

TAVOLA PERIODICA, ELEMENTI E MINERALI: UNA STORIA AFFASCINANTE

PAOLANGELO CERA (*)

SUNTO. – Nel 1869, ormai 150 anni fa, Dmitrij Ivanovič Mendeleev ha formalizzato la classificazione degli elementi chimici allora conosciuti sotto forma di tavola periodica. Questo traguardo della scienza è stato determinato contemporaneamente sia dalla genialità di Mendeleev, il quale aveva riconosciuto la periodicità delle proprietà degli elementi, che di coloro che avevano identificato gli elementi noti ai suoi tempi. Tale processo di scoperta si è frequentemente sviluppato nell'ambito chimico-mineralogico, come risultato sia della curiosità degli scienziati che della necessità di identificare i minerali utili all'estrazione di determinati metalli. Non è possibile ripercorrere in breve il cammino che ha portato alla scoperta di tutti gli elementi della tavola periodica; per tale ragione questo lavoro si soffermerà solo su quegli elementi la cui scoperta abbia coinvolto esplicitamente un minerale e la relativa storia sia particolarmente curiosa. Questo cammino di scoperta è iniziato già anticamente. Si può in effetti affermare che l'umanità abbia iniziato ad isolare e manipolare gli elementi durante il neolitico divenendo, nel corso del tempo, sempre più abile nell'identificarne di nuovi. Il cammino è iniziato con l'utilizzo dei metalli presenti in natura anche allo stato nativo, quali rame, argento e oro, già noti nel calcolitico. Da questo progresso all'invenzione delle prime tecniche estrattive, in grado di produrre il metallo a partire dai suoi minerali, il passo è stato breve. Già nell'antichità almeno nove elementi erano sicuramente conosciuti ed utilizzati. Si parla di "elementi" attribuendo a tale termine il campo semantico proprio della chimica moderna. Quest'ultima considerazione aprirebbe un altro scenario che però esula dal discorso: l'evoluzione nel tempo del concetto di elemento. La scoperta di nuovi elementi, sempre in un periodo antecedente alla definizione del concetto moderno di "elemento", ha ricevuto un contributo non trascurabile anche dall'alchimia: l'isolamento di quattro elementi risale infatti a questo periodo. Nel corso del XVIII secolo la scoperta di nuovi elementi ha subito un'importante accelerazione, complice il contesto storico del Secolo dei Lumi. In questo periodo due storie molto simili coinvolgono, ad esempio, il cobalto e il nickel. Entrambi prendono il nome da creature appartenenti alla mitologia dei minatori: questi ultimi rinvenivano dei minerali che dalla loro esperienza, in base al peso specifico, avrebbero dovuto contenere dei metalli. Tali minerali però non portavano ad alcun metallo conosciuto e, di ciò, i minatori incolpa-

(*) Olon S.p.A., Segrate (MI), Italia. E-mail: cera.paolangelo@alice.it

vano delle creature di fantasia: i Kobold, piccoli folletti dispettosi, e Nickel, un demone della mitologia germanica. A risolvere l'enigma ci hanno pensato due scienziati dell'epoca: George Brandt, scopritore del cobalto, e Axel Frederik Cronstedt, scopritore del nickel. Un caso curioso è rappresentato dal fluoro: tra la dimostrazione, avvenuta nel 1771, che nella fluorite ci fosse un nuovo elemento e l'isolamento del fluoro elementare, effettuato con successo solo nel 1886, sono passati più di cento anni. A volte l'identificazione di nuovi elementi è stata il frutto di fortunate coincidenze. L'inizio dell'epopea della scoperta degli elementi delle terre rare è uno di questi, determinato da due fattori: la presenza in Svezia di diverse figure di spicco della chimica e la scoperta, in quel preciso periodo, di uno strano minerale, poi chiamato gadolinite, in una cava nei pressi del villaggio di Ytterby. A volte l'identificazione di un nuovo elemento è invece stata determinata da un ben preciso ragionamento su dati e misure tra loro non congruenti. L'osservazione che la radioattività di un minerale, la pechblenda (o uraninite), risultasse troppo elevata per essere determinata esclusivamente dall'uranio in essa contenuto, ha condotto alla scoperta del polonio ad opera di Marie Skłodowska Curie. La scoperta di nuovi elementi, nell'ultimo secolo, si è infine spostata dal confine tra chimica e mineralogia a quello tra chimica e fisica.

ABSTRACT. – In the year 1869, 150 years ago, Dmitrij Ivanovič Mendeleev published the classification of the known chemical elements in the form of a periodic table. This scientific goal was achieved thanks to the genius both of Mendeleev, that had recognized the periodicity in the properties of the elements, and of those who had identified all the elements already known at Mendeleev's time. This discovery process frequently occurred at the edge between chemistry and mineralogy, as a result both of the scientist's curiosity and of the need to identify the minerals useful to the metals smelting. A brief description of the path that has led to the discovery of all the elements of the periodic table is not possible; for that reason this work is going to deepen the analysis on the elements whose discovery has involved a mineral and was particularly peculiar. This discovery path had begun already in the ancient time. It is possible to say that the mankind started to isolate and handle the elements during the neolithic age, becoming, over time, more skillfull in recognizing new elements. The path has begun by using the metals already present in nature as native ores, as copper, silver and gold, all already known during the chalcolithic age. From this first step to the invention of the first extraction techniques and smelting, able to yield the metal starting from its minerals, it was a short step. In the ancient time at least nine elements were already known and used. We are talking about "elements", giving to this word the meaning used in the modern chemistry. This last consideration could lead to another scenario that, however, is out of this speech: the evolution of the concept of "element". The new elements discovery path, still before the modern definition of "element", received a huge help by the alchemy: the isolation of four elements was achieved in that period. During the XVIII century the discovery of new elements has seen an acceleration, thanks to the historical context of the Age of Enlightenment. In that period two very similar stories involved the discovery of cobalt and nickel. Both these elements are named from creatures belonging to the miners' mythology: the miners used to find frequently minerals that, based on their experience, should have contained metals. Those minerals, however, did not yield any known metal and, for this, the miners blamed fantasy creatures: the Kobolds, sprites stemming from Germanic mythology, and Nickel, a mischievous sprite

also belonging to German miners mythology. These puzzles were solved by two scientist: George Brandt, that discovered the cobalt, and Axel Frederik Cronstedt, that discovered the nickel. A very peculiar case is represented by fluorine: between the demonstration, occurred in the 1771, that the fluorite contains a new element, and the isolation of elemental fluorine, successfully performed only in the 1886, more than one hundred years have passed. Sometimes the identification of new elements was the product of lucky coincidences. The beginning of the epopee of the rare earth elements discovery was one of these cases; it was determined by two main factors: the presence in Sweden of some important chemists and the discovery, at that time, of a strange mineral, called gadolinite, in a quarry close to the village of Ytterby. Sometimes the identification of a new element was determined by a very clever reasoning about incongruous data and measures. The fact that the radioactivity of the pitchblende (or uraninite) was too high considering only its content in uranium, has lead Marie Sklodowska Curie to the discovery of polonium. The discovery of new elements, in the last century, moved from the edge between chemistry and mineralogy to the edge between chemistry and physics.

Nel 1869 il chimico russo Dmitrij Ivanovič Mendeleev ordinò gli elementi chimici fino ad allora conosciuti in una “tavola periodica” che, come tutti sanno, rappresenta il “Sacro Graal” della chimica ancora oggi.

Quando Mendeleev formalizzò questa classificazione disponeva di due grandi vantaggi rispetto a molti suoi predecessori: per prima cosa viveva in un'epoca in cui la chimica stava facendo dei notevoli passi avanti e, in secondo luogo, molti degli elementi dei primi periodi (le righe della tavola periodica) erano già stati isolati e caratterizzati. Mancavano al più i gas nobili e qualche altro elemento, ma si conoscevano con sufficiente precisione le proprietà chimiche e fisiche di molti elementi. Proprio queste conoscenze erano necessarie per scoprire quella ricorsività che balzò agli occhi dello scienziato russo.

La periodicità di queste proprietà e la presenza di alcuni “salti” non prevedibili, suggerirono allo scienziato che alcune caselle della tavola erano ancora “vacanti” ovvero andavano opportunamente occupate da elementi ancora sconosciuti. Oggi sappiamo che quegli elementi, che Mendeleev chiamò eka-boro, eka-alluminio ed eka-silicio, corrispondono rispettivamente a scandio, gallio e germanio. In ultima analisi la scoperta e l'identificazione dei vari elementi della tavola periodica è un processo che si è sviluppato in un lasso di tempo molto lungo ed è iniziato agli albori della civiltà, con la manipolazione dei primi metalli. Questa evoluzione della “tecnologia” si è quindi susseguita nel corso delle epoche storiche, arricchendosi in fasi successive e portando infine a quel patrimonio di conoscenze che ha permesso dapprima a Mendeleev di redigere la tavola periodica e, successivamente, di aggiun-

gere a tale capolavoro tutti gli elementi scoperti in seguito. È ora necessario sottolineare un dato di fatto: moltissimi elementi della tavola periodica sono stati riscontrati per la prima volta nei minerali e, di conseguenza, la loro scoperta e il loro isolamento si è sviluppato molto frequentemente al confine tra l'ambito chimico e l'ambito mineralogico. Si parla di confine tra "ambiti" anziché tra "scienze" perché questa attività è iniziata ben prima che le scienze "chimica" e "mineralogia" fossero anche solo concepibili. È di conseguenza opportuno ripercorrere, sebbene a grandi linee e con pochi esempi, questa storia affascinante al fine di meglio comprendere la genialità del lavoro di Mendeleev.

In effetti l'umanità si è trovata ad isolare e manipolare elementi chimici ben prima che il concetto di elemento chimico fosse formulato. La prima prova storica della capacità dell'essere umano di manipolare ed utilizzare elementi chimici risale al calcolitico (o "età del rame") che, secondo la cronologia più recente, può essere considerato parte del neolitico. Il concetto di elemento chimico, come lo intendiamo oggi, è in realtà incredibilmente moderno e ha iniziato a svilupparsi tra XVII e XVIII secolo. Non si può certo dire che l'uomo non si sia chiesto prima cosa ci fosse alla base della materia: molti filosofi dell'antichità si erano cimentati con questo annoso quesito. Gli atomisti nel VII sec. a. C., con Leucippo e Democrito, e i naturalisti, con Anassimene nel VI sec. a. C., costituiscono solo due degli esempi più rappresentativi.

Proprio Anassimene e i naturalisti, in qualche modo, gettarono le basi di quella dottrina dei "quattro elementi", sviluppata poi da Empedocle. Tale teoria, ripresa in seguito da Aristotele, ha accompagnato l'umanità per i successivi 2000 anni.

Pur ignorando il concetto di elemento chimico inteso nell'accezione moderna del termine, la curiosità umana nel mentre ha proseguito la sua opera di indagine della natura e di identificazione e manipolazione di sempre nuovi elementi, aggiungendo via via nuova conoscenza.

Tale processo, sicuramente continuo, può per ragioni di semplicità nella descrizione, essere suddiviso opportunamente in periodi successivi. In questo documento si è preferito classificare sei momenti:

- dall'antichità all'inizio del Medioevo: questo periodo racchiude tutti gli elementi isolati a partire dai periodi protostorici (essenzialmente dal neolitico) fino a giungere all'avvento dell'alchimia medioevale;
- alchimia: identifica il periodo di attività delle officine degli alchimisti, giungendo fino al XVII sec. incluso;
- XVIII secolo: rappresenta il periodo in cui l'identificazione di nuovi

elementi inizia ad accelerare e la chimica, intesa come scienza, muove i primi passi importanti.

- XIX secolo: grazie a nuove invenzioni e scoperte l'identificazione di nuovi elementi si fa sempre più rapida; non è sicuramente un caso se, proprio poco dopo la metà di questo secolo, Mendeleev riuscì a formulare il suo sistema periodico.
- XX secolo: in questo secolo si assiste alla transizione tra mineralogia e fisica; a partire dai primi decenni di questo secolo la scoperta dei nuovi elementi si sposta dal confine tra chimica e mineralogia al confine tra chimica e fisica. I nuovi elementi non vengono più identificati nei minerali, ma vengono scoperti nei laboratori di fisica, negli acceleratori di particelle o nei luoghi delle esplosioni nucleari.
- XXI secolo: vede l'evoluzione della tavola periodica verso elementi sempre più pesanti, identificati in quantità minime e con "vite" brevissime.

Per ripercorrere la storia della scoperta degli elementi sono necessarie alcune premesse: risalire a quando, come e da chi un elemento sia stato scoperto è, in particolare per gli elementi identificati in tempi remoti, molto difficile. Alcuni elementi, quali arsenico e zinco, erano di fatto già utilizzati nell'antichità ma esclusivamente in lega con altri elementi in quanto le conoscenze dell'epoca non ne permettevano l'isolamento.

Al fine di evitare confusioni e fraintendimenti è quindi opportuno stabilire delle convenzioni che verranno utilizzate nel corso del presente documento:

- Per gli elementi noti fin dall'antichità, si considera il momento in cui un determinato elemento inizia ad essere isolato o utilizzato costantemente, indipendentemente dalla consapevolezza che si tratti di un elemento o che sia già noto il concetto di elemento.
- Nel caso degli elementi noti fin dall'antichità anche la paternità a volte è dubbia. Verranno indicati quelli che sembrano essere accreditati da un numero maggiore di fonti.
- Per gli elementi scoperti più recentemente si considera invece la data effettiva della loro identificazione che, in taluni casi, è precedente all'ottenimento dell'elemento puro.

Stabilite queste premesse occorre però prendere atto che presentare la scoperta di ogni elemento della tavola periodica sarebbe lungo e tedioso. Più interessante è presentarne alcuni aventi vicissitudini curiose.

Un'ultima nota è necessaria: le immagini di minerali che compariranno in questo lavoro non necessariamente provengono dai giaci-

menti originali a cui si accenna nel testo ma rappresentano solo un esempio della specie minerale alla quale si fa riferimento.

ELEMENTI IDENTIFICATI NELL'ANTICHITÀ

Come già accennato in precedenza l'umanità ha iniziato ad isolare e manipolare elementi chimici fin dall'antichità. Le prime tracce di questa attività risalgono all'età del rame. Questo periodo vede la "scoperta" di almeno tre elementi: oro (*Fig. 1*), rame (*Fig. 2*) e argento (*Fig. 3*). Questi elementi sono accomunati da una caratteristica: possono essere presenti in natura già allo stato nativo, ovvero già come metalli. A questo punto il loro utilizzo e la loro manipolazione è, in effetti, più semplice. In passato l'età del rame era ritenuta una fase a sé stante. Ora viene comunemente considerata l'ultima fase del neolitico. In effetti la malleabilità dei metalli utilizzati in questo periodo (oro, rame e argento) non permetteva un loro utilizzo diffuso per la realizzazione di tutti gli utensili. Alcuni degli attrezzi di uso comune venivano ancora prodotti con materiale litico, più disponibile sebbene richiedesse a volte tempi di lavorazione più lunghi; gli oggetti in metallo probabilmente avevano spesso, con le dovute eccezioni, ruoli rituali o di status symbol. Di conseguenza molti strumenti continuarono ad essere realizzati in selce o osso e la completa sostituzione di questi materiali con i metalli richiese molto tempo.

Per meglio seguire il progressivo arricchimento della conoscenza della tavola periodica, è opportuno identificare gli elementi conosciuti nelle varie epoche. La *Fig. 4* è solo la prima delle tavole periodiche che si susseguiranno in questo documento e che aiuteranno a comprendere le diverse fasi di identificazione degli elementi che, via via, verranno evidenziati con colori diversi seguendo i vari "momenti storici". Gli elementi identificati in rosso rappresentano quelli sicuramente già noti nell'antichità.

Rame

Il rame rappresenta sicuramente uno dei primi elementi identificati e manipolati dall'uomo. In effetti questo elemento poteva essere rinvenuto in natura in masse metalliche (*Fig. 2*) che, tramite processi di riscaldamento, martellatura e raffreddamento potevano essere trasformate in oggetti.



Fig. 1. Oro (Au), lamina >2.2 mm, Brusson (AO). Coll. D. Preite, Foto E. Bonacina.

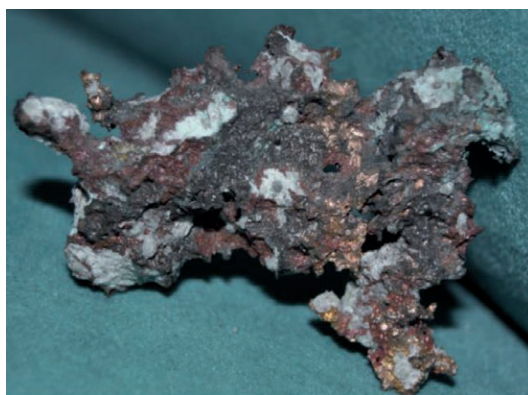


Fig. 2. Rame nativo (Cu), Michigan. Coll. e Foto P. Cerea.

Il passaggio successivo fu la ricottura per ovviare alla fratturazione dei pezzi provenienti dai processi di martellatura. Queste tecniche erano tuttavia ancora primitive. Un'evoluzione importante fu la successiva capacità di estrarre il rame a partire dai suoi minerali di ossidazione. Molti di questi minerali, quali per esempio la malachite (Fig. 5) o l'azzurrite, hanno il notevole vantaggio di essere visibilmente colorati nei toni del verde e del blu, favorendone pertanto il riconoscimento. Il potenziale ossidoriduttivo del rame, inoltre, giocava a favore della sua riduzione allo stato metallico con tecniche alquanto semplici.



Fig. 3. Argento (Ag), Base 13.5 mm, Erzebirge (Sassonia).
Coll. D. Preite Foto E. Bonacina.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hm	Er	Tm	Yb	Lu				
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

 Antichità	 XVIII sec.	 XX sec.
 Alchimia	 XIX sec.	 XXI sec.

Fig. 4. Elementi identificati nell'antichità.

Molto probabilmente anche l'argento e, in parte, l'oro hanno seguito un iter simile. L'oro, da parte sua, essendo presente in natura per buona parte allo stato nativo, nell'antichità probabilmente non ha conosciuto tecniche estrattive a partire da altri minerali.



Fig. 5. Malachite $Cu^{2+}_2(CO_3)(OH)_2$, Altezza 13 cm, Katanga Copper Descent.
Coll. e Foto P. Cerea.

Stagno

L'utilizzo diffuso dello stagno può essere fatto risalire al 3500 a.C., l'inizio dell'età del bronzo, quando tale metallo veniva utilizzato in lega con il rame. Per ottenere il bronzo non era tuttavia necessario isolare lo stagno, ma si poteva partire direttamente dal suo minerale principale: la cassiterite (in Fig. 6 un esempio). Durante l'età del bronzo gli oggetti prodotti con stagno puro sono però rari, suggerendo che probabilmente non si isolava lo stagno per produrre poi il bronzo. Sarebbe stato sufficiente aggiungere della cassiterite ai minerali di rame durante l'estrazione di questo metallo, per ottenere il bronzo. Probabilmente questa aggiunta inizialmente deve essere stata casuale e, in seguito, voluta per ottenere un materiale più duro. Pur non essendo particolarmente ricco di cassiterite, il bacino del Mediterraneo ha visto una fiorente età del bronzo.

In quel periodo la cassiterite utilizzata nel bacino del Mediterraneo proveniva, almeno in parte, dalla Cornovaglia (una delle

altre possibili zone di origine, identificata di recente, sarebbe l'Afghanistan). Questa informazione è molto importante perché testimonia l'esistenza di un'estesa rete commerciale e di scambi che, già nell'età del bronzo, metteva in comunicazione il Nord Europa con il bacino del Mediterraneo.



Fig. 6. Cassiterite (SnO₂), Viloco Mine, La Paz, Bolivia. Coll. e Foto P. Cerea.

Tuttavia l'isolamento dello stagno come elemento a sé stante per ragioni metallurgiche è successivo: è a partire dal VII sec. a. C. che verrà utilizzato stagno metallico per la metallurgia del bronzo. Questo non significa che non fossero noti degli oggetti di stagno puro già durante l'età del bronzo.

L'isolamento dello stagno era, in ultima analisi, già tecnologicamente possibile.

Piombo

I minerali di piombo sono alquanto diffusi in natura (in *Fig. 7* un esempio comune) e l'estrazione del piombo da essi è un processo piuttosto semplice. Per tali ragioni le testimonianze sull'uso del piombo metallico sono alquanto antiche. Vi sono documenti scritti che risalgono al XVI sec a.C. ma le prime testimonianze archeologiche sono molto più antiche e sarebbero databili al settimo millennio a.C. in Asia Minore. Anche in questo caso, come nel caso del rame, la malleabilità del piombo non ne ha permesso un uso diffuso nella realizzazione di utensili.



Fig. 7. Galena (PbS), Madan, Bulgaria. Coll. e Foto P. Cerea.

Ferro

La “tecnologia” del ferro è più recente rispetto a quella del rame. Come per molte delle fasi tecniche dell’umanità non si è sviluppata simultaneamente in tutto il mondo conosciuto, ma ha piuttosto seguito un’espansione progressiva a partire dall’Anatolia e raggiungendo il bacino del Mediterraneo intorno al XII sec. a.C. La metallurgia del ferro in questa epoca partiva probabilmente dai minerali ossidati, quali ematite, goethite, “limoniti” o magnetite (in *Fig. 8* un cristallo di tale minerale) e, tramite un processo metallurgico vero e proprio, produceva ferro metallico. L’umanità, tuttavia, aveva già avuto a che fare con il ferro nel corso della sua storia precedente. Alcuni oggetti di ferro sono stati rinvenuti in contesti certamente appartenenti all’età del bronzo. Un esempio classico è, a parere di alcuni studiosi, il pugnale di ferro scoperto nella tomba del faraone Tutankhamon, vissuto nel XIV sec. a.C. e, di conseguenza, ascrivibile all’età del bronzo. Lungi dall’essere un oggetto anacronistico, tale curiosità ha una spiegazione piuttosto semplice: è stato ottenuto esattamente come inizialmente si otteneva il rame, ovvero a partire da masse del metallo presenti in natura allo stato nativo. L’obiezione ovvia a questo punto dovrebbe essere che l’atmosfera ossidante della terra difficilmente lascerebbe intatte per molto tempo delle masse di ferro nativo, qualora ci fossero le condizioni per

formarle. In effetti, se si eccettuano le condizioni veramente particolari riscontrate sull'isola di Disko in Groenlandia, le masse di ferro nativo sembrerebbero formarsi davvero raramente nel corso dei processi geologici che interessano la crosta terrestre. Esiste però una fonte meno "terrestre" di ferro nativo: le meteoriti (in *Fig. 9* un esempio). Una parte consistente delle meteoriti che continuamente cadono sulla terra ha una composizione metallica, in cui ferro e nickel sono preponderanti. Il rinvenimento di tali oggetti avrebbe quindi permesso la produzione dei primi oggetti di ferro. Data la rarità di tale fonte di questo metallo è plausibile che, anche in questo caso, gli utensili così ottenuti avessero più un ruolo cerimoniale o di status symbol che non di reale utilizzo comune. La metallurgia del ferro è invece più recente. La prima popolazione ad avere sviluppato un metodo di estrazione e lavorazione del ferro a partire dai minerali, per quanto ci è dato sapere, è stata quella ittita. Proprio la caduta dell'impero ittita, poco prima del 1200 a.C., potrebbe aver contribuito a diffondere queste conoscenze nella zona orientale del bacino del Mediterraneo, al seguito della "diaspora" dei fabbri ittiti. L'importanza del ferro e il progresso tecnologico che ne deriva sono tali da denominare un'intera fase culturale "età del ferro". L'età del ferro non è un periodo con delle date fisse per tutto il pianeta ma, come tutte le fasi culturali, si espande progressivamente dal suo "punto di origine". Per tale ragione zone diverse hanno riferimenti cronologici diversi.



Fig. 8. Magnetite, X 1.4 mm – Somma-Vesuvio. Coll. e Foto E. Bonacina.

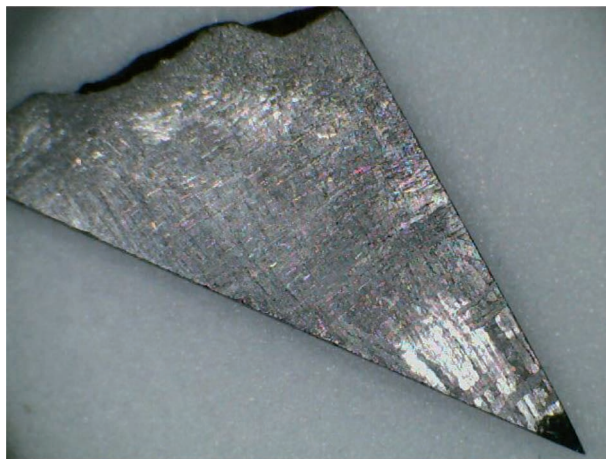


Fig. 9. Muonionalusta iron-fine octahedrite. Sezione di meteorite. Coll. e Foto P. Cerea.

ALCHIMIA

Il termine alchimia, comunemente, viene utilizzato per identificare quel complesso di dottrine filosofico esoteriche eredi delle scienze dell'antichità che abbracciano, con varie declinazioni, quattro millenni di storia e tutto il mondo conosciuto. Il complesso delle teorie alchemiche è, pertanto, molto antico ma il termine alchimia (Scientia Alchemiae) sembra comparire per la prima volta solo nel V sec. d.C.

La suddivisione cronologica considerata in questo articolo, al fine di distinguere un periodo intermedio tra la scoperta degli elementi avvenuta nell'antichità e il secolo dei Lumi (XVIII sec.), denomina periodo alchemico quello che inizia con la comparsa del termine alchimia (come citato da M.M. Pattison Muir) fino al termine del XVII sec.

Ovviamente questi confini temporali sono una convenzione utilizzata in questo testo e non devono essere considerati assoluti; sono utili esclusivamente allo scopo di categorizzare in questo lavoro dei periodi più o meno definiti. D'altra parte una analisi approfondita che esamini e discuta integralmente l'alchimia dall'antichità al XVII-XVIII sec., considerando tutti gli apporti dall'estremo oriente e dalla cultura araba, esulerebbe dallo scopo di questa trattazione. L'alchimia in effetti rientra in Europa nel corso del XII sec. portando con sé il bagaglio di nozioni

della scuola Araba ed è in questo contesto che si devono collocare le scoperte di alcuni elementi chimici.

Il principio importante, che è necessario sottolineare allo scopo di meglio comprendere questa trattazione, è che, per gli alchimisti, esisteva una vera e propria scala gerarchica dei metalli in cui si andava dai più vili, come il piombo, al più nobile: l'oro. Sarebbe stato pertanto possibile, secondo gli alchimisti, trasformare il vile piombo nel nobile oro. Oggi sappiamo che ciò non è chimicamente possibile in quanto entrambi sono elementi e, ovviamente, gli alchimisti non vi riuscirono mai.

Tuttavia il frutto delle loro ricerche è altrettanto prezioso. Dalle botteghe degli alchimisti abbiamo ereditato la prima distinzione tra acidi e basi, così come un nutrito numero di essi. Sfortunatamente non abbiamo ereditato la tecnica per trasformare il piombo in oro (nda). Nel corso delle loro ricerche gli alchimisti hanno inoltre isolato nuovi elementi. Hennig Brandt (1630-1692), ad esempio, distillando i sali residui dall'evaporazione dell'urina isolò il fosforo. A volte però, come già citato all'inizio di questo testo, l'identificazione dello scopritore di un elemento non è così semplice.

Pott, Schiele e Bergmann vengono sovente indicati come coloro che hanno chiarito la distinzione tra bismuto e piombo. Sebbene tale distinzione a volte fosse un po' fumosa, occorre ricordare che descrizioni accurate sull'ottenimento del bismuto sono già presenti nei lavori di Agricola e Paracelso. Diventa quindi opportuno osservare come si popola la tavola periodica grazie al contributo dell'alchimia (si ricorda che nessuno, in quegli anni, avrebbe potuto concepire la tavola indicata in Fig. 10). Gli elementi identificati nel corso del periodo alchemico compaiono in arancione.







H																	He																												
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne																								
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar																								
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Hm</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hm	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hm	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																
 Antichità			 XVIII sec.			 XX sec.																																							
 Alchimia			 XIX sec.			 XXI sec.																																							

Fig. 10.

Arsenico

L'arsenico in effetti veniva già utilizzato fin dall'antichità per ottenere il bronzo arsenicale ma la descrizione accurata di questo elemento e di come ottenerlo è più recente. I minerali di arsenico non sono rari ed alcuni di essi, come orpimento e realgar (*Fig. 11*), sono anche relativamente diffusi. In effetti l'arsenico, anche se in quantità minori, è presente in natura anche come elemento nativo (*Fig. 12*).

È tuttavia a partire dall'orpimento (As_2S_3) (*Fig. 12*), riscaldato con sapone, che Alberto Magno di Bollstädt (1206-1280) riuscì ad isolare e descrivere l'arsenico per la prima volta.



*Fig. 11. Realgar (As_4S_4) (rosso) e orpimento (As_2S_3) (giallo), 2.8 mm.
Coll. e Foto E. Bonacina.*



Fig. 12. Arsenico nativo (As), 2.6 mm. Coll. e Foto E. Bonacina.

XVIII SECOLO

Il XVIII sec. è passato alla storia come il “Secolo dei Lumi”. Si ritiene non necessario dilungarsi sulle ragioni culturali, sociologiche e politiche che determinarono questa situazione. La conseguenza di esse è però una notevole vitalità culturale che creò l’ambiente ideale per molti passi avanti nella scienza. Non è un caso se proprio in questo secolo trova le sue prime origini il concetto moderno di elemento chimico, grazie ai lavori di Lavoisier (1743-1794) prima e di Dalton (1766-1844) poi.

In questo secolo l’identificazione degli elementi subisce una certa accelerazione come si evince dalla *Fig. 13* (gli elementi in verde sono quelli identificati nel corso del XVIII sec.).

Tra i fattori che probabilmente contribuirono a questa proliferazione vi fu una piccola e semplice invenzione: il cannello ferruminatorio. Nelle sue molteplici versioni esso permise di isolare molti metalli dai loro minerali.

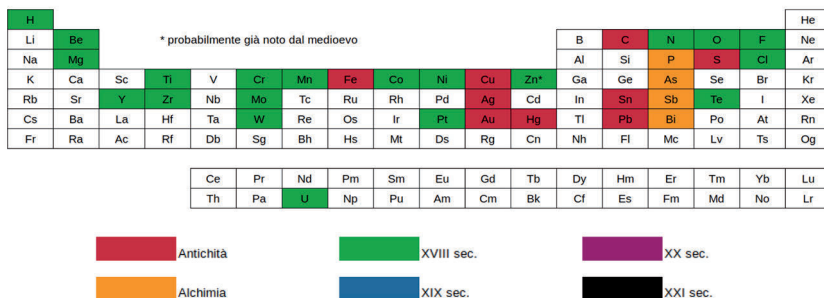


Fig. 13.

Cobalto e Nickel

Il cobalto e il nickel sono due elementi che, per diverse ragioni, possono essere definiti vicini. Per prima cosa essi sono fianco a fianco nella tavola periodica. Le analogie tra questi elementi sono però numerose. Cobalto e nickel spesso danno vicarianza nei minerali, ovvero possono alternarsi nella medesima posizione all’interno di una struttura cristallina. Di conseguenza esistono serie di minerali che hanno ai loro estremi da una parte quello nickelifero e dall’altra quello cobaltifero. Questi due elementi spesso sono presenti in giacimenti misti “nickel-

cobaltiferi”. Come se non bastasse, anche la storia della loro scoperta ha diversi punti in comune.

Iniziamo dal cobalto: è necessario fare un passo indietro nel tempo e tornare al XV sec. Nel nostro viaggio nel tempo ci troviamo nella miniera argentifera di Schneeberg, nel distretto dell’Erzgebirge in Sassonia. In questa miniera i minatori trovavano soventemente dei minerali che, a loro giudizio, avrebbero dovuto contenere argento ma che, sottoposti ai procedimenti di estrazione dell’argento, non producevano questo metallo. Come se non bastasse, l’elevato contenuto di arsenico di questi minerali minava seriamente la salute dei minatori. Il minatore “medio” della Sassonia del XV sec. non aveva la cultura chimica necessaria per certificare che in quei minerali vi fosse l’argento, ma disponeva di un metodo empirico piuttosto efficace: soppesava il pezzo di minerale e, in base alla densità, riusciva a distinguere quei pezzi che avrebbero dato metalli dalle ganghe sterili della miniera di Schneeberg. Quando i pezzi di minerale, pur avendo una certa densità, non producevano argento, i minatori attribuivano la colpa di ciò ai Kobold (in italiano coboldi), folletti dispettosi della mitologia germanica che nascondevano i metalli preziosi ai minatori. I minatori di conseguenza chiamarono con lo stesso nome “kobold” questi minerali. Ad iniziare a fare luce su questa questione fu un vetraio boemo di nome Cristoph Schürer che, nel corso del XVI sec., scoprì che aggiungendo tali minerali alle fusioni del vetro, quest’ultimo assumeva un bel colore blu. Nacque quindi una fiorente industria che utilizzava gli scarti di arrostitimento della miniera di Schneeberg, mescolati a sabbia, per dare una miscela chiamata Zaffler o Safflor, utilizzata dai vetrai per produrre vetro blu. Il non trascurabile contenuto di bismuto in quegli scarti di arrostitimento, lasciò però il dubbio su quale fosse l’elemento responsabile della colorazione blu del vetro. Intorno all’anno 1735 George Brandt riuscì ad isolare un nuovo metallo, lavorando probabilmente su campioni provenienti dalla Svezia, e lo chiamò cobalto ricordando i kobold appunto. Dimostrò inoltre che era questo nuovo metallo a dare il colore blu al vetro. L’identificazione dei minerali che i minatori Sassoni chiamavano Kobold è alquanto difficile. Sappiamo che provenivano dalla miniera di Schneeberg, probabilmente dalla zona di riduzione, contenevano arsenico e dovevano essere piuttosto diffusi. Tre specie minerali di questa miniera corrispondono a queste caratteristiche: cobaltite (*Fig. 14*), skutterudite (*Fig. 15*) e safflorite (*Fig. 16*). I minatori della miniera di Schneeberg probabilmente chiamavano

“kobold” i campioni di uno o di tutti e tre questi minerali. Sembra invece che Brandt lavorò su campioni svedesi della miniera di Skilå, probabilmente predominanti in cobaltite.



*Fig. 14. Cobaltite (CoAsS), Cobalt-Gowganda region, Ontario, Canada.
Coll. e Foto P. Cerea.*



*Fig. 15. Skutterudite (CoAs₃), base 5 mm, Bou Azzer, Marocco.
Coll. e Foto E. Bonacina.*



Fig. 16. Safflorite (CoAs_2), campo 4.5 mm, Bou Azzer, Marocco.
Coll. e Foto E. Bonacina.

Una storia molto simile riguarda il nickel. Dobbiamo però abbandonare la miniera di Schneeberg e la Sassonia e muoverci verso la Svezia. Nella miniera di Los, nell'Hälsingland (Svezia), i minatori trovavano soventemente dei minerali che assomigliavano ad alcuni minerali di rame. Nel corso dei processi estrattivi, tuttavia, non producevano questo metallo. In tal caso, però, i minatori della miniera di Los non incolpavano i kobold ma un altro demone appartenente alla mitologia germanica: tale Nickel. A discolpare Nickel ci pensò nel 1751 il barone Axel Frederik Cronstedt, allievo di Brandt, che isolò da tali minerali un nuovo metallo e lo chiamò nickel. In questo caso si conosce esattamente il minerale su cui lavorò Cronstedt: la niccolite o nickelina (Fig. 17).

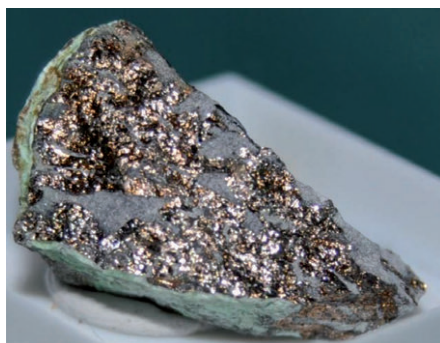


Fig. 17. Niccolite (NiAs), Gloria Mine, Sinaloa, Mexico.
Coll. e Foto P. Cerea.

Zinco

L'identificazione dello zinco è altrettanto curiosa. L'ottone, una lega di zinco e rame, veniva già utilizzata dai romani che la producevano fondendo il rame in presenza di calamina e di un opportuno riducente. Occorre ricordare che la calamina non è un minerale ma una miscela di almeno tre minerali principali: emimorfite (Figg. 18 e 19), smithsonite e idrozincite. Lo zinco metallico fu però identificato e isolato molto più tardi. Le prime descrizioni riconducibili a zinco elementare sono di Paracelso e Agricola che, pare, avessero notato che sulle pareti dei forni in cui era stato fuso dell'ottone, condensava un metallo bianco. La vera scoperta e descrizione dello zinco è però attribuita ad Andreas Sigismund Marggraf che nel 1746 lo isolò riscaldando in ambiente chiuso calamina e carbone.



Fig. 18. *Emimorfite* ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$), cristalli fino a 9.2 mm, val dei Crappi, Gorno (BG). Coll. V. Rosa, Foto E. Bonacina.
L'emimorfite è uno dei minerali costituenti la calamina.

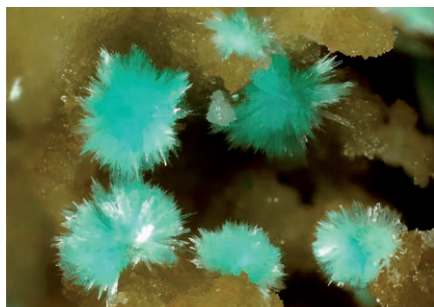


Fig. 19. *Auricalcite* ($Zn, Cu^{2+})_5(CO_3)_2(OH)_6$, diam. >1.1 mm, Zorzone val Vedra (BG). Coll. e Foto E. Bonacina. Nota: *l'auricalcite è un minerale presente nei giacimenti cupro-zinciferi; era anche detto "fiore d'ottone" in riferimento alla sua composizione.*

Fluoro

La scoperta del fluoro è una delle pietre miliari della nascente chimica del XVIII sec. Già George Bauer (Agricola) nel 1529, nel suo “Bermannus sive de re metallica” (da non confondersi con il “De re metallica”, opera posteriore), descrive un minerale “simile alle gemme” ma più tenero, chiamato “fluores” dai minatori. Il “fluores” veniva utilizzato nelle fusioni dei minerali in quanto le rendeva più fluide. Proprio dal latino “fluere” deriva il nome di questo minerale, oggi conosciuto con il nome di fluorite (Fig. 20).



Fig. 20. Fluorite (CaF_2), cristalli fino a 7 mm, Min. Camissinone, Zogno (BG).
Coll. D. Preite, Foto E. Bonacina.

Poco si sapeva della composizione e di molte proprietà di questo minerale. Le prime notizie al riguardo risalgono al 1670 quando un tagliatore di vetro di Norimberga, tale Heinrich Schwanhard, si accorse che, dopo aver trattato la fluorite con un acido, le lenti dei suoi occhiali si erano smerigliate. Evidentemente aveva lavorato con un acido forte, probabilmente il “vetriolo” (acido solforico). Un importante passo avanti si ebbe nel 1676 quando il naturalista Johann Sigismund Elsholtz si accorse che appoggiando un pezzo di fluorite su una piastra metallica riscaldata con carboni ardenti, si poteva osservare, da parte del minerale, l’emissione di una luce bluastra: era la prima descrizione della termoluminescenza. Nel 1768 Margraff effettuò una serie di osservazioni sulla fluorite che gli permisero di distinguerla dalla barite e dal gesso. La scoperta del fluoro è invece attribuita a Scheele che, nel 1771, effettuò un esperimento che rappresenta la pie-

tra miliare per l'identificazione di tale elemento. Egli prese della fluorite, la mise in una storta di vetro e la trattò con “vetriolo” (acido solforico); fece quindi una serie di osservazioni interessanti:

- l'interno della storta di vetro utilizzata si era smerigliato: in effetti l'acido fluoridrico attacca il vetro;
- sul fondo si era accumulata una massa bianca di selenite (nome usato per alcune varietà di gesso): l'acido solforico aveva in effetti spostato il fluoruro dal suo sale, generando solfato di calcio; ciò dimostrava che nella fluorite c'era la stessa “base” del gesso;
- un acido era passato, in forma gassosa, dalla storta al contenitore di raccolta;
- trattando una soluzione acquosa di quest'acido con acqua di calce si otteneva un precipitato di “fluorite sintetica” che, come quella naturale, emetteva luminescenza se riscaldata.

Scheele concluse che la fluorite era una “terra calcarea” saturata con un acido ancora sconosciuto. In effetti vi fu in seguito una diatriba tra Davy e Lavoisier sulla presenza o meno di ossigeno in quell'acido, ma era ormai chiaro che si aveva a che fare con un nuovo elemento. Dalla conclusione che vi fosse un nuovo elemento, il fluoro, al suo isolamento, dovettero passare altri 100 anni: un cammino tortuoso, costellato di sofferenza e tragedie. In effetti l'isolamento del fluoro gassoso è stata una delle storie più sofferte tra quelle che hanno portato alla scoperta e all'isolamento di nuovi elementi:

- Davy, Gay-Lussac, e Thenard soffrirono gravemente degli effetti dell'inalazione di acido fluoridrico;
- due fratelli George Knox e il Reverendo Thomas Knox rimasero gravemente avvelenati ma sopravvissero;
- il Professor Jerome Nickles di Nancy morì per gli effetti dell'inalazione di acido fluoridrico.

Finalmente il 26 Giugno 1886 Moissan, con un tubo ad “U” in platino, chiuso con tappi a vite realizzati in fluorite coperti di gommalacca, utilizzando elettrodi in platino-iridio, riuscì ad elettrolizzare una soluzione di potassio fluoruro in acido fluoridrico anidro a -23°C (i sistemi refrigeranti muovevano i loro primi passi), ottenendo per la prima volta il fluoro elementare. Questa scoperta era stata resa possibile grazie a due invenzioni importanti: la pila e i sistemi refrigeranti. Una curiosità: il fluoro è uno dei pochi casi in cui l'elemento prende il nome dal minerale.

Cromo

Nella metà del XVIII sec., lo scienziato russo Michail Vasil'evič Lomonosov (1711 – 1765) descrisse un “piombo rosso” proveniente dalla Siberia (dalla zona di Berezovskoe) e lo chiamò crocoite (*Fig. 21*). I migliori campioni di quel minerale erano venduti letteralmente “a peso d’oro”, mentre quelli rotti o più brutti venivano polverizzati per ottenere un pigmento giallo-arancio utilizzato per dipingere le miniature. I lavori pionieristici per la determinazione della composizione chimica della crocoite sono attribuiti a Lehman che, nel 1766 trattò quel minerale con acido cloridrico ottenendone una soluzione verde. Sfortunatamente l’anno dopo il lavoro di Lehman fu bruscamente interrotto dalla sua morte dovuta all’esplosione di una storta in cui stava scaldando dell’arsenico.



Fig. 21. Crocoite (PbCrO₄), Adelaide Mine, Dundas, Tasmania. Coll. e Foto P. Cerea.

Il lavoro di Lehman fu ripreso in seguito dal chimico francese Louis Nicolas Vauquelin che, dopo averne isolato il triossido di colore rosso cupo, riuscì nel 1798 ad ottenere un nuovo metallo che chiamò “cromo” in memoria di tutti i colori che erano stati osservati nel corso degli esperimenti per isolarlo.

XIX SECOLO

Prima di affrontare il XIX sec. è interessante sottolineare come a cavallo tra XVIII e XIX sec. una serie di scoperte ed invenzioni abbia permesso una rapida accelerazione nell’identificazione di nuovi ele-

menti. È opportuno citarne almeno tre, appartenenti a campi diversi, per meglio comprendere questa impennata.

La prima invenzione è la pila, effettuata da Alessandro Volta intorno al 1799. Questa invenzione ha reso possibile l'isolamento e, di conseguenza, la caratterizzazione di tutti quegli elementi con potenziali redox "estremi" quali, per esempio, i metalli alcalini ed alcalino terrosi. L'alluminio è stato uno degli elementi isolati, anche se inizialmente in modo indiretto, grazie a questa invenzione.

Il secondo progresso è il miglioramento, ad opera di William Hyde Wollaston, dello spettroscopio di Newton (1802) che, in seguito, permise l'identificazione degli elementi grazie alle linee di assorbimento.

Il terzo punto è una scoperta mineralogica: l'identificazione di un minerale particolare in una cava di feldspato vicino al villaggio di Ytterby, nell'arcipelago di Stoccolma. Tale minerale risultò contenere alcuni elementi di una serie denominata "terre rare" (o REE - Rare Earth Elements), il cui isolamento e riconoscimento sarà una delle sfide del XIX sec. Da quel villaggio presero il nome ben quattro elementi: Yttrio (Y), Ytterbio (Yb), Terbio (Tb) ed Erblio (Er). Essi, tuttavia, non furono gli unici elementi scoperti in quella cava di feldspato.

Non è quindi un caso se, proprio poco dopo la metà di questo secolo, Mendeleev fornì la prima classificazione periodica degli elementi: aveva a disposizione un vasto campionario di elementi, sufficientemente ben caratterizzati (mancavano ancora i gas nobili) e una mente lucida e speculativa in grado di riconoscerci alcune ricorsività.

A questo punto è opportuno vedere come si è popolata la tavola periodica con il XIX sec. (elementi in blu - Fig. 22): alla fine del secolo mancavano ancora all'appello alcuni elementi tra cui due del gruppo del manganese, un paio di lantanidi, tutti i transuranici e buona parte del settimo periodo.

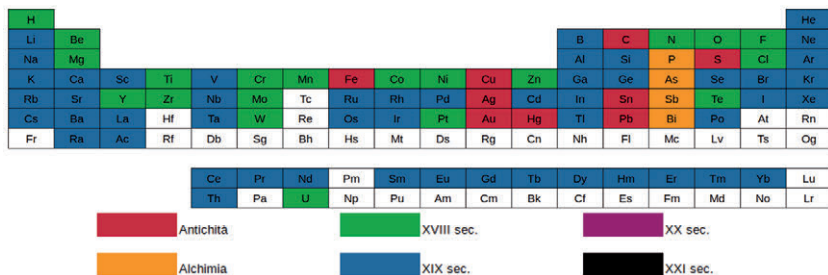


Fig. 22.

Alluminio

Una storia curiosa riguarda la scoperta e l'isolamento dell'alluminio che, benché abbondante in natura, è stato isolato solo recentemente. L'alluminio, in effetti, è il metallo più diffuso nella crosta terrestre (8.3% in peso), ed è il terzo elemento dopo ossigeno (45.5%) e silicio (25.7%). I suoi sali, inoltre, sono noti fin dall'antichità: l'allume ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) era usato in medicina e come mordente dai tintori; Diodoro Siculo (I sec. a.C.) citava l'esportazione di allume dall'isola di Lipari.

Essendo così abbondante e essendone noti i suoi sali, cosa ha impedito l'isolamento dell'alluminio fino al XIX sec.? Sicuramente un ruolo determinante è derivato dal potenziale standard di riduzione che, nel caso dell'alluminio, rende necessario l'utilizzo di una pila o di un forte riducente che, a sua volta, deve essere generato grazie all'utilizzo di una pila. L'invenzione della pila da sola, in effetti, non fu sufficiente. I primi tentativi di isolare direttamente l'alluminio con l'ausilio della pila, effettuati da Berzelius e Davy, fallirono. Nel 1825 Hans Christian Oersted riuscì ad isolare l'alluminio trattando il cloruro di alluminio anidro con amalgama di potassio. L'alluminio così isolato sarà stato sicuramente contaminato da potassio, mercurio e alluminio triclorigerato. Purtroppo Oersted pubblicò questa scoperta su un giornale danese quasi sconosciuto e non ebbe il risalto che meritava. Oersted ebbe comunque tutti gli onori e la fama che meritava grazie ad un'altra scoperta: l'elettromagnetismo. La vera scoperta dell'alluminio è, pertanto, attribuita ad un altro grande della chimica: Friedrich Wohler che nel 1827 isolò una quantità sufficiente di alluminio metallico trattando l'alluminio triclorigerato anidro con potassio metallico. Ciò permise la determinazione delle caratteristiche di questo elemento.

L'industria dell'alluminio dovette invece attendere ancora più di mezzo secolo quando, grazie alle tecniche sviluppate indipendentemente da Louis-Toussaint Heroult e da Charles Martin Hall, fu possibile ottenere alluminio in quantità importanti. Una nota importante riguarda il contributo di un minerale a questa storia e all'industria dell'alluminio in generale: tutto ciò sarebbe stato molto più difficile senza un minerale chiamato criolite (Na_3AlF_6). La criolite è stata alla base degli esperimenti di Heroult ed Hall e, tutt'oggi, è il componente chiave dei bagni elettrolitici per la produzione dell'alluminio. Una curiosità deve essere menzionata per quanto concerne la criolite: il giacimento princi-

pale è stato quello di Ivigtut, in Groenlandia. Alla chiusura di tale miniera divenne necessario produrre questo minerale sinteticamente per soddisfare le richieste dell'industria dell'alluminio.

Polonio

La storia della scoperta del polonio è particolarmente affascinante e coinvolge una delle figure femminili più carismatiche legate alla tavola periodica: Marie Curie (*Fig. 23*). Marie Curie non è stata l'unica donna che ha legato il proprio nome alla tavola periodica, ve ne sono state altre: Harriet Brooks, Ida Tacke (moglie di Walter Noddack e spesso indicata come Ida Noddack) e Lise Meitner, per citarne alcune. Tutte queste donne hanno fornito un contributo fondamentale alla scoperta di nuovi elementi.

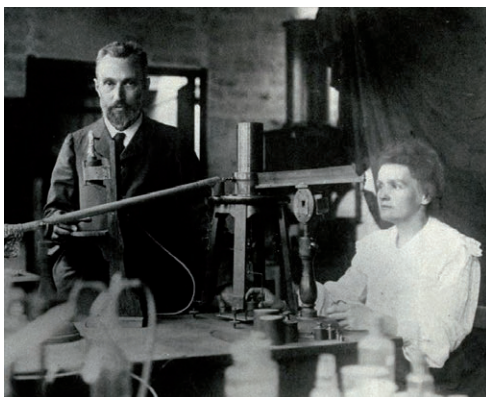


Fig. 23.

Marie Curie è stata, tuttavia, probabilmente la prima donna ad aver scoperto un elemento chimico. Mentre effettuava delle misure di radioattività, utilizzando l'elettrometro piezoelettrico al quarzo, su alcuni campioni di minerali e di elementi puri, si accorse che la radioattività dell'uraninite (o pechblenda, un ossido di uranio di formula UO_2) era quattro o cinque volte maggiore di quello che ci si poteva aspettare dal suo contenuto di uranio. Poiché la composizione della pechblenda era nota con precisione sufficiente, l'unica conclusione possibile era che ci fosse un altro elemento in quel minerale, presente in quantità piccolissime e molto più radioattivo dell'uranio.

L'isolamento di un elemento presente in tracce richiedeva di partire da quantità ingenti di materiale di partenza. Il costo della pechblenda era veramente molto elevato ma il governo Austriaco fornì ad un prezzo di favore diverse tonnellate di residui uraniferi provenienti dalla miniera di Joachimsthal in Boemia (la stessa miniera da cui proveniva la pechblenda in cui Klaproth nel 1789 identificò l'uranio). Marie frazionò e ispezionò con l'elettrometro piezoelettrico al quarzo ogni frazione e scoprì che l'elemento molto attivo si separava insieme al bismuto. Era il 1898 e Marie chiamò quell'elemento polonio, in onore della sua nazione natale. Una curiosità: i mineralogisti non si sono dimenticati di Marie e le hanno dedicato anche dei minerali. Il minerale a lei dedicato, tuttavia, non si chiamano curite (che esiste ma è dedicato al marito di Marie); per evitare confusioni è stato utilizzato il cognome di Marie da nubile: Sklodowska. Esistono infatti ben due minerali a lei dedicati: sklodowskite e cuprosklodowskite (Fig. 24) entrambi, ovviamente, di uranio.



Fig. 24. *Cuprosklodowskite con schoepite, base 4.5 mm, Shaba, Zaire.*
Coll. e Foto E. Bonacina.

XX SECOLO

Il XX sec. segna un po' la linea di confine di questo discorso. Come accennato all'inizio, il cammino che ha portato alla scoperta degli elementi della tavola periodica si è, in molti casi, svolto al confine tra l'ambito mineralogico e quello chimico. Il XX sec. rappresenta la transizione: in questo secolo verranno scoperti gli ultimi elementi presenti

nei minerali¹ e i primi elementi prodotti per mano dell'uomo. A segnare questo passaggio sono due elementi del gruppo del manganese: l'elemento 43 allora chiamato eka-manganese (ora Tc) e l'elemento 75, allora chiamato dwi-manganese (ora Re). Entrambi erano ancora mancanti alla fine del secondo decennio del XX secolo. Si poneva pertanto il problema di dove cercarli. Era noto che i minerali contenenti platino, generalmente contenevano, in quantità variabili, gli elementi dal 24 al 29, dal 44 al 47 e dal 76 al 79; affiancavano pertanto questi due elementi latitanti da destra (*Fig. 25*).

La "columbite" (che oggi in realtà non è una singola specie minerale ma una serie) era nota contenere gli elementi dal 39 al 42 e dal 72 al 74; li affiancava quindi da sinistra (*Fig. 26*).

24Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu
Mo	Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag
W	Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au
Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg

Fig. 25.

39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	Tc
La	72 Hf	73 Ta	74 W	Re

Fig. 26.

Renio

Alla fine del secondo decennio del XX sec. l'elemento 75 non era ancora stato scoperto. Nel 1925 un team composto da Walter Noddack, sua moglie Ida Tacke (una delle "donne della tavola periodica") e Otto Berg riscontrò inizialmente, tramite raggi X, la presenza dell'elemento 75 su del materiale arricchito a partire da un campione di "gadolinite". L'isolamento del nuovo elemento, che verrà chiamato renio, fu invece effettuata a partire dalla "columbite" come correttamente previsto in base alla frequenza degli elementi in questi minerali.

¹ In effetti alcuni elementi, scoperti dopo il renio, furono in un secondo tempo riscontrati in tracce nei minerali, come prodotto del decadimento radioattivo di altri nuclei.

Tecnezio

La caccia all'elemento 43 nei minerali, al contrario dell'elemento 75, non ebbe mai fortuna. La sua scoperta è invece legata a due scienziati italiani: Carlo Perrier ed Emilio Segré. Nel Dicembre del 1936, mentre lavoravano entrambi all'Università di Palermo, ricevettero da Ernest Lawrence un campione particolarmente interessante proveniente dal ciclotrone di Berkeley. Si trattava in effetti di un pezzo di deflettore elettrostatico di molibdeno che aveva subito un pesante bombardamento con nuclei di deuterio. A seguito di ciò il materiale era diventato considerevolmente radioattivo. I due scienziati italiani separarono da quel campione il nuovo elemento 43 che venne chiamato tecnezio.

La scoperta del tecnezio ha segnato quindi il passaggio. Da questo momento in poi i nuovi elementi non saranno più isolati dai minerali ma verranno scoperti sui luoghi delle esplosioni nucleari o negli acceleratori di particelle. Qualche volta, in un secondo tempo, verranno rilevati in tracce nei minerali, come prodotto di decadimento (per esempio ^{237}Np come prodotto del decadimento di ^{237}U). Solo il francio, scoperto nel 1939 da Marguerite Perey (un'altra delle "donne della tavola periodica") è presente in natura come prodotto di decadimento dell'attinio. Alla fine del XX sec., pertanto, la tavola periodica si presentava come nella Fig. 27.

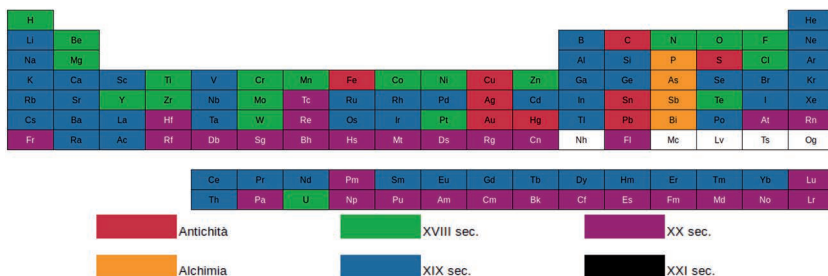


Fig. 27.

XXI SECOLO E CONCLUSIONI

Quanto detto nel precedente paragrafo è ancora vero per gli elementi scoperti nel corso del XXI sec.; nihonio, moscovio, livermorio, tennessio e oganesso sono stati identificati in quantità piccolissime,

hanno tempi di decadimenti molto brevi e nuclei molto pesanti. La tavola periodica, come la conosciamo oggi, è riportata in *Fig. 28*.

Questo sarà vero anche per gli elementi che verranno identificati in futuro. Tutti però ubbidiranno a quella struttura periodica che Mendeleev ha correttamente identificato 150 anni fa.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hm	Er	Tm	Yb	Lu				
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

 Antichità	 XVIII sec.	 XX sec.
 Alchimia	 XIX sec.	 XXI sec.

Fig. 28.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Stefano Maiorana, Vice Presidente dell'Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, per l'invito a partecipare alla giornata di studio per i 150 anni della Tavola Periodica.

Si ringraziano i membri dell'Istituto per la collaborazione e per le consulenze. Un doveroso ringraziamento deve essere rivolto alla Dr.ssa Adele Bianchi Robbiati per l'aiuto e la pazienza dimostrata durante la correzione del presente testo. Si ringrazia il GOM (Gruppo Orobico Minerali), per aver messo a disposizione i campioni, il fotografo Enrico Bonacina e le foto.

BIBLIOGRAFIA

- The origins of the atomic theory, J. R. Partington, *Annals of Science*, Volume 4, 1939, Issue 3.
- The Adoption of Metallurgy in the Levant: A Lithic Perspective S. A. Rosen, *Current Anthropology* 1984 25:4, 504-505.
- Fall of the House of Flint: A Zooarchaeological Perspective on the decline of chipped stone tools for butchering animals in the bronze and iron ages of the southern levant, HJ Greenfield, *Lithic Technology*, 2013, Taylor & Francis.

- “The first archaeological appearance of iron” from *The Coming of the age of iron*, Waldbaum, J. C., 1980, pp.69-98, New Haven: YaleUniversity Press.
- Sources of Tin and the Beginnings of Bronze Metallurgy, James D. Muhly, *American Journal of Archaeology*, Vol. 89, No. 2 (Apr., **1985**), pp. 275-291.
- Tin in the ancient Near East: old questions and new finds, R Maddin, TS Wheeler, JD Muhly, **1977** - penn.museum.
- The International Lead Trade, Rich, V., **1994**, Woodhead Publishing.
- The Story of Alchemy and the Beginnings of Chemistry, M. M. Pattison Muir (da google books) Storia dell'alchimia: Misticismo ed esoterismo all'origine della chimica moderna, Salvatore Califano, Firenze University Press.
- Sir William Crookes, *Chemical News and Journal of Industrial Science*, Volume 33 (pagg 50-52), The discovery of the elements. Chronology; Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1933**, 10 (4), p. 223.
- The discovery of the elements. Foreword; Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1932**, 9 (1), p. 3.
- The discovery of the elements. I. Elements known to the ancient world; Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1932**, 9 (1), p. 4.
- The discovery of the elements. II. Elements known to the alchemists; Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1932**, 9 (1), p. 11.
- The discovery of the elements. VIII. The platinum metals; Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1932**, 9 (6), p. 1017.
- The discovery of the elements. X. The alkaline earth metals and magnesium and cadmium; Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1932**, 9 (6), p. 1046.
- The discovery of the elements. VII. Columbium, tantalum, and vanadium; Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1932**, 9 (5), p. 863.
- Discovery of the elements, 6th edition, Mary Elvira Weeks; *J. Chem. Educ.*, **1960** (libro).

