anche nelle più piccole cose egli ricercava l'esattezza e soprattutto la verità.

⁽³⁹⁵⁾ Si veggia anche una Nota di Berzelius: *Note sur le principe colorant du sang des animaux*, in *A. Ch.* [2], 1817, t. V, pag. 42.

⁽³⁹⁶⁾ *Trattato di Chimica*, ediz. ital., 1833, t. VII, pag. 145; Leuchs 1831 e Mialhe, *C. R.*, 1845, t. XX, p. 954. Sulla saliva si veggia anche Berzelius, in *A. Ch.* [1], t. LXXXVIII, pag. 123.

⁽³⁹⁷⁾ *Loc. cit.*, pag. 348.

⁽³⁹⁸⁾ *A. Ch.* [1], t. LXXXIX, pag. 41.

⁽³⁹⁹⁾ *Chim. anim.*, 1806.1808.

Passa in esame tutte le sostanze che trovansi nei calcoli e fa considerazioni importanti sull'analisi e sulla natura di questi calcoli; ne indica i metodi analitici, quali poi, non molto modificati, si usano ancora.

Analizza l'*umore vitreo* ed il *crystallino dell'occhio*, il *muco nasale*, ecc.

Analizzò la carne ed ottenne risultati analoghi a quelli che poi ottenne il Braconnot.

L'acido lattico nell'organismo animale. - Come ho già detto, nel 1806 egli scoprì l'acido lattico nei muscoli e poi dimostrò che questo acido è diffuso nell'organismo ed è diverso dall'acido acetico e non identico a questo, come pretendevano Foureroy, Vauquelin, Thenard ed altri.

Boussingault, ricercando l'acido acetico nell'urina di porco, non ve lo ha trovato, ma invece ricercandovi l'*acido lattico* col processo indicato da Berzelius per l'urina umana, lo trovò; e lo trovò nell'urina anche di altri animali⁽⁴⁰⁰⁾.

Liebig prima negava la presenza dell'acido lattico nella carne, e perciò ebbe un'aspra polemica con Berzelius; ma poi quando veramente, nel 1846, analizzando la carne, vi scoprì l'acido lattico, pretendeva di essere stato lui lo scopritore di quest'acido nell'organismo animale. Fu allora che Berzelius molto vivacemente redarguì il Liebig.

È deplorabile vedere un uomo come Liebig criticare con tanta severità ed acrimonia i lavori di Berzelius, al quale poco prima, come suo amico, aveva dedicato il libro: *La Chimie organique appliquée à la physiologie*, 1842. Ma i lavori di Berzelius hanno anche il merito di essere stati i primi; sono quelli cioè che hanno aperto la via.

Che l'acido lattico fosse stato scoperto nel succo muscolare e in altri liquidi animali da Berzelius, molto prima di Liebig, se ne ha prova evidente che i principali chimici, quali il Dumas, nei loro Trattati parlano della scoperta dell'acido lattico di Berzelius come di cosa assicurata⁽⁴⁰¹⁾.

Nel suo *Trattato di Chimica*⁽⁴⁰²⁾, Berzelius afferma esplicitamente che dalle sue esperienze gli nacque l'idea di paragonarlo all'acido lattico di Scheele. Io trovai che era il medesimo acido.

Già nel suo *Discorso sui progressi e lo stato presente della chimica animale*, letto a Stoccolma nel 1814, a proposito dell'acido lattico, Berzelius ne discorre a lungo.

Berzelius a questo proposito tratta molto giustamente la questione storico-critica della presenza dell'acido lattico nell'organismo animale nell'ultima annotazione dei *Jahresberichte* che egli ha scritto, cioè nel *Jahresb.* presentato il 31 marzo 1847; morì poi nel 1848. Il suo articolo di critica⁽⁴⁰³⁾ ha il titolo: *I corpi viventi contengono essi dell'acido lattico?* Lo spazio non mi permette di riprodurre queste belle pagine di Berzelius. Liebig non rare volte faceva confutare i lavori di altri chimici da alcuni suoi allievi, e così fece in parte relativamente a Berzelius, e perciò questi, sdegnato, scrisse in nota le parole seguenti⁽⁴⁰⁴⁾, che trascrivo perché sono vere in tutti i tempi e in tutti i luoghi:

«Che mi sia permesso (scrive il vecchio Berzelius) di esporre qui alcune riflessioni su l'uso adottato da un professore d'insegnamento pubblico (Liebig) di far contestare dai suoi allievi i lavori di chimici più anziani e più sperimentati, dei quali vuole diminuire la reputazione, o dei quali non condivide le opinioni. Questo soggetto è troppo importante per lasciarlo passare sotto silenzio. Facendo astrazione da ciò che vi è di oltraggioso per un chimico sperimentato e che gode di qualche considerazione, che i suoi lavori siano criticati e contestati da un principiante o quasi, o sotto il suo nome, circostanza che può benissimo essere sopportata da uno scienziato calmo, perchè presto o tardi, necessariamente arriva il momento in cui è resa giustizia; bisogna ciò non ostante che il maestro abbia a cuore la posizione del suo allievo. L'allievo ha fiducia nel suo maestro, si sottomette volentieri ai suoi ordini e segue coscienziosamente il piano del lavoro che gli è tracciato, che è facile disporre in modo che non ottenga mai un risultato affermativo quando si tratta di provare la non

⁽⁴⁰⁰⁾ *Recherches sur la constitution de l'urine des animaux herbivores* (A. Ch. [3]. 1845, t. XV, p. 101).

⁽⁴⁰¹⁾ Dumas, *Traité de Chimie*, 1835, t. V, pag. 184.

⁽⁴⁰²⁾ V. anche ediz. ital., 1833, t. VII, pag. 567.

⁽⁴⁰³⁾ *Rapp. Ann.*, 1847, pag. 347 353.

⁽⁴⁰⁴⁾ Loc. cit., pag. 352.

esistenza di un fatto. Di buona fede l'allievo contesta in modo trionfante l'autore che il suo maestro gli ha designato, o i fatti scientifici che non si accordano colle sue teorie. Quando poi in seguito, presto o tardi, si accorge che l'allievo si era sbagliato, il maestro non vuole più essere responsabile dell'errore dell'allievo, ma è l'allievo solo che deve sopportare la conseguenza della sua irriflessione e dell'errore nel quale è stato indotto dal suo maestro e che non è sempre facile far obliare. Ma diamo uno sguardo per un momento a questo maestro, che sacrifica gli allievi ai suoi piani di vendetta o d'ambizione. Supponendo anche che come scienziato abbia avuto buona fortuna nelle sue ricerche, come uomo potrà guadagnarvi nella considerazione? Ma vi è di più; il ricorrere alla testimonianza degli allievi contro i suoi avversari o contro quelli di cui desidera abbassare la reputazione, corrisponde come a chiamare dei testimoni sedotti, subornati e indotti in errore. Tutti sanno con qual genere di pena la legge punisce colui che in una querela giudiziaria chiama dei testimoni sedotti o subornati. Puossi considerare forse come meno disonorante di essere convinto d'aver fatto uso di simili mezzi in una questione scientifica?»⁽⁴⁰⁵⁾.

Per la storia della chimica animale è interessante la lettura del *Discours sur les progrès et l'état présent de la chimie animale, prononcé à l'Académie des Sciences de Stockholm*, par J. Berzelius, professeur de Médecine, de Pharmacie, ecc. (traduzione dall'edizione inglese) di G. Brunmark, London 1913)⁽⁴⁰⁶⁾. Fu pronunciato da Berzelius quando fu eletto presidente di quell'Accademia. Lavoro mirabile per chiarezza e per larghezza di vedute. «La causa della maggior parte dei fenomeni che presentano i corpi animali è talmente nascosta per noi, che certamente non la si conoscerà mai.

«Noi diamo a questa causa nascosta il nome di *forza vitale*, e non facciamo uso di questa parola che per fissare le nostre idee; questo *potere della vita* non appartiene alle parti costituenti del nostro corpo».

Bella particolarmente è la parte che riguarda la respirazione. Egli ricorda le prime esperienze di H. Davy e scrive: «Beddoës impiegò nelle sue esperienze *Humphry Davy*, giovane uomo di grandi speranze, che ha poi superato di molto il suo maestro in merito e in celebrità. Davy scoprì le proprietà *esilaranti*, quasi come ubbriacanti, del protossido d'azoto, e dimostrò che durante la respirazione era assorbito dal sangue», ecc.

Ricorda anche i lavori dei nostri Menghini, Spallanzani, Scopoli, Brugnatelli, Buniva, ecc.

Egli, come già dissi, conosceva bene l'anatomia e la fisiologia; e termina questo lungo discorso colle parole seguenti⁽⁴⁰⁷⁾:

«Infine, il modo col quale io ho trattato la chimica animale è interamente differente da quello che hanno seguito coloro che mi hanno preceduto e che, considerandola come una branca della chimica generale, hanno diviso le produzioni del regno animale in più classi e non le descrivono che come soggetti di chimica analitica, aggiungendovi un'appendice con alcune riflessioni generali sull'economia animale. Ma questo modo di trattare la chimica animale è quasi senza scopo e non dà ai risultati delle ricerche chimiche che poco più d'un valore tecnico interamente estraneo alla chimica animale. Io invece ho tentato di far procedere insieme le ricerche anatomiche e chimiche al fine di dare con ciò alle ricerche del chimico che si occupa degli animali, uno scopo determinato e scientifico, e di dirigere i suoi lavori verso un punto di vista fisiologico. Essendochè gli scienziati che mi hanno preceduto non sono sempre partiti dal medesimo punto di vista o non hanno sempre avuto lo stesso scopo, ne viene che essi hanno tenuto per veri senza difficoltà molti dei punti che io ho dovuto esaminare nelle esperienze che ho fatto ed ove ho scoperto oppure dimostrato delle circostanze sino allora incognite o mai studiate, ma di grande importanza per il fisiologo; ed io prevedo con piacere che quando uomini più abili di me si occuperanno di ricerche intorno la chimica animale,

⁽⁴⁰⁵⁾ Si vegga anche: *Sur la découverte de l'acide lactique dans l'économie animale* (trad. in *Journ. de Pharm.*, 1848, t. XIII, pag. 177; *Phil. Mag.*, 1848, t. XXXIII, pag. 128). Questo fu, forse, l'ultimo suo lavoro polemico.

⁽⁴⁰⁶⁾ *Journ. de Phys.*, 1814, t. LXXIX, pag. 343-373 e 421-450. Una traduzione tedesca è nel *Journ. Für Chem. u. Phys.*, 1814, e in opuscolo a parte, Nüremberg 1815.

⁽⁴⁰⁷⁾ Loc. cit., pag. 448.

nello stesso modo che ho fatto io, questa scienza importante acquisterà una perfezione che ora sembra quasi impossibile».

Le scoperte che egli ha fatto relative alla zoochimica sarebbero già per sè sufficienti alla celebrità di un buon chimico.

Ricerche di chimica tossicologica e di chimica legale. Azione fisiologica di alcuni corpi. Acido selenidrico H^2Se . - Berzelius coglieva occasione dalle sue svariate ricerche in tutti i campi della chimica per fare anche delle osservazioni sulla chimica dei veleni e la ricerca di queste sostanze. A mio parere sono molto importanti le sue ricerche sulla velenosità dei *composti di selenio*.

Nei vecchi grandi Trattati di chimica, come, ad esempio, in quello di Thenard, queste cose erano ancora esposte, ed il lettore riceveva così delle utili cognizioni; oggi dell'azione fisiologica non se ne parla quasi più. Bisogna, come si suol dire, essere specialisti.

Egli scoprì il *selenio* nel 1817 (V. pag. 365), e non appena preparato l'acido selenidrico si accorse che questo era un veleno potentissimo e ne descrisse l'azione fisiologica, mirabilmente, specialmente per quei tempi.

L'esattezza di Berzelius nella descrizione dei fenomeni ch'egli osservava era insuperabile; io ne ho avuto una prova evidente nell'azione fisiologica dell'acido selenidrico. In quasi tutti i Trattati si accenna all'azione dell'acido selenidrico come analoga a quella dell'acido solfidrico, coll'aggiunta che l'odore è più irritante e che eccita la lacrimazione. Anche nei Trattati di chimica tossicologica si trova ben poco riguardo all'acido selenidrico. Il Lewin dice solamente che l' H^2Se irrita le mucose sino all'infiammazione e che dall'inalazione prolungata di questo gas nell'uomo risulta un avvelenamento di lunga durata.

Nel giorno 3 di agosto di quest'anno 1915 io volli vedere e provare se l'idrogeno seleniato, come era facilmente prevedibile, fosse fissato bene dalla calce sodata. Preparai un poco di questo gas con seleniuro di ferro e acido cloridrico; durante questa preparazione sentii come un odore di acido solfidrico, ma per accertarmi meglio fiutai qualche bollicina di gas quasi schietto. Al primo momento pareva acido solfidrico, ma dopo pochi istanti sentii nella narice destra, colla quale avevo fiutato, un dolore, un bruciore acutissimo, orribile, come di minuti spilli che si infiggevano nella mucosa, bruciore che eccitava la lacrimazione; la saliva diventava filante e dopo qualche tempo provai dolore forte al lobo frontale destro; il senso dell'odorato diminuì assai, al punto che il cotone imbevuto di ammoniaca non mi dava noia; dopo cinque ore cominciò a prodursi una noiosa coriza, acquosa, che mi impedì il sonno per una notte intera e che mi durò più di quattro giorni. Non prevedo tutta questa serie di sintomi poco gradevoli. Ero in quei giorni appunto occupato intorno ai lavori di Berzelius, e lessi attentamente quanto egli diceva dell'azione di questo gas potentemente velenifico, e vi trovai ampie notizie che non ritrovai più in altri libri. Ecco quanto egli scrive nel suo *Traité*, ed. franc., 1845, t. I, pag. 201:

«Le gas acide sélénhydrique est incolore; et s'il est mêlé de beaucoup d'air atmosphérique, il présente une odeur tellement semblable à celle du sulfide hydrique, qu'il est difficile de l'en distinguer: mais lorsqu'on respire ce gaz dans un état plus concentré, on remarque une différence dans l'odeur; ce n'est plus alors, à vrai dire, une odeur; c'est la sensation d'une douleur brûlante qu'on éprouve dans le nez, qu'on dirait irrité par un pinceau de pointes d'aiguilles fines. Il est dangereux à respirer; et la membrane muqueuse des fosses nasales, même après n'en avoir été frappée que d'une quantité insignifiante, est bientôt atteinte de sécheresse; la conjunctive même s'injecte, et le yeux rougissent. En manipulant ce gaz, il faut donc se garder d'en respirer les moindres traces. Ce gaz produit sur la trachée-artère et les organes respiratoires les effets les plus violents, qui, à ce qu'il paraît, peuvent facilement devenir dangereux. En agissant sur l'organe olfactif, il fait d'abord naître une odeur parfaitement semblable à celle du gaz sulfide hydrique; mais à peine a-t-on perçu celle odeur, qu'on éprouve sur tous les points des fosses nasales, frappés par le gaz, une sensation douloureuse de picotement et de constriction. Cette sensation rappelle assez celle que produit le gaz fluorure silicique, mais elle est infiniment plus vive. Les yeux deviennent instantanément rouges; l'odorat disparaît complètement. Dans la première expérience que je fis

pour apprécier l'odeur de ce gaz, après n'avoir inspiré par l'une des narices qu'une bulle de gaz de la grosseur d'un pois, je perdis tellement la faculté olfactive pour plusieurs heures, que je pouvais flairer l'ammoniacque la plus concentrée sans éprouver la moindre sensation. L'odorat se rétablit au bout de cinq à six heures, mais il resta un coryza violent et incommode, qui dura 14 jours. La cause de ces effets tenaces réside en ce que la sélénide hydrique se décompose avec une facilité extrême, par l'air qui se trouve en contact avec la membrane muqueuse du nez et des organes respiratoires; le sélénium se précipite, et l'y fixe aussi solidement que les matières colorantes sur les étoffes; et les symptômes du coryza ne cessent que lorsque la matière étrangère, fixée sur la membrane muqueuse, est complètement éloignée, ce qui ne s'effectue que très-lentement».

Io penso che anche qui il Berzelius abbia ragione. Secondo me la materia estranea, in questo caso il *selenio ridotto*, sarebbe, non forse allo stato colloidale come supponeva Berzelius, ma in piccolissimi e microscopici aghetti infitti nel tessuto della mucosa: da ciò il dolore acutissimo. L'osservazione microscopica sarebbe utilissima. Il selenio con facilità cristallizza. L'acido selenidrico in contatto dell'aria umida, e tanto più di materia organica, è decomposto con deposito di selenio rosso cristallino. I corpi porosi facilitano la decomposizione dell'acido selenidrico.

Io pertanto ho avuto il piacere, per quanto doloroso, di confermare ciò che ha scritto il Berzelius da quasi 100 anni sull'idrogeno seleniato.

Per alcuni altri particolari si vegga anche la sua classica Memoria sul selenio⁽⁴⁰⁸⁾.

Dopo ciò che ha scritto Berzelius sull'azione fisiologica dell'idrogeno seleniato poco si è aggiunto. La sua azione, scrive Moissan, si porta soprattutto sulle mucose del naso e dei bronchi e produce una coriza tenace e una tosse insistente e dolorosa⁽⁴⁰⁹⁾.

I vecchi Trattati di Chimica facevano cenno di quest'azione speciale dell'idrogeno seleniato, e Pelouze e Frémy, nel loro *Traité de Chimie*, 2^a ediz., 1854, t. I, pag. 433, scrivono:

«Il possède une odeur qui rappelle entièrement celle de l'acide sulphydrique; il est encore plus vénéneux que ce dernier acide. Lorsqu'on en respire une certaine quantité, il irrite fortement la muqueuse des fosses nasales; le sens de l'odorat est même complètement paralysé et ne revient qu'au bout de plusieurs heures, souvent même au bout de plusieurs jours».

Pressochè come scriveva Berzelius.

Anche il nostro Gazzeri, nel suo lodevole *Compendio di un Trattato elementare di Chimica*, Firenze 1828, t. I, pag. 180, ricorda le proprietà fisiologiche e l'azione venefica dell'idrogeno seleniato, quasi colle stesse parole di Berzelius.

Delle bombe che contenessero dell'acido selenidrico sarebbero di effetto terribile; potrebbero servire a combattere i nostri nemici.

Ricerche sull'arsenico. - Riconosce l'arsenico nel solfuro⁽⁴¹⁰⁾ scaldando questo in un piccolo tubo ricurvo, vi riunisce in un sol punto l'acido arsenioso e lo riduce col carbone.

Egli ottenne l'idrogeno arsenicale anche per l'azione dell'acido solforico diluito, contenente un poco di soluzione d'acido arsenioso, sullo zinco. Pare sia stato il primo ad ottenere gli anelli arsenicali nell'apparecchio di Marsh⁽⁴¹¹⁾.

Poco dopo Rapp e V. Rose, il Berzelius ha modificato il metodo di distruzione della sostanza organica per la ricerca dell'arsenico nelle analisi chimico-tossicologiche. Egli adoperava la potassa caustica. Poi propose un'utilissima modificazione all'apparecchio di Marsh col far passare la miscela di idrogeno e di idrogeno arsenicale attraverso ad un tubo scaldato in modo da ottenere l'*anello* arsenicale⁽⁴¹²⁾.

⁽⁴⁰⁸⁾ *Recherches sur un nouveau corps minéral trouvé dans le soufre fabriqué à Fahlun.* (A. Ch. [2], 1818, t. IX, pag. 233-234)

⁽⁴⁰⁹⁾ *Traité de Chim. min.*, t. I, pag. 469.

⁽⁴¹⁰⁾ A. Ch. [2], 1828, t. XXXVIII, pag. 223.

⁽⁴¹¹⁾ *Traité de Chimie*, t. II.

⁽⁴¹²⁾ V. anche Chevallier, *Manuel pratique de l'appareil de Marsh*, Paris 1843, pag. 68.

Anche sulla ricerca dell'arsenico fece delle osservazioni interessanti già nel 1837 e nel 1840⁽⁴¹³⁾.

Ricerca delle macchie di sangue. - Berzelius fu uno dei primi, se non il primo, ad indicare un metodo per riconoscere il sangue in macchie sospette, prima che si scoprisse il metodo dei cristalli di emina⁽⁴¹⁴⁾.

XIV.

Ricerche varie: Sui tipi chimici - Sull'indaco - Sul boro e suoi composti - Composti del manganese - Composti dell'arsenico e dell'antimonio - Dosamento dell'azoto nelle sostanze organiche colla calce potassica - Acidi crenico ed apocrenico - Ozono - Coton-polvere, ecc.

Io ho ricordato nei capitoli precedenti quasi tutti i principali lavori scientifici del Berzelius; però molte altre ricerche egli fece che sono sparse qua e là o in giornali poco noti o nei suoi *Jahresberichte*. Rammento le seguenti ricerche.

Sulla teoria dei tipi pubblicò una Memoria nel 1840: *Sur la théorie des substitutions et des types chimiques de M. Dumas*⁽⁴¹⁵⁾, che è assai interessante sotto il punto di vista storico.

Sull'indaco. - Nel suo *Jaresbericht* pel 1841 riassume magistralmente i numerosi lavori fatti in quel tempo sull'*indaco* da Fritzsche, Gerhardt, Dumas, Erdmann e Laurent; ma egli si ferma specialmente sui lavori classici di Laurent, che loda senza restrizione; fa notare il grande numero di corpi nuovi scoperti da Laurent. «Le ricerche di Laurent sulle metamorfosi dell'indaco, scrive Berzelius⁽⁴¹⁶⁾, costituiscono senza dubbio il lavoro più importante che sia stato pubblicato, sotto il punto di vista teorico della chimica organica, dopo le ricerche di Wöhler e Liebig sull'acido urico, e di Bunsen sui composti del cacodile. Il lavoro di Laurent è meraviglioso (*étonnant*) per la ricchezza in nuovi composti, che sono descritti in modo caratteristico e per un gran numero di analisi esatte», ecc.

Il Berzelius non si limita a riferire su questi lavori, ma li sviscera, entra nella questione, e mette idee nuove. Trovo ad esempio che egli⁽⁴¹⁷⁾ fa derivare tutti i derivati dell'indaco da radicali non ossigenati, che denomina:

Indene	$C^{16}H^{10}N^3$
Isatene	$C^{16}H^{12}N^2$
Porrindene	$C^{16}N^8N^2$ ⁽⁴¹⁸⁾
Fulvindene	$C^{16}H^6N^2$

Il Berzelius stesso già prima, sin dal 1827⁽⁴¹⁹⁾, aveva fatto delle ricerche sperimentali sull'indaco; anzi può dirsi che fu il primo a tentare uno studio profondo sull'indaco; ottenne spe-

⁽⁴¹³⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 107.

⁽⁴¹⁴⁾ Per questi lavori rimando al suo *Trattato di Chimica*, traduz. ital., 1833, t. VII. pag. 76-77, e in Figuiet, *L'Année scient.*, t. IV, pag. 176.

⁽⁴¹⁵⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 146. *Journ. de Pharm.*, oct. 1840; *Rev. scient. et industr.*, 1840, t. III, p. 66. Questa Memoria fu mandata agli *Ann. de Chim. et de Phys.*, fra i cui redattori era Dumas, ma non fu pubblicata. Si veggia anche una lettera di Berzelius a Pelouze in *A. Ch.* [2], 1839, t. LXXI, pag. 137.

⁽⁴¹⁶⁾ *Jahresb.*, 1842 (ed. franc.), pag. 256.

⁽⁴¹⁷⁾ *Loc. cit.*, pag. 257.

⁽⁴¹⁸⁾ Così nel testo, ma si tratta di un evidente errore di stampa. Va letto: $C^{16}H^8N^2$ [Nota per l'edizione elettronica Manuzio]

⁽⁴¹⁹⁾ *P. A.*, 1827: *A. Ch.*, 1827 [2]. t. XXXVI, pag. 310 e 350.

cialmente i solfoacidi dell'indigotina, che furono poi meglio studiati dopo⁽⁴²⁰⁾. Egli diceva che pochi corpi come l'indaco presentano difficoltà ad essere ottenuti allo stato di purezza.

Zucchero di canna, ecc. - Berzelius si è anche occupato della composizione dell'*amido*⁽⁴²¹⁾, del saccarosio, del lattosio, della gomma, ecc.⁽⁴²²⁾.

Boro e suoi composti. - Importanti e numerose sono le sue ricerche sul boro e sull'acido borico. Indicò il modo di ottenere il boro e i suoi diversi stati allotropici⁽⁴²³⁾. Qui si trovano anche le sue ricerche sull'anidride borica B^2O^3 ⁽⁴²⁴⁾. Egli fece le prime analisi esatte dell'anidride borica, mentre erano inesatte quelle di Davy, di Gay-Lussac e di Thenard. Ed invero:

	Calcol.	Berzelius	H.Davy	Gay-Lussac E Thenard
B^2	31,22	31,19	33 a 36	33
O^3	68,78	68,81	67 a 64	67

Scoprì il *fluoruro* BF^3 e il *tricloruro di boro* BCl^3 . Bisogna ricordare anche le sue ricerche sull'*anidride carbonica*⁽⁴²⁵⁾.

Composti di manganese. - A lui debbono ricerche importanti sugli ossidi di manganese⁽⁴²⁶⁾ e specialmente su MnO , Mn^3O^4 , Mn^2O^3 .

Arsenico, antimonio e loro composti. - Anche qui si fa sentire potentemente la mano di Berzelius; dopo aver determinato con esattezza la composizione degli *acidi arsenioso e arsenico*⁽⁴²⁷⁾, studiò anche l'arsenico metallico, i suoi solfuri ed altri composti di questo elemento.

Così può dirsi dell'antimonio; determinò la composizione degli acidi antimonioso e antimonico e di molti altri composti antimoniali. Scoprì il *fluoruro di antimonio* SbF^3 ⁽⁴²⁸⁾.

Magnifico è il suo lavoro critico e sperimentale sul Kermes minerale⁽⁴²⁹⁾.

Bismuto e composti. - Berzelius fu il primo a fare uno studio accurato di questo metallo-metalloide⁽⁴³⁰⁾.

Acidi crenico ed apocrenico. - Sono due acidi unici ancor poco conosciuti che il Berzelius trovò nelle acque minerali di Porla specialmente allo stato di sali di ferro. Furono poi trovati in altre acque. La parola *crenico* fu derivata dal Berzelius da $\chi\rho\eta\nu\eta$, (sorgente), e apocrenico perchè si forma dal precedente, come nei depositi degli estratti⁽⁴³¹⁾. Dei composti analoghi a questi ammette Hervé-Mangon nei terreni⁽⁴³²⁾. Sono i primi acidi organici trovati nelle acque minerali.

Ricerche sul cotton-polvere e nitrocellulosa. - Non appena scoperto da Schönbein nel 1846 il cotton-polvere o cotone fulminante, il Berzelius ne diede ampia notizia nel suo *Jahresb. f. Chem.* o

⁽⁴²⁰⁾ Si veggia anche il suo *Rapp. Ann.*, 1840, p. 239.

⁽⁴²¹⁾ *A. Ch.* [1], t. XCV, pag. 82.

⁽⁴²²⁾ *Loc. cit.*, pag. 59.

⁽⁴²³⁾ *Schw.*, 1818, t. XXIII; *P. A.*, 1824, t. II.

⁽⁴²⁴⁾ *P. A.*, 1835, t. XXXIV.

⁽⁴²⁵⁾ *Ivi.*, 1839, t. XLVII; *A.*, 1839, t. XXX.

⁽⁴²⁶⁾ *Schw.*, t. VII; *A. Ch.*, 1817, t. V, pag. 149; Berzelius e Arfvedson, *A. Ch.*, 1817, t. VI, pag. 204.

⁽⁴²⁷⁾ *A. Ch.*, 1817, t. V; 1819, t. XI, pag. 225; *Schw.*, t. XXXIV; *P. A.*, 1826, t. VII.

⁽⁴²⁸⁾ *Schw.*, 1812, 1818 e 1822; *P. A.*, 1824, 1830 e 1836.

⁽⁴²⁹⁾ *Rapp. Ann.*, 1840, pag. 51 e seg.

⁽⁴³⁰⁾ *Gilb.*, 1812, t. XL; *Schw.*, 1814, t. VII.

⁽⁴³¹⁾ *Sur deux acides organiques qu'on trouve dans les eaux minérales* (*A. Ch.* [2], 1833, t. LIV, pag. 219).

⁽⁴³²⁾ Figuiet, *L'annee scient.*, t. IV, pag. 148.

Rapp. Ann. pel 1847 e vi aggiunse tutte le esperienze sue e fatte da altri nei mesi successivi alla scoperta di Schönbein. Numerosi lavori si fecero subito in Isvezia⁽⁴³³⁾ da Svanberg, da Westerling e Staaf ed altri. Ricorda pure le esperienze fatte dal nostro Cavalli nella polveriera di Aken in Svezia, colle quali riconobbe che la forza di proiezione del coton-polvere aumenta in una proporzione più grande che il peso della materia impiegata, e che il suo effetto è quattro volte più grande di quello di una quantità uguale di polvere nera. Ricorda pure un lavoro di Zantedeschi pubblicato nell'Accademia di Stockholm.

XV.

Apparecchi e strumenti.

Berzelius ha arricchito la tecnica sperimentale, specialmente analitica, come nessun altro chimico ha fatto prima di Bunsen; a lui si debbono non solo utili perfezionamenti nell'uso del cannello ferruminatorio, ma l'uso di una lampada ad alcol e a doppia corrente d'aria, che si adoperò col nome di *lampada di Berzelius*, sino a quando si usò il gas illuminante, cioè verso il 1850-1860.

Berzelius ha portato utili modificazioni e perfezionamenti alla bilancia di precisione per analisi. La bilancia, dopo Lavoisier e Berzelius, è diventata per i chimici l'istrumento principe. Il modo di sollevare e mantenere in riposo il giogo ed i piattelli è dovuto a Galm; l'altro di sostenere i piattelli su lamine d'acciaio pare dovuto al Cavendish, ma è più probabile debbasi allo stesso Berzelius, il quale per facilitare le pesate pensò di dividere i brani in 10 parti uguali, secondo il principio della bilancia romana; si può così pesare le frazioni di milligramma senza cambiare il contrappeso, solamente col far variare la posizione dei milligramma a forma di cavaliere.

A lui si debbono i tubi pel lavaggio automatico dei precipitati⁽⁴³⁴⁾; come pure una carta da filtro speciale, di pura cellulosa, detta *carta Berzelius* anche oggi, per le analisi delicate.

I *tubi di gomma elastica* o di caucciù, tanto in uso da circa 70 anni, sono stati preparati e proposti per uso degli apparecchi di chimica dal Berzelius. Egli indica nel suo *Trattato di Chimica*, 4^a edizione tedesca e 2^a francese, vol. IV, il modo di prepararli e le avvertenze per usarli e conservarli. Ne fa cenno anche nel *Jahresb.*, 1843 (edizione francese), pag. 142, in nota.

Numerose avvertenze per l'uso dei crogiuoli, specialmente di platino sono del Berzelius.

Nel suo antico *Trattato* vi è un'appendice che riguarda le *operazioni ed apparati; spiegazioni dei termini tecnici della chimica per ordine alfabetico*. È una specie di dizionario utilissimo specialmente in quei tempi in cui non vi erano opere simili. Tutte le avvertenze speciali per pesare; intorno all'uso della bilancia, ecc., sono del Berzelius stesso.

XVI.

Coltura scientifica e letteraria del Berzelius.

Berzelius aveva una coltura scientifica e letteraria straordinaria; egli è stato un grande lavoratore: di laboratorio e di tavolino. Pochi uomini hanno scritto quanto il Berzelius, per un periodo di cinquant'anni. Le sue principali opere furono tradotte in tedesco, francese, inglese, italiano.

Egli scrisse il vero primo grande *Trattato di Chimica* concepito in senso tutto suo speciale e moderno e che servì di modello agli altri posteriori. Questo grande Trattato apparve la prima volta in lingua svedese col titolo: *Larebok i Kemien*, Stockholm 1808-1818, in 3 vol. in-8°; la 2^a ediz. è del 1817-1830, in 6 volumi. Fu subito tradotto nelle principali lingue.

⁽⁴³³⁾ *Æfversigt af K. Vet. Akad.*, Foerhandl. III e IV.

⁽⁴³⁴⁾ Di questi tubi di lavaggio automatici ne parla in una lettera a Dulong e in un'altra a Wöhler.

Importante è la 3^a ediz., tradotta in francese nel 1836-1843, in 4 grossi vol. in-4° dal Valerius. Il quarto volume comprende il *Trattato sull'uso del cannello ferruminatorio*, un *Dizionario degli strumenti ed apparecchi chimici*, ecc.

L'ultima edizione tedesca, la 5^a, fu tradotta in francese da Hoefer ed Esslinger, Paris, Firmin-Didot, 6 vol. in-8°, 1845-1850, e, causa la morte dell'autore, non fu terminata.

La 2^a edizione, tradotta in francese dal Jourdan e da Esslinger, fu tradotta in italiano dal Duprè a Venezia: *Trattato di Chimica* di J. J. Berzelius, Venezia 1830-1833, in 8 vol. in-8°.

Questo *Trattato di Chimica* del Berzelius ha dominato anche nell'insegnamento può dirsi dal 1810 al 1850 e più; fu il tipo sul quale si conformarono gli altri Trattati di Thenard, di Dumas, ecc. Ma per la parte scientifica è superiore a tutti.

Questo *Traité de Chimie* non è un libro di compilazione, come sono in generale i Trattati, ma invece è, dopo quello di Lavoisier, il primo esempio di un Trattato scritto per coordinare la scienza a seconda delle idee e dei lavori dell'autore stesso; è, come dovrebbe dirsi, un Trattato originale che rispecchia la mente e le ricerche originali dell'autore. Dopo il *Traité* di Berzelius abbiamo avuto, veramente originali, quelli di Gerhardt, di Kolbe, di Kekulé, che sono appunto opere veramente personali, le quali ancora oggi il chimico ha bisogno di consultare.

Il *Trattato di Chimica* del Berzelius si legge volentieri ancora oggi, perchè vi sono sparse con grande profusione delle idee proprie dell'autore e delle osservazioni che non si trovano in altre parti delle sue opere. Quali esempi, posso citare i casi della catalisi, le osservazioni sulla passività del ferro, le osservazioni sulla solubilità nell'acqua di corpi che generalmente si ritengono insolubili (corpi allo stato colloidale), ecc.

La grande coltura e senso critico di quest'uomo è dimostrata dalla pubblicazione, iniziata nel 1822, dei suoi *Jahresberichte über die Fortschritte der physischen Wissenschaften*, pubblicati in svedese e tradotti in tedesco annualmente prima da C. G. Gmelin, poi dal Wöhler. Questa pubblicazione era fatta sotto gli auspici della R. Accademia delle Scienze di Stockholm, alla quale il Berzelius, che ne era segretario perpetuo, la presentava ogni anno alla fine di marzo. È la raccolta di tutti i lavori di chimica e scienze affini che si pubblicavano nei vari giornali e atti di Accademie in ogni annata. Alla morte del Berzelius (1848) furono continuati da Liebig e Will, poi dal Naumann, dal Fittica, ecc., e costituiscono ora la grande collezione che va sotto il nome di *Jahresberichte für Chemie*.

Le annate dal 1836 al 1848 furono tradotte in francese dal Plantamour col titolo: *Rapport annuel des progrès de la chimie et de la minéralogie*; alcune annate, dal 1838 al 1842, furono tradotte anche in italiano dal farmacista Sembenini⁽⁴³⁵⁾.

È una forma di pubblicazione che servì in seguito di esempio per altre scienze, quale la fisica.

Specialmente le ultime annate dei suoi *Rapp. Ann.* sono meravigliose per l'acume, la critica, l'esposizione chiara dei principali lavori di quel tempo. E ciò all'età di quasi 70 anni, dopo un immenso lavoro, continuato per cinquant'anni!

In questi *Rapporti Annuali* sono magnificamente analizzate e discusse le più importanti opere e Memorie del tempo; leggere quei riassunti delle Memorie termochimiche di Hess e di Andrews, sui calori specifici, sui libri di Liebig, ecc., è un vero godimento intellettuale. Sui lavori più importanti egli espone il suo giudizio e fa le osservazioni più acute.

Le altre numerose opere riguardanti la teoria atomica, il cannello ferruminatorio, l'analisi chimica, ecc., furono ricordate nei singoli capitoli, ove si discorre appunto di queste opere.

Come ho già detto in altra parte di questo lavoro, Berzelius scorgeva con un colpo d'occhio sicuro le analogie e le differenze tra corpi e reazioni. A cagion d'esempio, le aldeidi; io credo che

⁽⁴³⁵⁾ G. B. SEMBENINI era un farmacista assai colto, credo di Mantova o di Verona, che tradusse varie opere di chimica in italiano. Innanzi tutto ricordo la traduzione in 6 grossi volumi del *Trattato di Chimica* del Thenard, Verona 1841-1845, al quale il Sembenini aggiunse un *Supplemento* in 2 volumi. Egli era un entusiasta ammiratore dell'opera del Berzelius e tradusse anche alcune annate del *Rapport Annuel*, che li fece seguire all'opera del Thenard.

egli pel primo abbia fatto notare verso il 1835 le analogie fra l'aldeide acetica e l'aldeide benzoica, cioè l'essenza di mandorle amare, come pure tra l'acido acetico e l'acido benzoico.

Di maggiore importanza sono le sue osservazioni sui corpi isomeri, sull'allotropia, ecc.

Egli notava spesso la contraddizione in cui cadevano anche dei chimici di valore: in una lettera a Pérouze del 15 luglio 1839⁽⁴³⁶⁾, relativa alle sostituzioni, fa vedere la completa contraddizione colla quale Dumas scriveva nei *C. R.*, 1° semestre 1838, e quanto scriveva poco dopo alla fine dello stesso anno od in principio del 1839 quando scoprì l'acido tricloroacetico.

Magnifica è la lettera che il Berzelius scrisse al Gay-Lussac il 22 aprile 1817⁽⁴³⁷⁾ in difesa dei suoi lavori, avendolo Gay-Lussac accusato ingiustamente di inesattezza, di non ricordare i lavori degli altri chimici e di aver ammesso l'esistenza di ossidi non esistenti. Forse Berzelius non aveva dimenticato il modo di comportarsi di Gay-Lussac verso Davy. A pag. 159 scrive: «..... Quant au reproche que j'ai trop négligé de rappeler des chimistes, etc., j'ose vous assurer que si cela a effectivement eu lieu, a été tout-à-fait sans l'intention de vouloir m'approprier des découvertes faites par d'autres. J'ai même pour principe de ne jamais rien réclamer de ce que je trouve usurpé, ou attribué à d'autres par partialité ou amour-propre national. Je déteste cette sorte de dispute; notre but commun est l'avancement de la science, et pour ce but, peu importe qui a le premier prouvé telle ou telle chose; se sera à une génération future d'écrire l'histoire des progrès faits par celle-ci; et sans faire attention aux disputes d'aujourd'hui sur la priorité des découvertes, elle rendra *suum cuique*». E intanto ricorda a Gay-Lussac di aver egli stesso dimenticato due Memorie di Berzelius pubblicate nel 1813 e 1814! Inoltre in questa lettera Berzelius dice di aver ripetuto alcune esperienze che dimostrano l'esistenza di due acidi stannici o ossidi di stagno che hanno la stessa composizione e proprietà diverse. Del resto egli aveva molta stima di Gay-Lussac.

Egli aveva un colpo d'occhio sicuro in tutte le parti della chimica. Quando, a cagion d'esempio, Noellner⁽⁴³⁸⁾ ottenne un acido particolare dalla fermentazione spontanea del tartrato di calcio, al quale acido diede il nome di *acido pseudoacetico*, inviò un campione del sale di piombo a Berzelius, il quale riconobbe subito che il supposto acido particolare detto pseudoacetico non era che una miscela di acido acetico e di acido butirrico⁽⁴³⁹⁾. Berzelius dice: «Noellner ha avuto la bontà di inviarmi un campione del sale di piombo basico di quell'acido. Aprendo il vaso io notai subito un odore ben distinto di acido butirrico».

È stato dunque Berzelius il primo ad osservare il fatto importante che l'acido tartarico per fermentazione può trasformarsi in acido butirrico. Nicklès non s'accorse che l'acido di Noellner era acido butirrico impuro.

Per la conoscenza della vita, dell'opera scientifica e della coltura di Berzelius sono assai importanti i lavori pubblicati dal prof. Söderbaum:

Jacob Berzelius. Selbstbiographische Aufzeichnungen, con note, in *Kahlbaum's Monographien a. d. Gesch. d. Chem.*, 1903, Hef VII.

E le lettere tra Berzelius e Davy, Berthollet e Marcet

Correspondance entre Berzelius et C. L. Berthollet (1810-1822). Upsala 1912.

Correspondance entre Berzelius et sir Humphry Davy (1808-1825). Upsala 1912.

Correspondance entre Berzelius et Alexandre Marcet (1812-1822). Upsala 1913.

E recentemente:

Correspondance entre Berzelius et Dulong, 1915, che è interessantissima.

Ed inoltre le seguenti:

Berzelius und Liebig. Ihre Briefe von 1831-1845, ecc., 2^a ediz., von Justus Carrière. München 1898.

Berzelius; Werden und Wachsen, 1779-1821, von H. G. Söderbaum, in *Monographien a. d. Gesch. der Chemie*, Heft III, Leipzig 1899.

⁽⁴³⁶⁾ *A. Ch.* [2]. 1839, t. LXXI, pag. 137.

⁽⁴³⁷⁾ *Ivi* [2], 1817, t. V, pag. 159.

⁽⁴³⁸⁾ *A.*, t. XXXVIII, pag. 299.

⁽⁴³⁹⁾ *Rapp. Ann.*, 1842, pag. 132.

I diari o Note di viaggio di Berzelius furono completamente pubblicati in *Jac. Berzelius Reseanteckningar*, da Söderbaum nel 1903 in un grosso volume in-8°. Stockholm, Norsted e Söner.

Briefwechsel zwischen Jac. Berzelius und F. Wöhler, mit einem Commentar von J. von Braun, herausg. von O. Wallach, 2 volumi in-8°, Leipzig 1901.

La corrispondenza con Magnus fu pubblicata nel 1900:

Aus Jac. Berzelius und Gustav Magnus Briefwechsel in den Jahren 1828-1847, herausg. v. Edvard Hjelt. Braunschweig, 1900, 1 vol. in-8° di 188 pagine.

La corrispondenza *Berzelius-Schönbein* fu pubblicata nelle *Monographien a. d. Gesch. d. Chem.* del Kahlbaum (V. pag. 343).

Le lettere scientifiche scritte da quest'uomo sono in numero straordinario; molte sono già state pubblicate nelle raccolte sovraricordate, ma molte altre restano da pubblicare e le pubblicherà il Söderbaum.

La sua corrispondenza era generalmente in lingua tedesca o in lingua francese. Molti scienziati di gran valore, mineralogi e geologi, come il Brongniart, hanno fatto volentieri qualche viaggio in Isvezia per andare a vedere e conoscere personalmente il Berzelius, dal quale avevano ampie notizie intorno alle preziose miniere di quel paese.

Con Löwenheim pubblicò un lavoro, che io non potuto vedere: *Alphabetisches Verzeichniss der Gehalte sämtlicher bekannter chemischer Verbindungen*, in *Schw. Jours.*, 1819, t. XXVII. pag. 113.

Credo inutile raccogliere in un capitolo a parte la *bibliografia* dei lavori di Berzelius; ho citato man mano tutti i principali lavori e tutte le opere che egli ha pubblicato.

XVII.

Lavoisier e Berzelius nella storia della scienza.

Parlare di Berzelius senza discorrere anche di Lavoisier è, si direbbe, quasi impossibile; sono due grandi, l'uno dei quali ha continuata, sviluppata, ingrandita immensamente l'opera scientifica dell'altro.

A chiunque incominci lo studio della chimica, la prima grande figura che si presenta è quella di Lavoisier⁽⁴⁴⁰⁾. Egli è la prima personalità della chimica; ed invero il suo nome voi lo trovate nelle prime pagine di ogni Trattato di Chimica ben fatto, non fosse altro per l'enunciato della sua famosa *legge della conservazione della materia, o della massa, o del peso*. Egli stabilì su solide basi sperimentali il grande principio che in natura *nulla si crea, nulla si perde*.

Inoltre, egli è stato il più grande chimico del secolo XVIII, e forse anche di tutti i tempi, per la straordinaria influenza che ha avuto sul progresso della scienza; dico precisamente della scienza in genere, e non solamente della chimica, perchè le sue scoperte e teorie hanno fatto cambiare indirizzo, hanno rinnovato, anche altre scienze, quali: la fisiologia, la fisica, la medicina, le scienze naturali.

⁽⁴⁴⁰⁾ I. Guareschi, *Lavoisier, sua vita e sue opere*, Torino, Unione Tip. Editrice, 1903, 1 vol. di 160 pagine in 4° a due colonne, con figure e tavole separate (estratto dal *Suppl. Ann.*, t. XIX, 1903). Questo è il lavoro più ampio e completo che sia stato scritto in Italia sul grande chimico; vi sono riprodotte alcune delle principali Memorie originali. Al *Congresso storico internazionale di Roma*, aprile 1903, nella sezione VIII, per la storia delle scienze matematiche e naturali e la medicina, io lessi un lavoro intitolato: *Lavoisier accusato di essersi appropriato i lavori scientifici di altri. È fondata questa accusa?* Quel mio studio piacque ai congressisti, ed allora io mi decisi a riunire le mie numerose note che da tempo avevo raccolte su Lavoisier, e nel medesimo anno pubblicai il lungo lavoro sovraricordato.



Antonio Lorenzo Lavoisier
16 agosto 1741 - 8 maggio 1794.

La teoria del *flogisto*, che si era diffusa in tutte le scienze naturali e mediche, è stata la prima vera grande teoria scientifica che abbia avuto la chimica, ma era diventata molto aggrovigliata, molto confusa, ed era una dottrina basata su errori di fatto. Lavoisier con un tratto di genio rovescia questa teoria per erigerne una nuova, basata sul metodo galileiano.

La dottrina del *flogisto*, coi grandi lavori di Berthollet, Davy, Dalton, Gay-Lussac e specialmente di Berzelius, ricevette gli ultimi colpi.

Il Mendelejeff giustamente osservava che «poco dopo la morte di Newton nacque Lavoisier ed il nome di questo sapiente deve essere iscritto nelle scienze della Natura immediatamente dopo Galileo e Newton».

La legge dell'eternità della materia fu indubbiamente stabilita da Lavoisier.

La legge della conservazione della massa, o del peso, e della indistruttibilità della materia costituisce la base della *statica chimica*, come la legge o principio della conservazione dell'energia (J. R. Mayer) costituisce il fondamento della *dinamica chimica*.

«La spiegazione geniale che Lavoisier ha dato dei fenomeni della combustione ha fatto entrare la chimica nel suo periodo attuale». Con queste belle e significative parole, che concordano colla mia affermazione, il Wislicenus incominciava nel 1887 la sua conferenza: *Sui progressi della isomeria*.

L'animo nostro si sente rafforzato, si sente ingentilito ed ingrandito quando volge la propria attenzione ai pochi veramente grandi uomini che furono i fondatori della scienza attuale e limitandomi alla fine del secolo XVIII e principio del XIX, basta ricordare: Scheele, Lavoisier, Berzelius, Davy, Liebig; ma sopra tutti emergono Lavoisier e Berzelius.

Ma d'altro lato, pensando alle condizioni attuali dell'umanità, ci viene alle labbra la domanda: dunque tanta scienza a che ha servito? Che sia forse vero ch'essa abbia servito solamente a facilitare i godimenti materiali e da ciò gli odi commerciali ed industriali? No, non possiamo crederlo. Quei grandi spiriti disinteressati del secolo XIX, che portano i nomi di Volta, Dalton, Avogadro, Berzelius, Melloni, Humboldt, Arago, Helmholtz, Wöhler, De Buch, Bessel, Gauss e tanti altri, tutti hanno lavorato per un nobile scopo, che non sia quello di aumentare l'agiatezza ed i godimenti materiali della vita.

La chimica in modo particolare, col suo rapido ed enorme sviluppo, in meno di un secolo ha fatto progredire l'umanità forse più di ogni altra scienza, perchè la chimica è la scienza che più si intreccia, si insinua, che più ha correlazioni colle altre scienze. Essa ha un vastissimo campo, e la sua influenza si fa sentire in tutte le direzioni: colle applicazioni all'agricoltura aumenta la produzione degli alimenti dell'uomo, colla sintesi delle materie coloranti contribuisce all'accrescimento del senso della bellezza; colla scoperta dei più potenti medicinali (morfina, chinina, acido salicilico, antipirina) lenisce i dolori fisici; colle più elevate concezioni teoriche innalza l'animo umano alle più

sconfinare altezze e produce il vero godimento intellettuale... Ma d'altra parte col progredire della metallurgia, colla scoperta di nuovi esplosivi, o di nuovi potenti veleni, purtroppo contribuisce anche ad aumentare i mezzi coi quali l'uomo manifesta con più violenza l'odio e la ferocia, che stanno nascosti sotto il velo, talvolta sottilissimo, della civiltà!

È tanto grande l'influenza che ha avuto ed ha sempre Lavoisier sul progredire della scienza, che anche noi non possiamo discorrere o discutere intorno alla calcinazione, alla combustione, all'ossigeno, all'aria, all'acqua, alla respirazione, al carbonio e gli altri elementi, all'analisi elementare, ecc., senza ricordare il nome di lui.

Colla nuova dottrina della combustione e della composizione dell'acqua, Lavoisier fece crollare il grande e vecchio edificio dei famosi quattro elementi di Anassimandro, di Empedocle e di Aristotele, cioè: l'aria, il fuoco, l'acqua e la terra, e fece vedere, anzi dimostrò che questi supposti quattro elementi erano in realtà dei corpi composti. I predecessori di Lavoisier, compreso lo stesso grande Boyle, non avevano idee chiare intorno al significato chimico di corpo semplice e di corpo composto. Lavoisier solo ha introdotto nella nuova chimica il chiaro concetto di elemento, quale non era stato nella mente di Boyle nè di altri sapienti. L'Ostwald stesso, non troppo tenero per Lavoisier, scrive: «D'ailleurs, Lavoisier a introduit le concept d'élément chimique, qui, depuis, a régné sans modifications pendant plus d'un siècle»⁽⁴⁴¹⁾. E questo concetto può ben dirsi che regna sovrano tuttora, per quanto modificato, se si vuole.

Già Geber (secolo VIII) ed altri alchimisti, già Biringucci (1540), già Cardano (1553)⁽⁴⁴²⁾ e A. Cesalpino, poi G. Rey (1630), poi Boyle e Mayow, Beccaria, Bayen, il Lomonossow (1711-1765)⁽⁴⁴³⁾ ed altri ancora, avevano osservato che i metalli calcinati aumentano di peso; ma che vuol dire ciò? Quali serie conclusioni ne avevano tratto? Nessuna. Sia perchè le esperienze non erano condotte con metodo galileiano, sia perchè non si conosceva ancora la natura dell'aria e dell'acqua. Lavoisier invece, mente sintetica e generalizzatrice per eccellenza, ha fatto conoscere in modo mirabilmente chiaro la grande funzione dell'ossigeno. A proposito del Mayow, il Mendelejeff scriveva:

«Già un secolo prima di Lavoisier il chimico inglese Mayow (nel 1666) aveva tentato di spiegare certi fenomeni di ossidazione, ma egli non seppe sviluppare le sue opinioni con chiarezza, nè riunire in un tutto la sua dottrina, nè appoggiarla con esperienze decisive; e così l'onore di aver fondato la chimica moderna deve interamente rimanere a Lavoisier».

«La scienza (egli continua) è un patrimonio comune, e l'equità esige che la più grande gloria scientifica sia dovuta non a colui che per primo ha enunciato una verità, ma a colui che ha saputo svilupparla, dimostrarla ed a farne un bene generale»⁽⁴⁴⁴⁾.

La questione dei precursori di Lavoisier ha attivato l'attenzione di alcuni storici inglesi e tedeschi; ma è questione direi secondaria. Questioni come queste sono *minuterie* storiche che è bene vi siano, e stiano negli archivi, e siano poi utilizzate per le voluminose storie, ma non diminuiscono affatto l'importanza e l'influenza di colui che ha saputo far penetrare le sue idee nei principali cervelli del suo tempo e dopo. Nelle sintesi storiche sono queste grandi figure che campeggiano.

E che le idee di Lavoisier fossero ai suoi tempi nè facili da concepirsi, nè facili da introdursi nella nuova chimica, lo prova il fatto che i maggiori chimici di allora: Bergman, Seheele, Priestley, Cavendish morirono perfettamente convinti della verità della teoria flogistica. E non possiamo, a cagion d'esempio, dimenticare che la teoria del flogisto era così radicata nella medicina, che ancora nel 1837 e ancora dopo il 1840, si usava correntemente la parola *flogosi* per infiammazione; il fa-

⁽⁴⁴¹⁾ *L'évolution d'une science, la Chimie*, trad. fr., Paris 1909, pag. 24.

⁽⁴⁴²⁾ Affermasi che Cardano nel 1553 osservasse l'aumento di peso del piombo calcinato all'aria. Il fatto è citato da Humboldt nel *Cosmos*. t. II, pag. 416. Io non ho potuto controllare. Ma qui Humboldt erra quando subito dopo scrive, relativamente a Cardano: «... e, penetrato o invaso da questa favolosa teoria del *flogisto*, egli aveva attribuito l'aumento di peso allo sviluppo di una materia ignea e celeste, che avrebbe avuto la proprietà di alleggerire i corpi». La teoria del flogisto viene almeno un secolo dopo Cardano.

⁽⁴⁴³⁾ Su Michele Lomonossow e la chimica in Russia ho quasi pronto un lungo lavoro, sin dall'anno scorso.

⁽⁴⁴⁴⁾ *Principes de Chimie*, t. I, pag. 26.

moso libro del nostro Rasori *Teoria della flogosi*, fu pubblicato nel 1837 e tradotto in francese nel 1839.

Il principale lavoro dei chimici al principio del secolo XIX fu la conferma del sistema e delle profezie di Lavoisier. Questo grande chimico e fisico ammise che tutti i corpi risultassero dalla combinazione di un acido con una base:

base + acido = sale;

tanto la base quanto l'acido alla loro volta dovevano derivare dalla combinazione di un radicale con l'ossigeno e quindi:

mercurio + ossigeno = ossido di mercurio;

solfo + ossigeno = acido solforico;

fosforo + ossigeno = acido fosforico.

Il *radicale* per Lavoisier era l'elemento che combinato coll'ossigeno poteva dare un ossido basico oppure un ossido acido.

Questo sistema *dualistico* fu subito accettato e sviluppato dai chimici. Lavoisier stesso, estendendolo a corpi di cui non conosceva ancora la natura, ne prevede la composizione vera. Egli profetizzò che la potassa e la soda, e le terre, erano corpi costituiti da elementi ancora ignoti combinati coll'ossigeno, che la silice fosse un corpo composto di *silicium* coll'ossigeno, che l'acido bórico contenesse il radicale *borium*, o *boracicum*, ecc. Tutte previsioni che furono verificate.

Lavoisier fece vedere le strette relazioni tra lo stato gassoso, liquido e solido della materia ed ammise, in modo molto chiaro, la trasformazione dei gas in liquidi e solidi; previsione che nessuno aveva fatto prima di lui. Egli discorre del passaggio dallo stato solido al liquido e all'aeriforme e viceversa, come se ne parlerebbe oggi⁽⁴⁴⁵⁾.

«L'aria, in queste supposizioni (egli scrive), o almeno una parte delle sostanze aeriformi che la compongono, cesserebbero senza dubbio di esistere nello stato di fluido invisibile in mancanza di un grado di calore sufficiente; essa ritornerebbe dunque allo stato di liquidità, e questo cambiamento produrrebbe dei nuovi liquidi di cui noi non abbiamo nessuna idea».

Questi suoi magnifici concetti furono attuati, nei tempi moderni, prima per opera di Lib. Giov. Baccelli nel 1812 e poi, meglio, dal Faraday nel 1823. Era cosa chiara nella mente di Lavoisier l'idea del passaggio di stato di uno stesso corpo che a proposito del gas acido cloridrico o muriatico di Priestley scriveva nel 1792⁽⁴⁴⁶⁾:

«Non si è ancora tentato di sottomettere questo gas ad una pressione fortissima e ad una temperatura bassissima; è probabile che combinando questi due mezzi e spingendoli più innanzi di quanto non si faccia nelle ordinarie esperienze, si perverrà a ridurre il gas muriatico allo stato solido od allo stato liquido». Ed ora sappiamo che il gas cloridrico si può ottenere liquido e cristallizzato con grande facilità. Quali e quante profezie meravigliose!

Berzelius, come già dissi, deve riguardarsi come il vero continuatore della grandiosa opera di Lavoisier. «Uno dei principali assunti di Berzelius, scriveva Cannizzaro nel 1871, nel progressivo sviluppo della chimica fu certamente quello di ripigliare e di continuare i lavori di Wenzel, di Richter e di Bergman, sui rapporti quantitativi tra i componenti dei sali, dopo che la completa vittoria del sistema di Lavoisier aveva tolto gli ostacoli che a tale continuazione si frapponevano».

Ed ecco come il Berzelius accenna alla nuova teoria della combustione di Lavoisier⁽⁴⁴⁷⁾:

«Jetons un coup-d'œil sur les anciennes théories de la combustion. Stahl l'expliqua par le dégagement de la combustibilité; il fit de cette propriété une substance qu'il nomma *phlogiston*, laquelle, en se dégageant, produisait le feu. On sait avec quelle sagacité il se servit de cette théorie pour expliquer les phénomènes connus de son temps, en sorte qu'elle suffit aux besoins de la science pendant plus d'un demi-siècle. Bayen observa enfin qu'il était impossible d'expliquer, par la théorie de Stahl, la réduction de l'oxyde de mercure opérée sans l'addition d'aucune substance

⁽⁴⁴⁵⁾ V. il mio *Lavoisier*, pag. 91.

⁽⁴⁴⁶⁾ *Œuvres*, t. II, pag. 787.

⁽⁴⁴⁷⁾ *Essai sur la théorie des proportions chimiques*, 1819, pag. 57; *Trattato di Chimica*. ediz. ital., Venezia 1833, t. IV, pag. 558.

combustibile: et Lavoisier, qui sentit tout le prix de cette observation, prouva ensuite, par d'admirables expériences, que la destruction de la combustibilité, au lieu d'être accompagnée de la perte de quelque substance, consiste dans une combinaison avec un corps pondérable, mais gazeux, auquel il donna le nom d'oxygène. L'habitude d'une opinion produit souvent une conviction complète de sa justesse; elle en cache les parties faibles et rend l'homme incapable d'apprécier les preuves contraires. Ainsi, la nouvelle explication donnée par Lavoisier, quoiqu'elle ne fût proprement que l'exposition d'un fait que chaque chimiste était à même de vérifier, n'obtient pas d'abord l'approbation générale. Il fallut de longues disputes pour convaincre un grand nombre de contemporains de ce savant, de la réalité du phénomène qu'il avait annoncé, et de la justesse de la conclusion qu'il en avait tirée. À présent on a entièrement abandonnée l'idée que la combustibilité est une substance; le phlogiston ne conserve dans la chimie qu'une place historique, et il nous est définitivement prouvé que la combustion consiste dans la combinaison de l'oxygène avec le corps combustible, accompagnée du phénomène de l'ignition».

Poi prosegue ancora con queste belle parole che non dovrebbero mai essere dimenticate:

«Lavoisier s'attacha principalement à développer et à soutenir par des preuves sa nouvelle opinion sur la nature de la combustion. Il ne négligea point le phénomène du feu; mais celui qui suit le développement de ses idées, s'aperçoit qu'il ne l'explique que accessoirement. Dans nombre de cas, le gaz oxygène absorbé s'était solidifié, et son calorique latent, mis en liberté, avait produit de la chaleur. Cependant, comme dans la théorie anti-phlogistique la lumière et le calorique sont des substances différentes, il restait la difficulté de concevoir d'où venait la lumière; mais la fureur des troubles civils ne permit pas à la nature de mettre le terme aux grands travaux de Lavoisier. Il périt à la fleur de son âge, avant d'avoir pu achever l'ouvrage qu'il venait de commencer. S'il lui avait été donné de profiter des moyens que nous offrent aujourd'hui de nombreuses expériences et d'étonnantes découvertes, quel fruit la science n'aurait-elle pas dû recueillir des travaux de l'homme de génie qui aperçut d'abord ce qu'un grand nombre de ses contemporains ne purent reconnaître qu'à la suite de longues discussions!».

Berzelius era entusiasta di Lavoisier e ne discorre sempre colla più grande ammirazione. Nel suo *Traité de Chimie*, dopo aver accennato alle grandi scoperte di Priestley e di Scheele, scriveva: «Lavoisier nel 1777 dimostrò che la combustione consisteva in un assorbimento di ossigeno, e che l'aumento di peso che subivano i corpi per la combustione era uguale al peso del gas ossigeno assorbito. Nell'anno seguente egli fece vedere che l'ossigeno era parte costituente di tutti gli acidi, e perciò egli propose la parola *ossigeno* (generatore degli acidi). A questa epoca non si sapeva ancora che l'ossigeno entrava come parte essenziale nella composizione delle basi. In seguito a questi risultati, Lavoisier cambiò la denominazione di *aria del fuoco*, di *aria vitale*, ecc., in quella di gas *ossigeno*. Questo vasto genio (continua Berzelius) diede alla scienza una direzione tutt'affatto nuova, e nel 1789 pubblicava il suo *Traité élémentaire de Chimie*, nel quale la nuova dottrina è esposta nel suo bell'insieme»⁽⁴⁴⁸⁾.

L'aver insistito sull'opera di Lavoisier non è lieve merito di Berzelius; Helmholtz afferma che verso il 1820-1830 le scoperte di Lavoisier e di H. Davy non erano ancora, in Germania, entrate nell'insegnamento.

E lo stesso Liebig, che non aveva molte simpatie pei chimici francesi, nelle prime righe della Prefazione del suo celebre libro: *Chimie organique appliquée à la physiologie et à la pathologie*, nel 1842, scriveva:

«Egli è applicando alla chimica i metodi di investigazione impiegati dai fisici già da secoli, egli è introducendovi l'uso dei pesi e delle misure che Lavoisier pose le fondamenta di una nuova scienza, portata di poi da uomini eminenti ad un alto grado di perfezione in un intervallo di tempo assai breve».

A proposito della composizione dell'acqua, Berzelius ne dà il merito a Lavoisier e lo scagiona dall'accusa di plagio. Nel *Rapp. Ann.*, 1841, pag. 28, ha inserito un bel brano di storia critica

⁽⁴⁴⁸⁾ J.J. BERZELIUS. *Traité de Chimie*, 5^a ediz., Paris 1845, t. I, pag. 140.

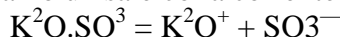
della chimica, e dopo riconosciuti i meriti di Cavendish, scrive: «Ma per consolidare a Cavendish l'onore della scoperta, si è voluto abbassare il merito di Lavoisier, si è voluto fare di quest'ultimo un plagiatario..... Watt e Cavendish consideravano l'ossigeno, l'idrogeno e l'acqua, come degli stati diversi di un solo e medesimo corpo ponderabile; Lavoisier invece provò che l'acqua è un composto di due corpi ponderabili particolari, ed è precisamente in questo che consiste la scoperta».

L'importanza scientifica di un uomo non si deve tanto commisurare dalle scoperte che ha fatto, quanto e più dall'influenza che ha avuto sul progredire della scienza. E Lavoisier, quale mente generalizzatrice ed innovatrice, somigliante anche in ciò a Berzelius, è superiore a tutti i chimici del secolo XVIII.

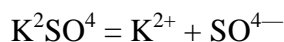
Io, sin dal 1903, nel mio lavoro su Lavoisier⁽⁴⁴⁹⁾, scrivevo: «Con Lavoisier nasce quella grande teoria dualistica della costituzione dei corpi, che fu poi meglio sviluppata nella teoria dualistica di Davy e specialmente del Berzelius, e che ora dopo tante lotte rinasce sotto altra forma, cioè sotto il nome di teoria dei joni».

Nel 1800, Volta fece la più grande scoperta di tutti i tempi: la pila, e questa fu la scoperta che ebbe più influenza sullo sviluppo delle dottrine di Lavoisier. Berzelius due anni dopo (1802) applica la corrente voltiana alla decomposizione dei sali ed altri composti e scopre una legge fondamentale, cioè che *i corpi composti, sottoposti all'azione della corrente, si scindono in due altri corpi, uno dei quali va al polo negativo e l'altro al polo positivo*. Elettrolizzando il solfato di potassio, ad esempio, che ha reazione neutra, trova ad un polo la potassa con reazione alcalina e all'altro polo l'acido solforico con reazione acida. H. Davy utilizzò subito queste osservazioni e sottopose a sua volta la potassa caustica e la soda all'azione di una energica corrente, e scopre il *potassio*, il *sodio* e poi i metalli *terrosi*, tutti previsti, profetizzati, da Lavoisier!

Davy ammise che quando due sostanze si combinano, ciò avviene perchè esse trovansi in due stati elettrici diversi e si attraggono. E così la teoria elettrochimica dualistica di Berzelius-Davy, sviluppata poi meglio dal Berzelius nel 1810-11, divenne fondamentale, ed anche ora sotto altra forma è rimasta. Quando decomponiamo un sale colla corrente scriviamo:



secondo Berzelius; ed ora



secondo la teoria de' joni. Il concetto in fondo non è molto diverso. Il dualismo di Lavoisier relativo ai sali, cioè che essi risultano dalla combinazione degli acidi cogli ossidi, diventò nelle mani di Berzelius il *dualismo elettrochimico*⁽⁴⁵⁰⁾.

Ma un altro grande ravvicinamento vi è tra Lavoisier e Berzelius e riguarda l'analisi quantitativa. Lavoisier con la bilancia alla mano stabilisce i rapporti quantitativi tra il mercurio e l'ossigeno nell'ossido di mercurio, tra l'idrogeno e l'ossigeno nell'acqua, tra il carbonio e l'ossigeno nell'acido carbonico, ecc. ecc.; determina la quantità di carbonio, di idrogeno e di ossigeno nelle materie organiche. Insomma, fonda la vera *chimica quantitativa*.

Dopo Lavoisier, la chimica quantitativa, per opera soprattutto di Berzelius, divenne *metodo*, divenne *sistema*, divenne *vera guida*; precisamente in modo analogo a quanto accadde per la scienza sperimentale in generale solamente dopo Galileo. Dopo Galileo si scoprono altre leggi fisiche, e così dopo Lavoisier si scoprono altre leggi chimiche, tutte fondamentali. Berzelius ha introdotto nell'analisi quantitativa un'esattezza e un numero sì grande di nuovi metodi, che sembra quasi incredibile. L'esattezza sperimentale di Berzelius può dirsi proverbiale: Marignac, Stas, Pelouze ed altri fra i migliori analisti non riuscirono mai a superare Berzelius.

Tra Lavoisier ed i suoi predecessori o cosidetti precursori, vi ha un'altra differenza enorme nel modo di sperimentare e nel trarne le conclusioni. Valga, ad esempio, il suo lavoro sul diamante. Newton aveva previsto la combustibilità del diamante; nel 1694, Averani e Targioni, in Firenze, dimostrano che il diamante si consuma quando è esposto al fuoco di uno specchio ustorio; Macquer pure dimostrò che il diamante brucia, ma solamente Lavoisier dimostrò ad evidenza che quando il

⁽⁴⁴⁹⁾ Lavoisier, sua vita e sue opere, Torino 1903.

⁽⁴⁵⁰⁾ V. Teoria elettrochimica dualistica.

diamante brucia nel gas ossigeno, si trasforma totalmente in acido carbonico. *Dunque*, egli disse, il *diamante è carbonio puro!* Nessun altro aveva tratto questa conseguenza.

Tutto questo ci spiega benissimo perchè il Berzelius, senza nessuna esagerazione, fosse ammiratore del Lavoisier, come lo furono tanti altri grandi uomini del suo tempo e dei tempi posteriori ed anche ora; e lo saranno sempre.

Chi non vede subito queste cose, nulla ha capito dell'opera di Lavoisier.

I più grandi tedeschi: chimici, fisici, naturalisti, fisiologi, hanno sempre collocato Lavoisier nel primo rango fra i chimici, anzi fra i grandi genii.

Che poi alcuni chimici, per ragioni forse di ingiusto sentimento di nazionalità, abbiano fatto delle critiche più che severe su Lavoisier, ciò non ha nulla che vedere colla grandiosità dell'opera di quel sommo. È dai lavori dei grandi uomini che si deve giudicare del loro valore e non da poche critiche, più o meno ingiuste o parziali.

L'opera di Lavoisier ha senza dubbio ispirato Higgins e specialmente Dalton, nell'attribuire agli atomi un peso relativo. Senza un'idea chiara di corpo semplice e di corpo composto, senza un'idea chiara che cosa sia reazione chimica, combinazione chimica, quali ce le ha insegnate Lavoisier, era impossibile arrivare all'idea di peso atomico. Lavoisier si era già avveduto che i corpi possono combinarsi con quantità diverse di un altro corpo, che vi sono, ad esempio, per un medesimo elemento diversi gradi di ossidazione. Egli, nel suo, non mai abbastanza lodato, *Traité de Chimie*, 1789, vol. II, pag. 201, ha inserito un capitolo ed una Tabella, che secondo me hanno un pregio e un'importanza inestimabili, non tenute in considerazione da coloro che si sono occupati dell'opera scientifica di Lavoisier.

Io non sono riuscito a trovare un chimico anteriore a Lavoisier il quale discorra di 1°, 2°, 3° e 4° grado di ossidazione dei corpi, come egli fa nella Tabella, che io qui riproduco esattamente, completamente (veggasi Tav. IV: *Tableau des Combinaisons binaires de l'oxygène avec les substances métalliques & non métalliques oxidables & acidifiables*).

E a pag. 80, ove tratta della composizione degli acidi, scrive:

Solfo	}	Acido solforoso;
		Acido solforico.
Fosforo	}	Acido fosforoso;
		Acido fosforico.
Azoto	}	Acido nitroso;
		Acido nitrico;
		Acido nitrico ossigenato.

Ed è tanto più importante questa parte del *Traité* di Lavoisier, perché l'Autore non discute nemmeno quanto egli ha posto in questa Tavola, come se fosse la cosa più naturale di questo mondo.

Ora diciamo subito: che questa parte del libro di Lavoisier sia passata inosservata a Dalton per stabilire la sua legge delle proporzioni multiple? Io credo di sì, perchè da tutti Dalton è considerato una persona onestissima, e se l'avesse conosciuta ed osservata l'avrebbe detto. Cionondimeno reca meraviglia che il Dalton, nel primo volume della sua opera: *A new system of chemical Philosophy*, part I, Manchester 1808, nei capitoli riguardanti i fluidi elastici ed in quello appunto della *Chemical Syntesis*, ove precisamente espone la sua legge delle proporzioni multiple, nulla dica di Lavoisier, del quale non ricorda mai il *Traité*.

Mi reca maggior meraviglia il fatto che anche Berzelius, tanto studioso di Lavoisier, non ricordi questa Tabella quando discorre delle leggi delle proporzioni definite e multiple.

Lavoisier aveva previsto che gli alcali e le terre alcaline erano corpi composti di ossigeno e di un metallo. Nel suo *Traité élémentaire de Chimie*, 1789, t. I, pag. 174, scriveva: «Egli è probabile

che noi non conosciamo se non una parte delle sostanze metalliche esistenti in natura; tutte quelle, ad esempio, che hanno più affinità per l'ossigeno che col carbonio, non sono suscettibili di essere ridotte allo stato metallico e non devono presentarsi ai nostri occhi che sotto forma di ossidi, che sono poi le nostre *terre*. Egli è probabilissimo che la barite, che noi mettiamo nella classe delle terre, sia in questo caso, i suoi caratteri la ravvicinano molto agli ossidi metallici. È possibile, a rigore, che tutte le sostanze, alle quali noi diamo il nome di terre, non siano che degli ossidi metallici, irriducibili, coi mezzi che noi impieghiamo».

E più innanzi, a pag. 179-180, scriveva:

«Egli è probabile, che le quattro terre salificabili che noi abbiamo nominato più sopra (barite, calce, magnesia, allumina, alle quali nella Tabella aggiunse la silice), contengano dell'ossigeno, e che sia per questo *latus* che esse si uniscono agli acidi. Questa considerazione parrebbe appoggiare ciò che io precedentemente ho detto delle terre, cioè che queste sostanze non sarebbero altra cosa che dei metalli ossidati coi quali l'ossigeno ha più affinità che non ne abbia il carbone e che perciò sono irriducibili. Del resto, questa non è che una congettura la quale delle esperienze (ulteriori) solamente potranno o confermare o distruggere».

E a pag. 195 dello stesso *Traité*, Lavoisier scriveva: «Io non ho punto fatto entrare in questa Tabella gli alcali fissi, quali la potassa e la soda, perchè queste sostanze sono evidentemente composte, benchè si ignori ancora la natura dei principi che entrano nella loro combinazione». E 18 anni dopo Davy scopre colla pila il *potassio* ed il *sodio* e i metalli terrosi! Tutto ciò è veramente meraviglioso!

Ecco ora un piccolo quadro che ci dirà subito quali furono le principali previsioni o profezie di Lavoisier e le quali in buona parte furono confermate e dimostrate da Berzelius:

Lavoisier (1789)

Sistema dualistico	Alcali (composiz)	Terre alcaline	Silice (composiz)	Proporzioni costanti	Vari gradi di ossidazione	Acido borico (compos)	Analisi organica	Liquidazione e solidif. dei gas
Teoria elettrochim. dualistica	Metalli alcalini	Metalli alcalino-terrosi	Silicio	Richter Proust Berzelius	Proporzioni multiple	Boro	Gay-Lussac Berzelius	Baccelli Faraday
H. Davy		Davy Berzelius			Dalton Berzelius	Davy Gay-Lussac	Liebig	
Berzelius						Thenard		

Con la nuova chimica di Lavoisier non solamente termina o si chiude un periodo più volte secolare della vecchia chimica e alchimia, e specialmente il periodo, non inglorioso, del flogisto, che durò quasi un secolo, ma si fa molto di più, perché con Lavoisier incomincia o si apre un periodo affatto nuovo, la chimica attuale. L'opera sua si irradia come Sole in tutti i rami della chimica e delle scienze affini; poco dopo la sua morte le più fondamentali scoperte sono fatte in base alle sue previsioni. La chimica dopo di lui ha nuova vita.

Ai tempi di Lavoisier la chimica si denominava *pneumatica*⁽⁴⁵¹⁾; e *periodo pneumatico* si disse quel periodo della chimica dei tempi di Lavoisier, perchè era essenzialmente basata sullo studio dei gas; tutte le più elementari storie della chimica chiamano *pneumatico* questo periodo, appunto perchè fu il periodo in cui si scoprirono il maggior numero di gas, si scoprì la composizione dell'aria ed il suo immenso ufficio in natura. Già l'Hœfer, nella sua *Histoire de la Chimie*, 1843-

⁽⁴⁵¹⁾ Da πνεῦμα, *soffio, spirito, vento, aria*. Da tutti coloro, anche non chimici, che incidentalmente si sono occupati del periodo lavoisieriano, lo chiamano periodo della chimica pneumatica. Humboldt (vedasi *Cosmos*), il quale ha riassunto il periodo della chimica prima e sino a Lavoisier, scrive: «Nous avons retracé historiquement les débuts de la chimie pneumatique».

1844, e 2^a ediz., 1866, vol. II, pag. 250, scriveva: «La chimica dei gas o *chimica pneumatica*, come si chiamava già ai tempi di Lavoisier...».

Più si leggono le opere di Lavoisier e più piacciono, più si ammirano; la chiarezza e precisione delle idee, in tempi di tanta confusione, è senza confronti; il suo *Traité* pare scritto ieri, fu subito tradotto in tutte le lingue; tutto ciò che egli ha previsto si è verificato. Si può quindi capire quanto grande fosse l'alta stima che di Lavoisier aveva il nostro Berzelius.

Lavoisier e Berzelius hanno un altro punto di contatto nella loro immensa attività scientifica e letteraria; furono due grandi lavoratori. Lavoisier morì a soli 50 anni, ma lavorò sino all'ultimo momento di salire il patibolo rivoluzionario, il giorno 8 maggio 1794; Berzelius morì a 70 anni, ma sino agli ultimi giorni di vita correggeva le bozze dei suoi *Jahresberichte*!

Si racconta l'aneddoto seguente riguardo a Michelangelo: il cardinale Farnese trovò un giorno Michelangelo, già molto vecchio, che passeggiava solo nel Colosseo; a lui espresse la sua meraviglia e sorpresa di trovarlo in mezzo a quelle rovine; ma il vegliardo semplicemente rispose: «Io vengo ancora a scuola per continuare ad istruirmi». E lo stesso Michelangelo ci ha lasciato un disegno che dimostra essere stato quello il vero suo modo di pensare, anche dato che l'aneddoto non sia vero; quel disegno rappresenta un vegliardo dalla lunga barba e davanti a lui una clessidra ed in alto, in grosso carattere romano: «ANCORA IMPARO»⁽⁴⁵²⁾. Così faceva Berzelius, così fece Humboldt, il quale a 90 anni scriveva il quarto volume del suo *Cosmos*.

Il Berzelius, già vecchio, pochi anni prima di morire, scriveva a Wöhler, il 15 ottobre 1844: «Come un vecchio postiglione, incapace di condurre i cavalli egli stesso, si ringiovanisce quando ode il rumore della frusta, così io provo un gran piacere a leggere i lavori del vostro laboratorio. Lavorate, continuate il più lungo tempo che potrete, perché voi non sapete ancora a quanta poca cosa si riduca l'uomo quando comincia ad invecchiare».

Tutto questo sia di monito a quei cultori della scienza, i quali, perché hanno fatto qualche lavoro scientifico, sia pure anche di non lieve importanza, si vantano di aver fatto grandi cose, oppure piace loro di riposarsi sui cosiddetti allori, col fare più nulla.

Coloro poi che si occupano della storia della scienza dovrebbero meditare sulle parole di Michelangelo e del vecchio Berzelius, il quale, come valore, può essere riguardato l'Aristotele della chimica nel secolo XIX; dovrebbero, prima di scrivere la storia, aver molto sperimentato, dovrebbero aver lette tutte le opere, e specialmente le *Memorie* originali, dei migliori chimici. L'opera scientifica di un uomo è d'uopo desumerla veramente dai suoi lavori e non dalle biografie più o meno raffazzonate o da storie più o meno incomplete. Ma soprattutto fa d'uopo essere *onesti* e *coscienti*, come voleva Berzelius, perché se l'ignoranza si può correggere e perdonare, l'ignoranza congiunta colla disonestà, no!

Ciò che voleva Carlyle dagli uomini era il loro miglioramento morale: un giusto, un savio, aggiunto a quei che già esistono sulla terra, gli sembrava conquista più assai importante che non dieci rivoluzioni (Mazzini). Sarà esagerazione, ma un fondo di vero vi è.

L'animo mio prova indicibile consolazione nel ripensare a questi due creatori della scienza. Il metodo di Berzelius era il vero metodo galileiano; egli non si è mai dipartito da quella filosofia che in tutti i naturali studi più contribuisce al progresso dell'intendimento umano.

Tutto ponderato a bilancia, come si diceva una volta, io ritengo essere l'opera scientifica di Berzelius non inferiore, se non superiore, a quella di Lavoisier.

*

* *

Qualcuno, forse, dirà che io avrei potuto essere più breve nell'esposizione della vita e dell'opera scientifica di Berzelius; sia pure, ma io desidero che i lavori di questa natura siano fatti in maniera che poco rimanga da dire intorno all'argomento che è soggetto de' miei studi. Chi si sente capace di fare un lavoro perfetto, breve, succoso, comprendente tutto ciò che riguarda Berzelius e la sua opera, lo faccia; sarà tanto di avvantaggiato per la storia della scienza.

⁽⁴⁵²⁾ DUPPA, *Vie de Michel-Ange*, Londra 1886, in 4°.

I Trattati di chimica moderni, anche voluminosi, non danno nessuna notizia sui lavori e la vita dei principali chimici; spesso non ricordano nemmeno coloro che hanno scoperto gli elementi o le leggi più importanti; sono di una aridità sconcertante.

Dopo quanto ho esposto, si scorge che il Berzelius ha lasciato un'orma profonda del suo immenso sapere in tutti i campi della chimica; il suo nome voi lo trovate in tutti i Trattati di chimica, di chimica fisica, di chimica organica ed inorganica, di analisi chimica, di zoochimica, di mineralogia, ecc. È uno di quei nomi che resteranno come grandi pietre miliari anche quando la chimica avrà fatto il suo massimo sviluppo. Se si dovesse fare un confronto con l'antichità, io direi che *Berzelius* è l'*Aristotele della chimica*.

Solo chi sente altamente, moralmente, della propria patria può avere sentimenti umanitari; quel cittadino che ha o manifesta sentimento patrio unicamente per interesse personale o di casta è incapace di sentimenti umanitari; non può intendere che cosa sia la solidarietà umana.

Scienza vera senza Patria non vi è, per quanto si dica che la scienza è cosmopolita, ed io voglio chiudere il mio dire su questi due Grandi continuatori dell'opera di Galileo coll'augurare all'Italia non solamente la vittoria delle armi, ma che rafforzata dalle dure prove virilmente sopportate, rifiorisca, ben armata del sentimento del dovere, più rigogliosa nelle scienze, nella idealità del pensiero scientifico e nella moralità, basata sul dovere e sul disinteresse.

Torino, agosto-ottobre 1915.



TAV. IV.

TABLEAU des Combinaisons binaires de l'oxygène avec les substances métalliques & non métalliques oxidables & acidifiables.

Premier degré d'oxygénation.			Second degré d'oxygénation.		
	Noms nouveaux.	Noms anciens.	Noms nouveaux.	Noms anciens.	
<i>Combinaisons de l'oxygène avec les substances simples non métalliques telles que:</i>	Le calorique	Le gaz oxigéne	Air vital ou dephlogistiqué		
	L'hydrogène	On ne connoit qu'un degré de combinaison de l'oxygène & de l'hydrogène, & cette combinaison forme de l'eau			
	L'azote	Oxide nitreux ou base du gas nitrux	Gaz nitreux	Acide nitreux	Acide nitreux fumant
	Le carbone	Oxide de carbone	Inconnu	Acide carboneux	Inconnu
	Le soufre	Oxide de soufre	Soufre mou	Acide sulfureux	Acide sulfureux
	Le phosphore	Oxide de phosphore	Résidu de la combustion du phosphore	Acide phosphoreux	Acide volatil du phosphore
	Le radical muriatique	Oxide muriatique	Inconnu	Acide murasteux	Inconnu
	Le radical fluorique	Oxide fluorique	Inconnu	Acide fluoreux	Inconnu
Le radical boracique	Oxide boracique	Inconnu	Acide boraceux	Inconnu	
<i>Combinaisons de l'oxygène avec les substances simples métalliques telles que:</i>	L'antimoine	Oxide grise d'antimoine	Chaux grise d'antimoine	Oxide blanc d'antimoine	Chaux blanche d'antimoine Antimonie diaphorétique
	L'argent	Oxide d'argent	Chaux d'argent	.....
	L'arsenic	Oxide grise d'arsenic	Chaux grise d'arsenic	Oxide blanc d'arsenic	Chaux blanche d'arsenic
	Le bismuth	Oxide grise de bismuth	Chaux grise de bismuth	Oxide blanc de bismuth	Chaux blanche de bismuth
	Le cobalt	Oxide grise de cobalt	Chaux grise de cobalt	.....	.....
	Le cuivre	Oxide rouge brun de cuivre	Chaux rouge brune de cuivre	Oxide vert & bleu de cuivre	Chaux vert & bleu de cuivre
	L'étain	Oxide gris d'étain	Chaux gris d'étain	Oxide blanc d'étain	Chaux blanc d'étain ou potée d'étain
	Le fer	Oxide noir de fer	Ethiops martial	Oxide jaune & rouge de fer	Ocre & rouille
	Le manganèse	Oxide noir de manganèse	Chaux noir de manganèse	Oxide blanc de manganèse	Chaux blanche de manganèse
	Le mercure	Oxide noir de mercure	Ethiops minéral	Oxide jaune & rouge de mercure	Turbith mineral. précipité rouge precip. <i>per se</i>
	Le molybdène	Oxide de molybdène	Chaux de molybdène	.....	.....
	Le nickel	Oxide de nickel	Chaux de nickel	.....	.....
	L'or	Oxide jaune d'or	Chaux jaune d'or	Oxide rouge d'or	Chaux rouge d'or Precipité pourpre de Cassius
	Le platine	Oxide jaune de platine	Chaux jaune de platine	.....	.....
Le plomb	Oxide gris de plomb	Chaux grise de plomb	Oxide jaune & rouge de plomb	Massicot & minium	
Le tungstène	Oxide de tungstène	Chaux de tungstène	.....	.....
Le zinc	Oxide gris de zinc	Chaux gris de zinc	Oxide blanc de zinc	Chaux blanche de zinc, Pomphilix	

		Troisième degré d'oxygénation.		Quatrième degré d'oxygénation.
	Noms nouveaux.	Noms anciens.	Noms nouveaux.	Noms anciens.
<i>Combinaisons de l'oxygène avec les substances simples non métalliques telles que:</i>	Acide nitrique	Acide nitreux non fumant	Acide nitrique oxygéné	Inconnu
	Acide carbonique	Air fixe	Acide carbonique oxygéné	Inconnu
	Acide sulfurique	Acide vitriolique	Acide sulfurique oxygéné	Inconnu
	Acide phosphorique	Acide phosphorique	Acide phosphorique oxygéné	Inconnu
	Acide muriatique	Acide marin	Acide muriatique oxygéné	Acide marin déphlogistiqué
	Acide fluorique	Inconnu des anciens	.....	.....
	Acide boracique	Sel sédatif de Homberg	.....	.....
	<i>Combinaisons de l'oxygène avec les substances simples métalliques telles que:</i>	Acide antomique
Acide argentique		.....	.....	.....
Acide arsenique		Acide arsenical	Acide arsenique oxygéné	Inconnu
Acide bismuthique		.....	.....	.....
Acide cobaltique		.....	.....	.....
Acide cuprique		.....	.....	.....
Acide stannique		.....	.....	.....
Acide ferrique		.....	.....	.....
Acide manganique		.....	.....	.....
Acide mercurique		.....	.....	.....
Acide molybdique		Acide de la molybdène	Acide molybdique oxygéné	Inconnu
Acide nickelique		.....	.....	.....
Acide aurique		.....	.....	.....
Acide platinique		.....	.....	.....
Oxide plombique		.....	.....	.....
Acide tungstique		Acide de la tungstène	Acide tungstique oxygéné	Inconnu
Acide zincique		.....	.....	.....

SOMMARIO

INTRODUZIONE

Cenni sulla chimica in Isvezia
Urban Hierne, Georg Brandt e Torbern Bergman
Cenni sullo stato della chimica dal 1800 al 1840
Carlisle e Nicholson, Hisinger e Berzelius
Cenni sulle ricerche di Gay-Lussac, di H. Davy, di Saussure, di Berthollet, di Proust, ecc.
La chimica in Germania
Teoria degli idracidi di Davy e Dulong
Ricerche di Mitscherlich
G. J. Mulder - Ricerche di Bunsen
Cenni su Dumas
Sulla chimica nel Belgio
Influenza di Berzelius
Avvenimenti principali che fecero progredire la chimica nel periodo berzeliano dal 1800 al 1848

BIOGRAFIA DI BERZELIUS

Ritratti, monumento, casa ove nacque
Cenni sui due suoi laboratori
Suoi allievi. Lettera a Wöhler
Berzelius ed i chimici italiani
Matteucci, cenni biografici
Berzelius e Scacchi
Berzelius e Marcet
Berzelius e Berthollet.
Berzelius e Wollaston
Berzelius e Davy
Berzelius e Mitscherlich
Biografia di Mitscherlich
Berzelius e Wöhler
Biografia di Wöhler
Lettere di Wöhler a Liebig
Berzelius e Dulong
Biografia di Dulong
Dulong e Thenard, e i fenomeni catalitici
Berzelius e Dumas
Berzelius e Bunsen
Biografia di Marignac
Berzelius e Liebig
Berzelius, Laurent e Gerhardt
Lettere di Berzelius a Wöhler

Berzelius, suo ideale per la scienza e suo disinteresse. La scienza e le applicazioni

Sua lettera a Wöhler e Liebig
Sua lettera a Liebig
Berzelius e le teorie
Desiderio smodato dei popoli per la ricchezza
Brano di un discorso di Guareschi intorno ad un libro di Ostwald
Indirizzo eccessivo verso le applicazioni
OPERA SCIENTIFICA DI BERZELIUS

- I. Primi studi. Ricerche di chimica inorganica e di analisi inorganica. Sull'acqua e sua composizione. Composizione quantitativa dell'acqua
 Dell'acqua nei composti chimici. Acqua di cristallizzazione. Ricerca sulla silice e scoperta del silicio
 Memoria sugli acidi del fosforo e la teoria corpuscolare. Altri composti di fosforo. Acido nitrico. Formola dell'allumina
 Solfuro di carbonio
 Fluoruri. Acidi complessi. Ipocloriti. Metalli del gruppo del platino e dell'oro
 Sali basici. Solfuri e solfosali
 Analogie fra gli elementi del gruppo del solfo, selenio e tellurio
 Sul vanadio
 Metodi analitici
- II. Scoperta di numerosi elementi nuovi. Cerio. Litina
 Selenio. Lettere a Berthollet
 Silicio. Zirconio. Vanadio. Torio. Tantalio
- III. Analizza molti minerali. Fonda la chimica mineralogica. *Nouveau système de minéralogie*
 Libro sul cannello ferruminatorio
 Chimica geologica
- IV. Grandi lavori sulle proporzioni chimiche determinate
Essai sur les proportions déterminée dans lesquelles se trouvent réunis les éléments de la nature inorganique (1811)
 Teoria atomica. Higgins e Dalton
 Biografia di Thomson
 Biografia di Richter
 Leggi delle proporzioni definite e multiple
 Leggi della composizione dei sali e delle reazioni integrali
 Sali basici e sali doppi
 Teoria atomica e Faraday
- V. Determinazione dei pesi atomici
Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité (1819 e 1835)
 Metodi. Tabelle
 Ipotesi di Prout
- VI. Sistema dualistico. Elettrochimica
 Prima legge di Berzelius
 Memoria originale di Hisinger e Berzelius (1802-1803)
 Elementi elettropositivi ed elettronegativi
 Teoria elettrochimica dualistica
 Combustione e osservazioni di Faraday
 Sistema dualistico e teoria dei ioni
 Dell'elettroaffinità
 Esperienza dell'elettrolisi dei sali
 Teoria elettrochimica e mineralogia
 Scoperta del calcio, bario e stronzio
 Berzelius e la teoria delle sostituzioni
 Le recenti ricerche di J. J. Thomson confermano l'antica teoria berzeliana
- VII. Nomenclatura. Classificazione. Simboli. Formole ed equazioni
 Parole di Berzelius relative ai simboli, estratte dall'*Essai sur les proportions chimiques*
 Higgins e i simboli
- VIII. Ricerche di chimica organica. Suo metodo di analisi elementare
 Acidi organici. Acido lattico

- Determinazione dell'azoto colla calce potassica
- Acido glicerotartarico
- Sull'acido solfonaftalinico. Acido piruvico. Ricerche sui cianuri, sui ferrocianuri e sui solfo-
e seleniocianuri
- IX. Teoria dei radicali composti di Berzelius
 - Composti copulati
 - Teoria dell'ammonio
 - Sulla costituzione chimica dei corpi
 - Ricerche di Gusserow
 - Formole empiriche e razionali
 - Accenni alla stereochimica?
 - Diversi periodi della costituzione chimica
- X. Isomeria, metameria e polimeria
 - Schorlemmer e Dalton
 - Lettera di Berzelius a Dulong. Higgins
 - Allotropia
 - Sull'ozono
- XI. Chimica fisica. Legge dell'elettrolisi. Stechiometria
 - Peso specifico dei gas
 - Catalisi
 - Memoria originale sulla catalisi
 - Parole tratte dal suo *Traité*
 - Berzelius e Liebig. Bella lettera di Wöhler a Liebig riguardante la catalisi
 - Sulla passività del ferro. Schönbein
 - Teoria delle fermentazioni e la catalisi
 - Stato colloidale
- XII. Confusione fra atomo e molecola. Avogadro
 - Memoria sulla teoria corpuscolare
 - Composizione del cloro e dell'azoto
- XIII. Chimica animale o zoochimica. Composizione delle ossa e lettera di Gehlen a Delamé-
therie
 - Materie albuminoidi e liquidi dell'organismo. Composizione dell'urina
 - Mémoire sur la composition des fluides animaux*
 - Calcoli urinari. L'acido lattico nell'organismo animale
 - Scopre la ptialina
 - Errore storico riguardo la scoperta dell'allossana
 - Discorso sullo stato della chimica animale nel 1814
 - Ricerche di chimica tossicologica e di chimica legale
 - Azione fisiologica dell'ac. Selenidrico
 - Ricerche sull'arsenico. Macchie di sangue
- XIV. Ricerche varie: Sui tipi chimici. Sull'indaco
 - Sullo zucchero, sul boro e suoi composti, sul manganese, antimonio, arsenico e bismuto
 - Acidi crenico e apocrenico
 - Sul cotton-polvere o nitrocellulosa
- XV. Apparecchi e strumenti
- XVI. Cultura scientifica e letteraria di Berzelius
 - Suo *Traité de Chimie*
 - Suoi *Jahresberichte* o *Rapports Annuels*
 - Lettera a Gay-Lussac
 - Lavori su Berzelius pubblicati dal prof. Söderbaum e da altri
- XVII. Lavoisier e Berzelius nella storia della scienza